

## Thornthwaite yöntemine göre iklim tiplerinin belirlenmesi: Bursa ili örneği

### Determination of climate types according to Thornthwaite method: Bursa province example

Esin ERDOĞAN YÜKSEL<sup>1\*</sup>, Ömer Faruk KARAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Havza Yönetimi Anabilim Dalı, Bursa

#### Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1435376

Sorumlu yazar / Corresponding author

Esin ERDOĞAN YÜKSEL

e-mail: esin.yuksel@btu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

11.02.2024

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

24.04.2024

Kabul Tarihi / Accepted

25.04.2024

Elektronik erişim / Online available

15.05.2024

#### Anahtar kelimeler:

Yağış

Sıcaklık

İklim

Thornthwaite

Su bilançosu

Bursa

#### Keywords:

Precipitation

Temperature

Climate

Thornthwaite

Water balance

Bursa

#### Özet

Bir yere ait meteorolojik olayların uzun yıllık ortalamaları olarak bilinen iklim olgusu bölgeye ait hava şartlarının karakteristik yapısında ve değişikliklere bağlı olarak da farklı bitki topluluklarının teşekkül etmesinde oldukça önemli bir role sahiptir. Bilim insanları tarafından çok sayıdaki iklim tipine ait benzer ve farklı yönleri tespit edebilmek amacıyla çeşitli iklim sınıflandırmaları yapılmıştır. İklim tipleri sıcaklık, yağış ve nem gibi meteorolojik olaylara bakılarak sınıflandırılabilir. Thornthwaite yöntemi de iklim tipini belirlemek için kullanılan sınıflandırma metodlarından biridir. Bu çalışmada, meteorolojiden temin edilen uzun süreli iklim verileri ile Thornthwaite iklim belirleme yöntemi kullanılarak Bursa ili ve ilçelerine ait toplam 18 istasyonda iklim tipleri ve su bilançoları belirlenmeye çalışılmıştır. Thornthwaite yöntemine göre yapılan analizler sonucunda Büyükorhan ilçesinin "Yarı Kurak"; Gemlik, Harmancık, İznik, Karacabey ve Yenişehir ilçelerinin "Yarı Nemli, Yarı Kurak"; Gürsu, İnegöl, Kestel, Mustafakemalpaşa, Mudanya, Orhangazi, Osmangazi, Orhaneli, Nilüfer ve Yıldırım ilçelerinin "Yarı Nemli"; Keles ilçesinin "Nemli", Uludağ istasyonuna ait verilerin ise "Çok Nemli" iklim sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Uludağ'ın "Düşük Sıcaklıkta, Karasal iklime yakın" diğer ilçelerin ise "Orta Sıcaklıkta, Okyanus iklimine yakın" olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucu veriler incelendiğinde araştırma alanında genel itibarıyla yaz mevsiminde su eksikliği, kış mevsiminde ise Uludağ'da su fazlalığı diğer ilçelerde ise orta seviyede suyun olduğu görülmüştür.

#### Abstract

The climate phenomenon, known as the long-year average of meteorological events of a place, has a very important role in the characteristic structure of the weather conditions of the region and in the formation of different plant communities depending on the changes. Various climate classifications have been made by scientists in order to identify similar and different aspects of many climate types. Climate types can be classified by looking at meteorological phenomena such as temperature, precipitation and humidity. Thornthwaite method is one of the classification methods used to determine climate type. In this study, the climate types and water balances of Bursa province and its districts were tried to be determined by using long-term climate data obtained from meteorology and the Thornthwaite climate determination method. As a result of the analyzes made according to the Thornthwaite method, Büyükorhan district was determined as "Semi-Arid"; "Semi-humid, semi-arid" districts of Gemlik, Harmancık, İznik, Karacabey and Yenişehir; "Semi Humid" of Gürsu, İnegöl, Kestel, Mustafakemalpaşa, Mudanya, Orhangazi, Osmangazi, Orhaneli, Nilüfer and Yıldırım districts; It has been determined that the Keles district is in the "Humid" climate class, and the data of the Uludağ station is in the "Very Humid" climate class. It has been determined that Uludağ has "Low Temperature, close to Continental climate" and other districts have "Medium Temperature, close to Oceanic climate". In the study, it was observed that there was a lack of water in the summer, an excess of water in Uludağ in the winter, and a medium level of water in other districts.

## GİRİŞ

İklim; hava durumundan farklı olarak bir yere ait yağış, yağış şekli, sıcaklık, nem, rüzgâr ve hava basıncı gibi meteorolojik olayların uzun süreli gözlemlere dayanan ortalamasını yansıtır. Dünyanın herhangi bir bölgesinde uzun yıllar boyunca meydana gelen olayların izlenmesi ve hava şartlarındaki ortalama değerler ile bu olayların ortaya çıkmasındaki zamansal değişimlerin, şiddetli

meteorolojik olayların ve bütün parametrelerin birleşimi iklim olarak bilinmektedir (Türkeş 2010).

İklim yapısının kısa mesafelerdeki değişimi, morfolojik özelliklerden kaynaklanan çeşitlilikler, toprak tiplerinin farklılıkları gibi çok sayıda coğrafi faktör vejetasyon tiplerinde farklılığa ve tür çeşitliliğine yol açmaktadır. İklim; farklı hava olayları açısından bir bölgenin karakteristik yapısını ve bitki örtüsünü belirlerken, bitkilerin yetiştirme koşulları göz önüne alındığında ilk

sırada yer almaktadır. İklimi meydana getiren olaylar düşünüldüğünde ise bitki üzerinde tek başına değil, toplu bir şekilde etki ederler. Bu nedenle bir bölgede yetişen bitkiler, iklim elemanları ile iç içe ve ortak etkilenme sonucunda meydana gelmektedir denebilir (Dönmez 1985, Avcı 2005).

Bitkilerin yaşamlarını idame ettirebilmesinde sıcaklık, nem ve yağış şartları önemli bir yere sahiptir. Fakat bitkilerin nem, sıcaklık ve ilaveten toprak istekleri benzer olmadığından iklim tipleri kendilerine has bitki örtülerini de beraberlerinde getirirler (Güçlü 2004). İklim elemanlarının karşılıklı etkileşimi su fazlalığı veya açığının ortaya çıkmasında ve bitkiler tarafından gereksinim duyulan suyun topraktan alınabilmesi için elverişli koşulların oluşturulmasında oldukça önemlidir. Hangi bitki türünün hangi bölgemizde verimli olacağının yanı sıra yeni türlerin adaptasyonuna ait veriler de bitki-iklim modellerinden kısa sürede elde edilebilmektedir (Okay ve Demirtaş 2007).

Bunlara ilaveten dünyada meydana gelen iklim değişikliklerinin çoğu, yağışın ve suyun durumu ile ilgilidir. İklim değişikliği, sıcaklığın buharlaşma üzerindeki etkisi ve yağışın değişkenliğinin artması ile birlikte özellikle göller ve nehir havzaları çevresinde belirgin olarak gerçekleşebilecektir. Yağışlar azalırken su kıtlığının artmasının gıda güvenliği ve tarımsal üretim üzerinde de olumsuz etkiler yarattığı bilinmektedir (Moghaddam ve Mohammadkhan 2017).

Bu noktalardan hareketle dünyada birçok bilim insanı iklim sınıflandırmaları üzerinde sayısız çalışmalar yapmış ve klimatolojide üzerinde en çok durulan konulardan biri olmuştur. İklim sınıflandırmasının temel amacı iklim koşullarına göre sistematik bir şekilde gruplandırma yapmaktır. Tarım, sulama, yerleşim, ulaşım, planlama, havza yönetimi, iklim değişimi vb. alanlardaki uğraşların iklim ile ilişkileri düşünüldüğünde yapılan sınıflandırmalar coğrafi alanları karşılaştırma ve bu alanların iklim koşullarına bağlı potansiyellerini belirleyebilmek açısından önem arz etmektedir (Erinç 1996, Özyuvacı 1999, Erlat 2014). Bu açıdan bakıldığında iklim sınıflandırmasının amacı aynı veya farklı özelliklere sahip alanların benzer yönlerini saptayarak iklim tiplerinin

yeryüzündeki yayılış alanlarını ortaya koymaya çalışmaktır (Yeşilnacar ve ark. 1998, Öztürk ve ark. 2017).

İklim sınıflandırması için çok farklı yöntemler bulunmakla birlikte Thornthwaite ve Mather tarafından geliştirilen yağış ve sıcaklığa bağlı su bilançosu modeli olan Thornthwaite yönteminin en iyi sonucu verdiği belirtilmektedir (Thornthwaite ve Mather 1955, Vörösmarty ve ark. 1998). Genellikle yağış ve sıcaklık arasındaki ilişkiye dayanan formül ve yöntemlerin aksine toprağın su depolama kapasitesini de üçüncü bir öğe olarak değerlendirdiğinden iklim tipinin belirlenmesinde daha doğru ve ayrıntılı sonuçlar vermektedir (Özyuvacı 1999). Su bilimcileri tarafından da kullanılan (Yılmaz ve Çiçek 2016, MGM 2016) Thornthwaite yöntemi iklim tipi ve çeşidinin belirlenmesi haricinde, tarımsal alanların dağılımının düzenlenmesi, su kaynaklarının doğru kullanımı gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Bir yerin iklim tipinin belirlenmesi, yetiştirilebilecek ürün çeşidi ve sanayi tesisi gibi birçok farklı alanın düzenlenip planlanmasında kullanılmaktadır (Şensoy ve Ulupınar 2007).

Thornthwaite yöntemi ile ilgili birçok araştırmacı iklim sınıfını belirlemek, su bilançosu ve iklim tipini tespit etmek amacıyla birtakım çalışmalar yapmışlardır (Köppen 1918, Thornthwaite 1948, Yeşilnacar ve ark. 1998, Çoban 2013, Bacanlı ve Saf 2005, Kafalı Yılmaz ve Yılmaz 2013, Demir ve ark. 2015, Yılmaz ve Çiçek 2016, Lias ve ark. 2020). Bunların yanı sıra, ormanlar ve ilişkili konularda da Thornthwaite yöntemine başvurulmaktadır. Örneğin, Kuzeydoğu Sırbistan'da iklim koşullarının analizi ile yangın sezonunun belirlendiği çalışmada ortalama yangın mevsiminin uzunluğu, Thornthwaite'in evapotranspirasyon indeksinin değiştirilmiş bir versiyonu aracılığıyla belirlenmiştir. Aylık nem indisleri esas alınarak, yangın sezonlarının uzunluğu ile ilgili yıllar bazında tespitler yapılmış; yanma indisi değeri ve orman yangını sayısına ilişkin veriler arasında korelasyon kurulmuştur (Živanović 2023). Meteorolojik veriler ve kuraklık indislerinin *Fagus orientalis*'in yıllık büyümesiyle ilişkisinin ve kuraklık koşullarının sınırlandırıcı etkisinin ifade edildiği çalışmada ise meteorolojik veriler ile potansiyel evapotranspirasyon arasında Penman-Monteith, Hargreaves ve Thornthwaite yöntemleriyle basit bir

korelasyon kurularak elde edilen sonuçlar, ağaç büyümesinin yıllık ortalama hava sıcaklığına ve rüzgâr hızına bağlı olduğunu, yıllık yağış ile ilişkili olmadığını göstermiştir (Ghorbani ve ark. 2024).

Ülkemizde iklim sınıfının belirlenmesi ile ilgili olarak Erinç (1949) tarafından birtakım çalışmalar yapılmış fakat meteoroloji istasyonuna ait verilerin sınırlı olmasından dolayı elde edilen sonuçlarda problem yaşanmıştır. Birsoy ve Ölgün (1992) bu yöntem ile ilgili bir yazılım hazırlamışlardır. Bu alan ile ilgili bir başka çalışmada Çiçek (1996) tarafından 202 adet meteoroloji istasyonundan temin edilen veriler ile yöntem uygulanmış ve bunun sonucuna göre haritalar üretilmiştir. MGM (2016) tarafından yapılmış olan çalışmada ise il merkezlerine ait meteoroloji istasyonlarının sonuçları hazırlanmıştır. Yılmaz (2020), ülkemize ait 1971-2010 yılları arasındaki Thornthwaite iklim indislerindeki eğilimleri incelemiştir. Dursun ve Yazıcı (2022), uzun süreli iklim verileri ile Köppen-Trewartha ve Thornthwaite iklim indis yöntemlerini kullanarak Isparta yöresine ait iklim tiplerini ve su bütçesini belirlemişlerdir.

Türkiye bulunduğu konum itibarıyla orta enlem ve ılıman iklim kuşağında yer almaktadır. Buna ek olarak ülkemizin topografik şartlarının çeşitli oluşunun yanı sıra üç tarafının denizlerle çevrili olması ve kış döneminde atmosfer dolaşımının yaz dönemi ile kıyaslandığında yerel koşulların etkisinin fazla olması çok farklı iklim tiplerine sahip olmasına yol açmıştır. Bu nedenle ülkemizin farklı bölgelerinde çok sayıda iklim sınıflandırması çalışması yapılmıştır (Koçman 1993, Erinç 1996, Demir ve ark. 2015, Yılmaz ve Çiçek 2016, Topçu 2019, Yılmaz 2019, Dursun ve Babalık 2021, İrcan ve Duman 2021, Dursun ve Yazıcı 2022). Türkiye’de iklim tiplerinin ayrılmasında iki yol denenmiş; birinci metotta bilinen başlıca sınıflama sistemlerinin (Köppen ve Thornthwaite) ülkemiz koşullarına uyarlanması yapılırken, ikincisinde bu sınıflama sistemlerinden yararlanmanın yanı sıra onlara

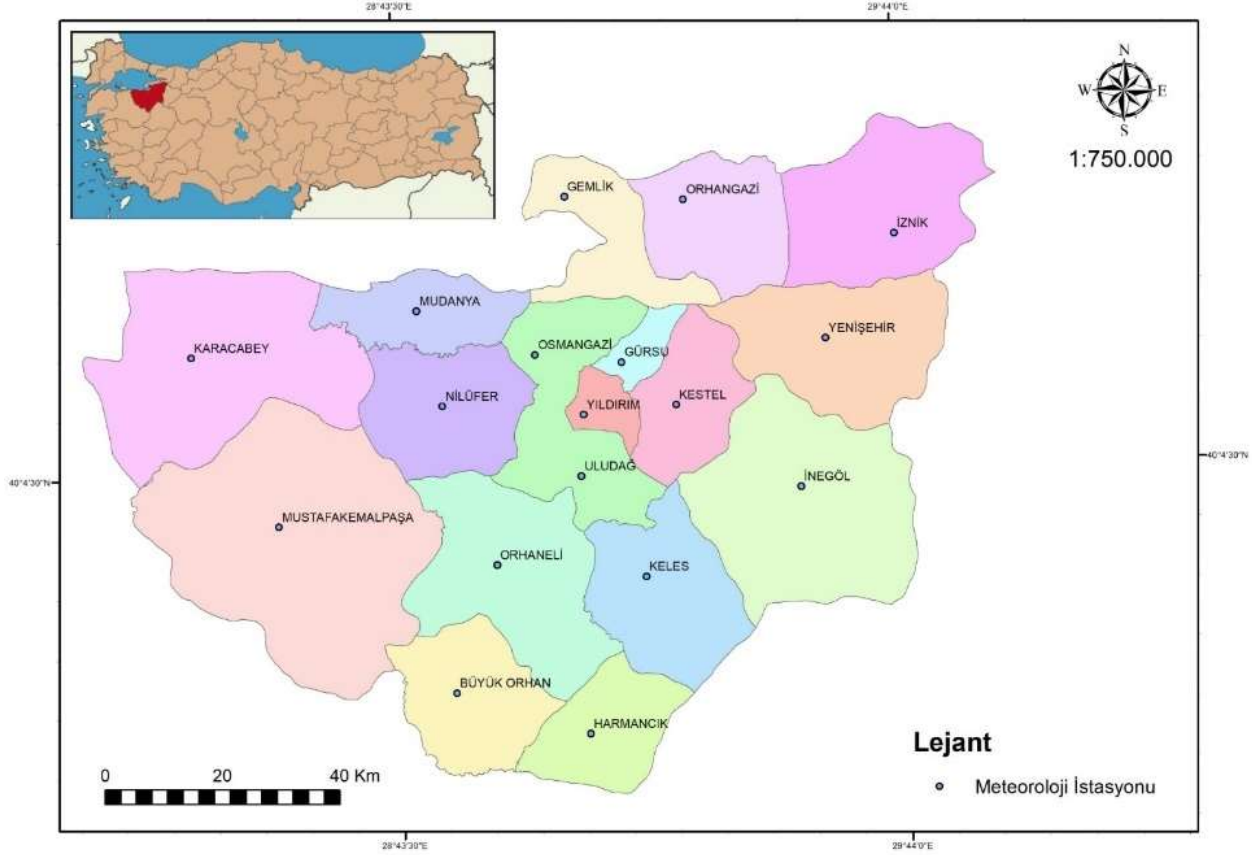
bağlı kalmadan ülkemizdeki iklim tiplerinin (makroklima tipleri ve onlara bağlı alt tipler) kendi içinde belirlenebilmesine çalışılmıştır (Erinç 1984).

Bu çalışma ile Thornthwaite yöntemi kullanılarak Bursa ilçeleri ve Uludağ bölgesini kapsayan 18 meteoroloji istasyonuna ait 2000–2021 yılları arasındaki veriler ile iklim tipinin belirlenmesi amaçlanmıştır; ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileri kullanılarak su bilançosu grafikleri elde edilmiştir. Neticede Bursa ili ve ilçelerine ait sıcaklık tesiri, nemlilik-kuraklık indisi, denizellik ve karasallığa ait Thornthwaite tanımlamaları yapılmıştır. Bursa ili ve Uludağ bölgesi için Thornthwaite yöntemiyle iklim tipinin belirlenmesinin literatürdeki boşluğu dolduracağı, spesifik olarak ise Bursa ili ve çevresindeki su yönetimi, tarım, şehircilik ve çevre koruma uygulamaları konusunda yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL VE METOD

Çalışma alanı olarak seçilen Bursa ili, bulunduğu konum itibarıyla Marmara Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Yüz ölçümü 10.882 km<sup>2</sup> olan Bursa ili Bilecik, Kütahya, Balıkesir, Yalova ve Kocaeli illerine komşudur (URL-1 2022).

Çalışma kapsamında, Bursa iline ait ilçeler (Büyükorhan, Gemlik, Gürsu, Harmancık, İnegöl, İznik, Karacabey, Keles, Kestel, Mudanya, Mustafakemalpaşa, Nilüfer, Orhaneli, Orhangazi, Osmangazi, Yenişehir, Yıldırım) ve Uludağ bölgesinde bulunan meteoroloji istasyonlarından elde edilen 2000–2021 (21 yıllık) yıllarına ait sıcaklık ve yağış değerleri kullanılmıştır (MGM 2022). Bursa ilçelerine ait ortalama sıcaklık değeri 14.1 °C; yıllık yağış toplamı 617.1 mm olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının konumları ise Şekil 1’de, enlem–boylam değerleri ve rakımları ise Çizelge 1’de verilmiştir. Ayrıca istasyonlara ait değerler ortalamaya olan durumuna göre grafiğe aktarılmıştır (Şekil 2, Şekil 3).



Şekil 1. Bursa ili sınırlarında bulunan meteoroloji istasyonlarının konumları

Çizelge 1. İstasyonlara ait enlem (K) – boylam(D) ve rakım değerleri

| İstasyonun adı   | İstasyonun enlem (K) değeri | İstasyonun boylam (D) değeri | İstasyonun rakımı (m) | İstasyonun numarası |
|------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Büyükorhan       | 39.7700                     | 28,9014                      | 770                   | 18.382              |
| Gemlik           | 40.4401                     | 29,1504                      | 85                    | 17.663              |
| Gürsu            | 40.2489                     | 29,2408                      | 124                   | 18.745              |
| Harmancık        | 39.6783                     | 29,1458                      | 667                   | 18.383              |
| İnegöl           | 40.0657                     | 29.5619                      | 290                   | 17.984              |
| İznik            | 40.4267                     | 29.7302                      | 90                    | 17.661              |
| Karacabey        | 40.1319                     | 28.3320                      | 15                    | 17.673              |
| Keles            | 39.9150                     | 29.2313                      | 1063                  | 17.695              |
| Kestel           | 40.1861                     | 29.2106                      | 230                   | 18.384              |
| Mudanya          | 40.3686                     | 28.9017                      | 4                     | 18.385              |
| Mustafakemalpaşa | 40.0425                     | 28.3995                      | 60                    | 17.675              |
| Nilüfer          | 40.2286                     | 28.8585                      | 105                   | 18.386              |
| Orhaneli         | 39.8967                     | 28.9925                      | 522                   | 18.083              |
| Orhangazi        | 40.4911                     | 29.3278                      | 96                    | 18.387              |
| Osmangazi        | 40.2308                     | 29.0133                      | 100                   | 18.741              |
| Uludağ           | 40.1075                     | 29.1290                      | 1877                  | 17.676              |
| Yenişehir        | 40.2552                     | 29.5624                      | 238                   | 19.279              |
| Yıldırım         | 40.1919                     | 29.1086                      | 147                   | 18.746              |

### Thornthwaite Su Bilançosu Modeli

Thornthwaite iklim tipinin belirlenmesi için kullanılan, meydana gelen mevsimsel değişimleri, bölgesel olarak suyun giriş çıkışını, kar miktarını, toprakta bulunan nem miktarını ve buharlaşmayı tespit etmek ve hesaplamak

için kullanılan bir yöntemdir (Thornthwaite 1948). Bu yöntemde gerçek evapotranspirasyon (GET) ve potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerleri kullanılarak hesaplama yapılmaktadır. Bu yöntem kapsamında bir bölgeye ait enlem-boylam dereceleri ile aylık toplam yağış

ortalaması ve aylık ortalama sıcaklık değerlerinin bilinmesi durumunda su bilançosunu tahmin etmek kolaydır. Evapotranspirasyon (ETP) aşağıda yer alan 1, 2, 3 ve 4 numaralı denklemler aracılığıyla hesaplanabilmektedir (Thornthwaite 1948, Çolak ve Memişoğlu 2021).

$$ETP = 16 * \left( \frac{10 * t}{I} \right)^a * G \quad (1. \text{Denklem})$$

$$a = 6.7510 * 10^{-7} * I^3 - 7.7110 * 10^{-5} * I^2 + 1.791210 * 10^{-2} * I + 0.49239 \quad (2. \text{Denklem})$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad (3. \text{Denklem})$$

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad (4. \text{Denklem})$$

PET potansiyel evapotranspirasyon denkleminde, (t) aylık ortalama sıcaklık değeri (°C), (I) yıllık hesaplanan sıcaklık değeri, (i) istasyona ait aylık sıcaklık değeri ve (G) enlem düzeltme katsayısı şeklinde tanımlanmaktadır.

Thornthwaite yönteminde iklim tipinin belirlenmesi için öncelikle su bilançosu tablosunun oluşturulması

gerekmektedir. İstasyonlara ait su bilançosu tablosu hazırlanırken aylık toplam yağış ortalaması ve aylık ortalama sıcaklık değerleri kullanılmaktadır. Bu değerler sonucunda su bilançosunda bulunan yağış, potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon, su eksikliği, su fazlası gibi kısımlar hesaplanmaktadır. Thornthwaite iklim tipinin sınıflandırılması yönteminde dört aşama bulunmaktadır. Her bir aşamada iklim tipini bir simge temsil etmektedir. İlk aşamadaki harf, yağış etkinlik indisidir. Bu indis değeri (5) numaralı denklem aracılığıyla hesaplanmaktadır (Çizelge 2), nemli ve kurak iklimler olmak üzere iki grupta bir araya getirilmiştir. Değerler yüksek nem içeriğinden düşüğe (kurak bölgeler) doğru olacak şekilde sıralanmıştır (Thornthwaite 1948, Çolak ve Memişoğlu 2021).

$$Im = \left( \frac{100 * s - 60 * d}{ETP} \right) \quad (5. \text{Denklem})$$

Denklemlerde kullanılan (d) “yıllık su eksikliği”ni, (s) “yıllık su fazlası”nı ifade etmektedir (Çizelge 2). Thornthwaite yöntemine ait denklemde bulunan ikinci harf ise “Thornthwaite sıcaklık indisi” değeridir. Sıcaklık indisi, yıllık evapotranspirasyon değeri kullanılarak bulunmaktadır (Thornthwaite 1948, Çolak ve Memişoğlu 2021).

**Çizelge 2.** İklim özellikleri bakımından yağış ve sıcaklık tesirlilik indisleri

| İm        | Harf           | Yıllık PET (mm) | İklim durumu          | İklimin harfi   | Yıllık PET (mm) iklimin özelliği |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|----------------------------------|
| >100      | A              | 1141 ve fazlası | Çok nemli             | A'              | Megatermal                       |
| 100 – 80  | B <sub>4</sub> | 998 – 1140      | Nemli                 | B' <sub>4</sub> | Mezotermal                       |
| 80 – 60   | B <sub>3</sub> | 856 – 997       | Nemli                 | B' <sub>3</sub> | Mezotermal (3. derece)           |
| 60 – 40   | B <sub>2</sub> | 713 – 855       | Nemli                 | B' <sub>2</sub> | Mezotermal (2. derece)           |
| 40 – 20   | B <sub>1</sub> | 571 – 512       | Nemli                 | B' <sub>1</sub> | Mezotermal (1. derece)           |
| 20 – 0    | C <sub>2</sub> | 428 – 570       | Yarı emli             | C' <sub>2</sub> | Mikrotermal (2. derece)          |
| 0 – -20   | C <sub>1</sub> | 286 – 427       | Yarı kurak – Az nemli | C' <sub>1</sub> | Mikrotermal (1. derece)          |
| -20 – -40 | D              | 143 – 285       | Yarı kurak            | D'              | Tundra                           |
| -40 – -60 | E              | 142 ve daha az  | Tam kurak – Çöl       | E'              | Don                              |

Thornthwaite yönteminde kullanılan üçüncü harf ise, “yağış rejimi indisi” değeridir. Bu indis değeri, su eksikliği, su fazlası ve yıllık evapotranspirasyon değeri kullanılarak bulunmaktadır. Yağış rejimi indisinde kuraklık indisi (Ia) ve nemlilik indisi (Ih) olmak üzere iki çeşit indis bulunmaktadır (Çizelge 3). Kuraklık indisi için (6) ve nemlilik indisi için (7) formülleri kullanılarak hesaplanmış ve bölgeye ait olan iklim özellikleri belirlenmiştir (Thornthwaite 1948, Çolak ve Memişoğlu 2021).

$$Ia = \left( \frac{100 * d}{ETP} \right) \quad (6. \text{Denklem})$$

$$Ih = \left( \frac{100 * s}{ETP} \right) \quad (7. \text{Denklem})$$

Thornthwaite yöntemi iklim tipinin son harfi ise yaz aylarında bulunan evapotranspirasyon değerinin, yıllık evapotranspirasyona bölünmesi ile hesaplanmaktadır

(Çizelge 3) (Thornthwaite 1948). Son aşamada, bu dört aşama bir araya getirilerek hedeflenen bölgenin

Thornthwaite iklim yöntemine göre iklim tipi belirlenmektedir.

**Çizelge 3.** ETP'nin en sıcak 3 aya oranına göre kuraklık indisi ve nemlilik indisi

| Kuraklık indisi (Ia) | Harf  | İklimin özelliği                                                  | Nemlilik indisi (Ih) | Harf  | İklimin özelliği                                                  |
|----------------------|-------|-------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|-------------------------------------------------------------------|
| $0 < Ia < 16.7$      | r     | Su eksikliği olmayan veya pek az seviyede olan                    | $0 < Ih < 10$        | d     | Su fazlası yok veya pek az seviyede olan                          |
| $16.8 < Ia < 33.3$   | s     | Yaz mevsiminde su eksikliği bulunan ve orta seviyede olan         | $11 < Ih < 20$       | w     | Yaz mevsiminde su eksikliği bulunan ve orta seviyede olan         |
| $Ia < 33.4$          | $s_2$ | Yaz mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan | $21 < Ih$            | $w_2$ | Yaz mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |
| $16.8 < Ia < 33.3$   | w     | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve orta seviyede olan         | $11 < Ih < 20$       | s     | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve orta seviyede olan         |
| $Ia < 33.4$          | $w_2$ | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan | $21 < Ih$            | $s_2$ | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |

| EPT'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet indisi (Ni) | Harf   | İklim özelliği               | EPT'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet indisi (Ni) | Harf   | İklim özelliği                           |
|----------------------------------------------------------|--------|------------------------------|----------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------|
| $Ni < 48$                                                | a'     | Okyanus (deniz) iklimi       | $Ni < 680$                                               | $b'_1$ | Okyanus iklimine yakın kontinental iklim |
| $Ni < 51.9$                                              | $b'_4$ | Okyanus iklimine yakın iklim | $Ni < 76.3$                                              | $c'_2$ | Kontinental                              |
| $Ni < 56.3$                                              | $b'_3$ | Okyanus iklimine yakın iklim | $Ni < 88.0$                                              | $c'_1$ | Kontinental                              |
| $Ni < 61.6$                                              | $b'_2$ | Karasal iklimine yakın iklim | $88.1 > Ni$                                              | d'     | Tam karasal (kontinental)                |

Thornthwaite ve Mather tarafından geliştirilen yöntemde sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak su bilançosuna ait modellerin geliştirilmesi sağlanmıştır (Thornthwaite ve Mather 1955). Bulutluluk oranı, radyasyon, rüzgâr hızı gibi belirli başlı değerleri kullanmadan Thornthwaite yöntemi ile iklim tipinin sınıflandırılmasını sağlamaktadır (Vörösmarty ve ark. 1998).

## BULGULAR

### Meteoroloji İstasyonlarına Ait İklim Grafikleri

Çalışma alanında ortalama sıcaklık ve toplam yağış değerlerine ait çizelge ve grafikler meteoroloji istasyonlarından (Şekil 1) temin edilen 2000-2021 yıllarına ait veriler kapsamında hazırlanmıştır (Çizelge 4).

Bursa ilçelerine ait ortalama sıcaklık değeri 14.1 °C olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda ortalama sıcaklık değerinin İznik, Gemlik, Karacabey, Mustafakemalpaşa, Kestel, Mudanya, Nilüfer, Orhangazi, Osmangazi, Yıldırım ve Yenişehir ilçelerinde ortalamanın

üzerinde, diğer ilçelerde ise ortalamanın altında kaldığı belirlenmiştir (Şekil 2).

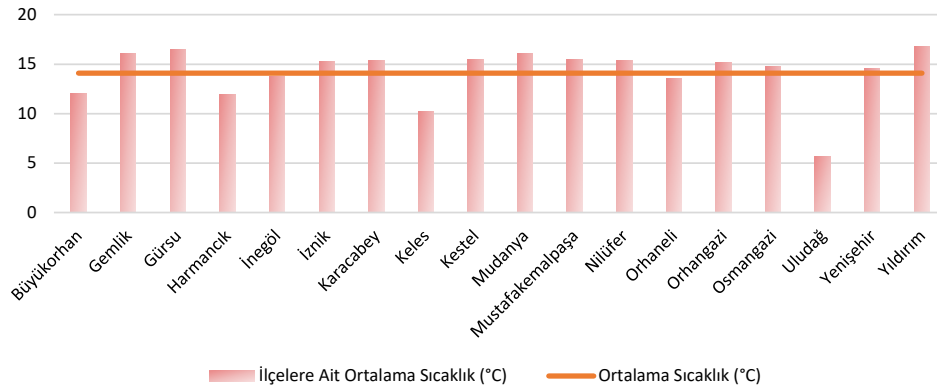
Bursa ili yıllık yağış toplamı 617.1 mm olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda toplam yağış değerinin Gemlik, Keles, Kestel, Mustafakemalpaşa, Orhangazi ilçeleri ve Uludağ için ortalamanın üzerinde; diğer ilçeler için ise ortalamanın altında kaldığı belirlenmiştir (Şekil 3).

Büyükorhan ilçesi iklim diyagramı Gemlik, Gürsu ilçelerine yakın olmakla birlikte VII, VIII, IX. aylarda yağış azaldıkça kuraklık dönemine girdiği görülmektedir. Büyükorhan ilçesinde sıcaklık ortalamanın altında, Gemlik ve Gürsu ilçelerinde ise sıcaklık ortalamanın üstünde bulunmaktadır. Büyükorhan ve Gürsu yağış verisine göre toplam yağış miktarı ortalamanın altında, Gemlik ise ortalamanın üzerindedir. Gemlik ilçesinin iklim diyagramına göre yağış verisinin yüksek çıkma nedeni kış aylarında yağışların fazla olması sebebiyle karasal iklim özelliklerinin görülmesi ve beraberinde buharlaşmanın da artması olabilir. Gürsu ve Büyükorhan ilçelerinin aylık toplam yağış miktarının az olmasından dolayı su sıkıntısı

çekebilecek ilçeler olduğu, Gemlik ilçesinin ortalamanın biraz üzerinde olmasından dolayı su fazlalığı ve eksikliği noktasında sınırda olduğu gözükmetedir (Şekil 4).

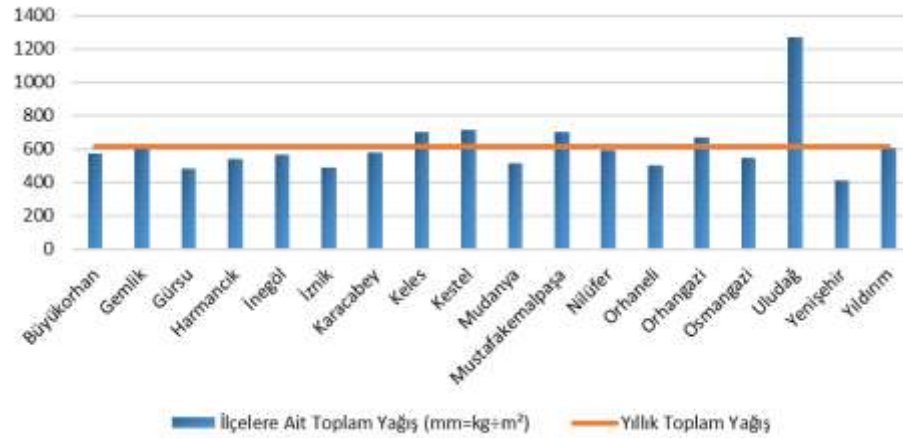
**Çizelge 4.** Bursa ilçeleri ve Uludağ'a ait sıcaklık ve yağış verileri (MGM 2022)

| İstasyon adı | Sıcaklık ve yağış değerleri | Aylar  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | Toplam |
|--------------|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|              |                             | 1      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12     |        |
| İznik        | °C                          | 6.2    | 7.5   | 9.4   | 13.1  | 18.3  | 22.3  | 24.6  | 24.7  | 20.9  | 16    | 11.9  | 8.1    | 15.3   |
|              | mm                          | 56.42  | 39.11 | 53.32 | 34.60 | 45.32 | 48.95 | 17.64 | 8.65  | 32.34 | 60.34 | 37.78 | 57.92  | 492.4  |
| Gemlik       | °C                          | 6.8    | 8     | 10    | 13.7  | 18.7  | 23    | 25.7  | 26.1  | 22.1  | 17.3  | 13.1  | 8.9    | 16.1   |
|              | mm                          | 87.26  | 61.96 | 65.12 | 47.94 | 49.33 | 46.69 | 15.11 | 9.04  | 37.65 | 63.99 | 54.19 | 81.54  | 619.8  |
| Karacabey    | °C                          | 5.8    | 7.2   | 9.8   | 13.4  | 18.6  | 22.9  | 25.1  | 25.3  | 21.3  | 16.2  | 11.6  | 7.6    | 15.4   |
|              | mm                          | 81.59  | 62.14 | 65.07 | 37.81 | 34.46 | 32.08 | 7.65  | 6.85  | 44.97 | 69.69 | 56.28 | 80.48  | 579.1  |
| M.Kemalpaşa  | °C                          | 5.9    | 7.8   | 10.1  | 13.7  | 18.8  | 22.8  | 24.9  | 25.1  | 21.2  | 16.1  | 11.7  | 7.6    | 15.5   |
|              | mm                          | 86.38  | 79.89 | 74.93 | 48.85 | 44.46 | 49.64 | 8.41  | 9.55  | 53.96 | 77.69 | 62.99 | 103.75 | 700.5  |
| Keles        | °C                          | 0.4    | 1.8   | 4.5   | 8.6   | 13.3  | 17    | 20    | 20.2  | 16.2  | 11.4  | 6.9   | 2.4    | 10.2   |
|              | mm                          | 97.54  | 75.02 | 87.20 | 61.33 | 66.49 | 54.57 | 14.42 | 9.49  | 30.89 | 65.00 | 58.69 | 83.98  | 704.6  |
| İnegöl       | °C                          | 3.6    | 6.5   | 8.9   | 12.4  | 17.3  | 20.3  | 23.1  | 23.5  | 20.2  | 14.7  | 9.6   | 5.1    | 13.8   |
|              | mm                          | 73.47  | 49.49 | 53.49 | 44.71 | 63.49 | 80.40 | 19.77 | 13.37 | 29.63 | 43.51 | 27.60 | 69.63  | 568.6  |
| Orhaneli     | °C                          | 4.2    | 6.6   | 8.4   | 11.9  | 16.9  | 20.2  | 23    | 23.2  | 19.3  | 14.1  | 9.9   | 5.4    | 13.6   |
|              | mm                          | 77.54  | 48.33 | 58.26 | 43.50 | 52.27 | 54.98 | 7.94  | 8.84  | 20.80 | 42.38 | 32.86 | 53.01  | 500.7  |
| Büyükorhan   | °C                          | 2.3    | 4.9   | 6.8   | 10.6  | 15.2  | 18.4  | 21.4  | 21.6  | 17.8  | 13.5  | 8.4   | 3.7    | 12.1   |
|              | mm                          | 94.05  | 60.28 | 70.78 | 51.80 | 57.11 | 50.80 | 11.08 | 12.75 | 16.49 | 40.78 | 45.59 | 64.24  | 575.8  |
| Harmancık    | °C                          | 1.8    | 4.5   | 6.6   | 10.3  | 15.3  | 18.6  | 21.9  | 22.1  | 18.1  | 13.4  | 7.5   | 3.1    | 11.9   |
|              | mm                          | 80.29  | 44.13 | 53.93 | 44.60 | 56.09 | 74.53 | 23.91 | 21.78 | 17.69 | 35.44 | 40.56 | 48.89  | 541.8  |
| Kestel       | °C                          | 5.9    | 8.2   | 10    | 13.6  | 18.4  | 22.1  | 25    | 25.3  | 21.4  | 16.6  | 12.2  | 7.1    | 15.5   |
|              | mm                          | 81.30  | 60.18 | 71.66 | 55.64 | 69.70 | 91.05 | 23.73 | 35.98 | 42.80 | 53.51 | 41.86 | 89.39  | 716.8  |
| Mudanya      | °C                          | 7.3    | 8.8   | 10.1  | 13.1  | 18.7  | 22.8  | 25.1  | 25.7  | 22    | 17.5  | 13.2  | 8.5    | 16.1   |
|              | mm                          | 88.10  | 52.28 | 59.69 | 39.25 | 34.75 | 31.30 | 11.04 | 12.24 | 28.79 | 46.70 | 40.98 | 73.22  | 518.3  |
| Nilüfer      | °C                          | 6.1    | 8.1   | 9.8   | 13.1  | 18.1  | 22.2  | 24.8  | 25.2  | 21.2  | 16.5  | 11.9  | 7.2    | 15.4   |
|              | mm                          | 94.75  | 62.15 | 58.55 | 44.33 | 56.13 | 47.66 | 14.01 | 12.29 | 32.43 | 50.94 | 41.30 | 80.97  | 595.5  |
| Orhangazi    | °C                          | 5.5    | 7.4   | 9.2   | 12.9  | 18.2  | 21.8  | 24.8  | 25.3  | 21.4  | 16.5  | 11.6  | 7      | 15.1   |
|              | mm                          | 115.79 | 65.25 | 63.21 | 43.35 | 53.06 | 57.56 | 26.03 | 27.90 | 49.22 | 47.76 | 43.13 | 76.41  | 668.7  |
| Osmangazi    | °C                          | 4.9    | 7.6   | 8.9   | 13.2  | 16.9  | 20.9  | 24.1  | 24.2  | 21.4  | 15.4  | 11.9  | 7.2    | 14.7   |
|              | mm                          | 90.34  | 59.48 | 78.86 | 27.26 | 49.30 | 53.73 | 14.10 | 6.28  | 11.60 | 44.94 | 40.40 | 73.55  | 549.8  |
| Görsu        | °C                          | 6.5    | 9.2   | 11.1  | 14.9  | 19.1  | 22.9  | 25.8  | 26.3  | 22.7  | 17.3  | 13.3  | 8.3    | 16.5   |
|              | mm                          | 63.57  | 44.50 | 54.50 | 33.00 | 52.28 | 47.41 | 15.83 | 10.43 | 16.80 | 39.44 | 30.53 | 75.69  | 484.0  |
| Yıldırım     | °C                          | 6.7    | 9.4   | 11.3  | 15.1  | 19.6  | 23.6  | 26.5  | 26.8  | 23    | 17.4  | 13.4  | 8.4    | 16.8   |
|              | mm                          | 81.78  | 64.32 | 73.67 | 40.03 | 57.53 | 56.79 | 19.94 | 10.44 | 18.61 | 54.36 | 37.90 | 93.01  | 608.4  |
| Yenişehir    | °C                          | 6.4    | 8.3   | 6.7   | 13.1  | 18.4  | 20.8  | 23.4  | 24.6  | 19    | 14.1  | 10.6  | 9.3    | 14.6   |
|              | mm                          | 76.90  | 30.20 | 52.60 | 46.40 | 42.40 | 47.80 | 41.40 | 5.00  | 33.90 | 19.60 | 11.00 | 7.95   | 415.2  |
| Uludağ       | °C                          | -2.7   | -3    | 0.3   | 4.4   | 8.6   | 12.1  | 13.8  | 13.5  | 11.2  | 7.6   | 3.1   | -0.6   | 5.7    |
|              | mm                          | 148.8  | 123.6 | 97.4  | 117.3 | 102.3 | 73.8  | 53.6  | 59.5  | 55.9  | 118.1 | 151.3 | 166.2  | 1267.8 |

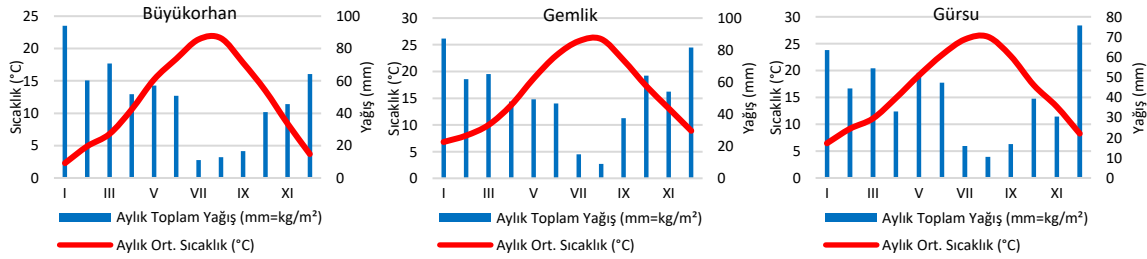


**Şekil 2.** Bursa ilçeleri ve Uludağ'ın ortalama sıcaklık değerleri (°C)

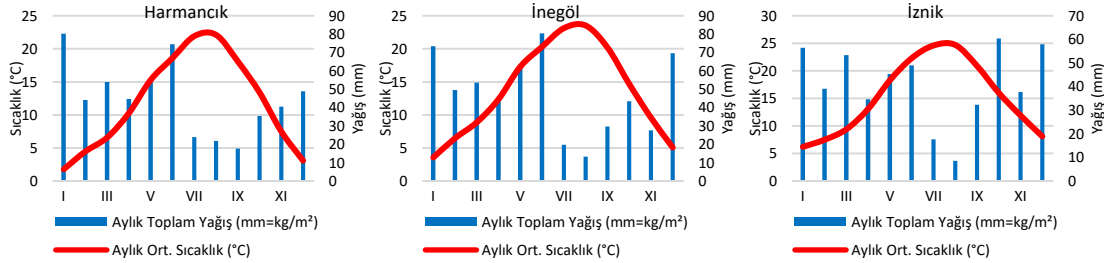




Şekil 3. Bursa ilçeleri ve Uludağ'ın aylık toplam yağış ortalaması değerleri



Şekil 4. Büyükşehir, Gemlik ve Gürsu istasyonlarına ait iklim diyagramı



Şekil 5. Harmancık, İnegöl ve İznik istasyonlarına ait iklim diyagramı

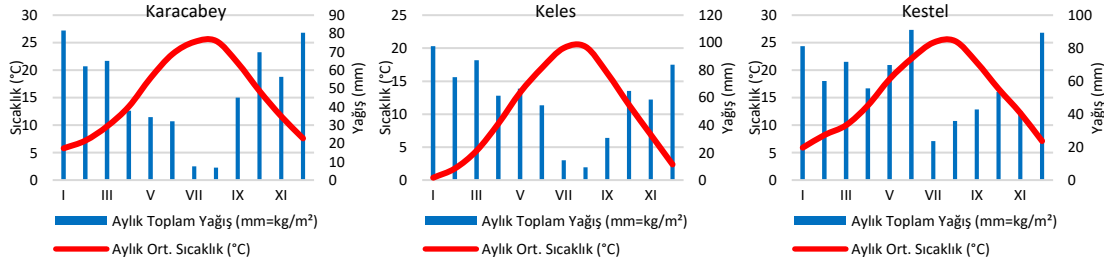
Harmancık ilçesinin iklim diyagramına bakıldığında VII, VIII ve IX. aylarda aylık toplam yağış azaldığı için su sıkıntısı bulunmaktadır. Harmancık, İznik ve İnegöl ilçeleri aylık toplam yağış miktarı bakımından ortalamanın altında ve İznik ilçesinin aylık ortalama sıcaklık değeri diğer ilçelere göre ortalamanın üstünde olduğu gözükmemektedir (Şekil 5).

Keles iklim diyagramına bakıldığında meteorolojik veri istasyonunun yüksek rakımda olması sebebiyle aylık ortalama sıcaklık değeri düşüktür ve yağışın ortalamadan fazla olduğu gözükmemektedir. Genel olarak bu üç ilçe

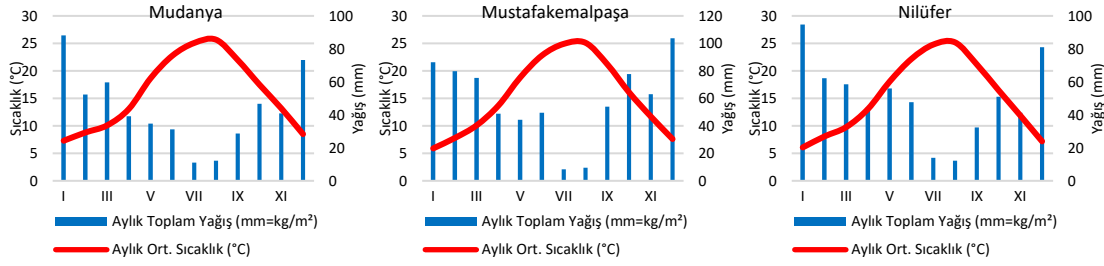
incelendiğinde VII, VIII ve IX. aylarda yağışın az olması su sıkıntısı çekilebileceğini göstermektedir. Kestel ilçesinde her ayın ortalamasının üstünde yağış alması ve sıcaklık değerinin yüksek olması buharlaşmaya etkisinin olumlu yönde olacağını göstermektedir. Keles ve Kestel ilçelerinin iklim diyagramına göre aylık toplam yağış değerleri ortalamanın üstünde, Karacabey ilçesinde ise ortalamanın altındadır. Karacabey ve Kestel ilçelerinin sıcaklık değerleri ortalamanın üstünde, Keles ise istasyonun bulunduğu rakımın yüksek olması nedeniyle



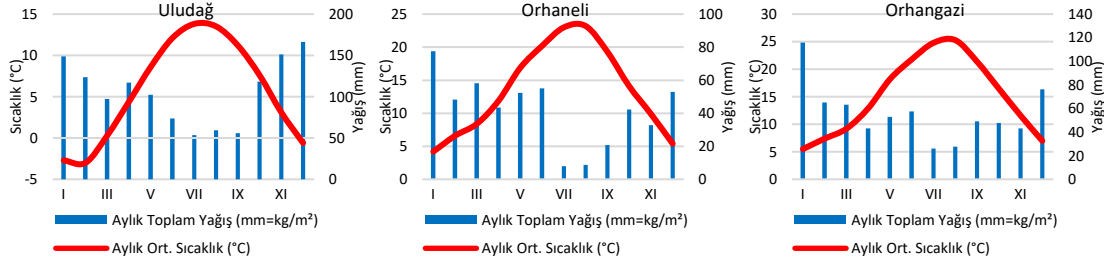
sıcaklık değeri ortalamanın altında bulunmaktadır (Şekil 6).



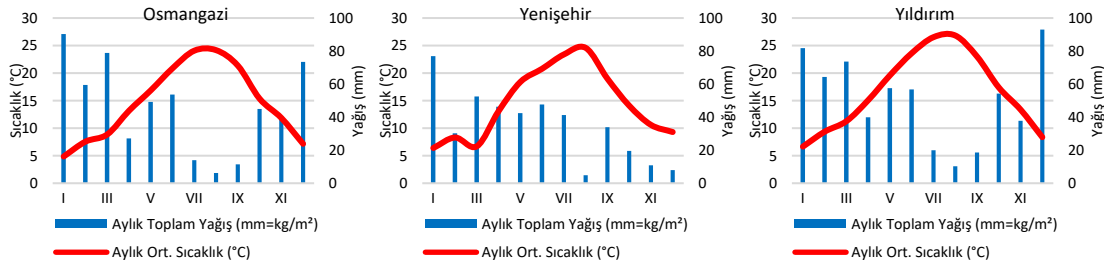
Şekil 6. Karacabey, Keles ve Kestel istasyonlarına ait iklim diyagramı



Şekil 7. Mudanya, Mustafakemalpaşa ve Nilüfer istasyonlarına ait iklim diyagramı



Şekil 8. Uludağ, Orhanlı ve Orhangazi istasyonlarına ait iklim diyagramı



Şekil 9. Osmangazi, Yenişehir ve Yıldırım istasyonlarına ait iklim diyagramı

Mudanya, Mustafakemalpaşa ve Nilüfer ilçelerinin iklim diyagramına bakıldığında VII ve VIII. aylarda yağışın az olması su kuraklığı çekileceğini göstermektedir. Bu üç ilçenin aylık sıcaklık değeri ortalamanın üstündedir. Mudanya ve Nilüfer ilçeleri aylık yağış miktarı ortalamanın altında, Mustafakemalpaşa ilçesinde ise ortalamanın üzerindedir. Mudanya ve Nilüfer ilçelerinin iklim diyagramına göre kış aylarında yağışların fazla olması karasal iklim özellikleri gösterdiği için buharlaşmanın da artacağını göstermektedir (Şekil 7).

Uludağ sıcaklık açısından Bursa'nın en düşük ortalama sahip yeri olmakla birlikte yüksek miktarlarda yağış alan da bir yer olmasından dolayı su sıkıntısı bulunmamaktadır. Orhaneli aylık sıcaklık değeri ortalamanın altında ve Orhangazi ilçesinde ise ortalamanın üzerindedir. Orhaneli'nde VII. ve VIII. aylarda yağışın az olmasından dolayı kuraklık çekileceği iklim diyagramı üzerinden yorumlanabilmektedir. Orhangazi ilçesinin iklim diyagramına bakıldığında aylık yağış miktarının ortalamanın üzerinde olduğu ve kış aylarında yağışların fazla olmasının karasal iklim özelliklerini işaret ettiği için buharlaşmanın da artacağını göstermektedir (Şekil 8).

Osmangazi, Yenişehir ve Yıldırım ilçelerin iklim diyagramına bakıldığında kış aylarında aylık ortalama yağış miktarının az seviyede olduğu gözlemlenmektedir. Bu üç ilçenin aylık ortalama sıcaklık değeri ortalamanın üstünde ve toplam yağış miktarı ise ortalamanın altında yer almaktadır. Bu üç ilçenin güneşten aldığı sıcaklık etkisinin fazla olması ve toplam yağış miktarının az olması nedeniyle kuraklık problemi ile karşı karşıya kalacağı ve su kaynaklarının azalacağı söylenebilir (Şekil 9).

#### Bursa İlçeleri ve Uludağ İstasyonlarına Ait Su Bilançosu Sonuçları

Su bilançosu yöntemi (Thornthwaite tipi) ile verilerin temin edildiği istasyonlara ait su bilançosu bileşenleri hesaplanmıştır. Çizelge 5'e göre Bursa'ya ait

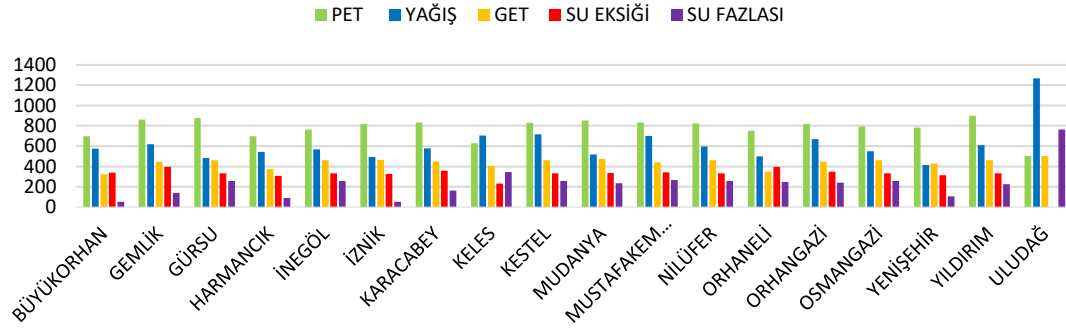
istasyonlarının 2000-2021 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış ortalaması verileri kullanılarak yağış, PET (Potansiyel Evapotranspirasyon), GET (Gerçek Evapotranspirasyon), su eksiği ve su fazlası değerleri hesaplanmış ve su bilançolarına ait sonuçlar ortaya konulmuştur (Şekil 10).

Elde edilen su bilançosu tablosuna göre toplam yağışın en fazla olduğu üç istasyon; Uludağ (1267.8 mm), Kestel (716.8 mm) ve Keles (704.6 mm) olmuştur. Yağışın en az olduğu üç istasyon ise Yenişehir (415.2 mm), Gürsu (484.0 mm) ve İznik (492.4 mm) istasyonları olmuştur. PET en fazla Yıldırım (898.8 mm) istasyonunda iken en az Uludağ (502.5 mm) istasyonunda; GET en fazla Uludağ (502.5 mm) istasyonunda iken en az Büyükşehir (323.3 mm) istasyonunda bulunmuştur. Su bilançosu tablosuna göre su eksikliği bulunan üç istasyon Orhaneli (395.2 mm), Gemlik (394.3 mm) ve Karacabey (357.7 mm) olurken; su fazlasının en çok olduğu üç istasyon Uludağ (765.2 mm), Keles (344.2 mm) ve Mustafakemalpaşa (265.2 mm) olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 5.** İstasyonların su bilançosu değerlerine göre su eksiği ve su fazlası değerleri (mm/yıl)

| İstasyonlar      | Yağış  | Pet   | Get   | Su eksiği | Su fazlası |
|------------------|--------|-------|-------|-----------|------------|
| Büyükorhan       | 575.8  | 698.5 | 323.3 | 337.9     | 52.7       |
| Gemlik           | 619.8  | 860.4 | 445.8 | 394.3     | 138.9      |
| Gürsu            | 484.0  | 876.1 | 462.6 | 331.4     | 255.9      |
| Harmancık        | 541.8  | 698.9 | 374.5 | 307.1     | 91.2       |
| İnegöl           | 568.6  | 762.9 | 462.6 | 331.4     | 255.9      |
| İznik            | 492.4  | 817.9 | 466.0 | 325.0     | 50.6       |
| Karacabey        | 579.1  | 832.2 | 450.4 | 357.7     | 161.3      |
| Keles            | 704.6  | 629.6 | 403.2 | 231.5     | 344.2      |
| Kestel           | 716.8  | 830.6 | 462.6 | 331.4     | 255.9      |
| Mudanya          | 518.3  | 851.4 | 474.2 | 336.8     | 234.3      |
| Mustafakemalpaşa | 700.5  | 832.2 | 440.8 | 342.4     | 265.2      |
| Nilüfer          | 595.5  | 823.7 | 462.6 | 331.4     | 255.9      |
| Orhaneli         | 500.7  | 752.5 | 349.0 | 395.2     | 248.1      |
| Orhangazi        | 668.7  | 818.8 | 445.1 | 349.3     | 240.5      |
| Osmangazi        | 549.8  | 793.4 | 462.6 | 331.4     | 255.9      |
| Uludağ           | 1267.8 | 502.5 | 502.5 | 0.0       | 765.3      |
| Yenişehir        | 415.2  | 783.2 | 431.1 | 313.5     | 107.0      |
| Yıldırım         | 608.4  | 898.8 | 462.4 | 331.4     | 225.9      |

PET: Potansiyel Evapotranspirasyon, GET: Gerçek Evapotranspirasyon



Şekil 10. İstasyonların su bilançosu değerlerine göre su eksikliği ve su fazlası değerleri (mm/yıl)

#### Büyükorhan, Gemlik ve Gürsu İstasyonlarına Ait Su Bilançosu Sonuçları

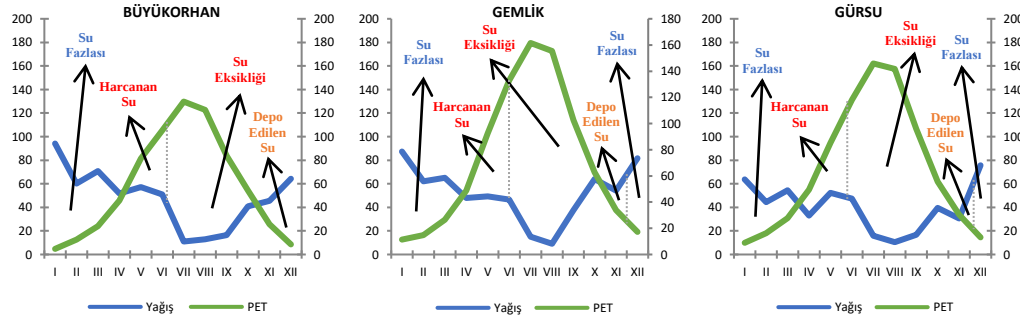
Büyükorhan ilçesinin elde edilen veriler kapsamında Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi D "Yarı Kurak", sıcaklık tesirlilik indisi B<sub>1</sub> "1. Derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'te bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre d "su fazlası yok veya pek az seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi b<sub>3</sub> "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

Gemlik ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi C<sub>1</sub> "Yarı Kurak – Az Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi B<sub>2</sub> "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre d "su fazlası yok veya pek az seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi b<sub>4</sub> "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

Gürsu ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi C<sub>2</sub> "Yarı Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi

B<sub>2</sub> "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre s<sub>2</sub> "Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisinin b<sub>3</sub> "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

Büyükorhan, Gemlik ve Gürsu ilçeleri iklim parametrelerine göre analiz edilerek su bilançosu diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 11). Gürsu ve Gemlik ilçeleri için Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Aralık aylarında; Büyükorhan ilçesinde ise yılın ilk üç ayında su fazlasından dolayı su problemi bulunmadığı, geriye kalan aylarda ise yağışın az olmasından dolayı su eksikliğinin olacağı görülmektedir. MGM (2016)'ya göre Büyükorhan, Gemlik ve Gürsu için iklim tipinin ortalama değeri ile yapılan çalışmanın benzer sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, Karatepe (2004)'de Eğirdir Gölü Havzası'nın yetiştirme ortamı özelliklerini incelediği çalışmasında benzer şekilde Isparta il merkezi ile Eğirdir, Aksu, Yenişarbademli, Sütçüler ilçelerinde yağışın fazla olduğu Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Aralık aylarında su fazlası olduğunu belirtmiştir.



Şekil 11. Büyükorhan, Gemlik ve Gürsu istasyonlarına ait su bilançosu diyagramı

### Harmancık, İnegöl ve İznik İstasyonlarına Ait Su Bilançosu Sonuçları

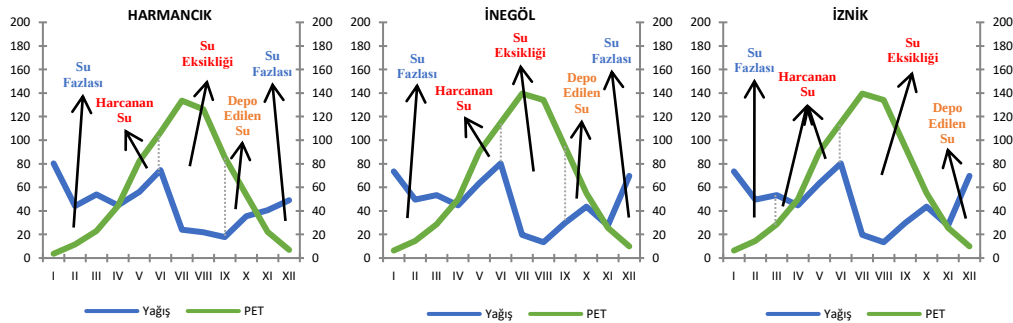
Harmancık ilçesinin elde edilen veriler kapsamında Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_1$  "Yarı Kurak – Az Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_1$  "1. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre d "su fazlası yok veya pek az seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_3$  "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

İnegöl ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_2$  "Yarı Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  "Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_3$  "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

İznik ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_1$  "Yarı Kurak – Az Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere

bakıldığında iklim özelliklerine göre d "su fazlası yok veya pek az seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_4$  "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

Harmancık, İnegöl ve İznik ilçeleri iklim parametrelerine göre analiz edilerek su bilançosu diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 12). Üç ilçe için de Ocak, Şubat, Mart aylarının yanı sıra Harmancık'ta Aralık, İnegöl'de Nisan ve Aralık aylarında da su fazlasından dolayı su problemi bulunmadığı, geriye kalan aylarda ise yağışın az olmasından dolayı su eksikliğinin olacağı görülmektedir. MGM (2016)'ya göre Harmancık, İnegöl ve İznik için belirlenen iklim tipi ile çalışmanın benzer sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. Yıldız (2011) ile Dursun ve Babalık (2021)'in yaptığı çalışmalarla da benzerlikler bulunmaktadır. Dursun ve Yazıcı (2022), çalışmalarında yer alan Senirkent ilçesine ait su bilançosunda çalışmamızın İznik ilçesine benzer şekilde 6. ve 10. aylar arası su açığı, 1. ve 4. aylar arasında su fazlası görüldüğünü belirtmiştir. Ek olarak Yılmaz (2019) sonuçlarımıza benzer şekilde çalışma alanının da yer aldığı Güney Marmara Bölümü için Aralık ayında su fazlalığında azalma eğilimi olduğunu tespit etmiştir.



Şekil 12. Harmancık, İnegöl ve İznik istasyonlarına ait su bilançosu diyagramı

### Karacabey, Keles ve Kestel İstasyonlarına Ait Su Bilançosu Sonuçları

Karacabey ilçesinin elde edilen veriler kapsamında Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_1$  "Yarı Kurak – Az Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'te bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  "Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve orta seviyede

olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_3$  "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

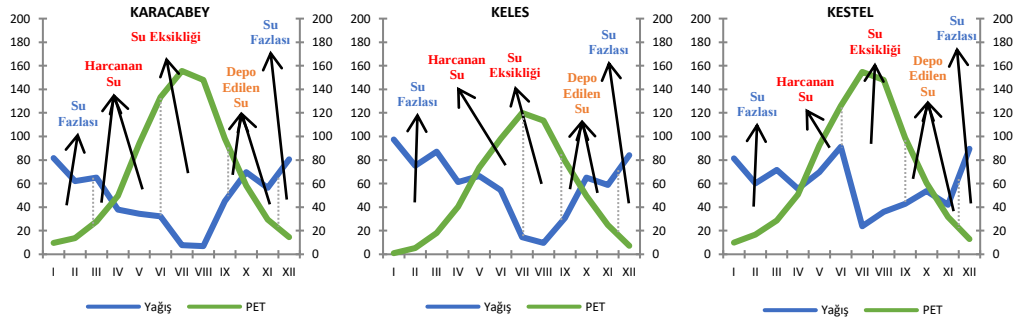
Keles ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $B_1$  "Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_1$  "1. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  "Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya

nispet oranı indisi  $b'_3$  “okyanus iklimine yakın” olarak belirlenmiştir.

Kestel ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2’ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_2$  “Yarı Nemli”, sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  “2. derece Mezotermal” olarak belirlenmiştir. Çizelge 3’de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  “Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan”, ETP’nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_3$  “okyanus iklimine yakın” olarak belirlenmiştir.

Karacabey, Keles ve Kestel ilçeleri iklim parametrelerine göre analiz edilerek su bilançosu diyagramları

hazırlanmıştır (Şekil 13). Keles ve Kestel ilçelerinde su fazlasının görüldüğü aylar Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Aralık ayları olurken; Karacabey ilçesinde Ocak, Şubat, Mart ve Aralık ayıdır. 6. ve 9. aylar arası Kestel ve Karacabey’se su eksikliği görülürken; Keles’te 7. ve 9. aylar arası görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, MGM (2016)’nın Karacabey, Keles ve Kestel ilçeleri için belirlediği iklim özellikleri ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Karatepe (2004)’de Eğirdir Gölü Havzası’nın yetiştirme ortamı özelliklerini incelediği çalışmasında Keles İlçesine benzer şekilde Akşehir’e ait su bilançosunda Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Aralık aylarında su fazlası; Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında su noksanı tespit etmiştir.



Şekil 13. Karacabey, Keles ve Kestel istasyonlarına ait su bilançosu diyagramı

#### Mudanya, Mustafakemalpaşa ve Nilüfer İstasyonlarına Ait Su Bilançosu Sonuçları

Mudanya ilçesinin elde edilen veriler kapsamında Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2’ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_2$  “Yarı Nemli”, sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  “2. Derece Mezotermal” olarak belirlenmiştir. Çizelge 3’de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  “Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan”, ETP’nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_4$  “okyanus iklimine yakın” olarak belirlenmiştir.

Mustafakemalpaşa ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2’ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_2$  “Yarı Nemli”, sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  “2. derece Mezotermal” olarak belirlenmiştir. Çizelge 3’de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  “Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan”, ETP’nin

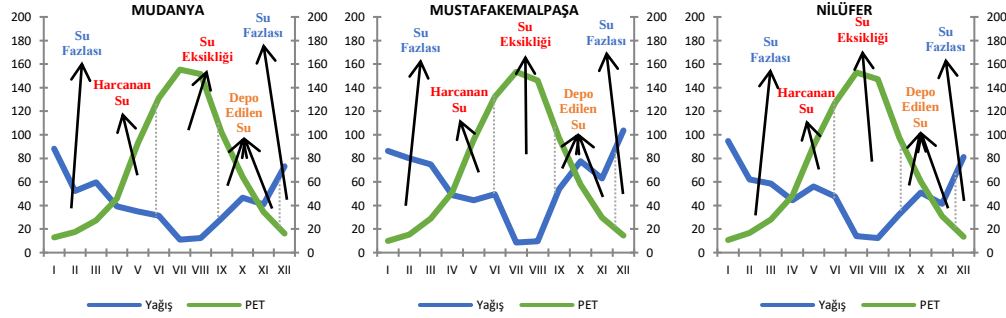
yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_4$  “okyanus iklimine yakın” olarak belirlenmiştir.

Nilüfer ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2’ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_2$  “Yarı Nemli”, sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  “2. derece Mezotermal” olarak belirlenmiştir. Çizelge 3’de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  “Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan”, ETP’nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_3$  “okyanus iklimine yakın” olarak belirlenmiştir.

Mudanya, Mustafakemalpaşa ve Nilüfer ilçeleri iklim parametrelerine göre analiz edilerek su bilançosu diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 14). Üç ilçe için de Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Aralık aylarında su fazlasından dolayı su problemi bulunmadığı, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise su eksikliğinin olacağı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar MGM (2016)’nın

Mudanya, Mustafakemalpaşa ve Nilüfer ilçeleri için belirlendiği iklim özellikleri ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Demir ve ark. (2015) Bingöl Ovası'na ait iklim tipini belirledikleri çalışmalarında Mudanya,

Mustafakemalpaşa ve Nilüfer ilçelerine benzer şekilde Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Aralık aylarında su fazlası; Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise su eksikliği olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 14. Mudanya, Mustafakemalpaşa ve Nilüfer istasyonlarına ait su bilançosu diyagramı

#### Orhaneli, Orhangazi ve Osmangazi İstasyonlarına Ait Su Bilançosu Sonuçları

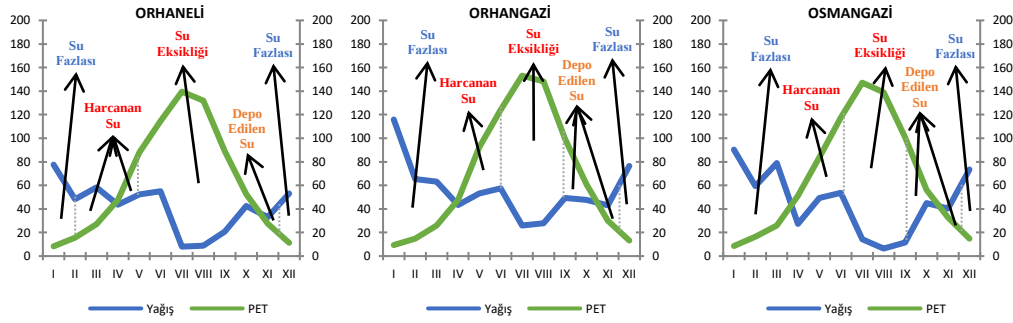
Orhaneli ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_2$  "Yarı Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'te bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  "Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_4$  "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

Orhangazi ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_2$  "Yarı Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  "Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_3$  "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

Osmangazi ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_2$  "Yarı Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  "Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_3$  "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

Orhaneli, Orhangazi ve Osmangazi ilçeleri iklim parametrelerine göre analiz edilerek su bilançosu diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 15). Orhangazi ve Osmangazi ilçeleri benzer özellikler gösterirken (6. ve 9. aylar arası su eksikliği, 1-2-3-4 ve 12. aylar su fazlası); Orhaneli ilçesinde su eksikliği 5. aydan başlayarak, 10. aya kadar sürmekte; su fazlalığı sadece Ocak, Şubat ve Aralık aylarında görülmektedir. MGM (2016)'nın Orhaneli, Orhangazi ve Osmangazi ilçeleri için belirlediği iklim özellikleri ile benzerlik göstermektedir.





Şekil 15. Orhanlı, Orhangazi ve Osmangazi istasyonlarına ait su bilançosu diyagramı

#### Yenişehir, Yıldırım İlçeleri ve Uludağ İstasyonlarına Ait Su Bilançosu Sonuçları

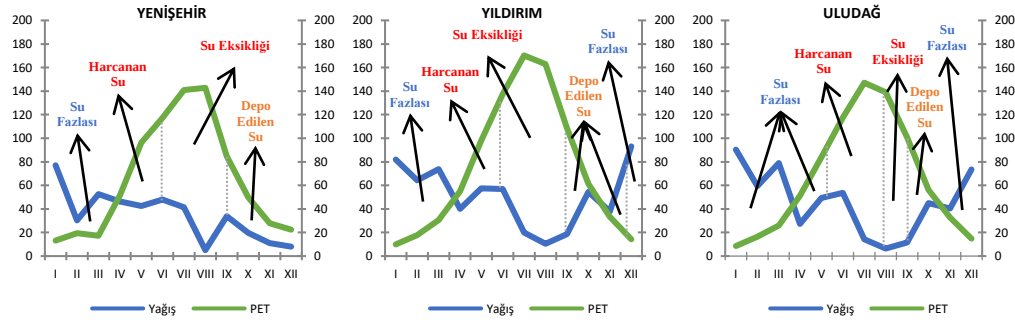
Yenişehir ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_1$  "Yarı Kurak – Az Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre d "su fazlası yok veya pek az seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_3$  "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

Yıldırım ilçesinin Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi  $C_2$  "Yarı Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $B'_2$  "2. derece Mezotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre  $s_2$  "kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_3$  "okyanus iklimine yakın" olarak belirlenmiştir.

Uludağ istasyonunun Thornthwaite yöntemi ve Çizelge 2'ye göre yağış tesirlilik indisi A "Çok Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi  $C'_2$  "2. derece Mikrotermal" olarak belirlenmiştir. Çizelge 3'de bulunan değerlere bakıldığında iklim özelliklerine göre r "su eksikliği olmayan veya pek az seviyede olan", ETP'nin yaz mevsiminde en sıcak 3 aya nispet oranı indisi  $b'_2$  "karasal iklime yakın" olarak belirlenmiştir.

Yenişehir ve Yıldırım ilçeleri ile Uludağ bölgesi iklim parametrelerine göre analiz edilerek su bilançosu diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 16). Elde edilen bu sonuçlar, MGM (2016)'nın Yenişehir, Yıldırım ve Uludağ için belirlediği iklim özellikleri ile benzerlik göstermektedir. Yenişehir ilçesinde Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında su fazlasından dolayı su problemi bulunmadığı, 6-7-8 ve 9. aylarda ise su eksikliğinin olacağı görülmektedir. Yıldırım ilçesi de benzer özellikler göstermekte, Yenişehir ilçesinden farklı olarak Aralık ayında da su fazlalığı bulunmaktadır. Uludağ bölgesine ait su bilançosu incelendiğinde su eksikliğinin görüldüğü; 1-2-3-4-5. aylar ile 11 ve 12. aylarda su fazlası olduğu ortaya konmuştur. Thornthwaite yöntemine göre Rize iline ait su bilançosunun ortaya konduğu çalışmada da Uludağ bölgesine ait su bilançosu ile kısmen (su eksikliği görülmezken, su fazlalığı tüm aylar için mevcuttur) benzer sonuçlar bulunmuştur (Kafalı Yılmaz ve Yılmaz 2013). Ek olarak Öztürk (2010)'ün, Uludağ (zirve) ve Bursa Meteoroloji İstasyonlarına ait verileri karşılaştırmalı olarak sunduğu çalışmasında Akdeniz ikliminin etkisiyle Bursa'da yarı nemli bir iklimin egemen olduğu, yaz döneminde ise belirgin bir kuraklık yaşandığı açıklanmıştır. Uludağ'ın ise büyük çoğunluğunda nemli iklimin hüküm sürdüğü; ancak her mevsim yağışlı olmasına karşın yaz döneminde kısa bir süre su açığının olduğu ve yüksek kesimlerinde kısa bir süre da olsa yaz kuraklığının yaşandığı belirtilmiştir. Çalışmamızda da Uludağ istasyonuna ait veriler incelendiğinde benzer şekilde 8. ve 9. aylarda kısa süreli su eksikliği görülmektedir.





Şekil 16. Yenişehir ve Yıldırım ilçeleri ile Uludağ istasyonlarına ait su bilançosu diyagramı

Thornthwaite yöntemine göre yapılan sınıflandırmalar sonucunda; Büyükorhan ilçesinin “D B'1 d b'3”, Gemlik ilçesinin “C1 B'2 d b'4”, Gürsu ilçesinin “C2 B'2 s2 b'3”, Harmancık ilçesinin “C1 B'1 d b'3”, İznik ilçesinin “C1 B'2 d b'4”, Karacabey ilçesinin “C1 B'2 s b'3”, İnegöl ilçesinin “C2 B'2 s2 b'3”, Kestel ilçesinin “C2 B'2 s2 b'3”, Mustafakemalpaşa ilçesinin “C2 B'2 s2 b'4”, Mudanya

ilçesinin “C2 B'2 s2 b'4”, Keles ilçesinin “B1 B'1 s2 b'3”, Orhangazi ilçesinin “C2 B'2 s2 b'3”, Osmangazi ilçesinin “C2 B'2 s2 b'3”, Orhaneli ilçesinin “C2 B'2 s2 b'4”, Nilüfer ilçesinin “C2 B'2 s2 b'3”, Yıldırım ilçesinin “C2 B'2 s2 b'3”, Yenişehir ilçesinin “C1 B'2 d b'3” ve Uludağ bölgesinin ise “A C'2 r b'2” iklim türünde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6. Bursa ilçeleri için sıcaklık tesiri, nemlilik-kuraklık indisi, denizellik ve karasallığa ait Thornthwaite tanımlamaları

| İlçeler      | Thornthwaite veri tipi | Mezotermal durumu                        | Su eksikliği ve fazlası durumu                                    | İklim tipi             |
|--------------|------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Büyükorhan   | D B'1 d b'3            | Yarı kurak – (orta sıcaklıkta)           | Su fazlası yok veya pek az seviyede olan                          | Okyanus iklimine yakın |
| Gemlik       | C1 B'2 d b'4           | Yarı kurak, az nemli – (orta sıcaklıkta) | Su fazlası yok veya pek az seviyede olan                          |                        |
| Gürsu        | C2 B'2 s2 b'3          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| Harmancık    | C1 B'1 d b'3           | Yarı kurak, az nemli – (orta sıcaklıkta) | Su fazlası yok veya pek az seviyede olan                          |                        |
| İznik        | C1 B'2 d b'4           | Yarı kurak, az nemli – (orta sıcaklıkta) | Su fazlası yok veya pek az seviyede olan                          |                        |
| Karacabey    | C1 B'2 s b'3           | Yarı kurak, az nemli – (orta sıcaklıkta) | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve orta seviyede olan         |                        |
| İnegöl       | C2 B'2 s2 b'3          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| Kestel       | C2 B'2 s2 b'3          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| M. kemalpaşa | C2 B'2 s2 b'4          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| Mudanya      | C2 B'2 s2 b'4          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| Keles        | B1 B'1 s2 b'3          | Nemli – (orta sıcaklıkta)                | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| Orhangazi    | C2 B'2 s2 b'3          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| Osmangazi    | C2 B'2 s2 b'3          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| Orhaneli     | C2 B'2 s2 b'4          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| Nilüfer      | C2 B'2 s2 b'3          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan |                        |
| Yıldırım     | C2 B'2 s2 b'3          | Yarı nemli – (orta sıcaklıkta)           | Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve çok kuvvetli seviyede olan | Karasal iklime yakın   |
| Yenişehir    | C1 B'2 d b'3           | Yarı kurak, az nemli – (orta sıcaklıkta) | Su fazlası yok veya pek az seviyede olan                          |                        |
| Uludağ       | A C'2 r b'2            | Çok nemli – (düşük sıcaklıkta)           | Su eksikliği olmayan veya pek az seviyede olan                    |                        |

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma kapsamında Bursa ilinin iklim tipi ve su bilançosunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bursa ili sınırları içerisinde yer alan 18 adet istasyonun ortalama sıcaklık ve toplam yağış ortalaması verileri, Thornthwaite yöntemine göre hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Büyükorhan ilçesinin “Yarı Kurak”, Gemlik, Harmancık, İznik, Karacabey ve Yenişehir ilçelerinin “Yarı Nemli, Yarı Kurak”, Gürsu, İnegöl, Kestel, Mustafakemalpaşa, Mudanya, Orhangazi, Osmangazi, Orhaneli, Nilüfer ve Yıldırım ilçelerinin “Yarı Nemli”, Keles

ilçesinin “Nemli”, Uludağ bölgesinin ise “Çok Nemli” iklim sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Araştırma alanı bulunduğu konum itibarıyla kuzeybatı üzerinden esen rüzgârlardan etkilendiğinden Marmara ikliminin etkisi altındadır. Kurnaz (2014) tarafından yapılan araştırmaya göre, Türkiye'nin 2007-2008 ile 2013-2014 dönemlerinde kurak bir geçiş dönemi yaşadığı belirtilmiştir. Bu durumun, çalışmadaki bazı istasyonlar (Büyükorhan, Gemlik, Harmancık, İznik, Karacabey ve Yenişehir) ile benzer bir eğilim sergilediği söylenebilir. Uludağ istasyonu “Düşük Sıcaklıkta, Karasal iklime yakın” ve diğer ilçe

istasyonlarının ise “Orta Sıcaklıkta, Okyanus iklimine yakın” olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6). Yılmaz (2016) tarafından belirtildiğine göre, Doğu Anadolu Bölgesi'nde kış aylarında sıcaklıkların belirgin şekilde yükseldiği ve yaz aylarında bu artışın daha düşük olduğu bilinmektedir. Bu durum, Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki karasallık şartlarının azaldığına işaret etmektedir ve çalışmamızda bulunan Uludağ istasyonu ile benzer sonuçlar göstermektedir. Aktaş ve ark. (2018) yürüttükleri çalışmada Eğirdir Gölü havzası için iklim sınıfının yarı kurak-nemli olduğunu ortaya koymuştur, bu durumun da çalışma alanımızdaki bazı istasyonlar ile benzer olduğu söylenebilir. Lias ve ark. (2020) yaptığı çalışmada; Maros havzasında Thornthwaite yöntemi ile su kullanımının potansiyel durumuna ait analiz sonuçlarında, Aralık ayından Nisan ayına kadar beş ay boyunca su fazlalığı (1678.1 mm/yıl), Mayıs ayından Ekim ayına kadar altı ay boyunca su açığı (354.3 mm/yıl) ve Kasım ayında bir aylık denge durumunun söz konusu olduğu; depolandığı takdirde ise su bulunabilirliği potansiyelinin 73.590 ha'lık havzada 1323.8 mm/yıl'a ulaşabileceği ifade edilmiştir.

Yağışın etkinliği, yüzeysel akış, toprak nemliliği ve su ihtiyacı gibi birçok faktörü ortaya koyarak iklim tiplerinin belirlendiği Thornthwaite yönteminin; tarım alanlarının ve su kaynaklarının iyileştirilmesi, evaporasyon ve transpirasyonun doğrudan hesaplanamadığı durumlar ve hidrojeoloji çalışmaları gibi geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Buradan yola çıkılarak söylenebilir ki, iklim tipinin belirlenmesi ve su potansiyelinin bilinmesi planlama çalışmalarında önemli bir yere sahiptir ve bu konuda yerel düzeyde yapılan çalışmalar sanayi, tarım, su, orman ve toprak konularındaki çalışmalarda önem arz etmektedir. Gelecek araştırmalar için, farklı iklim modelleri, daha uzun zaman serileri veya karşılaştırmalı bölgesel çalışmalar gibi önerilerde bulunarak, çalışmamıza ait su bilançosu, grafik ve çizelgeler incelendiğinde su baskınlarının artabileceği ve şiddetine bağlı olarak önlem alınabileceği buna karşılık su eksikliğinin oluşabileceği aylarda ihtiyaç duyulan suyun tespiti ve fazla suyun depolanması sağlanabilir; doğru müdahalelerde bulunabilmek için planlama esasları düzenlenebilir. Bunların yanı sıra Thornthwaite yöntemi ormancılık çalışmalarında ağaçlandırma sahalarında kullanılacak tür tercihinde ve meydana gelebilecek

kurumalarda suyun varlığı ve iklim ile bağlantısının ilişkilendirilmesinde; iklim ve iklim değişimine bağlı projeksiyonlar için yapılacak planlamalarda da kullanılmaktadır. Ayrıca içme, kullanma ve sulama amacıyla baraj ve göletlerde depolanan su ile ihtiyaç dâhilinde kullanılacak su miktarı arasında dengeyi sağlayabilmek için bölgeye ait su bütçesi ve iklim tipinin bilinmesi önem arz etmektedir. Bursa il sınırları içerisinde bulunan tüm meteoroloji istasyonlarına ait verilerin analizi neticesinde elde edilen su bilançosu verileri yaz aylarında su eksikliği sorununun olduğunu gösterirken; Bursa'da bulunan barajların varlığı, Mudanya, Gemlik ve Karacabey ilçelerinin Marmara Denizi'ne olan yakınlığı, Arapçiftliği Gölü, Dalyan Gölü, İznik Gölü ve Uluabat Gölü'nün etkisiyle beraber arazi yapısının bölgesel olarak iklim üzerinde farklı etkiler bıraktığı söylenebilir. Bilinmektedir ki büyük miktarlarda su kütlelerini barındıran barajlar ve göller sıcaklık ve yağış farklılıkları üzerindeki etkileriyle yerel bazda iklimsel değişimlere yol açarak mikroklimatik alanları oluştururlar.

21. yüzyılda karşılaşılan en karmaşık zorluklardan biri kuşkusuz ki insanlar ve doğal bitki örtüsü üzerinde yaygın ve önemli etkilere sahip olan küresel iklim değişikliğidir. Hava ve yüzey sıcaklıklarının geçmişe göre fark edilir derecede yüksek olmasına neden olan ısınma giderek daha belirgin hale gelmektedir. Sıcaklık değeri ve yağış miktarındaki değişimlerin tarımsal üretim üzerinde önemli bir etkiye sahip olması tarım sektörünü iklim değişikliğinden doğrudan etkilenen sektörlerin başında tutmaktadır. Tarımsal üretimin yanı sıra gıda güvenliğini de tehdit eden iklim değişikliğindeki belirsizlikler meteorolojik felaketlerin de sıklığını arttırmaktadır. Bu durum adaptasyon kapasitesi zayıf, hassas olan bölgeler için daha zararlı bir hale dönüşebilecektir. Elde edilen bulgular, yerel ve ulusal politika yapıcılar için kritik öneme sahiptir. Özellikle Bursa gibi nüfus yoğunluğu yüksek ve sanayinin gelişmiş olduğu bir ilde su kaynakları yönetimi, kentsel planlama ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği konularındaki karar alma süreçlerinde su tasarrufu önlemleri, su depolama ve yönetim sistemlerinin iyileştirilmesi, iklim değişikliğine adaptasyon stratejileri ile kentsel altyapının güçlendirilmesi noktasında ilçeler bazında elde edilen bulgular dikkate alınabilir. Ayrıca nemli ve kurak dönemlerin tespiti, taşkın

veya kuraklık oluşturabilecek değerlerin alansal ve zamansal dağılımını tahmin etmeye yarayacaktır. Olası riskli durumlar için plan yapılarak gerekli önlemleri almak mümkün olabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Aktaş S, Kalyoncuoğlu ÜY, Anadolu Kılıç NC (2018) Eğirdir Göl Havzasının De Martonne yöntemi ile kuraklık analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(2): 229-238.
- Avcı M (2005) Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. İ.Ü. Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 13: 27-55.
- Bacanlı ÜG, Saf B (2005) Kuraklık belirleme yöntemlerinin Antalya ili örneğinde incelenmesi. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Sempozyumu, 8-12 Eylül Antalya, 184-196.
- Birsoy Y, Ölgen K (1992) Thornthwaite yöntemi ile su bilançosunun ve iklim tipinin belirlenmesinde bilgisayar kullanımı. Ege Coğrafya Dergisi, 6: 153-178.
- Çiçek İ (1996) Thornthwaite metoduna göre Türkiye'de iklim tipleri. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Coğrafya Araştırmaları Dergisi, 12: 33-71.
- Çoban A (2013) Sungurlu-Boğazkale yöresinin iklim tipleri ve bazı öneriler. International Journal of Social Science, 6(3):149-158.
- Çolak E, Memişoğlu T (2021) Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemine göre Karadeniz Bölgesi iklim sınır haritasının CBS ile üretilmesi. Geomatik, 6(1): 31-43.
- Demir Y, Doğan Demir A, Meral R, Yüksel A (2015) Bingöl Ovası iklim tipinin Thornthwaite ve erinç indisine göre belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2(4): 332-337.
- Dönmez Y (1985) Bitki coğrafyası. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Dursun İ, Babalık AA (2021) De Martonne-Gottman ve standart yağış indeksi yöntemleri kullanılarak kuraklığın belirlenmesi: Isparta ili örneği. Turkish Journal of Forestry, 22(3): 192-201.
- Dursun İ, Yazıcı N (2022) Köppen-Trewartha ve Thornthwaite yöntemlerine göre Isparta yöresi iklim tipinin belirlenmesi. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 8(2): 264-279.
- Erinç S (1949) The climates of Turkey according to Thornthwaite's classifications. Annals of the Association of American Geographers, 39(1): 26-46.
- Erinç S (1984) Klimatoloji ve metodları. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3278, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayın No:2, İstanbul.
- Erinç S (1996) Klimatoloji ve metodları. Alfa Basım ve Yayımlar, İstanbul.
- Erlat E (2014) Dünya iklimleri. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Ghorbani K, Mohammadi J, Ghaleh LR (2024) Annual growth of *Fagus orientalis* is limited by spring drought conditions in Iran's Golestan Province. Journal of Forestry Research, 35:19.
- Güçlü Y (2004) Thornthwaite ve erinç indislerine göre Köyceğiz-Fethiye yöresinin iklim tipleri. Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 7: 216-225.
- İrcan MR, Duman N (2021) Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Şanlıurfa iklimi. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 61 (1): 68-93.
- Kafalı Yılmaz F, Yılmaz Ö (2013) Thornthwaite iklim tasnifine göre Rize ve Ardahan Örnekleri. 3rd International Geography Symposium-GEOMED, Symposium Proceedings, 415-428, ISBN: 978-605-62253-8-3.
- Karatepe Y (2004) Eğirdir Gölü Havzası'nın yetiştirme ortamı özellikleri ve sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.

- Karatepe Y, Kantarcı MD (2017) Amenajman planlarında meşe ormanlarının tür bazında ayırım gerekliliğinin ekolojik olarak değerlendirilmesi. IV. Ulusal Ormancılık Kongresi İnsan-Doğa Etkileşiminde Orman ve Ormancılık, Antalya, 285-296.
- Koçman A (1993) Türkiye iklimi. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Köppen W (1918) Klassifikation der Klimata nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). Petermanns Geographische Mitteilungen, 64: 193-203.
- Köppen W (1936) Das geographische system der klimata. Handbuch der Klimatologie, 46.
- Kurnaz L (2014) Kuraklık ve Türkiye. İstanbul Politikalar Merkezi, İstanbul.
- Lias SA, Irmayani Laban S (2020) The potential of water availability in maros watershed using Thornthwaite-mather water balance method. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 486: 012135.
- MGM (2016) Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, [https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim\\_siniflandirmalari/Thornthwait\\_e.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Thornthwait_e.pdf), Erişim Tarihi: 6 Aralık 2023.
- MGM (2022) Bursa ili iklim verileri. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir 3. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Moghaddam ET, Mohammadkhan S (2017) An estimation of Thornthwaite monthly water-balance in Mighan sub-basin. Natural Environment Change, Winter & Spring, 3 (1): 71-80.
- Okay D, Demirtaş Ç (2007) Bursa koşullarında sıcaklık ve CO<sub>2</sub> değişimlerinin mısır bitkisinin verim ve evapotranspirasyon üzerine etkisinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 17(2): 81-87.
- Öztürk MZ (2010) Uludağ (zirve) ve Bursa meteoroloji istasyonlarının karşılaştırmalı iklimi. Türk Coğrafya Dergisi, 55: 13-24.
- Öztürk MZ, Çetinkaya G, Aydın S (2017) Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. Coğrafya Dergisi, 35: 17-27.
- Özyuvacı N (1999) Meteoroloji ve klimatoloji. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte No: 460, ISBN: 975-404-544-5, İstanbul.
- Şensoy S, Ulupınar Y (2007) İklim sınıflandırmaları. DİM Genel Müdürlüğü web sitesi. ([http://www.dmi.gov.tr/FILES/iklim/iklim\\_siniflandirmalari.pdf](http://www.dmi.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf) 20/10/2010, Erişim Tarihi: 8 Aralık 2023.
- Thornthwaite CW (1948) An approach toward a rational classification. Geographical Review, 38(1): 55-94.
- Thornthwaite CW, Mather JR (1955) The water balance. Publications in Climatology, 8 (1).
- Topçu E (2019) Doğu Anadolu Bölgesi'nde Thornthwaite tipi aylık su bilançosu analizi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8 (2): 688-705.
- Türkeş M (2010) Klimatoloji ve meteoroloji. Kriter Yayınevi, İstanbul, 650ss.
- URL-1 Bursa İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. <https://bursa.ktb.gov.tr/TR-70228/bursa-ili-genel-bilgiler.html>, Erişim Tarihi: 10 Aralık 2023.
- Vörösmarty CJ, Federer CA, Schloss AL (1998) Evaporation functions compared on US watersheds: possible implications for global-scale water balance and terrestrial ecosystem modeling. Journal of Hydrology, 207: 147-169.
- Yeşilnacar Mİ, Yazgan MS, Gerger R (1998) GAP kapsamındaki illerin su bilançosu. II. Ulusal Hidroloji Kongresi, İstanbul, ss.283-294.
- Yıldız YT (2011) Isparta ilinde iklim-tarım ilişkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- Yılmaz E, Çiçek İ (2016) Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. Journal of Human Sciences, 13(3): 3973-3994.
- Yılmaz E (2016) Türkiye'nin bazı şehirlerindeki ısı adası özellikleri. F. Arslan (Ed.), Türkiye Coğrafyası Araştırmaları, 177-204, Ankara.
- Yılmaz E (2019) Türkiye'de aylık ve yıllık su noksanları ve su fazlalarındaki eğilimler. Türk Coğrafya Dergisi, (72): 65-83.
- Yılmaz E (2020) Türkiye'de Thornthwaite iklim indislerindeki eğilimler. Coğrafya Dergisi, 40: 163-185.
- Živanović S (2023) Determining the fire season by analyzing climatic conditions in Northeastern Serbia. Šumarski List, 9-10: 477-484.