



Türkiye’deki Gözlemevlerinin Astro-Meteorolojik Koşullarının 2015–2050 Dönemindeki Uzun Vadeli Eğilimleri



AbdulahapY ILMAZ^{1*}

¹Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Erzincan, Türkiye (abdulahap.yilmaz@erzincan.edu.tr)

Giriş

Yer tabanlı astronomik gözlemevlerinin performansı, gözlem yapılan konumun atmosferik koşullarından doğrudan etkilenmektedir Kurt et al. (2024).Uzun vadeli meteorolojik değişikliklerinin atmosferik parametreler üzerindeki olası etkileri, mevcut gözlemevlerinin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır Bertolin (2015). Bu nedenle, gözlemevi lokasyonlarındaki astrometeorolojik parametrelerin gelecek projeksiyonlarının incelenmesi, hem mevcut gözlemevlerinin performans tahmini hem de yeni gözlemevi yer seçim stratejileri için kritik öneme sahiptir.

Veri Kümeleri

Bu çalışma, Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment for Europe (EURO-CORDEX) kapsamında üretilen bölgesel iklim projeksiyonlarına dayanmaktadır Jacob et al. (2014). MPI-M-MPI-ESM-LR küresel iklim modelinin RCP8.5 yüksek emisyon senaryosu altında CORDEX EUR-11 bölgesel iklim projeksiyonlarından elde edilmiştir. Veriler, EUR-11 bölgesel alanı için yaklaşık 0.11° (12.5 km) yatay mekânsal çözünürlükte olup, 2015–2050 dönemini kapsamaktadır. Spesifik olarak, atmosferik süreçleri temsil etmek üzere beş temel değişken kullanılmıştır: bulut örtüsü (CC), sıcaklık (TEMP), yoğuşabilir su buharı (PWV), rüzgarın batı-doğu bileşeni (UWS) ve rüzgarın güney-kuzey bileşeni (VWS). Tüm değişkenler için 2015–2050 dönemi boyunca gözlemevi konumlarının yıllık ortalama değerleri hesaplanarak eğilim analizlerinde kullanılmıştır.

Katmanlar

Dört temel atmosferik değişken; bulut örtüsü (Cloud Cover, CC), hava sıcaklığı (Air Temperature, TEMP), batı-doğu rüzgâr hızı (U-component of Wind Speed, UWS) ve güney-kuzey rüzgâr hızı (V-component of Wind Speed, VWS) için 2015-2100 dönemini kapsayan aylık, yağışa dönüşebilen su buharı (Precipitable Water Vapour, PWV) için günlük ortalama zaman serileri olarak indirilmiştir. NetCDF formatındaki ham model çıktıları, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında işlenebilmek üzere ArcGIS 10.8 yazılımı ESRI (2020) ve Python programlama dili kullanılarak GeoTIFF raster formatına dönüştürülmüştür. Dönüştürme işlemi sırasında, her bir değişken için 2015-2050 yılları arasındaki tüm ayları kapsayan ayrı ayrı raster katmanları oluşturulmuştur. Tüm katmanlar, küresel ölçekte mekansal tutarlılığı korumak amacıyla WGS 1984 koordinat sistemine (EPSG:4326) projekte edilmiştir. Oluşturulan bu aylık raster katmanlar, belirlenen astronomik gözlemevi lokasyonlarından değer çıkarımı yapılarak istatistiksel analizlerde kullanılmıştır (Bkz. Şekil 1 ve Tablo 1).

Uzun vadeli trendler

İklim projeksiyonlarına dayanarak atmosferik parametrelerin uzun vadeli eğilimleri değerlendirilmiştir. İstatistiksel olarak eğilimlerin belirlenmesi için Mann-Kendall (MK) parametrik olmayan testi Mann (1945); Kendall (1975) kullanılmıştır. Ek olarak, gözlemlenen değişimlerin büyüklüğünü değerlendirmek amacıyla Sen’in eğim yöntemi Sen (1968) kullanılmıştır.

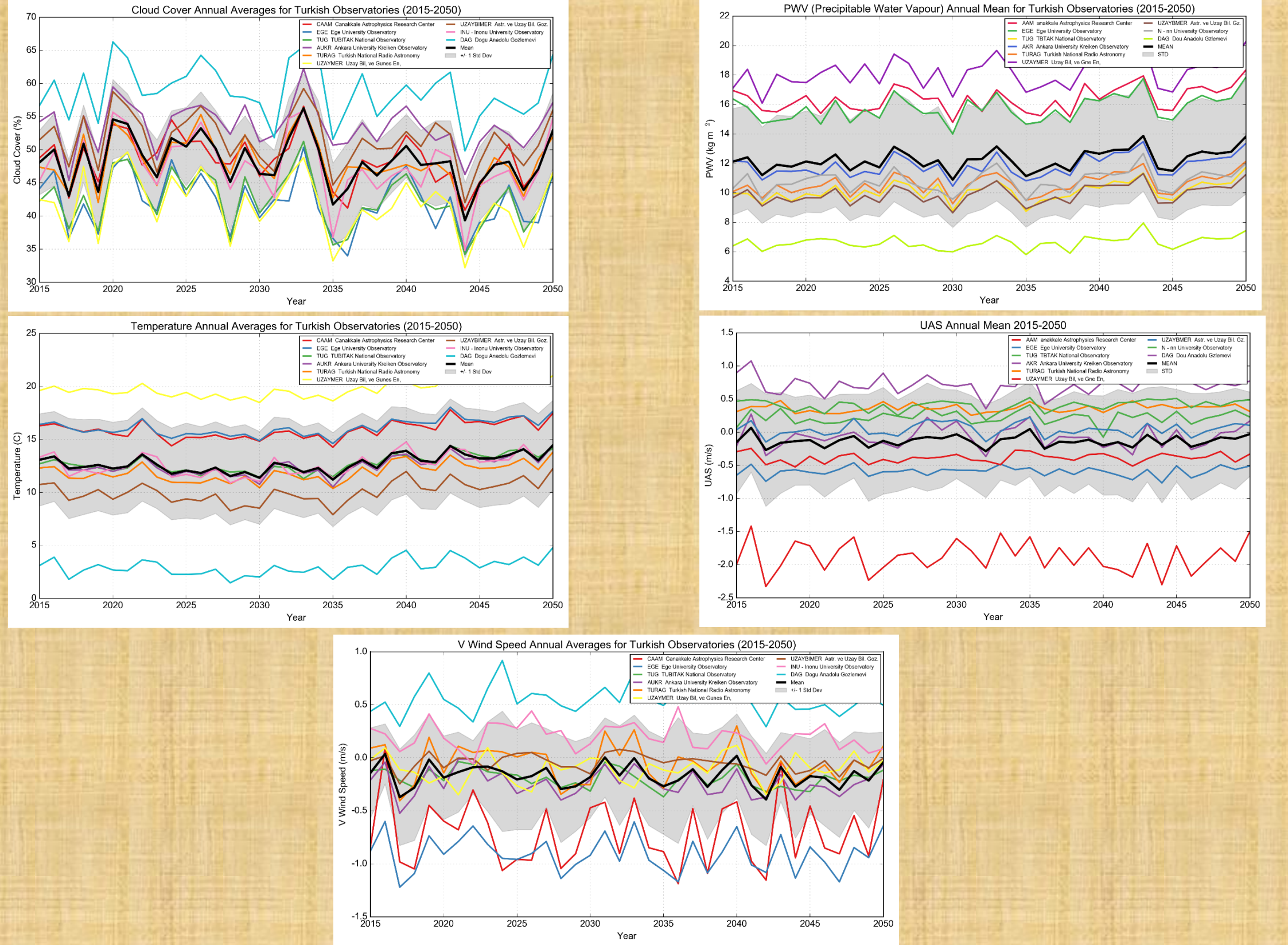
Tablo 1. CC, PWV, TEMP, UWS ve VWS veri setleri için Mann Kendall (MK) yöntemi ve Sen eğimi (Q). Kendall'ın tau (τ) değeri eğilimin yönünü ve gücünü, Sen eğimi (Q) ise değişkenin yıl başına ortalama değişim hızını göstermektedir.

SİTE	CC		PWV		TEMP		UWS		VWS	
	MK	Q	MK	Q	MK	Q	MK	Q	MK	Q
ÇAAM	-0.0328	-0.0083	0.2286	0.0324	0.0337	0.0030	-0.0082	-0.0001	-0.0027	0.0000
EGE	-0.0358	-0.0096	0.2730	0.0384	0.0366	0.0031	0.0027	0.0000	-0.0104	-0.0001
TUG	-0.0345	-0.0083	0.2857	0.0242	0.0434	0.0039	0.0080	0.0000	-0.0333	-0.0002
AÜKR	-0.0139	-0.0038	0.2190	0.0281	0.0352	0.0036	0.0022	0.0000	-0.0134	-0.0001
TURAG	-0.0267	-0.0072	0.2952	0.0308	0.0393	0.0038	0.0437	0.0001	-0.0230	-0.0002
UZAYMER	-0.0471	-0.0106	0.2190	0.0336	0.0455	0.0036	0.0151	0.0001	0.0082	0.0001
UZAYBİMER	-0.0283	-0.0074	0.2730	0.0247	0.0375	0.0041	0.0078	0.0000	-0.0188	-0.0001
İNÜ	-0.0419	-0.0109	0.2032	0.0193	0.0353	0.0044	0.0264	0.0001	-0.0309	-0.0002
DAG	-0.0260	-0.0066	0.2381	0.0132	0.0324	0.0034	-0.0020	0.0000	-0.0141	-0.0001

Sonuç ve Tartışma

Uzun dönemli eğilimleri değerlendirmek amacıyla, CC, PWV, TEMP, UWS ve VWS parametrelerine ait 2015–2050 yıllarını kapsayan 36 yıllık gelecek projeksiyonları barındıran veri setleri incelenmiştir (Bkz. Şekil 1). Beş parametreye ait projeksiyon verilerinin analizi sonucunda aşağıdaki ön görüler elde edilmiştir.

- Tüm istasyonlar için yıllık ortalama CC değeri %48,27’tür. İstasyonların % 44,4’ü (4 istasyon) bu ortalamanın altında kalmaktadır. En düşük CC değerlerine sahip istasyonlar UZAYMER (%41,74) ve EGE (%42,11), En yüksek CC değerlerine sahip istasyonların ise DAG (%58,81) ve AUKR (%53,58) olacağı öngörülmektedir. Açık gökyüzü (CC oranının tersi) oranları hesaplandığında, UZAYMER istasyonu yılda 213 gün ile en yüksek, DAG istasyonu yılda 150 gün ile en düşük değerlere sahip olacağı öngörülmektedir.



Şekil 1. MPI-M-MPI-ESM-LR RCP8.5 senaryosundan elde edilen GIS katmanları CC, PWV, TEMP, UWS ve VWS için yıllık ortalamalar (2015-2050). Renkli çizgiler Türkiye’deki astronomik gözlem istasyonunu temsil ederken, tüm istasyonların ortalama değeri siyah çizgi ile gösterilmiştir. Gri gölgeli bölge, tüm istasyonlar için ortalama $\pm$ standart sapma ile tanımlanan aralığı belirtir.

- Tüm istasyonlar için yıllık ortalama PWV değeri (12,24 mm)’dir. İstasyonların %66,7’si (6 istasyon) bu ortalamanın altında kalmaktadır. En düşük PWV değerine sahip istasyon DAG (6,61 mm) olup, bunu UZAYBİMER (9,9 mm) takip etmektedir.
 - Tüm istasyonlar için ortalama sıcaklık 12,73°C’dir. İstasyonların %66,6’sı (6 istasyon) ortalamanın altında kalmaktadır. En düşük sıcaklık değerine sahip istasyon DAG (2,98°C) olup, bunu UZAYBİMER (10,05°C) ve TURAG (11,91°C) takip etmektedir. DAG istasyonunun yüksek rakımı ve karasal iklimi, düşük sıcaklık değerlerini açıklamaktadır. Türkiye’deki tüm astronomik istasyonlar için 5 parametre (CC, PWV, TEMP, UWS, VWS) 2015-2050 dönemini kapsayan Mann-Kendall (MK) trend analizi ve Sen eğimi (Q) sonuçları Tablo 1 verilmiştir. Analiz sonuçları aşağıdaki gibidir:
 - CC tüm istasyonlarda negatif Mann–Kendall değerlerine ve negatif Sen eğimlerine sahiptir. Bu durum, tüm gözlemevlerinde bulut örtüsünün uzun vadede azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Sen eğimi değerleri yıllık yaklaşık-0.0038 ile-0.0109 yüzde puanı arasında değişmekte olup, en belirgin azalma İNÜ (-0.0109 yıl⁻¹) ve UZAYMER (-0.0106 yıl⁻¹) istasyonlarında, en düşük azalma ise AÜKR (-0.0038 yıl⁻¹) istasyonunda beklenmektedir.
 - PWV tüm istasyonlarda pozitif eğilim göstermektedir. Mann–Kendall katsayılarının tamamının pozitif olması ve Sen eğiminin 0.0132–0.0384 mm yıl⁻¹ aralığında değişmesi, atmosferdeki nem miktarının gelecekte düzenli olarak artacağını ortaya koymaktadır. En yüksek yıllık artış EGE (0.0384 mm yıl⁻¹) ve UZAYMER (0.0336 mm yıl⁻¹) istasyonlarında, en düşük artış ise DAG (0.0132 mm yıl⁻¹) istasyonunda belirlenmiştir.
 - Hava sıcaklığı açısından bütün gözlemevlerinde pozitif eğilim gözlenmiştir. Sen eğimi değerleri 0.0030–0.0044 °C yıl⁻¹ arasında değişmekte olup, tüm istasyonlar gelecekte sürekli bir ısınma eğilimi göstermektedir. En yüksek sıcaklık artışı İNÜ (0.0044 °C yıl⁻¹) ve UZAYBİMER (0.0041 °C yıl⁻¹) istasyonlarında, en düşük artış ise ÇAAM (0.0030 °C yıl⁻¹) istasyonunda hesaplanmıştır.
 - UWS diğer değişkenlere göre oldukça zayıf bir eğilim sergilemektedir. Sen eğimi değerleri yaklaşık-0.0001 ile 0.0001 (m S⁻¹) yıl⁻¹ arasında değişmekte olup, bazı istasyonlarda hafif artış, bazılarında ise ihmal edilebilir düzeyde azalma görülmektedir. Bu sonuç, gelecekte UWS bileşeninde belirgin bir değişim beklenmediğini göstermektedir.
 - VWS ise istasyonların büyük bölümünde negatif eğilim göstermektedir. Sen eğimi değerleri-0.0002 ile 0.0001 (m S⁻¹) yıl⁻¹ arasında değişmektedir. Yalnızca UZAYMER istasyonunda çok düşük düzeyde pozitif bir eğilim görülürken, diğer tüm istasyonlarda VWS bileşeninde hafif azalma eğilimi belirlenmiştir.
- Sonuç olarak, PWV ve TEMP’teki artış eğilimleri gözlemevlerini olumsuz etkileyebilecek iken CC’deki azalma eğilimi gözlem koşullarına olumlu katkı sağlayabileceği ön görülmektedir.

Kaynaklar

Bertolin C., 2015, PhD thesis, University of Padova

ESRI 2020, ArcGIS Desktop: Release 10.8. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA

Jacob D., et al., 2014, Regional environmental change, 14, 563

Kendall M. G., 1975, Rank Correlation Methods, 4th edn. Charles Griffin, London

Kurt Z., Yerli S. K., Aksaker N., Aktay A., Erdoğan M. A., 2024, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics

Mann H. B., 1945, Econometrica: Journal of the Econometric Society, 13, 245

Sen P. K., 1968, Journal of the American Statistical Association, 63, 1379