Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir

İklim için Birlikte

# TÜRKİYE'DE YEREL İKLİM EYLEMİ İÇİN AB ORTAKLIĞI PROJESİ

## TÜRKİYE ÜZERİNDE DAHA ÖNCE İKLİM PROJEKSİYONLARINDA KULLANILAN GCM MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

*Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmekte ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından uygulanmaktadır. Projenin yararlanıcısı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İklim Değişikliği Başkanlığı'dır. Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu bu Projenin Sözleşme Makamıdır.*

**Hazırlayan: Doç. Dr. Sertaç Oruç**

T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAŞKANLIĞI

BİRLEŞMİŞ MİLLETLER KALKINMA PROGRAMI

*Bu yayın, Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir. İçeriği yalnızca Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Türkiye Ülke Ofisi'nin sorumluluğundadır ve her zaman Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmaz.*

# YÖNETİCİ ÖZETİ

Dünya'nın iklim sistemini ve gelecekteki projeksiyonlarını anlamak, Küresel İklim Modelleri (Global Climate Model, GCM) olarak bilinen karmaşık genel dolaşım modellerin kullanımını gerektirir. Fiziksel prensiplere dayanan bu modeller, atmosfer, okyanus, kara yüzeyi ve buz yüzeyi arasındaki karmaşık etkileşimleri çözümleyerek, iklim değişkenliği ve değişikliği hakkında değerli bilgiler sağlar. Ancak, GCM'lerin güvenilirliği çoğunlukla referans verilere karşı yapılan doğrulama ve değerlendirmeye dayanmaktadır.

Bölgesel İklim Modelleri (Regional Climate Models, RCM'ler), daha yüksek mekânsal çözünürlükler sunarak Küresel İklim Modellerine (GCM'lere) kıyasla bölgesel iklim süreçlerini temsil etmede iyileştirmeler sağlar. RCM'ler, iklim süreçlerinin modellenmesinde büyük ölçekli ve mikro ölçekli süreçler arasındaki boşluğu doldurmak için bir köprü görevi görerek, böylece yüzey ile atmosfer arasındaki enerji, su ve kütle akışlarının zamansal ve mekânsal özelliklerini geliştirir. Dolayısıyla, orta ölçekli hava olaylarının daha iyi çözünürlükte ve şiddetli yağış, sıcak hava dalgaları ve fırtınalar gibi aşırı hava olaylarının da ayrıntılı bir şekilde temsil edilmesi sağlanır.

Bu rapor, Türkiye için yapılmış olan iklim projeksiyonlarında kullanılmış modellerin (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M ve CNRM-CM5.1) performansını değerlendirmeyi ve bu modellerle üretilen bölgesel iklim modellerinin çıktılarının incelenmesini amaçlamaktadır. Raporda GCM'lerin performansları literatürdeki bölgesel ve global çalışmalarda araştırılırken Türkiye üzerindeki çıktılar Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği Raporu (MGM, 2015), İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi - Proje Nihai Raporu (SYGM 2016), Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi - İklim Projeksiyonlarının Analizleri ve Değerlendirilmesi Raporu (UNDP İklime Uyum Projesi, 2022) ve Demircan vd. (2017) çalışmaları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Türkiye üzerindeki bölgesel iklim modellerinde kullanılmış GCM'lerin performansları değerlendirildiğinde modellerin farklı çalışma bölgeleri ve farklı iklim parametreleri için değişken sonuçlar verebildiği görülmektedir. Fakat bu raporda değerlendirilen çalışmalar HadGEM2-ES modelinin küresel olarak diğer modellere kıyasla sıcaklık ve yağış gibi temel iklim değişkenleri için daha başarılı olduğunu göstermektedir. Türkiye üzerinde Bagçacı vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışma da bu sonuçlarla uyumludur.

Bölgesel iklim modellerinin çıktıları değerlendirildiğinde ise raporlarda HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinin referans dönemi performanslarıyla öne çıktıları görülmüştür. Türkiye'de öngörülen iklim değişiklikleri kapsamında yapılan analizlere göre, RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre ortalama sıcaklıklarda önemli artışlar beklenmektedir. Örneğin, 2016-2040 döneminde yıllık ortalama sıcaklık artışlarının 1°C ila 2°C, 2041-2070 döneminde 1,5°C ila 4°C ve 2071-2099 döneminde 1,5°C ila 5°C aralığında olabileceği belirtilmektedir. Özellikle yaz aylarında bu artışın yüzyıl sonunda 6°C'yi bulabileceği öngörülmektedir. Yapılan incelemelerde sıcaklık artışlarının Türkiye genelinde düşük değişkenlik gösterdiği ve farklı bölgelerde benzer seviyelerde gerçekleştiği görülmüştür.

Yağış çıktıları değerlendirildiğinde ise RCP8.5 senaryosu için hem modeller arasında hem de bölgesel olarak yüksek değişkenlik olduğu görülmektedir. Bölgesel iklim modelleri Karadeniz ve Doğu

Anadolu'da bölgesel olarak mevsimsel ve yıllık ölçekte yağışların artabileceğini öngörürken ülke genelinde yağışlarda düşüş trendi olduğu görülmektedir. En yüksek düşüşler ise Akdeniz Bölgesi'nde beklenmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre yüzyıl sonunda görülen bölgesel ortalamalar değerlendirildiğinde Marmara Bölgesi'nde yüzyıl sonunda yağış değişimlerinin %3,80 ile -%22,50 arasında, Karadeniz Bölgesi'nde %7,60 ile -%14,60 arasında değişiklik göstermesi beklenmektedir. İç Anadolu Bölgesi'nde tüm modeller yağışlarda düşüşe işaret etmekte olup, bu düşüşler -%6,40 ile -%24,30 arasında değişmektedir. Ege Bölgesi'nde yağışlar -%5,80 ile -%31,90 arasında, Akdeniz Bölgesi'nde ise -%10,80 ile -%37,20 arasında düşüş göstermektedir. Doğu Anadolu Bölgesi'nde değişimlerin %0,30 ile -%16,40 arasında, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ise -%7,90 ile -%23,20 arasında olması öngörülmüştür.

Global ortaklıklar tarafından Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Küçültme Deneyi'nde (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment, CORDEX) de kullanılan Hava Tahmin ve Araştırma (Weather Research & Forecasting, WRF) modeli, CMIP6 iklim modelleri ile bir topluluk yaklaşımı kullanılarak Türkiye üzerinde 4 km çözünürlükte çalıştırılmıştır. Model, yapay küresel ısınma (PGW) yöntemi kullanılarak 2080-2100 dönemi için SSP58.5 emisyon senaryosu ile çalıştırılmıştır. Ayrıca, Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi Reanaliz v5 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Reanalysis v5, ECMWF ERA5) reanaliz verileri, SSP58.5 kapsamında gelecekteki iklim değişikliklerinin hesaplandığı 1995-2014 referans dönemi verilerini oluşturmak için 4 km çözünürlüğe küçültülmüştür. WRF ile elde edilen yüksek çözünürlüklü referans ve gelecek iklim simülasyonları, bölge üzerindeki iklim değişikliği ve değişkenliğinin daha ayrıntılı mekansal-zamansal dağılımlarını sağlayarak topografik özelliklerin tetiklediği aşırı hava olaylarının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmuştur.

Türkiye'de öngörülen iklim değişikliklerine göre, sıcaklıkların artması ve yağışların genel olarak düşüş göstermesi beklenmektedir, bu da Türkiye genelinde daha sıcak ve kurak bir iklime işaret etmektedir.