



## Ekstrem Sıcaklık Analizi: Marmara Bölgesi Örneği

Birsu ÇORUK<sup>1</sup>, Zahide ACAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Canakkale Onsekiz Mart University, School of Graduate Studies; [birsucrk@gmail.com](mailto:birsucrk@gmail.com)

<sup>2</sup> Sorumlu Yazar: Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Humanities and Social Sciences; [zacar@comu.edu.tr](mailto:zacar@comu.edu.tr);

ORCID:0000-0002-9174-0447

### Özet

Günümüzde, insanın çevreye müdahaleleri ile gerçekleşen antropojenik değişimler küresel ölçekteki en önemli sorunlardandır. Çalışmanın konusu, iklim değişikliği/değişkenliği çerçevesinde ekstrem hava olaylarının alansal ve zamansal değişkenliğinin özelliklerini değerlendirmektir. Bu kapsamda, Marmara Bölgesi özelindeki meteoroloji istasyonlarının sıcaklık verileri ekstrem sıcaklıklar kapsamında analiz edilmiştir. Marmara Bölgesi, coğrafi konumu nedeniyle önemli iklimsel açıdan önemli bir geçiş alanıdır ve bölge jeomorfolojik olarak da farklılıkları içerisinde barındırır. Çalışma kapsamında kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmıştır. Sıcaklık verilerinin homojenliği, Pettitt, Buishand Sıra ve Standart Normal Homojenlik Testleri ile sınanmıştır. Ardından ETCCDMI tarafından belirlenen indisler hesaplanmıştır. Homojenlik analizleri kapsamında, sıcaklık verilerinde belirli yıllarda kırılmalar tespit edilmiştir. Kırılmalar, 1997-98 yılları ile 2006-2007 dönemlerinde gözlemlenmiştir. Bunların nedenleri arasında, kullanılan istasyonlara doğal olmayan müdahaleler, veri setlerinin ölçümlerindeki değişimler, şehirleşme gibi unsurların etkileri sayılabilir. Ayrıca, etkilerini ekstrem sıcaklıklarda sıklıkla görmeye başladığımız iklimsel değişkenlik verilerdeki homojenliğin bozulmasına neden olmaktadır. Ekstrem sıcaklık indislerinin sonuçlarında alansal ve zamansal (mevsimsel) değişimler gözlemlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde özellikle şehir/kır farkı belirgindir. Şehirleşmenin açık bir şekilde gözlemlendiği; İstanbul, Bursa ve Balıkesir gibi istasyonlarda sıcak gün ve gece sayıları yüksek iken, kırsal alanlarda azdır. Bu kapsamda da sınırlar içerisinde dar alanda değişkenlikler belirgindir. Özellikle serin günler ve serin geceler yaz ve kış mevsimlerinde oldukça az yaşanmaktadır. Bunun yerine sıcak gün ve sıcak gece indislerinde belirgin bir artış egemendir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim değişkenliği, Ekstrem sıcaklık, Homojenlik analizi, Marmara bölgesi

## Extreme Temperature Analysis: Example of Marmara Region

### Abstract

At the present time, anthropogenic changes that occur with human interventions to the environment are one of the most important problems on a global scale. The subject of the study is to evaluate the spatial and temporal variability of extreme weather events in the context of climate change/variability. In this context, the temperature data of meteorology stations in the Marmara Region were analyzed within the scope of extreme temperatures. The Marmara Region is an important climatically important transition area due to its geographical location and the region also contains geomorphological differences. The data used within the scope of the study were provided by the Turkish State Meteorological Service. The homogeneity of the temperature data was tested with the Pettitt, Buishand Rank and Standard Normal Homogeneity Tests. Then, the indices determined by the ETCCDMI (Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices) were calculated. Within the scope of homogeneity analysis, breaks were detected in the temperature data in certain years. Fractures were observed between 1997-98 and 2006-2007. Among the reasons for these, unnatural interventions to the stations used, changes in the measurements of the data sets, and the effects of factors such as urbanization can be counted.

**Keywords:** Climate variability, Extreme temperature, Homogeneity analysis, Marmara region

## 1. Giriş

İklim dinamik bir yapıya sahiptir ve dünyanın var oluşundan bu yana hiçbir zaman durağan olmamışlardır. Ancak günümüz koşulları dikkate alındığında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) içerisinde de yer alan doğal iklim değişikliğine ek olarak günümüzdeki etkin varlığı ile öne çıkan beşeri unsurlar içerisinde nüfus ve nüfusun ekonomik faaliyetleri öne çıkmaktadır. Doğrudan veya dolaylı olarak küresel çapta atmosferin bileşimini bozan insan varlığı iklim üzerinde önemli değişkenlikleri ortaya çıkarmıştır. İnsanlığın getirmiş olduğu olumsuz çevresel baskılar özellikle 1850 yıllarında ortaya çıkan nüfus artışları, beraberinde gelen 18. yüzyılda gerçekleşen Sanayi Devrimi etkisi yerel ölçekte var olan iklim değişikliklerini daha belirgin ve gözle görülür bir duruma getirmiştir (Gönençgil ve Acar, 2016; Gönençgil, 2008; Gönençgil ve Acar, 2021). Bu kapsamda, insan varlığının etkin olduğu dünyada iklimsel kaynaklı birçok değişkenliğin yanı sıra afet boyutunda etkiler de dikkat çekmektedir. Dar bir alanda gerçekleşen iklimsel değişkenlik etkisini ise daha çok ekstrem hava olayları olarak gösterir. 19. yüzyılın sonlarına doğru ekstrem hava olayları belirgin bir şekilde daha sık yaşanmaya başlamıştır. Ekolojik çevrenin dinamiğinde ve insan yaşamı üzerinde doğrudan etkinliği gözlenen ekstrem hava olayları, yeryüzünde belirgin bir alanda gözlenen “nadir” olarak gerçekleşen beklenmedik hava olayları olarak tanımlanmaktadır (IPCC, 2007; Kum vd., 2022). Özellikle frekansı ve şiddeti artan ekstrem hava olaylarından elde edilen bulgular yalnızca büyük ölçekte değil, bölgesel hatta yerel kapsamda dahi gözlenen iklim değişikliğinin önemli göstergeleri niteliğinde olmuştur (Acar Deniz ve Gönençgil, 2015; Acar ve Gönençgil, 2019; Kum, 2022). Bu kapsamda çalışmanın amacı da şekillenmiş ve önemi artmıştır. Marmara Bölgesi özelinde ele alınan ekstrem sıcaklık değerleri analizlerin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesine zemin hazırlamıştır. Bölgesel olarak sıcaklığı etkileyen unsurlar; jeomorfolojik, klimatolojik ve beşeri sistemlerin üzerinde durularak bölgesel ekstrem sıcaklıkların analiz edilmesinin ve değişkenliklerin detaylı bir şekilde incelenmesi konusunda literatüre katkı sağlamıştır. Bu nedenle küresel çapta gerçekleşen birçok çalışma alanının yanı sıra Marmara Bölgesi, sınırları içerisinde kısa mesafelerde önemli farklılıkları ve riskleri barındırmaktadır. Tüm bu etkenlerin varlığının incelenmesi ve analizlerinin değerlendirilmesi de günümüzün aynı zamanda geleceğin sorunu olan iklimsel değişkenlik kavramına ışık tutacaktır. Bu konu dahilinde geçmişteki çalışmalara ve sonuçlara bakıldığında ise;

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin son raporunda ele alınan bütün küresel ısınma senaryolarının Sanayi Devrimi dönemine kıyasla 1,5 °C limitinin artacağından söz edilmiştir. Bu duruma ek olarak raporda kritik eşikler de yer almaktadır. Özellikle gerçekleşme sıklığı ve ihtimali düşük seviyelerde olan ekstrem hava olaylarının artış göstereceği ve özellikle buzul çevresi alanlarda gözlenebilecek buz tabakasında yaşanan ani çöküşler gibi durumların sıklığı ve yaratacağı yıkıcı etkilerinin riskinden söz etmektedir. Sonuç olarak IPCC tarafından hazırlanan raporlara göre, günümüz ve gelecek dönemlerde sera gazı emisyonlarında gerçekleşecek ciddi seviye düşüklüklerinin ancak kötü şartlardaki iklim değişikliklerini engelleyebileceğini ama geçmişteki ılıman hava koşullarını geri getiremeyeceğini savunmuşlardır (IPCC, 2021). Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer Yönetiminin (NOAA) rapora göre ise, ortalama sıcaklığının 1 derece artışı sonucunda küresel ölçekte kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının 2016 yılından sonra 2020 en sıcak 2. yıl olarak kaydedilmiştir (NOAA, 2020).

2020 yılında yayınlanan Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)'nun raporuna göre ise 2011 ile 2020 yılları arası kayıtlara geçmiş en sıcak 10 yıl niteliğindedir. Günümüze yaklaştıkça sıcak yılların varlığı ve sıklığı da artış gösterirken en sıcak 6 yıl 2015 yılından itibaren gerçekleşmiştir. Yine bu raporda kayıtlara geçen bir diğer önemli unsur ekstrem hava olaylarının sıklığıdır. 2020 yılı içerisinde 984 ekstrem olay verisi ile en fazla ekstrem faaliyetlerin gerçekleştiği yıl olarak 20 yıl içerisinde ekstrem olayların artış eğiliminde olduğunu kanıtlamıştır (WMO, 2020).

Alexander vd., (2006); gerçekleştirdiği çalışmasında tüm dünya verilerini kullanmış olup bu çalışmada toplam 2223 sıcaklık istasyonunu ve 1999 yılından sonra kayıtlara geçen verileri değerlendirmeye katmıştır. Ele aldığı istasyonlarda ekstrem sıcaklık ve yağışları geniş bir çerçevede ele almıştır. Ekstremlerinin süreleri analiz edilirken özellikle küresel çapta 20. yüzyıl dikkat çekerek sıcaklık sürelerinin artışı gözlenmiştir. Dünya ortalaması dikkate alınarak sonuçlara bakıldığında sıcaklık indisleri özellikle 1951-2003 yılları arası önemli ölçüde değişkenlikler gösterdiği saptanmıştır.

Avrupa'da yapılan bir çalışmada gerçekleşen iklim değişikliği ve etkileri ele alınmış olup coğrafi kapsamda alanın dağılışı ve çeşitliliği de göz önünde bulundurulması sonucu, 1950 yılından itibaren (tropikal geceler, sıcak günler, sıcak hava dalgası) yüksek seviyelerde gözlenen sıcaklık ekstremlerine rastlanmıştır. Bölgede özellikle Kuzey Avrupa'da sık sık gerçekleşen soğuk hava dalgaları ve donlu günlerin azalış eğilimine geçerek etkisinin düştüğü belirlenirken Avrupa'da ortalama sıcaklıkların arttığını ve artışın devam ettiği sonucuna ulaşılmıştır (Kovats vd., 2014).

Aykır, (2017) ise çalışmasında Türkiye genelini ele alarak 42 istasyon üzerinden şehir ve kırsal değişkenliğini ele almış ve sonuçları karşılaştırmıştır. Özellikle sıcaklık artış ve azalışlarını yani değişkenliklerin şehir istasyonlarında daha fazla gözlendiği, kırsal istasyonlarında ise kent alanlarına göre durağan değişimler göstermiştir.

Erlat ve Türkes, (2017) çalışmalarında Türkiye'deki tropikal gece sayıları ve gözlenen değişimler ile eğilimler incelenmiştir. Özellikle kıyı kuşakta var olan denizellik etkeni ile Türkiye'nin iç ve doğu kesimleri doğrultusunda artış gösteren yükselti ile beraberindeki karasallığın varlığı sonuçlardaki değişkenliğin temelini oluşturmaktadır. Tropikal

gün sayısı en fazla 90 gün ile Akdeniz kıyılarında gözlenmiştir. En az tropikal gece özelliği ise Türkiye'nin en doğusu ve yükseltinin, karasallığın baskın olduğu Kars-Ardahan istasyonlarında gözlenmiştir. Çalışma ile Türkiye'de küresel ve bölgesel çapta özellikle 20. yüzyıldan itibaren minimum sıcaklıklarda gözlenen artış maksimum sıcaklıklarda gözlenen artışlardan daha hızlı yükselme ve eğilim gösterdiği tespit edilmiştir.

Yu vd. (2021) çalışmasında Kuzey Amerika'da kış mevsiminde öngörülen yüzey hava sıcaklıklarının eğilimleri analiz edilmiştir. Analizlerde; CanESm2 ve CanESm5 simülasyon modelleri ile önümüzdeki yüzyıl (2021-2070) için öngörüler yapılarak yüzey hava sıcaklığı (SAT) ve ekstrem soğuk (TX10) ile ekstrem sıcaklık (TX90) indislerinin değişimleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında ise kış mevsimi için ekstrem soğuk (Tx10) ve ekstrem sıcak (Tx90) gün indislerinin büyüklük açısından küçük farklılıklar içererek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Çalışma alanı kapsamında gelecek yarım yüzyıl için daha şiddetli sıcak günler ve daha az ekstrem soğuk günler öngörülmüştür.

Alghamdi ve Moore, (2014) çalışmalarında, Suudi Arabistan'da yer alan Jeddah şehrinde 52°C sıcaklıkların varlığı nedeniyle ve en sıcak mevsim olan 2010 yılının yaz aylarında toplam 8 adet enerji santrali aşırı sıcaklıklara maruz kalması nedeniyle kapanmıştır. Çalışmada hem kentsel hem de kırsal istasyonlarda gece sıcaklıklarının on yılda 0,45 °C ve 0,69°C oranlarında önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada, şehir ve kırsal arası değişkenlikler ve kırsal ortalaması ile şehir ortalaması sıcaklıkları kendi içerlerinde ortalama değerlerin üzerinde bir artış göstererek olağan seyirlerini bozmuşlardır.

Saleem vd. (2021), iklim risk değerlerini belirlemek amacıyla ekstrem sıcaklıkları analiz etmişlerdir. Çalışma Pakistan'da bulunan 40 sinoptik istasyonun homojenliğini test ederek ve veriler içerisinde iklimsel olmayan kaymalar çıkarılarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları kapsamında en güçlü ısınma eğilimleri yılın en sıcak mevsimi olarak gözlenen ilkbahar mevsiminde yaşanmaktadır. Ayrıca bölgenin batı ve güneydoğu ve ortasında bulunan tarımsal-ekolojik bölgeler için de önemli ısınma eğilimleri göstermiştir. İlkbahar mevsiminde Batı Pasifik Okyanusu'ndaki La Niña (El Niño) olayları ile aşırı sıcaklıklardaki değişiklikler arasında güçlü bağlantılar ile sağlanmıştır. La Niña'nın etkinliğinde özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgeleri üzerindeki ekstrem sıcaklıkların yoğunluğu üzerinde çok daha büyük bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

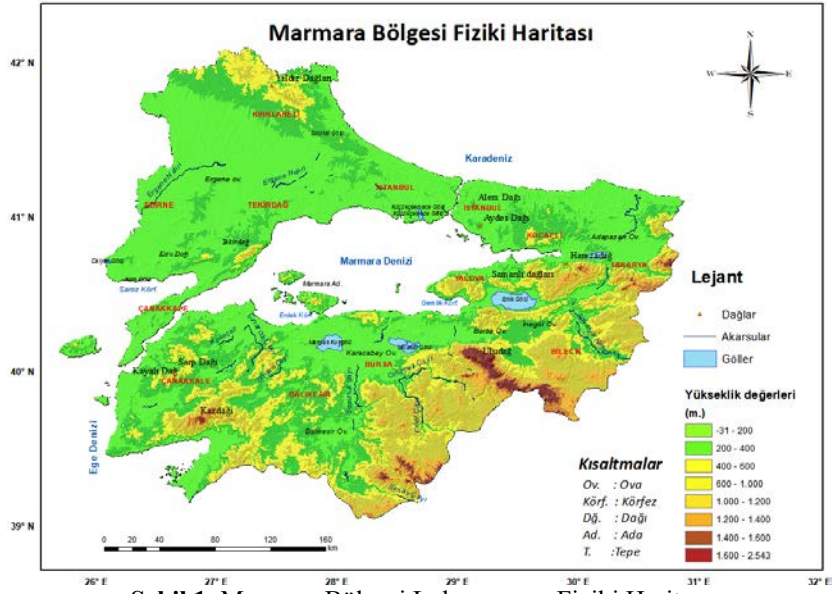
Acar, (2018) çalışmasında, Türkiye'de İç Anadolu Bölgesi'nin ekstrem sıcaklıklarında artış eğilimleri belirlemiştir. Özellikle gece sıcaklıklarında gözlenen artışlar belirgindir. Genel olarak bölgede ısınma eğiliminin varlığını dikkat çekicidir. Bölgede son zamanlarda daha sık yaşanan sıcak-soğuk hava dalgaları ve şiddetli yaz kuraklıklarının varlığı sosyo-ekonomik açıdan problemler yaratacak düzeyde olabileceğini vurgulanmıştır.

Türkiye'de de küresel çapta etkilerinin gözlemlendiği sıcaklık artışlarının yansımaları olmuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün yapmış olduğu değerlendirme raporuna göre; Türkiye ortalama sıcaklık artışını 1,5 °C'yi aşmış durumdadır. İlk kez 2017 yılında sınırı aşan sıcaklıklar 1998 itibaren sadece 2011 yılı hariç devamlı olarak bir artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir (MGM, 2020). Bu kapsamda iklim değişikliği ve kavramını iyi analiz etmek ve anlamak gerekmektedir. Küresel ölçekte gerçekleşen çalışmaların yanında bölgesel hatta yerel ölçekte de gerçekleştirilecek çalışmalar iklimsel değişkenliğin varlığını tespit etmede ve etkilerinin analizlerinde anlamlı sonuçlar doğuracaktır. Sözü edilen çalışmalar yalnızca klimatolojik alanla sınırlı kalmamalıdır, insan-doğa bileşiminin hâkim olduğu tüm alanlarda araştırmalar yapılarak disiplinler arası etkileşim ve katkılar sağlanmalıdır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında kullanılan meteoroloji istasyonlarının verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) sağlanmıştır. Bu kapsamda kullanılan istasyonlar, istasyonların konum ve yükseklik bilgileri Tablo 1'de sunulmuştur. Bölge genelinde istasyonların buldukları konum itibarıyla kısa mesafede önemli değişkenliklerin gözlemlendiği topografik şartlar dikkat çekicidir. Marmara Bölgesi %8,5 yüzölçümü ile bir iç deniz olan Marmara Denizi çevresinde şekillenmiştir. Marmara Bölgesi'nin fiziki varlıkları Şekil 2'de de görüldüğü gibi Karadeniz ve Ege Denizi'ne de sınırları bulunan meteoroloji istasyonları mevcuttur. Bölgede en az engebeye sahip olan alan Trakya Bölümü ve çevresidir. Bu alanda Yıldız (Istranca) Dağlarının kıyıya paralel uzanmakta ve yüksekliği 1000 m'yi aşmamaktadır. Bölge içerisinde engebeli alanlar daha çok Güney Marmara bölümünde şekillenmiştir. Marmara'nın güneybatısında yer alan Biga Yarımadası'nda Kaz Dağları yükselerek en yüksek zirvesi 1774 m'ye ulaşmaktadır. Bölgenin en önemli ve en yüksek dağı ise Bursa sınırları içerisinde yer alan 2543m yüksekliğindeki Uludağ'dır. Bölge genel itibarıyla yüksek ve alçak kesimlerin değişkenliği içerisinde yer almaktadır. Yoğun şekilde ova varlığını da içerisinde barındırmaktadır. Ergene, Balıkesir, Bursa ve Adapazarı Ovası önde gelen ovalarındandır. Marmara Bölgesi istasyonları için farklılıkların temelinde denizellik ve karasallık da önde gelmektedir. Denize kıyısı olan ve olmayan istasyonlar, nemlilik-karasallığın etkinliği doğrultusunda önemli sonuçlara ve değişkenliklere neden olmaktadır.



Şekil 1. Marmara Bölgesi Lokasyon ve Fiziki Haritası

Tablo 1. Çalışma alanında kullanılan istasyonların genel özellikleri

İller	İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Y*(m)	Veri Aralığı
Balıkesir	17700	Dursunbey	39,5785 °K	28,6327 °D	1045	1965-2019
	17674	Balıkesir/ Gönen	40,1135°K	27,6426°D	518	1970-2019
	17114	Bandırma	40,3315 °K	27,9965 °D	517	1950-2019
	17175	Ayvalık	39,3113 °K	26,6861 °D	524	1966-2019
	17145	Edremit	39,5895 °K	27,0192 °D	522	1965-2019
	17150	Balıkesir Havalimanı	39,6326 °K	27,9201 °D	522	1980-2019
	17115	Bandırma Havalimanı	40,3245 °K	27,9737 °D	517	1980-2019
	17722	Burhaniye	39,4983 °K	26,9755 °D	523	1975-2019
Bilecik	17702	Bozüyük	39,9039 °K	30,0525 °D	520	1965-2019
	17120	Bilecik	40,1414 °K	29,9772 °D	518	1939-2019
Bursa	17116	Bursa	40,2308 °K	29,0133 °D	517	1930-2019
	17695	Keles	39,9150 °K	29,2313 °D	520	1966-2019
	17676	Uludağ Kayak Merkezi	40,1075 °K	29,1290 °D	518	1970-2019
Çanakkale	17111	Bozcaada	39,8326 °K	26,0728 °D	520	1967-2019
	17112	Çanakkale	40,1410 °K	26,3993 °D	518	1937-2019
	17110	Gökçeada	40,1910 °K	25,9075 °D	518	1965-2019
Edirne	17050	Edirne	41,6767 °K	26,5508 °D	506	1952-2019
	17608	Uzunköprü	41,2726 °K	26,7056 °D	509	1965-2019
	17632	İpsala	40,8900 °K	26,3900 °D	512	1965-2019
İstanbul	17636	Florya	40,9758 °K	28,7865 °D	512	1937-2019
	17060	İstanbul Atatürk Havalimanı	40,9819 °K	28,8208 °D	512	1980-2019
	17062	Kadıköy Rıhtım	40,9883 °K	29,0190 °D	511	1930-2019
	17061	Sarıyer	41,1464 °K	29,0502 °D	510	1954-2019
	17610	Şile	41,1688 °K	29,6007 °D	510	1939-2019
17059	Sarıyer/Kumköy- Kilyos	41,2505 °K	29,0384 °D	509	1951-2019	
Kırklareli	17631	Lüleburgaz Tigem	41,3513 °K	27,3108 °D	509	1941-2019
	17052	Kırklareli	41,7282 °K	27,2178 °D	506	1959-2019
Kocaeli	17067	Gölcük	40,7268 °K	29,8066 °D	514	1980-2019
	17066	Kocaeli	40,7663 °K	29,9173 °D	513	1961-2019
Sakarya	17662	Geyve	40,5214 °K	30,2960 °D	515	1959-2019
	17069	Sakarya	40,7676 °K	30,3934 °D	513	1956-2019
Tekirdağ	17056	Tekirdağ	40,9585 °K	27,4965 °D	512	1940-2019
	17634	Malkara	40,8873 °K	26,9080 °D	512	1980-2019
	17054	Çorlu	41,1798 °K	27,8160 °D	510	1958-2019
Yalova	17658	Çınarcık	40,6427 °K	29,1063 °D	514	1982-2019
	17119	Yalova	40,6589 °K	29,2796 °D	514	1958-2019

## 2.2 Yöntem

### 2.2.1 Homojenlik Analizi

İklim çalışmalarında ana unsurlardan biri homojenliğin test edilmesidir. Homojenliği sınanması, kullanılan veri serilerinde gözlemlenen değişimlerin klimatolojik ve meteorolojik değişimlerden kaynaklanmış olup olmadığını belirlemektir (Conrad ve Pollak, 1950; Akçay 2018). Analizler sonucu incelenirken, veri serisindeki değişim yalnızca iklimsel ve hava şartları nedeniyle oluşmuş değişimler ise bu veri serisi homojen olarak kabul edilir ve değerlendirilir (Conrad ve Pollak, 1950; Cengiz, 2005). Genellikle iklimsel çalışmalar ve hidroloji alanındaki akım ölçümlerinde kullanılan bu yöntemde hesaplamalar ve analizler yapılırken şehirleşmeden, istasyon yer değişimi, hesaplama şekli, orman varlığı ya da ormasızlaşmadan kaynaklı dış faktörlerin varlığı yapılan çalışmalar da homojenliğin yitirildiği ve bu durumun doğal iklimsel etkilerden kaynaklanmadığını ortaya koyarak çalışma sonucunun güvenilirliğini artırmaktadır. Çalışmada kullanılan sıcaklık verilerinin istatistiksel olarak analizinde homojenlik testlerinden SNHT (Standard Normal Homogeneity Test) (Alexandersson, 1986), Pettitt (Pettitt, 1979), ve Buishand Sıra (Buishand, 1982) testleri kullanılmıştır. Kullanılan testlerde homojenlik (H<sub>0</sub>) sıfır hipotezi ile kontrol edilirken eğer H<sub>0</sub> kabul edilirse seri homojen olarak sonuçlanır ve bu verilerin aynı toplumdaki geldiği kabul edilir. H<sub>0</sub>'nın reddedildiği durumlarda ise karşıt hipotez olan, alternatif hipotez H<sub>1</sub> hipotezinin kabulü ortaya çıkar ve bu da veri serisinde ani bir değişimin söz konusu olduğunu öne sürer. Pettitt Testi, SNHT ve Buishand Sıra Testleri zaman serilerinde homojenliğin kırıldığı ya da bir başka deyişle sıçramaların gerçekleştiği yılları tespit edebilmektedir (Wijngaard vd., 2003; Akçay 2018).

**Pettitt Testi;** Pettitt (1979) tarafından geliştirilmiştir; Test istatistiği olan  $X_k$  ise şöyle hesaplanır:

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{Denklem 1}$$

$$X_E = \max_{1 \leq k \leq n} |X_k| \quad \text{Denklem 2}$$

**Tablo 2.** Pettitt Testi için % 5 anlam düzeyinde kritik  $X_E$  test değerleri

N	20	30	40	50	70	100
%5	57	107	167	235	393	677

**Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT);** Homojenliğin sekteye uğradığı zamanları tespit etmek için; SNHT veri serisinin ağırlıklı olarak başlangıcına ve sonuna hassasiyet göstermektedir.(Alexandersson, 1986; Winjgaard vd., 2003).

T(k) istatistik değeri ise denklem 3 ile hesaplanır;

$$T(k) = k\bar{z}_1^2 + (n-k)\bar{z}_2^2 \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{Denklem 3}$$

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{k} \sum (Y_i - \bar{Y}) / s \quad \text{ve} \quad \text{Denklem 4}$$

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{n-k} \sum (Y_i - \bar{Y}) / s \quad \text{'dir.} \quad \text{Denklem 5}$$

$$T_0 = \max_{1 \leq k \leq n} T(k) \quad \text{olarak tanımlanır.} \quad \text{Denklem 6}$$

**Tablo 3.** SNHT'de %5 anlamlılık seviyelerinde  $T_0$  kritik değerleri

N	20	30	40	50	70	100
%5	6.95	7.65	8.10	8.45	8.80	9.15

**Buishand Sıra Testi;** Buishand (1982) tarafından öne sürülen homojenlik testidir.

$$R = (\max_{1 \leq k \leq n} S_k^* - \min_{1 \leq k \leq n} S_k^*) / s \quad \text{Denklem 7}$$

$$S^* = 0 \quad \text{ve} \quad S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad \text{Denklem 8}$$

Kritik değer aşılmadığı takdirde sonuçlar homojen olarak kabul edilmektedir (Buishand, 1982).

**Tablo 4.** Buishand Sıra Testi'nde %5 anlamlılık seviyelerinde  $R/\sqrt{n}$  kritik değerleri

N	20	30	40	50	70	100
%5	1,43	1,5	1,53	1,55	1,59	1,62

## 2.2.2 Sıcaklık İndisleri

Marmara Bölgesi kapsamında sıcaklık indisleri ele alınırken referans olarak İklim Değişikliği Belirleme, Görüntüleme ve İndis Uzman Grubu (ETCCDMI) tarafından açıklanmış olan indisler temel alınmıştır. İndis analizi için çalışma alanından 36 meteoroloji istasyonunun minimum ve maksimum sıcaklıkları kullanılarak seçilen ekstrem sıcaklık indis değerlerinin eğilimleri incelenmiştir. Seçilen indis değerleri tablo 5'te gösterilmiştir.

**Tablo 5.** Kullanılan sıcaklık indisleri (Zhang vd., 2005).

İndis-ID	İndis Adı	İndis Tanımı	Birim
FD0	Donlu günler	Minimum sıcaklık < 0°C olduğu günler	Gün
SU25	Yaz günleri	Maksimum sıcaklık > 25 °C olduğu günler	Gün
ID0	Buz günleri	Maksimum sıcaklık < 0 °C olduğu günler	Gün
TR20	Tropik geceler	Minimum sıcaklık > 20°C olduğu günler	Gün
TN10p	Serin geceler	Tmin < normalinin %10 olduğu günler	Gün
TX10p	Serin günler	Tmax < normalinin %10 olduğu günler	Gün
TN90p	Sıcak geceler	Tmin > normalinin %90 olduğu günler	Gün
TX90p	Sıcak günler	Tmax > normalinin %90 olduğu günler	Gün
DTR	Günlük sıcaklık genişliği	Tmax – Tmin	°C

## 3. BULGULAR

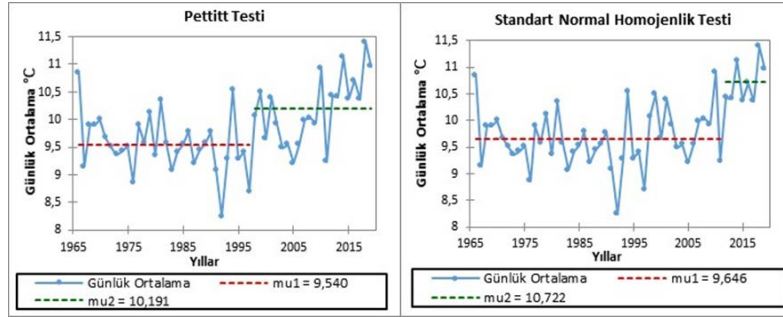
### 3.1 Homojenlik Analizi Bulguları

Çalışmada ele alınan homojenlik analizi kapsamında Marmara Bölgesi'nde bulunan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanan istasyon verileri sayesinde homojenlik test sonuçları incelenmiş ve istasyonlardaki kırılma yılları tespit edilmiştir. Homojenlik analizleri, Pettitt, Buishand ve Standart Normal Homojenlik testleri kullanılarak sonuçlar sağlanmıştır. Test homojenliğin yitirildiği istasyonlar tespit edilmiş ve kırılmaların gerçekleştiği yılların benzerlik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Özellikle günlük ortalama sıcaklıklarda Pettitt testinde 1997 yılında 22 istasyon için kırılma yılı olurken, 2006 yılı da SNHT'de yine 22 istasyonda kırılma gözlenmiştir. Minimum sıcaklık verilerinde ise; Pettitt testi için 1997 yılı öne çıkan bir yıl olurken 16 istasyonda kırılmalar gerçekleşmiş, SNHT'de ise 18 istasyonda yine 2006 yılı kırılmaların gözlendiği yıl olmuştur. Maksimum sıcaklıklarda da sonuçlar benzerdir. Pettitt testi için 13 istasyon kırılmanın 1997 yılında gerçekleştiği sonucunu verirken, SNHT için, 2006 yılı 17 istasyonda kırılmanın gözlendiği yıl olmuştur. Marmara Bölgesi analizlerinde elde edilen homojenlikler doğrultusunda örnek olarak 3 istasyon seçilmiş olup bu istasyonlar kırılmaların belirgin bir şekilde gözlendiği ve istasyonların kendi içerisinde dalgalanmaları da ele alınarak açıklanmıştır. Seçilen istasyonlar günlük, minimum ve maksimum sıcaklıklar verilerinin kullanıldığı istasyonlardan birer örnek şeklinde alınmıştır. Kırılmaların en fazla gözlendiği yıllar analizi yapılan tüm istasyonlar için, bir bütün olarak Tablo 6'de gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Pettitt ve SNHT gerçekleşen kırılma yılları

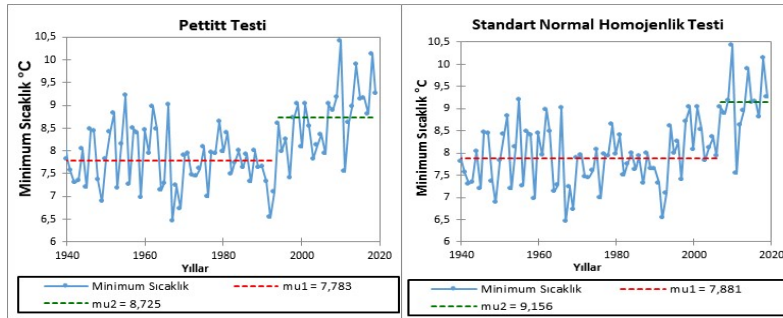
Yıllar	Pettitt Testi <i>1997 yılı</i>	Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT) <i>2006 yılı</i>
Günlük Ortalama Sıcaklık	22 İstasyon	22 İstasyon
Minimum Sıcaklık	16 istasyon	18 istasyon
Maksimum Sıcaklık	13 istasyon	17 istasyon

Günlük ortalama sıcaklık, Keles istasyonunda Pettitt testine göre 1997 yılında, SNHT'e göre ise 2006 yılında kırılma gösterir. İstasyonda özellikle homojenliğin bozulduğu kırılmadan sonra kademeli bir sıcaklık artışı görülmektedir.



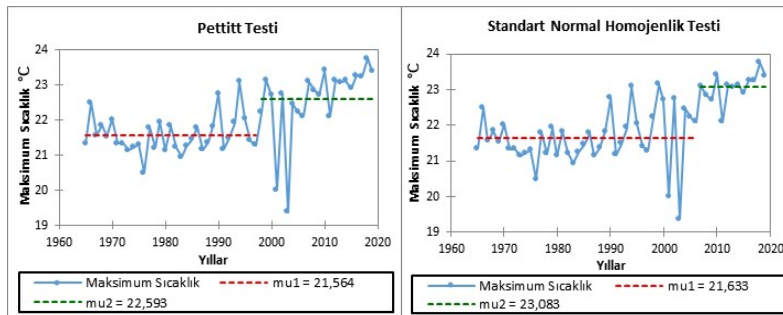
Şekil 2. 17695-Keles istasyonu, günlük ortalama sıcaklık verilerinin homojenlik analizli

Bilecik istasyonu, minimum sıcaklıklar içerisinde en düşük sıcaklıkları barındıran 3. istasyondur. Bu kapsamda bulunduğu konum itibarıyla de başta İç Anadolu Bölgesi'ne sınır olması ile sıcaklıklarda karasallığın etkinliği, denizellikten ve doğal olarak nemlilikten uzaklığı nedeniyle düşük sıcaklık değerleri söz konusudur. Bilecik istasyonunda Şekil 3'te görüldüğü gibi Pettitt testinde 1993, SNHT'de ise 2006 yılında kırılma gerçekleşir. İstasyonda dikkat çeken unsur ağırlıklı 1997 yılı sonuçlarının aksine Pettitt testinde 1993 yılı çıkması; 1992 yılında yaşanan düşük sıcaklıkların ardından 1993-1994 yıllarında sıcaklıkta bir sıçrama yaşanmıştır bu durum da istasyonda kırılmaya sebebiyet vermiştir.



Şekil 3. 17120- Bilecik istasyonu minimum sıcaklıklar üzerinde homojenlik analizi

Maksimum sıcaklık verilerinin kullanıldığı analiz sonuçları için ise Edremit istasyonu örnek olarak seçilmiştir. Maksimum sıcaklık verileri içerisinde bölge kapsamında en yüksek sıcaklık değerine sahip istasyon 2018 yılındaki 23.7 °C ile Edremit istasyonu olmuştur. Sıcaklıkları 1997 yılına kadar devamlı olarak dalgalanmalar göstererek artış eğiliminde iken 1997 yılında Pettitt testine takılan kırılma ile birlikte sıcaklık değişimlerinde farklılaşmalar yaşanmıştır. Bölge genelinde 2006-2007 yıllarına yoğunlaşan kırılma sonuçları aynı zamanda Türkiye genelinde 2005 yılı itibarıyla meteoroloji istasyonlarının otomatik ölçümlerin yaygınlaşmaya başlamasıyla uyumluluk gösterir.



Şekil 4. 17145- Edremit istasyonu, maksimum sıcaklıklar üzerinde homojenlik analizi

Şekil 4'te görüldüğü üzere SNHT'de ise 2006 yılı kırılmanın gerçekleştiği yıl olarak kayıtlara geçmiştir. Bu kırılma yılından sonra sıcaklıklar devamlı bir artış eğilimi gösterir. İstasyonun Marmara Bölgesi sınırları içerisinde olmasının aksine Ege Bölgesi'yle bağlantısı sıcaklıklar üzerinde bu durumun etkisine ek olarak denizellik ve kıyı etkinliğini de içerisinde barındırması nedeniyle ılıman ve daha sıcak bir istasyon niteliğindedir. Ortalama maksimum sıcaklık değerlerinin Edremit istasyonundaki değişkenliği ve kırılma yılı Şekil 4'de gösterilmiştir. Ek olarak Homojenlik analizi kapsamında incelemeye alınan ve örnek seçilen istasyonların bir bütün olarak anlaşılabilmesi adına Tablo 7'de uygulanan testler ve kırılma yılları istasyonlar özelinde ayrıca gösterilmiştir.

**Tablo 7.** Seçilen istasyonlarda gözlenen kırılma yılları

İstasyonlar	Pettitt Testi	SNHT
Günlük Ortalama Sıcaklık (Keles)	1997	2006
Minimum Ortalama Sıcaklık (Bilecik)	1993	2006
Maksimum Ortalama Sıcaklık (Edremit)	1997	2006

### 3.2 Sıcaklık İndisi Bulguları

#### Yaz Günleri (SU25)

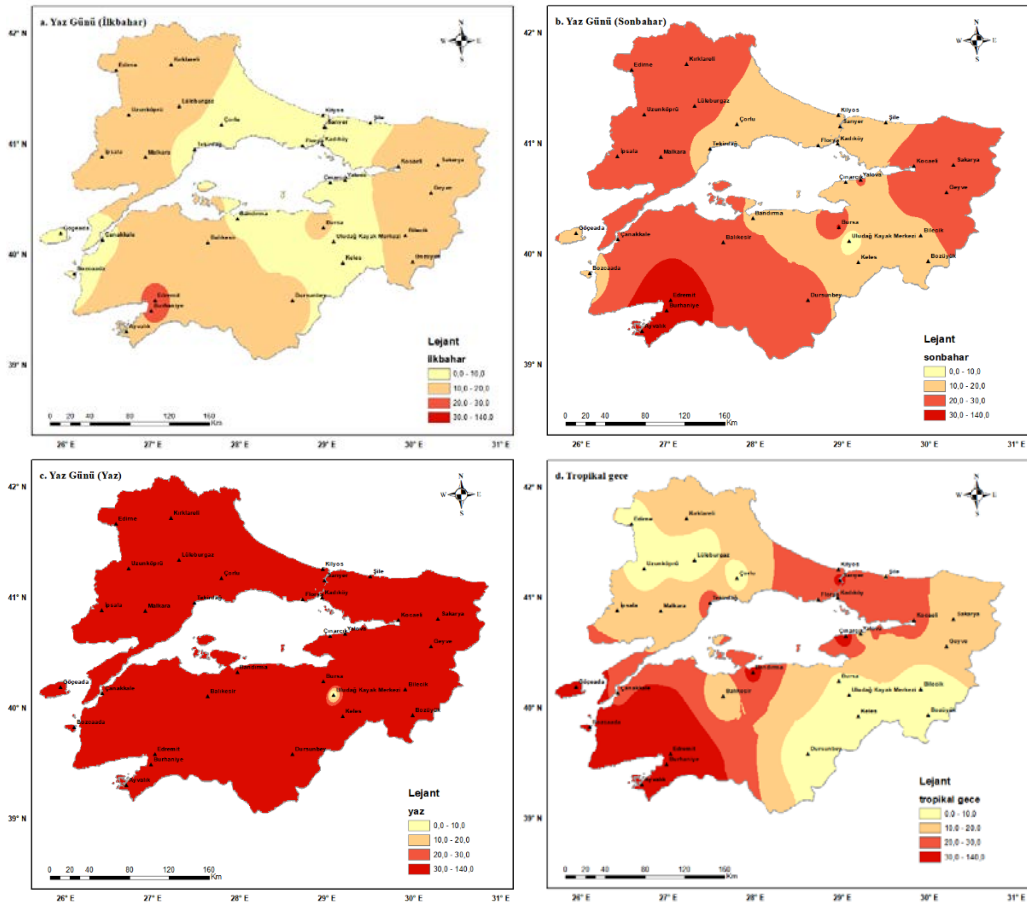
Yaz günlerini hesaplamak amacıyla kullanılan (SU25) sıcaklık indisi maksimum sıcaklık verileri kullanılarak elde edilen sıcaklık değerlerinin  $25^{\circ}$ 'den yüksek olduğu yaz günleri tespit edilmiştir. Çalışmada Marmara Bölgesi içerisinde yaz günleri değerleri sadece yaz mevsimi olan (Haziran, Temmuz, Ağustos) ayında değil mevsimler arası bazı geçişler de söz konusu olduğu için şekilsel olarak anlamlı hale getirmek amacıyla ilkbahar ve sonbahar mevsimi yaz günleri analizleri de harita üzerinde Şekil 5'te gösterilmiştir. Seçilen sıcak gün aralıkları tüm mevsimlerde ve çalışmada kullanılan tüm indis değerlendirmelerinde aynı değer aralıkları seçilmiş ve seçilen her renk tüm haritalarda aynı değeri gösterecek şekilde ayarlanmıştır. Çalışma alanında en fazla yaz günü sayısı özellikle yaz mevsiminde bölgenin %95'ini kapsar düzeye ulaşmıştır. Yaz mevsimi değerlerine yakın değerleri özellikle 2010 ve 2017 yıllarından sonra Nisan-Mayıs aylarından itibaren ortalama  $25-27^{\circ}\text{C}$  ulaşarak yaz mevsimi değerleri göstermiştir. Çalışmada kullanılan 36 istasyonun 35'i değerlendirme aralıkları içerisinde en yüksek aralık olan 30 gün ile 140 gün aralığı içerisinde yer almaktadır. Özel olarak ise daha çok bölgenin batı ve güneybatı kesimlerinde ağırlıklı olarak 80-90 gün aralığında yaz günü değerlerine sahiptir. 36 istasyon içerisinde yaz mevsiminde dikkat çeken ve farklılık gösteren tek istasyon ise 3 yaz günü ile Uludağ istasyonu olmuştur. Uludağ istasyonunda Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında çok düşük seviyelerde yaz günü değeri gözlenirken yalnızca 1992-1993 yıllarında Mayıs ayında da yaz günü değeri 2 kez tespit edilmiştir.

Yazdan bir geçiş özelliği gösteren sonbahar mevsiminde ise yine sıcak günler mevcuttur ancak sayısal değer olarak düşük seviyelerdedir. En yüksek sıcak gün sayısı sonbaharda yine ağırlıklı olarak batı ve bölgenin kıyı kuşağında bulunan Ayvalık ve Edremit istasyonlarında gözlenir. Edremit istasyonunda özellikle Aralık ayında dahi yaz günü değerleri 2010 yılında 6 kez gözlenerek en fazla değere ulaşılır. Ayvalık istasyonunda ise Aralık ayında tespit edilen yaz günü değeri yok denecek kadar azdır. Burhaniye istasyonunda Ayvalık istasyonu ile benzerlik göstererek Aralık ayında 2019 yılında 6 gün tespit edilen yaz günü değerleri mevcuttur. İlkbahar mevsiminde ise kış mevsiminde çıkışın etkisi ile yaz günü değerleri henüz yüksek seviyelerde görülmemekle birlikte Edremit ve Burhaniye istasyonları 20-30 gün yaz günü seviyesi içerisinde yer almaktadır. Ayvalık istasyonunda Mart ayında dahi yaz günü değerleri mevcut iken Edremit istasyonunun da 2016 yılının Şubat ayında 2 kez yaz günü yaşanmıştır. Tespit edilen yıllar önemli sıcak hava dalgalarının yaşandığı ve Türkiye'nin de etkilendiği önemli sıcaklık artışlarının yaşandığı yıllar ile paralellik göstermektedir. Bu durumun gerçekleştiği alanlardaki denizelliğin varlığı ile beraber denizlerin geç soğuma özelliğinin de bir kanıtı olarak sonuçlar doğurmuştur.

#### Tropikal Geceler (TR20)

Minimum sıcaklık verileri kullanılarak sonuçların elde edildiği indiste  $20^{\circ}\text{C}$  üzerinde olan sıcaklıklar tropikal gecelerin varlığını ortaya çıkarmıştır. Bölgede özellikle sıcaklığı etkileyen unsurların varlığı ve değişkenliği nedeniyle sonuçlar alansal anlamda farklılıklar göstermiştir. Tropikal gecelerin alansal dağılım haritası Şekil 5. içerisinde gösterilmiştir. Bu haritada görüldüğü gibi en fazla tropikal gece yoğunluğu bölgenin güneyi ve denize kıyısı olan alanlarda kendini belli etmektedir. Özellikle Güney Marmara'da Ayvalık istasyonu 55 gün ile ilk sırada yer alırken 48 gün ile Edremit istasyonu 2. Sırada bulunmaktadır. Gece sıcaklıklarının yüksek seviyelerde gözlenebilmesi için önemli olan unsur ele alınan bölgenin gece-gündüz sıcaklık farkının fazla çıkmamasına dayanmaktadır. Bu nedenle karasal ve kırsallık özelliği gösteren alanlarda nemliliğin düşük olması, karaların çabuk ısınıp çabuk soğuması sonucu gece kara yüzeyinin hızlı bir şekilde soğuma göstermesi tropikal gecelerin yaşanmasına engel teşkil etmiştir. Bahsedilen alanlara tipik örnek olarak İç Anadolu Bölgesi'ne kıyısı olan istasyonlardan; Bozüyük, Bilecik başta olmak üzere ve Edirne, Uzunköprü, Lüleburgaz ve Çorlu istasyonlarında da karasallık ile nem varlığının eksikliği nedeniyle düşük seviyede tropikal geceler tespit edilmiştir. Aynı zamanda karasal ve günlük nitelikte olan Dursunbey istasyonu ile Uludağ ve Keles istasyonlarında da en düşük tropikal gece verileri elde edilmiştir. Tropikal Gece değerlerinin mevsimlerarası geçişinin yanı sıra aktif olarak, yoğun bir şekilde gözlenen Yaz mevsimi dışında Nisan-Mayıs ayları ile Eylül-Ekim aylarına da son yıllar tespit edilen tropikal gece değerleri mevcuttur, özellikle yaz günü indisinde olduğu gibi 2010 yılından sonra bu şekilde sapmalar ve kaymalar gözlenmiştir.





Şekil 5. Yaz günü ve Tropikal gece analizinin alansal dağılışı.

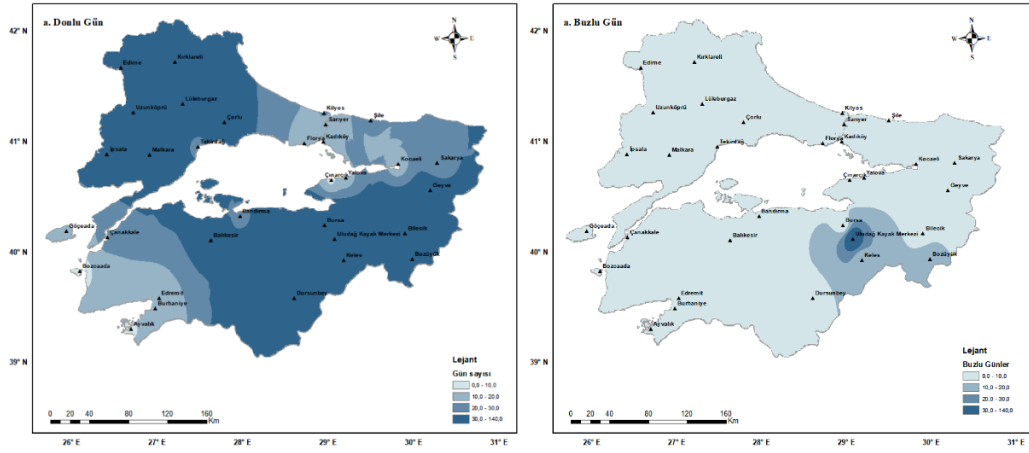
### Donlu Günler (FD0)

Donlu gün indisinde minimum sıcaklıklar kullanılır ve istasyonlarda  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olan günler hesaplanarak sonuçlar elde edilir. Elde edilen sonuçların haritası Şekil 6'da gösterilmiştir. En fazla donlu gün sayısı 30-140 gün aralığı Uludağ Kayak Merkezi istasyonu, Keles, Dursunbey ve Bilecik ile ilçesi olan Bozüyük istasyonlarındadır. Bu bölgelerin ortak özellikleri; karasallığın belirgin bir şekilde hâkimiyetleri, denizden ve nemlilikten uzak iç bölge özelliği göstermeleri ve en önemli unsur yükseltinin etkin varlığı sonucunda donlu gün sayılarındaki artış diğer istasyonlara göre yüksek seviyelere ulaşmıştır. Donlu gün sayılarının düşük seviyelerde olduğu alanlar ise tam tersi özelliklere sahip alanlar olacaktır. Bu alanlar içerisinde başta Ayvalık ve Edremit olmak üzere Karadeniz'e kıyısı olan ve nemlilik özelliğini içerisinde barındıran bazı istasyonlarda en düşük aralıktaki donlu gün sayısı görülmüştür. Marmara Bölgesi'nin İstanbul içerisinde yer alan istasyonlarında gözlenen bu düşük donlu gün sayılarının en önemli etkeni istasyonların bulunduğu alanlarda görülen yoğun nüfus ve yerleşme faaliyetlerinden kaynaklı kentsel ısı adalarının varlığı donlu gün sayılarındaki sonuçları anlamlı hale getirmiştir. Donlu gün ile buzlu gün indislerinde yaz günü ve tropikal gece indislerinde olduğu gibi mevsimler arası bir kayma yoktur. Marmara Bölgesi genelinde soğuk dönem sürelerinin geçmişten günümüze doğru bir daralma gösterir. Keles istasyonu ve Uludağ istasyonları, bölge genelinde gözlenene ek olarak Mart-Nisan ile Ekim-Kasım aylarında da donlu gün indisleri gözlenmiştir. Uludağ istasyonu, dağ istasyonu olması nedeniyle yılın 9 ayında donlu günler yaşanır. Bu istasyon, Marmara Bölgesi'nde dağ iklim özelliklerini yansıtan tek istasyon olma özelliğine sahiptir.

### Buzlu Günler (ID0)

Sıcaklık indisleri kapsamında ele alınan buzlu gün indisinde maksimum sıcaklık verileri kullanılarak  $0^{\circ}\text{C}$ 'den düşük günlerin sayısı analiz edilmiştir. Marmara Bölgesi'nin en yüksek dağı olan 2543m ile Uludağ istasyonu 52 buzlu gün sayısı ile bölgedeki istasyonlardan örnek olarak dikkat çekmiştir. Yine buzlu gün sayısının varlığı gözlenen alanların başında yükseltisi fazla ve karasal alan özellikleri belirgin bir şekilde dikkat çeken Keles istasyonunda 12 gün buzlu gün sayısına ulaşır. Marmara Bölgesi'ne sınır özelliği gösteren İç Anadolu Bölgesi'ne doğru kademeli bir şekilde geçişi dikkat çeken buzlu günler Uludağ merkezli olmak üzere Bozüyük istasyonu dahil yüksek seviyelerde buzlu gün sonuçlarına ulaşılır. Bölge geneline bakıldığında ise buzlu gün sayısının 0-10 gün aralığına sahip alanların daha baskın ve geniş yayılış alanı gösterdiği görülür. Bu alanlar içerisinde genellikle kıyı kesimlerin yer almasının başında nemlilik ve denizellik etkinliği söz konusudur. Yine buzlu gün sayısı şehirlerin merkezlerinde daha çok yerleşme, nüfus

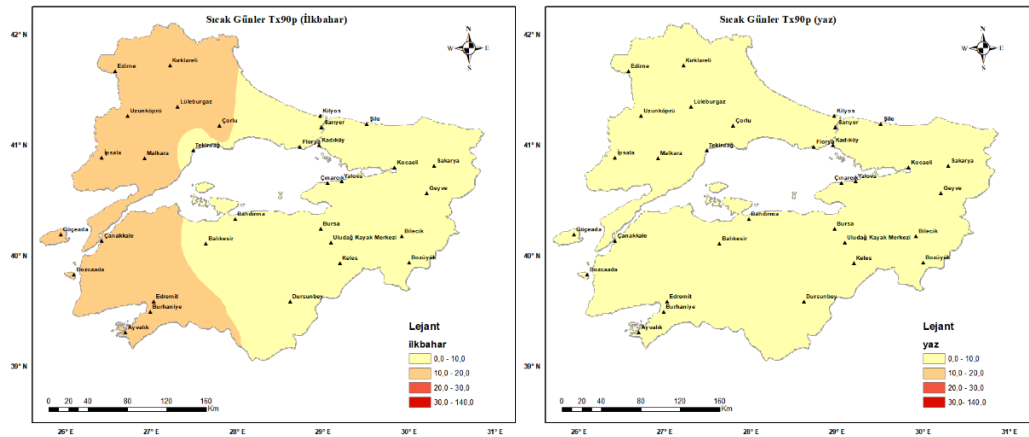
bağlantılı olarak düşük seviyelerdedir. En belirgin örnek ise Bursa ili sınırları içerisinde yer alan Bursa merkez istasyonu ile yine aynı sınırlarda bulunan Uludağ istasyonu buzlu gün sayılarında belirgin farklılık gösterir. Uludağ dağ ikliminin yaşandığı bir istasyon iken Bursa istasyonunda şehrsel etkiler belirgindir.

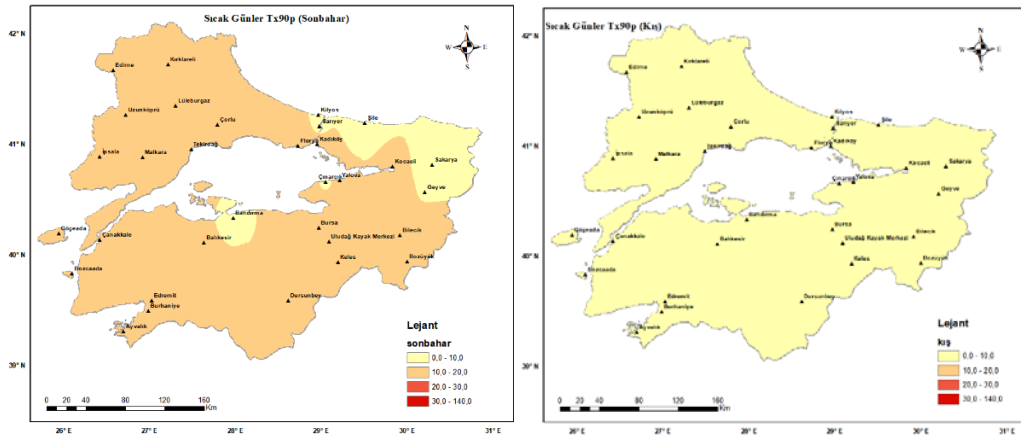


Şekil 6. Donlu ve Buzlu gün analizinin alansal dağılışı.

### Sıcak Günler (TX90p)

Sıcak gün indislerine 90. yüzdelik eşik değeri kullanılarak ulaşılmıştır. Mevsimler arası incelemeler yapıldığında belirlenen eşik değerinin üzerinde gözlenen değerler daha çok İlkbahar ve sonbaharda belirginleşirken yaz ve kış mevsimleri kendi iç dinamiklerini koruyarak ekstrem değerlere yer vermemiştir. Şekil 7'de de görüldüğü gibi haritalarda belirlenen eşik değerlerine ulaşamadığı ve 0-10 gün aralığında gerçekleşen sonuçlar ile sabit kaldığını gösterir. Sonbahar mevsimi sonuçları; hem yaz mevsimi etkilerini hem de sonbahar mevsiminde normal sıcaklıkların üzerinde bir ısınma ile yaz mevsimi etkilerini taşır. Bölgede belirlenen aralıklar içerisinde en fazla 10-20 gün aralığı yaygındır. Yine sonbahar mevsimi için bölgenin Karadeniz kıyısı olan istasyonları (Kilyos, Şile, Sarıyer, Geyve, Sakarya) sıcak gün sayılarının en düşük seviyesi olan 0-10 gün aralığında tespit edilmiştir. Bölgede sonbaharda 0-10 sıcak gün değerine sahip olmasının yanında batı ve kıyılarına yakınlığına rağmen normal düzeyde bir ısınma gerçekleştirmiştir. İlkbahar mevsiminde ise bölgenin iç ve kuzey kesimlerinde sıcak günlerin ekstrem değerleri belirgin şekilde değişmezken, daha çok kıyı kuşağı ve yükseltinin az olduğu Ergene Havzası bölümünde 10-20 gün aralığına sahip sıcak günler görülmüştür.

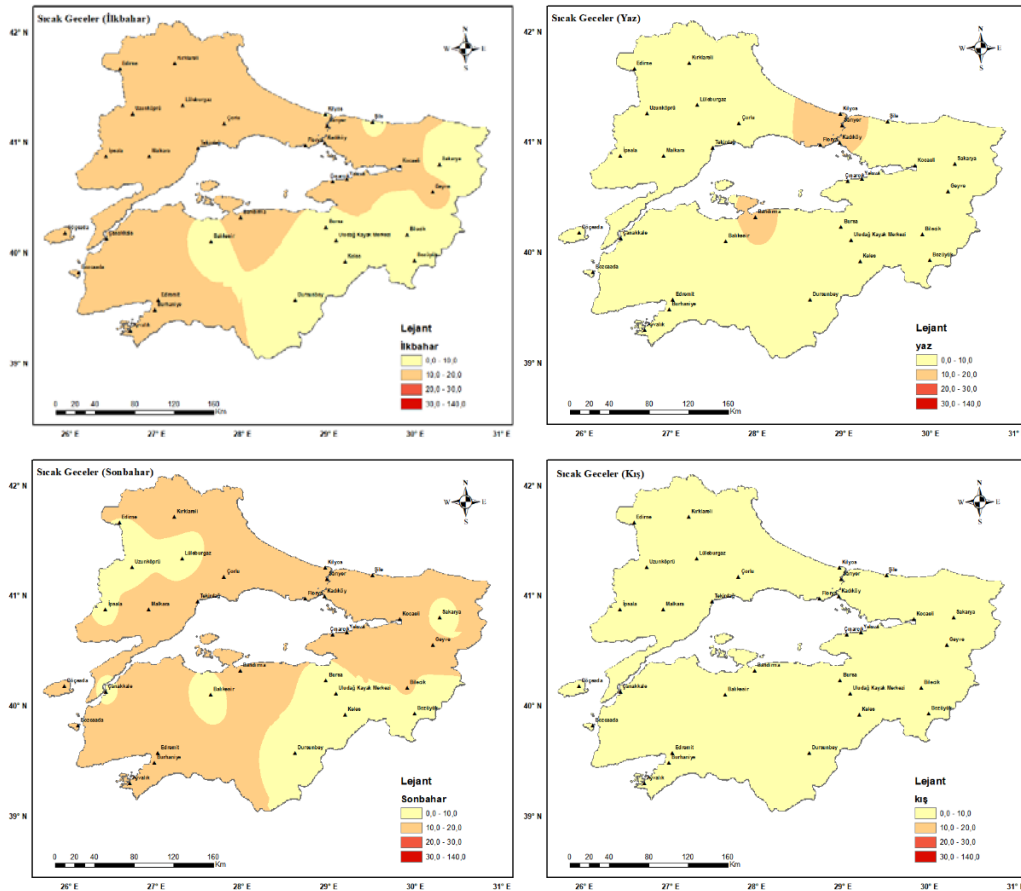




Şekil 7. Sıcak gün sayıları analizi ve mevsimler arası dağılışı.

### Sıcak Geceler (TN90p)

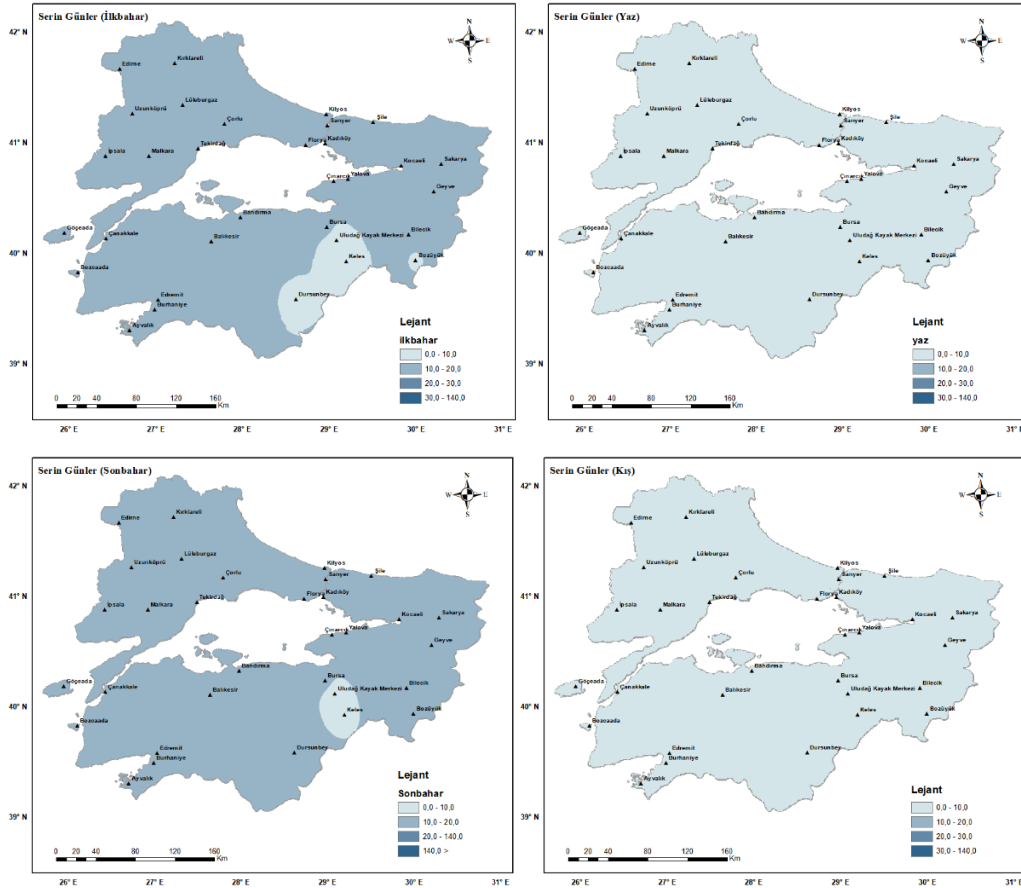
Sıcak geceler indisi, sıcak gün indisinde olduğu gibi özellikle geçiş mevsimleri dikkat çekmektedir. İlkbahar mevsiminde; yükseltinin fazla olmadığı daha homojen olan yüzeylerde Ergene Bölümü ve İstanbul ilinden şehirleşmenin etkin olduğu Florya, Kilyos, Sarıyer istasyonları sıcak gece sayıları fazladır. Bu nedenle özellikle şehir etkileri başta olmak üzere etkin nüfusun varlığı, yerleşmelerin belli bir alanda yoğunlaşması ile sanayinin kısıtlı alanda yoğun yapılması gibi birçok beşeri faktörün varlığı gece sıcaklıklarının belirgin şekilde yüksek olma nedenlerindedir. Yaz mevsiminde ise ekstrem sıcak gün değerleri 10-20 gün aralığındadır.



Şekil 8. Sıcak gece sayılarının analizi ve mevsimler arası dağılışı.

## Serin Günler (TX10p)

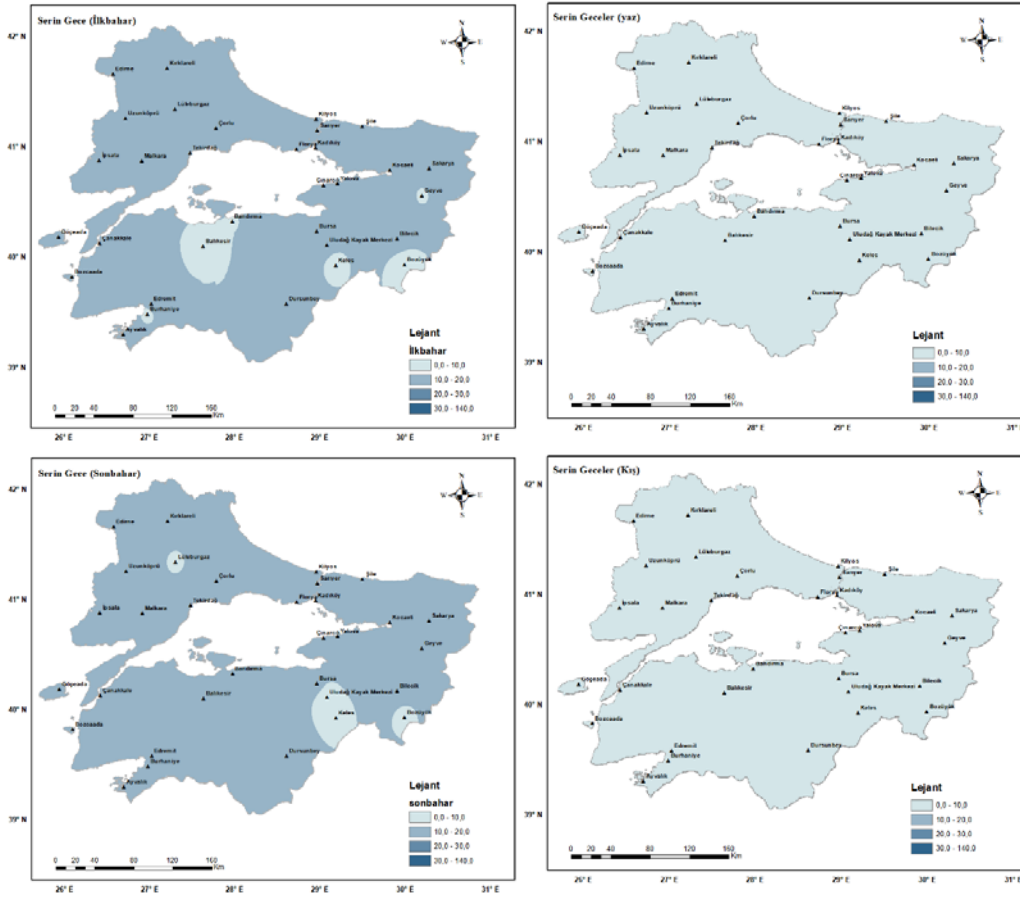
Serin gün indisinde, mevsimler arası kademeli geçişlerin göze çarpar. Özellikle, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde bölgenin büyük çoğunluğu 10-20 gün aralığında bir dağılım sergiler. Bu mevsimlerde etkinin gözlenmesi bizlere hem yaz ve kış mevsimlerini artık kaymalar göstererek ara mevsimleri de etkisi altına aldığını ve karaların erken ısınım erken soğuması ile denizlerin geç ısınım geç soğumasının indis sonuçları üzerinde etkinliklerini elde edilen sonuçlarda gösterir. Örnek olarak ilkbahar mevsiminde; Keles, Uludağ, Dursunbey ve Bozüyük istasyonları Marmara Bölgesi içerisinde karasallığın daha belirgin olduğu, daha yüksek rakıma sahip istasyonlardır. Bu kapsamda kış mevsiminden ilkbahara geçiş ile beraber özellikle kara alanlarının çabuk ısınması ile serin gün sayısı genel itibari ile 10-20 gün arasında sonuçlar vermiştir. Sonbahar mevsiminde de yalnızca Uludağ ve Keles istasyonu en düşük serin gün sayılarına sahiptir. Bunun nedeni, istasyon sıcaklıklarında sonbahar mevsimindeki ekstrem serin gün sayılarının azlığı ile ilgilidir.



Şekil 9. Serin Günlerin analizi ve alansal dağılışı

## Serin Geceler (TN10p)

Serin gece indisinde, yaz ve kış mevsimleri seyirlerinde devam ederken genel anlamda bölgede ara mevsimler olan ilkbahar ve sonbahar mevsimleri geçiş özellikleri nedeniyle sonuçlarda öne çıkmıştır. İlkbahar mevsimi ile birlikte kış mevsimine ait minimum değerler bir miktar devam etmesi sonucu serin gece sayısında 10-20 gün aralığına sahip olan değerler yalnızca bu mevsimde ve sonbahar mevsiminde görülmektedir. İlkbahar mevsiminde Keles, Bozüyük, Geyve istasyonu ile Balıkesir Bandırma ve Burhaniye istasyonları en düşük serin gece niteliğinde olan istasyonlardır değerleri ise 0-10 gün aralığındadır. Bölgede iç karasal, dağlık ve engebeli alanlar ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde beklenen minimum değerleri koruyarak serin gece sayılarında 0-10 gün aralığını aşmayan sonuçlar vermişlerdir.



Şekil 10. Serin gecelerin analizi ve mevsimler arası dağılışı

#### 4. Sonuçlar ve Değerlendirme

Ele alınan çalışmada Marmara Bölgesi'ne ait meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılarak önce homojenlikleri test edildi. Sıcaklık indisleri uygulanarak ekstrem değerleri analiz edildi. Değerlendirme kapsamında yer alan meteoroloji istasyonlarının gözlem süresi en az 37 yıl ile sınırlıyken en fazla 89 yıldır. Marmara Bölgesi ekstrem sıcaklık analizi sonucunda birçok değişkenliği içinde barındırması ile dikkat çekmiştir. Çalışma alanı, konumu itibarıyla Türkiye'nin en yoğun nüfusa sahip ve şehirleşmenin en fazla olduğu bölgedir. Marmara Bölgesi'nde yararlanılan gözlem istasyonlarına öncelikle homojenlik analizlerinde Pettitt, SNHT ve Buishand Sıra Testi uygulanarak kırılma yılları ve bunların nedenleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra ise belirlenen sıcaklık indisleri olan; Sıcak Geceler (TN90p), Sıcak Günler (TX90p), Donlu Günler (FD0), Yaz Günleri (SU25), Serin Günler (TX10p), Serin Geceler (TN10p), Günlük Sıcaklık Genişliği (DTR), Buz Günleri (ID0) ve son olarak Tropikal Geceler (TR20) olmak üzere indis hesaplamaları yapılmış ve ekstrem sıcaklıkları analiz edilmiştir. Elde edilen analizler doğrultusunda ise;

- Homojenlik testi sonuçlarına bakıldığında ağırlıklı olarak belli yıllarda kırılmaların gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda özellikle Pettitt Testi için kırılma yılları çoğunlukla 1997-98 yılları görülürken, SNHT için ise sonuçlar özellikle 2006-2007 döneminde ağırlıklı olarak rastlanmıştır. Bu durumun özellikle 1997-1998 döneminin etkisi geçmiş yıllarda gözlenen sıcak evrelerin bir yansıması olduğu 1992-93 yıllarında gerçekleşmiş olan sıcaklık artışlarının bir göstergesi olması ile öne çıkmış ve bu sonuçlarla paralellikleri tespit edilmiştir. Diğer bir kırılma yılı olan 2006-2007 dönemleri ise Türkiye genelinde istasyonların 2007 yılında değişime uğraması ve dijital ölçümlere geçiş o yıllarda kırılmayı anlamlandırmıştır.

- Ekstrem sıcaklıkların analizi özellikle geçiş mevsimlerinin üzerinde etkin bir şekilde gözlenmiştir. Bu sonuçların ise sıcaklıkların yaz mevsiminden sonbahar mevsimine kayarak ara mevsimlerin zamanla etkinliğinin azalacağı bir göstergesi niteliğinde olmuştur. Bölge olarak sıcaklık indislerinden yaz günleri analizi sonucunda özellikle ılıman kıyı istasyonlarda yaz günü sayıları fazla çıkarken yükseltinin hâkim olduğu ve karasal özelliğe sahip istasyonlardan olan Uludağ ve Keles gibi alanlarda ise yaz günü sayısı düşük seviyelerde gözlenmiştir. Buzlu ve donlu gün analizi indis sonuçları ise bölgenin en yüksek alanı olan Uludağ'da 52 buzlu gün sayısı ile öne çıkmıştır. Devamında ise yine yükseltinin ve karasallığın hâkim olduğu alanlar izlemiştir. Özellikle İç Anadolu Bölgesi'ne sınırı

olan istasyonlardan Bozüyük istasyonu, Marmara Bölgesi içerisinde genele göre değişken sonuçların yoğun gözlemlendiği bir istasyon olmuştur.

- Çalışma alanı içerisinde özellikle şehir/kır farkı belirgin olarak gözlemlenmiştir. Şehirleşmenin açık bir şekilde gözlemlendiği; İstanbul, Bursa ve Balıkesir gibi istasyonlarda sıcak gün ve gece sayıları yüksek iken, kırsal da düşüşler gözlemlenmiştir. Bu kapsamda da sınırlar içerisinde dar alanda değişkenlikler belirgin varlık göstermektedir.

- Özellikle TN10p (serin günler) ve TX10p (serin geceler) indislerinde yaz ve kış mevsimlerinde herhangi bir ekstrem değerler oldukça azdır. Bunun nedenleri arasında günümüz ve gelecek için sorun teşkil eden artan sıcaklıkların serin günlerin varlığında azalmalara, etkinliğini yitirmesine sebebiyet vermesidir. Çalışma alanımız olan Marmara Bölgesi'nde elde sonuçlar önemli değişkenlikleri ve anlamlı geçişleri içerisinde barındırır. Bu kapsamda özellikle küresel ölçekte varlığı belirgin gözlenen iklimsel değişkenlik, küresel ısınma kavramları yerel ölçekte de etkisini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar bölgesel alanların da varlığını öne çıkarmış ve sonuçlar dahilinde nedenler üzerinde durularak literatüre ve gelecekteki çalışmalara katkı sağlaması amaçlanmıştır.

## Etik Beyanı

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

## Yazar katkısı

İkinci ve sorumlu yazar konunun kavramsallaştırılması, yorumlanması ve makalenin son hali için destek sağlamak, ilk yazar verilerin analizi ve yorumlanması, makalenin taslağını hazırlaması kapsamında katkılar sağlamışlardır.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma, lisansüstü tez çalışmasının bir bölümünü içermekte olup, tez çalışması Marmara Belediyeler Birliği tarafından 2022 Yılı Lisansüstü Tez Desteği Programı kapsamında desteklenmiştir. Destekleri nedeniyle Marmara Belediyeler Birliği'ne teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Acar, Z. (2018). İç Anadolu Bölgesi'nin ekstrem sıcaklık özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (71), 93-99.
- Acar, Z., Gönençgil, B. (2019). Extreme precipitation events in Turkey, *Meteorological Journal* 22/2: 87-94.
- Acar Deniz, Z., ve Gönençgil, B. (2015). Trends of summer daily maximum temperature extremes in Turkey. *Physical Geography*, 36, 268–281.10.1080/02723646.2015.1045285.
- Akçay, F. (2018). Doğu Karadeniz Havzası Aylık ve Yıllık Ortalama Akımlarının Eğilim(Trend) Analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aykır, D. (2017). Türkiye'de ekstrem sıcaklık indislerinin eğilimlerinde şehirleşmenin etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*. C.69, S. 47-57.
- Alexanderson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of climatology*, 6(6), 661-675.
- Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., ve Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111/5
- Alghamdi, A. S., ve Moore, T. W. (2014). Analysis and comparison of trends in extreme temperature indices in Riyadh City, Kingdom of Saudi Arabia, 1985–2010. *Journal of Climatology*, 2014.
- Buishand, T. A. (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of hydrology*,

58(1-2), 11-27.

- Cengiz, T. M. (2005). Türkiye göl seviyelerinin hidroklimatolojik analizi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Conrad, V., ve Pollak, L. W. (1950). Method in climatology. Harvard University, Cambridge.
- Erlat E. ve Türkeş M. (2017). Türkiye’de Tropikal Gece Sayılarında Gözlenen Değişimler ve Eğilimler. Ege Coğrafya Dergisi (26-2), İzmir.
- Gönençgil, B. (2008). Doğal Süreçler Açısından İklim Değişikliği ve İnsan. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Gönençgil, B., ve Acar, Z., (2016). Atmosfer Kökenli Afetler ve Ekstrem Hava Olayları. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Gönençgil, B., ve Acar, Z. (2021). Turkey: Climate Variability, Extreme Temperature, and Precipitation. In Geographies of Mediterranean Europe (pp. 167-180). Springer, Cham.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 1535 pp.
- IPCC, (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Kum, G., Sönmez, M.E. ve Kargın, A. (2022). An Alternative Process for Determining Erosion Risk: The Fuzzy Method. Coğrafya Dergisi , (44) , 219-229.
- Kum, G. (2022). Etkin Yağış Metotlarının Kıyaslaması: Orta Fırat Havzası Örneği. Coğrafi Bilimler Dergisi, 20 (2) , 433-449. DOI: 10.33688/aucbd.1130999
- Kovats, R.S., R. Valentini, L.M. Bouwer, E. Georgopoulou, D. Jacob, E. Martin, M. Rounsevell, and J.-F. Soussana. (2014). Europe. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y. O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY , USA, pp. 1267326.
- McCuen, R. H. (2016). Modeling hydrologic change statistical methods. Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.
- NOAA (2020). <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202011/supplemental/page-1>
- Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 28(2), 126-135.
- Saleem, F., Zeng, X., Hina, S., Omer, A. (2021). Regional changes in extreme temperature records over Pakistan and their relation to Pacific variability. Atmospheric Research, 250, 105407.
- Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N., Wallis, T. (2005). Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 110(D22).
- Yu, B., Li, G., Lin, H., Chen, S. (2021). Projected Trends of Wintertime North American Surface Mean and Extreme Temperatures over the Next Half-century in Two Generations of Canadian Earth System Models. Atmosphere-Ocean, 59(1), 53-75.
- Wijngaard, J. B., Klein Tank, A.M.G., Konnen, G., P., (2003). Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature and Precipitation Series. International Journal of Climatology, 23, 6, 679–692.
- WMO (2020a). [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10444](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10444)
- WMO (2020b). 2020 rekor en sıcak üç yıldan biri olma yolunda Dünya Meteoroloji Örgütü.