

# TARIM, ORMAN VE SU BİLİMLERİNDE KURAM, ARAŞTIRMA VE TARTIŞMALAR

Editör

Doç Dr. Sevim HAMZAÇEBİ



**TARIM, ORMAN VE  
SU BİLİMLERİNDE  
KURAM, ARAŞTIRMA VE  
TARTIŞMALAR**

**Editör**

**Doç. Dr. Sevim HAMZAÇEBİ**



***Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Kuram, Araştırma ve Tartışmalar***  
***Editör: Doç. Dr. Sevim HAMZAÇEBİ***

**Genel Yayın Yönetmeni:** Berkan Balpetek  
**Kapak ve Sayfa Tasarımı:** Duvar DESIGN  
**Basım Tarihi:** 30 Eylül 2026  
**Yayıncı Sertifika No:** 49837  
**E-ISBN:** 978-625-8936-94-0

© Duvar Yayınları  
853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir  
Tel: 0 232 484 88 68

[www.duvar yayinlari.com](http://www.duvar yayinlari.com)  
[duvar kitabevi@gmail.com](mailto:duvar kitabevi@gmail.com)

*"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir. Yayınevi ve editörler sorumlu tutulamaz."*

## İÇİNDEKİLER

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Bölüm .....</b>                                                       | <b>1</b>  |
| Türkiye'nin Yerel Üzüm Çeşitleri:                                           |           |
| Kaybolmakta Olan Bir Genetik Zenginlik                                      |           |
| Ali BAYKUL                                                                  |           |
| <b>2. Bölüm .....</b>                                                       | <b>15</b> |
| Ekstrem Sıcaklık Olayları: Sıcak ve Soğuk Hava Dalgalarının Oluşumu,        |           |
| Eğilimleri ve Etkileri                                                      |           |
| Nilüfer YAZICI, Elif Şeyda KESİK                                            |           |
| <b>3. Bölüm .....</b>                                                       | <b>34</b> |
| Sucul Ekosistemlerde Potansiyel Element Kirliliği ve Biyobirikim:           |           |
| Chironomidae (Diptera) Örneği                                               |           |
| Gazel Burcu AYDIN                                                           |           |
| <b>4. Bölüm .....</b>                                                       | <b>46</b> |
| Kuraklığa ve Tuzluluğa Toleranslı Süs Bitkisi Türlerinin Değerlendirilmesi: |           |
| Muğla/Ortaca İlçesi Örneği                                                  |           |
| Hülya AKAT, Handan ÇAKAR                                                    |           |
| <b>5. Bölüm .....</b>                                                       | <b>74</b> |
| Türkiye'deki Bazı Önemli Geofitlerin                                        |           |
| Kurakçıl Peyzaj Uygulamalarında Kullanım Potansiyeli                        |           |
| Özlem AKAT SARAÇOĞLU, Hülya AKAT                                            |           |

**6. Bölüm ..... 101**

Van İli Sebzeciliğinin Pazarlama Yapısı

Süleyman GÜLDAL, Burcu TUNCER

**7. Bölüm ..... 116**

qPCR ile Göreceli Gen Ekspresyon Analizi:  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  Yönteminin Hesaplanması,

Yorumlanması ve Sınırlamaları

Süleyman KÖK

**8. Bölüm ..... 134**

Dağlık Arazide Sürütme Yollarının Planlanması ve Yapım Aşamasında Yaklaşık

Maliyet ile Hakediş Değerlerinin Karşılaştırılması

Gürkan ÇOLAK, Yılmaz TÜRK

**9. Bölüm ..... 159**

Sert Kabuklu Meyvelerin Yağ Kompozisyonu ve Farklı Kullanım Hedefleri

Mustafa Kenan GEÇER, İlhan SUBAŞI, Yusuf ARSLAN

# 1. Bölüm

## Türkiye'nin Yerel Üzüm Çeşitleri: Kaybolmakta Olan Bir Genetik Zenginlik

Ali BAYKUL<sup>1</sup>

### 1. GİRİŞ

Kültür asması (*Vitis vinifera* L.), insanın kültüre aldığı ilk odunsu bitkilerden biridir. Türün evcilleştirilmesinin Güney Kafkasya ile Doğu Akdeniz arasındaki geniş bir alanda başladığı kabul edilir (This ve ark., 2006). Anadolu ve Gürcistan havzasında asma yetiştirildiğine dair kanıtlar günümüzden yaklaşık on bin yıl öncesine tarihlenmektedir (TAGEM, 2022). Yakın tarihli genom çalışmaları, evcilleştirmenin tek bir merkezde değil, birbirinden ayrı iki merkezde gerçekleştiğini göstermiştir (Dong ve ark., 2023). Anadolu bu merkezlerin tam ortasında yer alır.

Bu coğrafyada bağcılık binlerce yıldır kesintisiz sürmüştür. Anadolu arkeolojisinde bağcılığa ait kalıntılar özellikle Çorum, Tokat ve Yozgat üçgeninde yerleşen Hititlerle birlikte yoğunlaşmaktadır. Hitit kanunlarında bağ, bağ çubuğu ve şaraba ilişkin hükümlerin bulunması, bu ürünlerin dönemdeki önemini göstermektedir. Helenistik ve Roma dönemlerinde de bağcılık önemini korumuştur (Lafli, 2017; TAGEM, 2022).

Uzun süre boyunca tohumdan yetiştirme, doğal melezleme ve üreticinin kendi ölçütlerine göre yaptığı seçim, çok sayıda yerel çeşidin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu çeşitlerin çoğu ticari olarak yaygınlaşmamıştır. Buna karşılık yetiştikleri yerin toprağına, iklimine ve kullanım alışkanlıklarına iyi uyum sağlamışlardır (İşçi ve Altındışli, 2024).

Bugün bu birikim azalmaktadır. Bağ alanlarının daralması, kırsal nüfusun yaşlanması, girdi maliyetlerinin artması ve pazarın birkaç çeşit üzerinde yoğunlaşması bu azalmayı hızlandırmaktadır. Bir çeşidin kaybı geri alınamaz. O çeşidin taşıdığı kuraklığa dayanım, geç uyanma ya da özgün tat, bir daha elde edilemez.

Bu bölümün amacı üç başlıkta toplanabilir. Birincisi, Türkiye'nin yerel üzüm çeşitleri üzerine yapılan çalışmaları bir araya getirmektir. İkincisi, çeşit kaybının nedenlerini ortaya koymaktır. Üçüncüsü, bu çeşitlerin korunması ve değerlendirilmesi için yapılabilecekleri tartışmaktır.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye, abaykul@ogu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7241-6959

## 2. ANADOLU VE ASMANIN EVCİLLEŞTİRİLMESİ

*Vitis vinifera* türü iki alt türden oluşur. Bunlardan ssp. *sylvestris* yabani formu, ssp. *vinifera* ise kültür formunu temsil eder. Yabani formda çiçekler iki evcikli; erkek ve dişi çiçekler ayrı omcalarda bulunur. Kültür formunda ise çiçekler büyük ölçüde erselik yapıdadır. Bu fark, evcilleştirme sırasında seçilen en önemli özelliktir. Erselik yapı, tozlayıcıya bağımlılığı ortadan kaldırmış ve düzenli ürün alınmasını sağlamıştır (Winkler ve ark., 1974).

Anadolu ve çevresi bu sürecin merkezindedir. Yabani asma popülasyonları ülkemizin geniş bir bölümünde hâlâ bulunmaktadır. Güney Türkiye’de seçilen yabani asma genotiplerinde SSR ve iPBS markörleriyle yapılan çalışmalar, bu popülasyonların kayda değer bir genetik çeşitlilik taşıdığını göstermiştir (İkten ve ark., 2024). Kloroplast mikrosatellitleriyle yapılan çalışmalar da *Vitis* türleri arasındaki ilişkilerin ortaya konmasında kullanılmaktadır (Arroyo-García ve ark., 2002). Bu popülasyonlar, kültür çeşitlerinin genetik tabanı daraldığında başvurulabilecek özgün bir kaynaktır.

Ülkemizde bilimsel tanımlama çalışmaları Cumhuriyet döneminde başlamıştır. İlk ampelografi çalışmaları 1930’lu yıllarda Ankara yöresinde yapılmış, sonraki yıllarda farklı bölgelerde sürdürülmüştür (Oraman, 1972; Fidan, 1985; Eriş, 1995). Bu birikim, 1965 yılında başlatılacak ülkesel projenin zeminini hazırlamıştır.

## 3. TÜRKİYE BAĞCILIĞININ BUGÜNKÜ DURUMU

Dünyada 2020 yılı itibarıyla yaklaşık 6,95 milyon hektar alanda 78,03 milyon ton yaş üzüm üretilmiştir. Türkiye 400.998 hektarlık bağ alanı ile İspanya, Fransa, Çin ve İtalya’dan sonra beşinci; 4.209.000 tonluk üretimi ile altıncı sıradadır (TAGEM, 2022).

Üzümün değerlendirilme biçimi ülkeden ülkeye değişmektedir. Dünyada üretilen üzümün yaklaşık yarısı şaraplık, %8’i kurutmalık ve %43’ü sofralık olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de ise tablo tersinedir: 2025 yılında üretimin %58,1’i sofralık, %32,7’si kurutmalık ve yalnızca %9,2’si şaraplık olarak değerlendirilmiştir (TÜİK, 2026). Türkiye çekirdeksiz kuru üzüm üretiminde dünya lideridir; son beş yılın ortalamasına göre yıllık 287 bin ton üretimle dünya üretiminin %22’sini karşılamaktadır.

Bu görece üstünlüğün altında yapısal bir daralma vardır. Bağ alanı 2004 yılında 5.200.000 dekar iken 2025 yılında 3.650.563 dekara gerilemiştir; yirmi bir yılda yaklaşık %30 azalış demektir ve serinin hiçbir yılında yön değişmemiştir (Tablo 1). Uzun süre bu kayıp birim alan verimindeki artışla karşılanabilmiş, üretim 4 milyon ton bandında tutulabilmiştir. Son yıllarda bu denge bozulmuştur. 2025 üretimi 2.515.152 ton olarak gerçekleşmiş, bir önceki yıla göre %27,5 düşmüştür (TÜİK, 2026). Bu, serinin en düşük değeridir.

Daralma kullanım amaçlarına eşit dağılmamıştır. Aynı dönemde sofralık alan 3.000.000 dekardan 1.855.870 dekara, kurutmalık alan 1.500.000 dekardan 1.235.776 dekara, şaraplık alan ise 700.000 dekardan 558.917 dekara gerilemiştir. Oransal olarak en büyük kayıp sofralık üzümde yaşanmıştır. Kullanım paylarına bakıldığında üretimin yarısından biraz fazlası sofralık, üçte biri ile beşte ikisi arasında bir bölümü kurutmalık ve yalnızca onda biri kadarı şaraplık olarak değerlendirilmektedir. Şaraplık pay yirmi bir yıl boyunca %8,7 ile %13,3 arasında kalmış, hiçbir yıl %14'e ulaşmamıştır.

**Tablo 1. Türkiye’de bağ alanı, üzüm üretimi ve üretimin kullanım amacına göre dağılımı**

| Yıl  | Alan (dekar) | İndeks (2004=100) | Üretim (ton) | Sofralık (%) | Şaraplık (%) | Kurutmalık (%) |
|------|--------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| 2004 | 5.200.000    | 100               | 3.500.000    | 54,3         | 10,6         | 35,1           |
| 2010 | 4.777.856    | 92                | 4.255.000    | 52,9         | 10,8         | 36,3           |
| 2015 | 4.619.557    | 89                | 3.650.000    | 51,8         | 11,6         | 36,6           |
| 2020 | 4.009.979    | 77                | 4.208.908    | 52,7         | 10,8         | 36,5           |
| 2021 | 3.902.211    | 75                | 3.670.000    | 50,6         | 10,4         | 39,0           |
| 2022 | 3.845.365    | 74                | 4.165.000    | 50,4         | 9,2          | 40,4           |
| 2023 | 3.778.482    | 73                | 3.400.000    | 52,9         | 8,7          | 38,4           |
| 2024 | 3.722.850    | 72                | 3.468.000    | 52,7         | 11,0         | 36,4           |
| 2025 | 3.650.563    | 70                | 2.515.152    | 58,1         | 9,2          | 32,7           |

Kaynak: TÜİK (2026), Bitkisel Üretim İstatistikleri. Alan ve üretim değerleri toplu meyvelik alanı ve üretim miktarı verilerinden; kullanım payları sofralık (çekirdekli ve çekirdeksiz), şaraplık ve kurutmalık (çekirdekli ve çekirdeksiz) üretim miktarlarından hesaplanmıştır.

Üretim coğrafi olarak da yoğunlaşmıştır. Manisa ili tek başına ülke bağ alanının %22'sine sahip olup üzüm üretiminin %35,7'sini gerçekleştirmektedir. Çekirdeksiz kuru üzüm üretiminin %88'i yine bu ildedir (TAGEM, 2022).

Çeşit yapısı açısından daralma daha da belirgindir. Türkiye’de yaklaşık 1.500 üzüm çeşidi bulunduğu bildirilmektedir. Ancak ekonomik anlamda üretimi yapılan çeşit sayısı 50–60 civarındadır (TAGEM, 2022). Alan, üretim ve ihracat açısından en önemli çeşit Sultani Çekirdeksiz’dir; son üç yılın ortalamasına göre ihraç edilen sofralık üzümün yaklaşık dörtte üçünü tek başına bu çeşit oluşturmaktadır (Akdemir ve Candar, 2022). Şaraplık üretimde ise Emir, Narince, Öküzgözü, Boğazkere, Kalecik Karası, Çal Karası ve Karasakız gibi yerel çeşitlerin yanında Cabernet Sauvignon, Merlot ve Syrah gibi uluslararası çeşitler kullanılmaktadır (Uysal, 2017).

Bu yoğunlaşma ekonomik açıdan anlaşılabilir. Ancak geri kalan yaklaşık 1.450 çeşidi doğrudan risk altına sokmaktadır. Tarihsel olarak öne çıkmış çeşitlerin bugünkü ıslah programlarına katkısını inceleyen değerlendirmeler, eski çeşitlerin taşıdığı özelliklerin hâlâ kullanılabilir olduğunu göstermektedir (De Lorenzis, 2024).

## **4. GENETİK KAYNAKLARIN TOPLANMASI VE SAKLANMASI**

### **4.1. Ülkesel proje ve koleksiyonlar**

Yerel çeşitlerin kayıt altına alınması amacıyla 1965 yılında ülkesel bir proje başlatılmıştır. Proje, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülmüştür. Ülke genelinde yapılan alan taramaları sonucunda yaklaşık 1.600 üzüm çeşidinin varlığı belirlenmiş ve bunların önemli bir bölümü toplanarak koleksiyona aktarılmıştır (Boz ve ark., 2012; Uysal ve Yaşasın, 2017).

“Milli Koleksiyon Bağı” adı verilen bu koleksiyona Aydın, Muğla, Siirt, Nevşehir, Kayseri, Bolu, Elazığ, Tunceli, Kırklareli, Bursa ve Çankırı gibi çok sayıda ilden materyal kazandırılmıştır. Koleksiyonun tek bir yerde bulunmasının yarattığı riski azaltmak için Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü’nde yedek bir koleksiyon oluşturulmuştur. Aynı kuruluşta Ege Bölgesi’ne ait ayrı bir genetik kaynak parseli de bulunmaktadır (Uysal ve Yaşasın, 2017; TAGEM, 2022).

Koleksiyonun büyüklüğü tek başına bir avantaj değildir. Bu ölçekteki bir koleksiyonun yönetilebilmesi için içindeki materyalin doğru tanımlanmış olması gerekir. Türkiye’deki büyük asma koleksiyonunda genetik çeşitlilik ve popülasyon yapısını inceleyen kapsamlı bir çalışma bu yönde önemli bir adım oluşturmuştur (Kaya ve ark., 2023). Koleksiyonlarda mükerrer materyalin belirlenmesinde moleküler markörlerin kullanımı uluslararası uygulamada da standart hâline gelmiştir (Dangi ve ark., 2001).

### **4.2. Saklama yolları**

Bitki genetik kaynaklarının saklanması birbirini tamamlayan üç yol vardır. Bunlardan ilki, materyalin doğal ortamı dışında saklanmasıdır (ex situ). Asma vejetatif olarak çoğaltılır ve tohumla çoğaltıldığında genotip korunmaz. Bu nedenle asmada tohum bankası yöntemi kullanılamaz. Bunun yerine arazi koleksiyonları kurulur. Arazi koleksiyonlarının en önemli sakıncası hastalık, don, kuraklık ve kurumsal aksamalara açık olmasıdır. Bakım maliyeti de yüksektir.

İkinci yol, materyalin doğal ortamında korunmasıdır (in situ). Bu yol özellikle yabani asma popülasyonları için geçerlidir ve doğal alanın korunmasını gerektirir.

Üçüncü yol, çeşidin üretici bahçesinde, kendi üretim düzeni içinde korunmasıdır (on-farm). Genetik kaynaklar açısından en değerli yol budur. Çünkü bu yol yalnızca genotipi değil, o çeşitle birlikte gelişmiş yetiştirme bilgisini, terbiye şeklini ve yerel kullanım kültürünü de korur. Buna karşılık bu yol doğrudan ekonomik karşılığa

bağlıdır. Üretici koruduğu çeşitten gelir elde edemiyorsa o çeşidi söker. Ülkemizde ex situ saklama görece güçlüdür; on-farm saklama ise zayıftır. Çeşit kaybı da asıl olarak burada yaşanmaktadır.

## **5. ÇEŞİTLERİN TANIMLANMASI**

Bir genetik kaynağın korunabilmesi için önce doğru tanımlanması gerekir. Ülkemiz koşullarında bu iş görüldüğünden zordur. Aynı çeşit farklı yörelerde farklı adlarla anılabilir; buna eşadlılık (sinonimi) denir. Farklı çeşitler ise aynı adı taşıyabilir; buna da adaşlık (homonimi) denir. Anadolu'daki "Kara" üzüm grubunda yapılan bir çalışma bu sorunu somut biçimde göstermiştir. Altı bölgeden alınan 49 çeşit, 3 referans çeşitle birlikte 22 SSR lokusu ile incelenmiştir. Locus başına ortalama alel sayısı 8,91 (4–13 arası) bulunmuş; dört eşadlılık ve beş adaşlık durumu belirlenmiştir (Arslan ve ark., 2023).

### **5.1. Ampelografi**

Ampelografi, asmanın dış görünüş özelliklerine dayalı tanımlama yöntemidir. Sürgün ucu, genç yaprak, olgun yaprak, çiçek, salkım, tane ve çekirdek üzerinde çok sayıda özellik değerlendirilir. Bugün dünyada kabul gören sistem, Uluslararası Bağ ve Şarap Örgütü'nün hazırladığı tanımlayıcı listesidir (OIV, 2009).

Ülkemizde yapılan güncel çalışmalar da bu listeye dayanmaktadır. Muğla ili Seydikemer ilçesinde yetiştirilen Margaz çeşidinin tanımlanmasında listedeki 69 asıl tanımlayıcı kullanılmıştır (Kara ve Honamlı, 2024). Aksaray ilinde yetiştirilen çeşitlerin ampelografik özelliklerinin belirlenmesi benzer bir yaklaşımla yapılmıştır (Kara ve ark., 2023). Kara üzüm grubu üzerine yapılan çalışmada ise 39 OIV tanımlayıcısı kullanılmıştır (Arslan ve ark., 2023). Bu üç çalışmada kullanılan tanımlayıcı sayısının farklı olması, ülkemizde henüz ortak bir asgari tanımlayıcı setinin benimsenmediğini göstermektedir.

Sistemin en önemli üstünlüğü tanımlamayı karşılaştırılabilir kılmasıdır. Özellikler önceden belirlenmiş referans çeşitlerle karşılaştırılarak kodlanır. Böylece farklı araştırmacıların farklı yıllarda ürettiği veriler bir araya getirilebilir. Ancak özelliklerin bir bölümü çevre koşullarından etkilenir. Yaprak büyüklüğü, tane iriliği ve salkım ağırlığı gibi özellikler yıldan yıla değişir. Bu nedenle tanımlamanın en az iki, tercihen üç yıl tekrarlanması gerekir.

### **5.2. Ampelometri ve görüntü analizi**

Ampelometri, ampelografik özelliklerin sayısal ölçümlerle değerlendirilmesidir. Özellikle olgun yaprakta damar uzunlukları, damarlar arasındaki açılar ve dilim derinliği ölçülür. Bu ölçümler çeşide özgüdür ve çevreden görece az etkilenir. Ancak bağ içi değişkenliğin ve budama şeklinin bu ölçümler üzerinde etkili olabildiği

gösterilmiştir (Bodor ve ark., 2013). Konuya ilişkin kapsamlı bir derleme, yaprak morfometrisinin bugünkü kullanım alanlarını ve sınırlarını ortaya koymuştur (Bodor-Pesti ve ark., 2023).

Son yıllarda dijital görüntü analizi ve makine öğrenmesi yöntemleri bu alana girmiştir. Derin öğrenme temelli yaklaşımların çeşit tanımlamadaki kullanımını inceleyen sistematik bir derleme, bu yöntemlerin hızla ilerlediğini ancak henüz standart hâline gelmediğini bildirmektedir (Carneiro ve ark., 2024). Bu yaklaşımlar klasik ampelografinin yerini almaz; ölçümlerin nesnelliğini ve tekrarlanabilirliğini artırır.

### **5.3. Moleküler yöntemler**

Görünüşe dayalı tanımlama eşadlılık ve adaşlık sorununu tek başına çözemez. Bu durumda DNA temelli markörler kullanılır. Asmada uluslararası ölçekte standart hâline gelen yöntem, mikrosatellit (SSR) markörlerine dayalı genotiplemedir. Sınırlı sayıda lokusla elde edilen alel profilleri, uluslararası veri tabanlarındaki kayıtlarla karşılaştırılabilir (VIVC, 2023). Bu yaklaşım İspanya ve İran çeşitlerinde de aynı biçimde kullanılmıştır (Ibáñez ve ark., 2003; Fatahi ve ark., 2003).

Ülkemizde bu alanda kayda değer bir birikim oluşmuştur. Kara üzüm gruplarının SSR markörlerle karakterizasyonu (Yıldırım, 2010), Batı Akdeniz çeşitlerinin moleküler karakterizasyonu (Aslantaş, 2010), çeşit ve anaçların ampelografik ve moleküler karakterizasyonu (Sabır, 2008) ve Manisa yöresi çeşitlerinin ISSR markörleriyle tanımlanması (Aşık, 2019) bu çalışmalar arasındadır. Yozgat ilinde yetiştirilen çeşitler SSR markörleriyle tanımlanmıştır (Daler ve Cangı, 2022). Ege Bölgesi asma materyalinin genetik çeşitliliği ve popülasyon yapısı da SSR markörlerle incelenmiştir (Yüksel Özmen, 2023). Bolu yöresinde toplanan yerel materyalde ise iPBS retrotranspozon markörleri kullanılmıştır (Güler ve ark., 2023).

Kültür asmasının genetik yapısını ve farklılaşmasını inceleyen çalışmalar, dünya çeşit havuzunun coğrafi olarak nasıl bölündüğünü göstermiştir (Aradhya ve ark., 2003). Günümüzde tek nükleotid polimorfizmine dayalı yöntemler yaygınlaşmakta; hem çeşit tanımlamada hem de ebeveyn-döl ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Khadatkar, 2025).

Yöntemlerin birlikte kullanılması en güvenilir sonucu verir. Morfoloji, şeker analizi ve ISSR markörlerini birlikte kullanan bir çalışma, bu bütüncül yaklaşımın çeşit ayırt etme gücünü artırdığını göstermiştir (Hbyaj ve ark., 2024).

### **5.4. Kalite özelliklerinin belirlenmesi**

Tanımlamanın üçüncü boyutu, ürünün kalite özelliklerinin ölçülmesidir. Salkım ve tane ağırlığı, tane boyutları, çekirdek sayısı ve kabuk kalınlığı gibi pomolojik ölçümler bu kapsamdadır. Suda çözünür kuru madde, titrasyon asitliği, pH ve

olgunluk indisi temel kimyasal ölçütlerdir. Bunlara glukoz ve fruktoz içerikleri, organik asit dağılımı, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, toplam antosiyanin ve antioksidan kapasite eklenir.

Yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile yapılan bireysel fenolik bileşik analizleri çeşit ayırt etmede özellikle değerlidir. Üzümün kabuk ve çekirdeğindeki başlıca flavonoidlerin kateşin, epikateşin ve gallik asit olduğu ve bunların antioksidan kapasiteye katkılarının farklı olduğu gösterilmiştir (Yılmaz ve Toledo, 2004). Ülkemizde tescil edilen çeşitlerde omca tanımı, tane kimyasal özellikleri ve fenolik bileşiklerin birlikte değerlendirildiği çalışmalar bu yaklaşımın örneğidir (Çelik ve ark., 2018).

Burada bir uyarı gereklidir. Pomolojik ve biyokimyasal özellikler yıla, yere, anaca, hasat olgunluğuna ve örnekleme yöntemine bağlıdır. Bu nedenle bu veriler tek başına çeşit teşhisinde kullanılamaz. Ancak ampelografik ve moleküler tanımlamayla birlikte kullanıldığında, çeşidin hangi amaç için uygun olduğunu ortaya koyar.

## **6. ÇEŞİT KAYBININ NEDENLERİ**

Genetik erozyon, bir tür içindeki çeşitliliğin geri alınamaz biçimde azalmasıdır. Asmada bu süreç ani bir olayla değil, yavaş bir aşınmayla ilerler. Ülkemizde bu aşınmanın başlıca nedenleri aşağıda sıralanmıştır.

Ekonomik nedenler. Yerel çeşitlerin çoğu ticari çeşitlere göre daha az verimlidir. Taneleri küçüktür, salkım görünümü pazarın beklediği gibi değildir, taşımaya ve muhafazaya daha az dayanır. Üretici aynı emekle daha çok gelir getiren çeşide yönelir. Bağcılık emek yoğun bir üretim dalıdır; işletme maliyetinin yarısından fazlasını mekanizasyon ve işçilik oluşturmaktadır (TAGEM, 2022). Girdi maliyetlerindeki artış bu yönelimi hızlandırır.

Pazar yapısı. Sofralık pazar iri taneli, çekirdeksiz ve raf ömrü uzun çeşitleri ödüllendirir. Kurutmalık pazar tek çeşide dayanır. Şarap sektörü sınırlıdır; Türkiye'nin son beş yıllık ortalama şarap üretimi 673 bin hektolitreye olup dünya üretiminin yalnızca binde iki buçuğudur (TAGEM, 2022). Bu yapıda yüzlerce yerel çeşidin yerleşebileceği bir alan bulunmamaktadır.

Nüfus ve kuşak değişimi. Yerel çeşitler çoğunlukla yaşlı üreticilerin baktığı küçük ve dağınık parsellerdedir. Üretici başına düşen üretim alanı 50 dekarın altındadır ve araziler parçalıdır (TAGEM, 2022). Göç ve kuşak değişimi bu parsellerin bakımsız kalmasına ya da sökülmesine yol açar. Çeşitle birlikte o çeşide ait yetiştirme bilgisi de kaybolur.

Arazi kullanımının değişmesi. Kentleşme, sanayi yatırımları, turizm ve daha yüksek gelir getiren ürünlere geçiş, özellikle kent çevresindeki bağları ortadan kaldırmaktadır.

Hastalık ve iklim baskısı. Filoksera sonrasında anaç üzerine aşılı yetiştiriciliğe geçilmesi, kendi kökü üzerinde yetişen yaşlı yerel omcaların önemli bölümünün kaybına yol açmıştır. İlkbahar geç donları üzüm üretimi için en önemli risktir; dolu ve çiçeklenme dönemindeki aşırı sıcaklar da üretimi olumsuz etkilemektedir (TAGEM, 2022). Bu olaylar bakımsız parsellerdeki yerel çeşitleri daha çok etkilemektedir.

Kurumsal süreklilik sorunu. Arazi koleksiyonlarının sürdürülmesi uzun süreli ve kesintisiz kaynak gerektirir. Proje bitimi, personel değişimi ya da arazi tahsisindeki değişiklik, on yıllarda biriktirilmiş materyalin kısa sürede kaybına yol açabilir. Yedek koleksiyon kurmak bu riski azaltan en etkili önlemdir.

## **7. YEREL ÇEŞİTLERİN KULLANIM ALANLARI**

### **7.1. İklim değişikliğine uyum**

İklim değişikliği bağcılıkta olgunlaşmanın öne kaymasına, asitliğin hızla düşmesine ve şeker birikimi ile fenolik olgunluk arasındaki uyumun bozulmasına yol açmaktadır. Bu koşullarda, kendi ekolojilerinde uzun süre seçilmiş yerel çeşitler doğrudan bir uyum kaynağıdır. Geç uyanan, geç olgunlaşan, asitliğini koruyabilen ya da su kısıtına dayanıklı genotipler yalnızca kendi yörelerinde değil, benzer ekolojilerde de kullanılabilir. Değişen çevre koşullarının geleneksel çeşitlerin önemini artırdığı ve bu çeşitlerin öncelikle tanımlanıp korunması gerektiği vurgulanmaktadır (Kara ve Honamlı, 2024). Ülkesel ölçekte iklim değişikliğine yönelik senaryolar oluşturulması ve değişen koşullara uygun çeşitlerin ıslahı, sektör politika belgelerinde de öncelik olarak yer almaktadır (TAGEM, 2022).

### **7.2. Islah materyali**

Yerel çeşitler melezleme ıslahında ebeveyn olarak kullanılabilir. Hastalıklara tolerans, don dayanımı, kireç ve tuzluluğa dayanım, çekirdeksizlik, erkencilik ve özgün aroma bakımından henüz değerlendirilmemiş büyük bir havuz vardır. Ayrıca yerel çeşit içinden yapılacak klon seleksiyonu, çeşidin yapısını bozmadan verim ve kalitede iyileşme sağlayabilecek görece hızlı bir yoldur. Türkiye genelinde yürütülen klon seleksiyonu çalışmalarında 31 çeşitte toplam 92 klon seçilerek üretime aktarılmıştır; bunların 58'i sofralık, 31'i şaraplık ve 3'ü kurutmalık çeşitlere aittir (TAGEM, 2022). Bu sonuç, yerel materyalin ıslah değerinin somut kanıtıdır.

### **7.3. Coğrafi işaret ve niş pazarlar**

Yerel çeşitleri korumanın en gerçekçi yolu, onlara ekonomik karşılık yaratmaktır. Coğrafi işaret tescili bir çeşidin belirli bir yöreyle bağını tanımlar ve katma değer yaratır. Ülkemizde üzüm ve üzüm ürünlerinde coğrafi işaret tescilleri artmıştır.

Ancak tescilden sonra gelen denetim, tanıtım ve pazarlama süreçleri çoğu durumda yeterince gelişmemiştir. Tescil tek başına koruma sağlamaz.

Butik şarapçılık, yöresi belirtilmiş kuru üzüm ve pekmez, geleneksel üzüm ürünleri (pestil, köfter, sucuk) ve gastronomi turizmi yerel çeşitler için gerçekçi pazarlar oluşturabilir. Burada belirleyici olan, ürünün yalnızca yerel olması değildir; ölçülebilir bir kalite üstünlüğüne ya da özgün bir tada sahip olduğunun gösterilmesi gerekir. Bu da kalite özelliklerinin belirlenmesini zorunlu kılar.

#### **7.4. Fonksiyonel gıda ve yan ürün değerlendirme**

Yerel çeşitler fenolik bileşik içeriği ve antioksidan kapasite bakımından ticari çeşitlerden farklılaşabilir. Kalın kabuklu, koyu renkli ve küçük taneli çeşitlerde kabuk oranı yüksektir. Bu durum birim ürün başına antosiyanin ve toplam fenolik içeriğini artırır.

Bu potansiyel yalnızca taze tüketimle sınırlı değildir. Üzüm işleme sırasında ortaya çıkan cibrenin gıdalarda kullanımı üzerine yapılan çalışmalar, yerel çeşitlerin bu alanda da değerlendirilebileceğini göstermektedir. Ülkemizin yerel beyaz çeşitlerinden Emir'in cibresinden elde edilen unun ekmek formülasyonunda kullanıldığı bir çalışmada, katkısız ekmeğin toplam fenolik madde içeriği 35,29 mg GAE/100 g iken %10 katımda bu değer 89,43 mg GAE/100 g'a yükselmiştir. Duyusal değerlendirmede %2 ve %5 katım düzeylerinin kabul edilebilirlik puanları benzer bulunmuş ve yaklaşık %5 katım önerilmiştir (Hayta ve ark., 2014). Bu örnek, yerel çeşitlerin yalnızca meyvesiyle değil, işleme yan ürünleriyle de değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Bu potansiyelin ortaya konması, standart yöntemlerle yapılacak karşılaştırmalı analizlere ve bu verilerin birden çok yıl doğrulanmasına bağlıdır.

#### **8. SORUNLAR VE ÖNERİLER**

Mevcut duruma bakıldığında, ülkemizin toplama ve saklama altyapısının güçlü olduğu görülür. Buna karşılık zincirin değerlendirme ve pazarlama halkaları zayıf kalmıştır. Bu çerçevede öne çıkan öneriler aşağıda sıralanmıştır.

Alan taramalarının tamamlanması. Taramalar bazı illerde yoğunlaşmış, bazı bölgeler ise az taranmıştır. Özellikle yüksek rakımlı ve göç nedeniyle terk edilme riski yüksek yörelerde acil tarama gerekmektedir.

Tanımlamanın standart hâle getirilmesi. Ampelografik tanımlamanın OIV listesine tam uyumlu biçimde ve en az iki yıl tekrarlanarak yapılması gerekir. Ülkemizde yapılan çalışmalarda 39 ile 69 arasında değişen sayıda tanımlayıcı kullanılması, verilerin karşılaştırılmasını güçleştirmektedir. Ortak bir asgari tanımlayıcı seti belirlenmelidir. Her genotip için SSR profili çıkarılmalı ve bu profiller uluslararası veri tabanlarıyla karşılaştırılmalıdır (VIVC, 2023). Eşadlılık ve

adaşlık sorunları çözülmeden koleksiyonlardaki mükerrer materyalin gerçek boyutu bilinemez (Arslan ve ark., 2023).

Yedekleme. Arazi koleksiyonlarının en az iki farklı ekolojide yedeklenmesi gerekir. Buna ek olarak in vitro saklama ve dondurarak saklama yöntemleri tamamlayıcı olarak kullanılmalıdır.

Üretici bahçesinde korumanın desteklenmesi. Yerel çeşit yetiştiren üreticilere yönelik doğrudan destek, sertifikalı fidan temininde öncelik, teknik danışmanlık ve pazara erişim desteği bu alanda etkili olabilir. Koruma, üreticinin ekonomik çıkarıyla geliştiği sürece sürdürülemez.

Değerlendirme çalışmalarının yaygınlaştırılması. Koleksiyondaki genotiplerin fenolojik, pomolojik, biyokimyasal ve stres tepkileri bakımından düzenli olarak değerlendirilmesi gerekir. Elde edilen veriler açık erişimli bir veri tabanında toplanmalıdır. Karakterize edilmemiş bir koleksiyon ıslahçı için kullanılamaz durumdadır.

Ortak çalışma. Bahçe bitkileri, moleküler biyoloji, gıda mühendisliği ve tarım ekonomisi alanlarının birlikte çalışması gerekir. Üniversite, araştırma enstitüsü, üretici birliği ve özel sektör arasında kurulacak iş birlikleri sonuçların sahaya aktarılmasını hızlandıracaktır.

## 9. SONUÇ

Türkiye, asmanın evcilleştirildiği coğrafyada yer alması ve binlerce yıllık bağıcılık geleneği sayesinde dünyanın en zengin asma genetik kaynaklarından birine sahiptir. Yaklaşık 1.500 çeşidin varlığı ve 1965 yılında başlatılan ülkesel proje kapsamında binden fazla genotipin saklama altına alınması bu alandaki en önemli kazanımlardır.

Ancak koleksiyondaki materyalin korunmuş olması, çeşitliliğin korunduğu anlamına gelmez. Genetik çeşitlilik asıl olarak üretici bağlarında, canlı üretim düzeni içinde yaşar. Bugünkü tablo, yirmi yılda dörtte bir daralmış bir bağ varlığı, 50–60 çeşide dayanan bir üretim yapısı ve ekonomik karşılığı bulunmadığı için sökülen yerel çeşitlerden oluşmaktadır.

Bu tablonun değiştirilmesi yalnızca bir saklama sorunu değildir. Aynı zamanda bir tanımlama, değerlendirme ve pazarlama sorunudur. Yerel çeşitlerin hangi üstün özelliklere sahip olduğu ortaya konmadıkça ve bu özellikler pazarda karşılık bulmadıkça, koruma çabaları koleksiyon bağlarıyla sınırlı kalacaktır. Anadolu'nun binlerce yılda biriktirdiği bu zenginlik, doğru tanımlandığı ve değerlendirildiği ölçüde Türkiye bağıcılığının en önemli varlığına dönüşebilir.

## KAYNAKÇA

- Akdemir, U., & Candar, S. (2022). Türkiye'nin ihracatını yaptığı sofralık üzüm çeşitleri. Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tekirdağ.
- Aradhya, M. K., Dangl, G. S., Prins, B. H., Boursiquot, J. M., Walker, M. A., Meredith, C. P., & Simon, C. J. (2003). Genetic structure and differentiation in cultivated grape, *Vitis vinifera* L. *Genetical Research*, 81(3), 179–192.
- Arroyo-García, R., Lefort, F., de Andrés, M. T., Ibáñez, J., Borrego, J., Jouve, N., Cabello, F., & Martínez-Zapater, J. M. (2002). Chloroplast microsatellite polymorphisms in *Vitis* species. *Genome*, 45(6), 1142–1149.
- Arslan, N., Yüksel Özmen, C., Uysal Seçkin, G., & Ergül, A. (2023). Genetic diversity and population structure analysis of Anatolian Kara grapevine (*Vitis vinifera* L.) germplasm using simple sequence repeats. *Horticulturae*, 9(7), 743. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070743>
- Aslantaş, Ş. (2010). Batı Akdeniz üzüm çeşitlerinin moleküler karakterizasyonu ve ülke asma kaynakları ile genetik ilişkisi [Yüksek lisans tezi]. Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü.
- Aşık, M. (2019). Manisa ilinde yetiştirilen Mevlana, Razakı, Sultani Çekirdeksiz ve Şika üzüm çeşitlerinin bazı ampelografik özellikleri ve ISSR markörleri ile tanımlanması [Yüksek lisans tezi]. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bodor, P., Baranyai, L., Ladányi, M., Bálo, B., Strever, A. E., Bisztray, G. D., & Hunter, J. J. (2013). Stability of ampelometric characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. “Syrah” and “Sauvignon blanc” leaves: Impact of within-vineyard variability and pruning method/bud load. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 34(1), 129–137. <https://doi.org/10.21548/34-1-1088>
- Bodor-Pesti, P., Taranyi, D., Deák, T., Nyitrai Sárdy, D. Á., & Varga, Z. (2023). A review of ampelometry: Morphometric characterization of the grape (*Vitis* spp.) leaf. *Plants*, 12(3), 452. <https://doi.org/10.3390/plants12030452>
- Boz, Y., Uysal, T., & Yaşasın, A. S. (2012). Türkiye asma genetik kaynakları. TAGEM Bağcılık Araştırma İstasyonu Müdürlüğü.
- Carneiro, G. A., Cunha, A., Aubry, T. J., & Sousa, J. (2024). Advancing grapevine variety identification: A systematic review of deep learning and machine learning approaches. *AgriEngineering*, 6(4), 4851–4888. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6040277>
- Çelik, H., Köse, B., & Ateş, S. (2018). Vine description, berry chemical characteristics and phenolic compounds of newly registered foxy grape (*Vitis labrusca* L.) cultivars in Turkey. *Acta Horticulturae*, 1276, 137–144.

- Daler, S., & Cangı, R. (2022). Characterization of grapevine (*V. vinifera* L.) varieties grown in Yozgat province (Turkey) by simple sequence repeat (SSR) markers. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(1), 38–48. <https://doi.org/10.3906/tar-2104-75>
- Dangi, G. S., Mendum, M. L., Prins, B. H., Walker, M. A., Meredith, C. P., & Simon, C. J. (2001). Simple sequence repeat analysis of a clonally propagated species: A tool for managing a grape germplasm collection. *Genome*, 44(3), 432–438. <https://doi.org/10.1139/g01-026>
- De Lorenzis, G. (2024). From ancient to modern grapevine cultivars: A lesson from cultivars that made the history of viticulture. *Acta Horticulturae*, 1385, 47–58. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1385.7>
- Dong, Y., Duan, S., Xia, Q., Liang, Z., Dong, X., & Margaryan, K. (2023). Dual domestications and origin of traits in grapevine evolution. *Science*, 379(6635), 892–901.
- Eriş, A. (1995). Özel bağcılık. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 52.
- Fatahi, R., Ebadi, A., Bassil, N., Mehlenbacher, S. A., & Zamani, Z. (2003). Characterization of Iranian grapevine cultivars using microsatellite markers. *Vitis*, 42(4), 185–192.
- Fidan, Y. (1985). Özel bağcılık. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 930.
- Güler, E., Karadeniz, T., Özer, G., & Uysal, T. (2023). Diversity and association mapping assessment of an untouched native grapevine genetic resource by iPBS retrotransposon markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 70, 2273–2287.
- Hayta, M., Özüğür, G., Etgü, H., & Şeker, İ. T. (2014). Effect of grape (*Vitis vinifera* L.) pomace on the quality, total phenolic content and anti-radical activity of bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 980–986. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12054>
- Hbyaj, K., Diria, G., Mouniane, Y. K., Chriqui, A., Lebkiri, N., Hmouni, D., & El Oualkadi, A. (2024). Identifying grapevine (*Vitis vinifera* L.): A comprehensive approach using morphology, sugar analysis, and ISSR markers, illustrated with Taferialte cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 71, 3181–3191. <https://doi.org/10.1007/s10722-023-01852-w>
- Ibáñez, J., de Andrés, M. T., Molino, A., & Borrego, J. (2003). Genetic study of key Spanish grapevine varieties using microsatellite analysis. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54(1), 22–30.
- Ikten, H., Sari, D., & Sabir, A. (2024). Estimating genetic diversity among selected wild grapevine genotypes from Southern Turkey by simple sequence repeat

- (SSR) and inter-primer binding site (iPBS) markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 71, 4423–4436. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-02102-3>
- İşçi, B., & Altındışli, A. (2024). Genetic potential of grapevine in Türkiye. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 34(Özel Sayı), 9–25. <https://doi.org/10.18615/anadolu.1393333>
- Kara, Z., & Honamlı, A. (2024). Margaz üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşidinin ampelografik özellikleri. *Bahçe*, 53(Özel Sayı 1), 197–206. <https://doi.org/10.53471/bahce.1483092>
- Kara, Z., Yazar, K., Doğan, O., & Ünlü, D. (2023). Ampelographic characteristics of grape cultivars cultivated in Aksaray province. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(2), 210–222. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2023.021>
- Kaya, H. B., Dilli, Y., Oncu-Oner, T., & Ünal, A. (2023). Exploring genetic diversity and population structure of a large grapevine (*Vitis vinifera* L.) germplasm collection in Türkiye. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1121811. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121811>
- Khadatkar, A. (2025). A comprehensive review on grapes (*Vitis* spp.) cultivation and its crop management. *Discover Agriculture*, 3, 9.
- Lafli, E. (2017). Antik Helen ve Roma dönemlerinde Anadolu’da bağcılık ve şarapçılık. *Aktüel Arkeoloji*.
- Machado, A. R. (2024). Chemical characterization of the cultivar “Vinhão” (*Vitis vinifera* L.) grape pomace towards its circular valorisation and its health benefits. *Measurement: Food*, 15, 100175.
- OIV. (2009). OIV descriptor list for grape varieties and *Vitis* species (2. baskı). Organisation Internationale de la Vigne et du Vin.
- Oraman, M. N. (1972). Bağcılık tekniği II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 470.
- Sabır, A. (2008). Bazı üzüm çeşit ve anaçlarının ampelografik ve moleküler karakterizasyonu [Doktora tezi]. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Söylemezoğlu, G., Kunter, B., Akkurt, M., Sağlam, M., Ünal, A., Buzul, S., & Tahmaz, H. (2015). Bağcılığın geliştirilmesi, yöntemleri ve üretim hedefleri. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi (ss. 606–629). TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası.
- TAGEM. (2022). Bağcılık sektör politika belgesi 2022–2026. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü.
- This, P., Lacombe, T., & Thomas, M. R. (2006). Historical origins and genetic diversity of wine grapes. *Trends in Genetics*, 22(9), 511–519.

- TÜİK. (2026). Bitkisel üretim istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim tarihi: 27 Temmuz 2026
- Uysal, H. (2017). Şaraplık üzüm üreten işletmelerin yapısal özellikleri üzerine bir araştırma. Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Uysal, T., & Yaşasın, A. S. (2017). Asma genetik kaynaklarımız ve Nevşehir ili üzüm çeşitleri. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(Kapadokya Ulusal Bağcılık Çalıştayı Özel Sayısı), 1–10.
- VIVC. (2023). Vitis International Variety Catalogue. Julius Kühn-Institut. <https://www.vivc.de>
- Winkler, A. J., Cook, J. A., Kliewer, W. M., & Lider, L. A. (1974). General viticulture (2. baskı). University of California Press.
- Yıldırım, N. (2010). Kara (siyah) üzüm gruplarının SSR markörlere dayalı karakterizasyonu ve ülke asma kaynakları ile genetik ilişkisi [Yüksek lisans tezi]. Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü.
- Yılmaz, Y., & Toledo, R. T. (2004). Major flavonoids in grape seeds and skins: Antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(2), 255–260.
- Yüksel Özmen, C. (2023). Genetic diversity and population structure analysis of grapevine germplasm of the Aegean region (Türkiye) by SSR markers. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 47(6), 1099–1114.

## 2. Bölüm

### Ekstrem Sıcaklık Olayları: Sıcak ve Soğuk Hava Dalgalarının Oluşumu, Eğilimleri ve Etkileri

Nilüfer YAZICI<sup>1</sup>, Elif Şeyda KESİK<sup>2</sup>

#### 1. Giriş

İklim değişikliği yalnızca ortalama iklim koşullarındaki değişimlerle değil, ekstrem hava ve iklim olaylarının sıklık, süre ve şiddetindeki değişimlerle de kendini göstermektedir. İnsan kaynaklı iklim değişikliğiyle birlikte sıcak hava dalgalarının sıklık, süre ve şiddet özelliklerinde önemli değişimler meydana gelmektedir (Domeisen vd., 2023). Artan sıcaklıklarla birlikte insan sağlığı açısından tehlikeli düzeylere ulaşabilen sıcaklık ve nem koşullarının görülme sıklığının arttığı bildirilmektedir (Raymond vd., 2020). Benzer şekilde, iklim değişikliğiyle birlikte tropikal bölgelerde insan sağlığı açısından önem taşıyan ısı stresinin gelecekte artması beklenmektedir (Zhang vd., 2021). Kentsel alanlarda ise sıcaklık ve nemin birlikte etkili olduğu koşulların aşırı sıcaklara bağlı riskleri artırabileceği ortaya konulmuştur (Zhang vd., 2023). Buna karşılık, genel ısınma eğilimi altında soğuk ekstremlerin sıklık ve şiddetinde azalma gözlenmesine rağmen, soğuk hava dalgaları bölgesel ölçekte etkili olmaya devam eden önemli ekstrem sıcaklık olayları arasında yer almaktadır (Seneviratne vd., 2021). Ekstrem sıcaklıklar, genel olarak bir bölgenin klimatolojik koşullarına göre olağan sıcaklık aralığının altında veya üzerinde gerçekleşen sıcaklık koşullarını ifade etmektedir (Gönençgil ve Acar Deniz, 2016).

Ekstrem sıcaklık olayları insan sağlığı ve termal konforun yanı sıra tarımsal üretim, doğal ekosistemler ve hidrolojik süreçler üzerinde de önemli etkiler oluşturabilmektedir (Acar ve Gönençgil, 2024). Ekstrem sıcaklık koşullarındaki değişimlerin farklı mekânsal ölçeklerde belirginleşebildiği ortaya konulmuştur. Gao ve Franzke (2017), Çin'de ekstrem sıcaklıkların zamansal ve mekânsal değişimlerini inceleyerek sıcaklık dağılımının farklı bölümlerindeki değişimlerin mekânsal olarak farklılık gösterebildiğini belirlemiştir. Küresel ölçekte ekstrem sıcaklık istatistiklerindeki değişimleri değerlendiren Finkel ve Katz (2018) ise sıcak ve soğuk ekstremlerdeki değişimlerin ortalama sıcaklıktaki değişimlerle

<sup>1</sup> Prof. Dr. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4397-5639>, niluferyazici@isparta.edu.tr

<sup>2</sup> Arş. Gör. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-8809-7183>, elifkesik@isparta.edu.tr

birlikte değerlendirilmesinin önemini ortaya koymuştur. Havza ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmalar da ekstrem sıcaklıklardaki değişimlerin bölgesel özellikler gösterdiğine işaret etmektedir. Zhou vd. (2020), Shiyang Nehri Havzası'nda ekstrem sıcaklık göstergelerindeki değişimleri ve bu değişimleri etkileyen faktörleri incelemiştir. Bu nedenle sıcaklık ekstremlerinin sıklık, süre ve şiddet özelliklerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi, iklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirilmesi ve bu olaylarla ilişkili risklerin ortaya konulması açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, ardışık günler boyunca etkisini sürdüren sıcak ve soğuk hava dalgalarının oluşumu, belirlenmesi ve değişimi ele alınmaktadır. Bu kapsamda sıcak ve soğuk hava dalgalarının tanımları ve oluşum mekanizmaları, belirlenmelerinde kullanılan temel yöntem ve indisler, Türkiye'de gözlenen eğilimler, iklim değişikliğiyle ilişkileri ile çevresel, ekolojik ve sosyoekonomik etkileri incelenmekte; ayrıca gelecekteki iklim koşulları altında bu olaylarda beklenen değişimler değerlendirilmektedir.

## **2. Sıcak ve Soğuk Hava Dalgaları**

Sıcak ve soğuk hava dalgaları, sıcaklıkların belirli bir bölgenin olağan klimatolojik koşullarına göre aşırı yüksek veya düşük değerlere ulaşması ve bu koşulların belirli bir süre boyunca devam etmesiyle ortaya çıkan ekstrem sıcaklık olaylarıdır (Barnett vd., 2012). Farklı iklim özelliklerine sahip bölgelerde aynı sıcaklık değerleri aynı düzeyde ekstrem kabul edilemediğinden, sıcak ve soğuk hava dalgalarının tanımlanmasında evrensel olarak geçerli tek bir sıcaklık eşiği bulunmamaktadır (Bunting vd., 2024). Bu nedenle söz konusu olayların belirlenmesinde mutlak sıcaklık eşiklerinin yanı sıra yerel klimatolojik koşulları dikkate alan göreceli eşiklerden de yararlanılmaktadır.

### **2.1. Sıcak Hava Dalgalarının Tanımı ve Oluşumu**

Sıcak hava dalgaları, genel olarak belirli bir bölgenin olağan klimatolojik koşullarına kıyasla aşırı yüksek sıcaklıkların ardışık günler boyunca devam ettiği dönemler olarak tanımlanmaktadır. Bu olayların belirlenmesinde sıcaklığın belirli bir mutlak veya göreceli eşiği aşması ve bu koşulların belirli bir süre boyunca devam etmesi temel ölçütler arasında yer almaktadır (Perkins ve Alexander, 2013). Bununla birlikte kullanılan sıcaklık değişkeni, eşik değer ve minimum süre çalışmanın amacı ile bölgesel klimatolojik özelliklere göre değişebildiğinden, sıcak hava dalgalarının tanımlanmasında tek ve evrensel bir yaklaşım bulunmamaktadır (Perkins-Kirkpatrick ve Gibson, 2017).

Sıcak hava dalgalarının oluşumunda büyük ölçekli atmosferik dolaşım koşulları önemli rol oynamaktadır. Özellikle orta enlemlerde atmosferik blokajlar

ile durağan veya yavaş hareket eden Rossby dalgaları, belirli hava koşullarının aynı bölge üzerinde uzun süre etkili olmasına neden olarak aşırı sıcak koşulların oluşumunu ve sürekliliğini destekleyebilmektedir (Woollings vd., 2018). Atmosferik blokajlar, olağan batılı hava akımlarının ilerleyişini yavaşlatabilmek veya kesintiye uğratabilmekte ve yüksek basınç koşullarının belirli bir bölge üzerinde uzun süre etkili olmasını sağlayabilmektedir. Türkiye'de de atmosferik blokaj koşullarının yüksek etkili sıcak hava dalgalarının gelişiminde rol oynayabildiği gösterilmiştir (Demirtaş, 2018).

Sıcak hava dalgalarının şiddeti yalnızca büyük ölçekli atmosferik dolaşıma bağlı olmayıp kara yüzeyi-atmosfer etkileşimlerinden de etkilenebilmektedir. Özellikle toprak nemindeki azalma, yüzey enerji dengesini değiştirerek aşırı sıcak koşulların güçlenmesine katkıda bulunabilmektedir. Toprak neminin yeterli olduğu koşullarda yüzeydeki enerjinin bir bölümü evapotranspirasyon yoluyla gizli ısı akısına aktarılırken, toprak neminin azalması evapotranspirasyonu ve buna bağlı yüzey soğumasını sınırlandırabilmektedir. Bu durumda enerjinin daha büyük bir bölümü hissedilir ısı akısına yönelmekte ve yüzeye yakın hava sıcaklıklarının yükselmesini desteklemektedir. Bu nedenle toprak nemi-evapotranspirasyon-sıcaklık arasındaki etkileşimler, özellikle kurak koşullarla birlikte gerçekleşen sıcak hava dalgalarının güçlenmesinde önemli rol oynayabilmektedir (Seneviratne vd., 2021).

## **2.2. Soğuk Hava Dalgalarının Tanımı ve Oluşumu**

Soğuk hava dalgaları, belirli bir bölgede olağan klimatolojik koşullara göre aşırı düşük sıcaklıkların belirli bir süre boyunca etkili olmasıyla ortaya çıkan ekstrem sıcaklık olaylarıdır. Sıcak hava dalgalarında olduğu gibi, farklı klimatolojik özelliklere sahip bölgelerde aynı sıcaklık değerleri aynı düzeyde ekstrem kabul edilemediğinden, soğuk hava dalgalarının tanımlanmasında tüm bölgeler için geçerli tek bir sıcaklık eşiği bulunmamaktadır. Bu nedenle soğuk hava dalgalarının belirlenmesinde mutlak sıcaklık eşiklerinin yanı sıra yerel klimatolojik koşulları dikkate alan göreceli eşiklerden de yararlanılmaktadır (Barnett vd., 2012).

Soğuk hava dalgalarının oluşumu, yüksek enlemlerde bulunan soğuk hava kütlelerinin atmosferik dolaşım sistemleri aracılığıyla daha düşük enlemlere taşınmasıyla yakından ilişkilidir. Yüksek ve alçak basınç sistemlerinin konumu ve bunlara bağlı olarak gelişen meridyonal hava akımları, Arktik ve kutupsal kökenli soğuk havanın orta enlemlere ilerlemesine olanak sağlayabilmektedir. Türkiye'de etkili olan bazı soğuk hava dalgalarında da kuzeyli hava akımları aracılığıyla Arktik/Sibiryaya kökenli soğuk hava kütlelerinin bölgeye taşınmasının önemli bir oluşum mekanizması olduğu belirlenmiştir (Yetmen, 2022).

Soğuk hava dalgalarının şiddeti ve mekânsal dağılışı, bölgesel ve yerel topografik özelliklere bağlı olarak değişebilmektedir. Özellikle havza ve çanak biçimli topografyalarda soğuk havanın alçak kesimlerde birikmesi, sıcaklık terselmelerinin gelişmesine ve minimum sıcaklıkların daha düşük değerlere ulaşmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle topografik özellikler, ekstrem düşük sıcaklıkların mekânsal dağılışı üzerinde önemli bir rol oynayabilmektedir (Sarı ve Buldur, 2017).

### **3. Sıcak ve Soğuk Hava Dalgalarının Belirlenmesi**

Sıcak ve soğuk hava dalgalarının belirlenmesinde kullanılan sıcaklık değişkeni, eşik değerin belirlenme şekli, referans dönem ve olayın minimum devam süresi bakımından farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Sıcak ve soğuk hava dalgalarının sıklık, süre, şiddet ve mekânsal kapsam gibi özelliklerinin farklı tanımlara duyarlı olması, tüm bölgeler ve çalışma amaçları için geçerli tek bir belirleme yönteminin oluşturulmasını güçleştirmektedir (Anderson ve Bell, 2011). Literatürde sıcak hava dalgalarının belirlenmesinde günlük sıcaklık değerlerine dayalı farklı eşik ve süre ölçütlerinin kullanıldığı görülmektedir (Robinson, 2001). Sağlık etkilerini değerlendiren çalışmalarda da farklı sıcaklık göstergeleri ve eşik tanımlarından yararlanılabilmektedir (Weisskopf vd., 2002; Hajat vd., 2006). Kullanılan değişken, eşik ve minimum devam süresi çalışmanın amacı ile incelenen bölgenin klimatolojik özelliklerine göre farklılaşabildiğinden, tercih edilen yöntemin açık biçimde tanımlanması elde edilen sonuçların yorumlanması açısından önem taşımaktadır (Unal vd., 2013).

Sıcak hava dalgasının belirlenmesinde tercih edilen sıcaklık değişkeni, persentil eşiği ve minimum olay süresi, tespit edilen olayların sayısını ve özelliklerini doğrudan etkileyebilmektedir. Zhang vd. (2017), Wuhan'da sıcak hava dalgaları ile mortalite arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla günlük ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık değerlerini; 90., 92,5., 95., 97,5. ve 99. persentil eşiklerini ve 2, 3 ve 4 günlük minimum olay sürelerini farklı kombinasyonlarda kullanarak toplam 45 sıcak hava dalgası tanımını karşılaştırmıştır. Çalışmada, günlük ortalama sıcaklığın 99. persentili aşması ve bu koşulun en az üç gün devam etmesine dayanan tanımın, incelenen mortalite örüntüleri açısından en iyi model uyumunu sağladığı bildirilmiştir (Zhang vd., 2017).

Sıcaklık ekstremlerinin belirlenmesinde kullanılan eşikler genel olarak mutlak ve göreceli eşikler olmak üzere iki temel yaklaşım altında değerlendirilebilir. Mutlak eşikler, sıcaklığın önceden belirlenmiş belirli bir değerin üzerine çıkmasını veya altına düşmesini esas almaktadır. Bu yaklaşım özellikle belirli sıcaklık düzeylerinin insan sağlığı, tarımsal üretim veya diğer sistemler açısından

kritik olduğu durumlarda kullanılabilmektedir (Kadıoğlu, 2017). Türkiye'de sıcak hava dalgası, günlük maksimum sıcaklığın uzun yıllar ortalama maksimum sıcaklığın 3–5 °C üzerinde gerçekleşmesi şeklinde tanımlanabilmektedir (Bölük vd., 2013).

Göreceli eşikler ise sabit bir sıcaklık değeriinden ziyade incelenen bölgenin uzun dönemli sıcaklık dağılımına göre belirlenmektedir. Bu amaçla çoğunlukla persentil değerlerinden yararlanılmaktadır. Avrupa'daki uzun dönem sıcak hava dalgası değişimlerini inceleyen Kuglitsch vd. (2010), sıcaklık dağılımının üst bölümüne dayalı göreceli eşiklerden yararlanmıştır. Türkiye'de gerçekleştirilen sıcaklık ekstremleri çalışmalarında da persentil temelli eşikler kullanılmıştır (Unal vd., 2013; Gönençgil ve Acar Deniz, 2016). Bu yaklaşım, farklı klimatolojik özelliklere sahip bölgelerde ekstrem sıcaklık koşullarının yerel iklim özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Persentil temelli yaklaşımlarda kullanılan sıcaklık değişkeni ve eşik değeri yanı sıra olayın minimum devam süresi de tanımın temel bileşenlerinden biridir. Barnett vd. (2012), sıcak hava dalgalarının belirlenmesinde yerel sıcaklık dağılımının üst uçlarını temsil eden 95.–99. persentil, soğuk hava dalgalarının belirlenmesinde ise alt uçları temsil eden 1.–5. persentil aralığındaki eşiklerin kullanılabileceğini ve bu koşulların en az iki ardışık gün devam etmesinin süre ölçütü olarak alınabileceğini belirtmiştir.

Sıcak ve soğuk hava dalgalarının belirlenmesinde günlük maksimum sıcaklığın yanı sıra minimum ve ortalama sıcaklık değerleri de kullanılabilmektedir. Lavaysse vd. (2019), Avrupa'daki sıcak ve soğuk hava dalgalarını günlük minimum ve maksimum sıcaklıkları birlikte kullanarak belirlemiştir. Çalışmada hem günlük minimum hem de maksimum sıcaklığın 90. persentilin üzerinde olduğu günler sıcak gün, her iki değişkenin de 10. persentilin altında olduğu günler ise soğuk gün olarak tanımlanmıştır. Bu koşulların yaz mevsiminde en az üç ardışık gün devam etmesi sıcak hava dalgası, kış mevsiminde ise en az üç ardışık gün sürmesi soğuk hava dalgası olarak kabul edilmiştir.

Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmalarda da sıcak hava dalgalarının belirlenmesinde farklı eşik ve süre ölçütlerinin kullanıldığı görülmektedir. Balcıoğlu ve Gönençgil (2026), Türkiye genelindeki 159 meteoroloji istasyonuna ait 1975–2022 dönemi günlük maksimum sıcaklık verilerini kullanarak iki farklı sıcak hava dalgası belirleme yöntemini karşılaştırmıştır. Çalışmada 1 Mayıs–31 Ekim tarihleri arasındaki sıcak dönem incelenmiş; ilk yöntemde günlük maksimum sıcaklığın 90. persentili aşması, ikinci yöntemde ise günlük maksimum sıcaklığın uzun yıllar ortalamasının 3 °C'den fazla üzerine çıkması esas alınmıştır. Her iki yöntemde de söz konusu koşulların en az üç ardışık gün

devam etmesi sıcak hava dalgası ölçütü olarak kabul edilmiştir. Persentil eşikleri ile uzun dönem günlük maksimum sıcaklık değerlerinin belirlenmesinde ise ilgili takvim gününün yedi gün öncesi ve yedi gün sonrasını kapsayan 15 günlük hareketli pencere yaklaşımından yararlanılmıştır (Balcıoğlu ve Gönençgil, 2026).

Sıcak ve soğuk hava dalgalarının belirlenmesinde doğrudan sıcaklık eşiklerinin yanı sıra, kısa dönemli sıcaklık koşulları ile daha uzun dönemli geçmiş sıcaklık koşullarını birlikte değerlendiren indislerden de yararlanılmaktadır. Nairn ve Fawcett (2013), sıcak hava dalgalarının değerlendirilmesinde Excess Heat Factor (EHF) yaklaşımını ortaya koymuştur. Soğuk hava dalgalarının değerlendirilmesinde ise benzer biçimde Excess Cold Factor (ECF) kullanılabilir (Piticar vd., 2018). Piticar vd. (2018), Romanya'daki sıcak ve soğuk hava dalgalarını günlük ortalama sıcaklık üzerinden değerlendirmiş; sıcak koşullar için 90. persentil, soğuk koşullar için ise 10. persentil eşiklerini kullanmıştır. EHF ve ECF hesaplamalarında üç günlük sıcaklık koşulları önceki 30 günlük dönemle birlikte değerlendirilmiş ve sıcak ya da soğuk hava dalgası olarak kabul edilebilmesi için olayların en az üç ardışık gün devam etmesi koşulu aranmıştır (Piticar vd., 2018).

Persentil temelli yaklaşımların yanı sıra, ortalama ve standart sapma gibi istatistiksel ölçütlere dayalı eşikler de özellikle soğuk hava dalgalarının belirlenmesinde kullanılabilir. Yetmen (2022), günlük ortalama yüzey hava sıcaklığının yılın aynı dönemine ait ortalamanın en az iki standart sapma altında gerçekleşmesini ve bu koşulun en az iki ardışık gün devam etmesini soğuk hava dalgasının belirlenmesinde kullanılan ölçütlerden biri olarak değerlendirmiştir.

Bu yaklaşımlar birlikte değerlendirildiğinde, sıcak ve soğuk hava dalgalarının belirlenmesinde kullanılan sıcaklık değişkeni, eşik değerin belirlenme biçimi, referans dönem ve minimum devam süresinin temel metodolojik bileşenleri oluşturduğu görülmektedir. Aynı veri setine farklı tanımların uygulanmasının belirlenen olayların sayısı, süresi ve şiddetinde farklılıklar oluşturabileceği Türkiye örneğinde de ortaya konulmuştur (Balcıoğlu ve Gönençgil, 2026). Bu nedenle kullanılan yöntemin açık ve ayrıntılı biçimde tanımlanması ve bölgesel klimatolojik özelliklere uygun eşiklerin seçilmesi, farklı çalışmaların sonuçlarının yorumlanması ve karşılaştırılması açısından önem taşımaktadır (Perkins ve Alexander, 2013).

#### **4. Türkiye’de Sıcak ve Soğuk Hava Dalgaları ile Sıcaklık Ekstremlerinde Gözlenen Eğilimler**

Türkiye’de gerçekleştirilen uzun dönemli meteorolojik çalışmalar, sıcaklık ekstremlerinin genel olarak daha sıcak koşullara doğru değiştiğini göstermektedir (Acar Deniz ve Gönençgil, 2017). Türkiye genelindeki 88 meteoroloji istasyonunu değerlendiren Erlat vd. (2021), 1950’den itibaren sıcak hava dalgalarının sayısı, sıklık, süre, büyüklük ve genlik bakımından artış eğilimi gösterdiğini ve bu değişimlerin özellikle 1980’lerin ortalarından sonra belirginleştiğini ortaya koymuştur.

Sıcak ve soğuk ekstrem koşulların sürelerindeki değişimler de bu eğilimi desteklemektedir. Erlat ve Güler (2018), 77 meteoroloji istasyonunun 1950–2017 dönemi verileri üzerinden Sıcak Dönem Süresi İndisi (WSDI) ve Soğuk Dönem Süresi İndisi’ndeki (CSDI) değişimleri incelemiştir. Yıllık sıcak dönem süresinin 76 istasyonda artış gösterdiği ve Türkiye ortalamasındaki artışın her on yılda yaklaşık 2,4 gün olduğu belirlenirken, soğuk dönem süresinin 77 istasyonun 67’sinde azaldığı ve bu azalmaların 28’inin istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Türkiye ortalamasında soğuk dönem süresindeki azalmanın her on yılda yaklaşık 0,71 gün olduğu bildirilmiştir (Erlat ve Güler, 2018).

Farklı ekstrem sıcaklık indislerine dayalı çalışmalar da benzer değişimlere işaret etmektedir. Türkiye’deki 156 meteoroloji istasyonunu değerlendiren Acar Deniz ve Gönençgil (2017), yaz günleri ve tropikal gecelerde anlamlı artışlar belirlerken aşırı serin günler ve donlu günlerde genel olarak azalma eğilimleri saptamıştır. Benzer şekilde Acar vd. (2018), 1966–2014 döneminde sıcak ve aşırı sıcak günlerin incelenen istasyonların yaklaşık %75–80’inde artış gösterdiğini ve günlük maksimum sıcaklığın 95. persentiline dayalı TX95th indisinde istasyonların yaklaşık %83’ünde istatistiksel olarak anlamlı artış bulunduğunu ortaya koymuştur. Aynı çalışmada soğuk ekstrem göstergelerinde ise genel olarak azalma eğilimleri belirlenmiştir (Acar vd., 2018).

Ekstrem sıcaklık indislerindeki değişimlerin büyüklüğü, istasyonların bulunduğu çevresel koşullara göre de farklılık gösterebilmektedir. Aykır (2017), 1970–2012 döneminde Türkiye’deki 42 şehir–kır istasyon çiftini karşılaştırarak ekstrem sıcaklık indislerindeki eğilimleri incelemiştir. Tropikal gün, yaz günü, sıcak gece ve sıcak gün gibi sıcaklık göstergelerine ilişkin istasyon çifti farklarında artış eğilimleri belirlenmiştir. Çalışmada, ekstrem sıcaklık indislerindeki eğilimlerin şehir ve kır istasyonları arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Aykır, 2017).

Türkiye genelinde belirlenen eğilimler bölgesel çalışmalarda da görülmektedir. Aydın ve Karabulut (2022), Konya’daki altı meteoroloji istasyonunun 1970–2020 dönemi verilerinde sıcak günler ve ekstrem maksimum

sıcaklık göstergelerinde genel olarak artış, donlu ve buzlu günler ile soğuk dönem süresinde ise azalma eğilimleri belirlemiştir.

Türkiye’de gerçekleştirilen çalışmalar, farklı dönemler, istasyon ağları ve ekstrem sıcaklık indisleri kullanılmasına rağmen ortak bir değişim yönüne işaret etmektedir. Bulgular, sıcak hava dalgaları ve sıcak ekstrem göstergelerinde artış, soğuk ekstrem göstergelerinde ise genel olarak azalma olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değişimlerin özellikle 1980’lerin ortalarından itibaren daha belirgin hâle gelmesi, Türkiye’de sıcaklık ekstremlerinin daha sıcak koşullara doğru değiştiğini göstermektedir (Erlat vd., 2021).

### **5. İklim Değişikliğinin Sıcak ve Soğuk Hava Dalgalarına Etkisi**

Küresel iklim değişikliği, ortalama sıcaklıklardaki artışın yanı sıra ekstrem hava ve iklim olaylarının sıklık, şiddet ve süre özelliklerinde meydana gelen değişimlerle de kendini göstermektedir (Meehl ve Tebaldi, 2004; Galanaki vd., 2022). İnsan faaliyetleri sonucunda atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarının artması, küresel yüzey sıcaklıklarındaki yükselmenin temel nedenini oluşturmakta ve sıcaklık ekstremlerinin özelliklerini de değiştirmektedir. IPCC değerlendirmelerine göre, 1950’lerden bu yana sıcak ekstremler ve sıcak hava dalgaları daha sık ve daha şiddetli hâle gelirken, soğuk ekstremlerin sıklığı ve şiddeti azalmıştır. İnsan kaynaklı sera gazı salımları, küresel ölçekte gözlenen bu değişimlerin temel etkeni olarak değerlendirilmektedir (Seneviratne vd., 2021).

Gözlenen değişimlerin yalnızca doğal iklim değişkenliğiyle açıklanamayacağı ve insan kaynaklı iklim değişikliğinin sıcaklık ekstremlerinin meydana gelme olasılığını artırdığı ortaya konulmuştur (Fischer ve Knutti, 2015). Küresel sıcaklık düzeyi yükseldikçe bölgesel sıcak hava dalgalarının sıklık, süre ve şiddet özelliklerinde de artışlar meydana gelmektedir (Perkins-Kirkpatrick ve Gibson, 2017). Bu durum, iklim değişikliğinin yalnızca ortalama sıcaklık değerlerini değil, ekstrem sıcaklık olaylarının meydana gelme özelliklerini de değiştirdiğini göstermektedir.

İklim değişikliğinin sıcak ekstremler üzerindeki etkisi, ortalama sıcaklıklardaki artışın yanı sıra kara yüzeyi-atmosfer etkileşimleri aracılığıyla da güçlenebilmektedir. Özellikle toprak nemindeki azalma, evapotranspirasyon yoluyla gerçekleşen yüzey soğumasını sınırlandırarak hissedilir ısı akısının artmasına ve sıcak ekstremlerin şiddetlenmesine katkıda bulunabilmektedir. Kar örtüsü ve kar-albedo geri beslemelerindeki değişimler de bölgesel sıcaklık ekstremlerini etkileyebilmektedir (Seneviratne vd., 2021).

İklim değişikliğinin soğuk hava dalgaları üzerindeki etkisi ise genel olarak sıcak hava dalgalarının tersine bir değişim yönü göstermektedir. İnsan kaynaklı ısınma altında belirli soğuk hava dalgalarının, antropojenik ısınmanın olmadığı

koşullara kıyasla daha az şiddetli ve daha seyrek gerçekleştiği bildirilmiştir (Cattiaux vd., 2010; Screen vd., 2015; van Oldenborgh vd., 2015). Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'daki uzun dönemli gözlemler de soğuk hava dalgalarının daha ılıman ve daha seyrek hâle geldiğine işaret etmektedir (Peterson vd., 2013; EPA, 2016; Vose vd., 2017). Benzer şekilde van Oldenborgh vd. (2019), 50–100 yıllık gözlem dönemlerinde yeterli verinin bulunduğu bölgelerde soğuk ekstremlerin ısındığını ve bu eğilimin Kuzey Yarımküre orta enlemlerinin hemen hemen tamamında görüldüğünü belirlemiştir. Çalışmada, kıtasal ölçekte gözlenen eğilimlerin mekânsal benzerliğinden hareketle, küresel ısınmanın uzun zaman ölçeklerinde soğuk hava dalgalarındaki değişimin baskın etkeni olduğu değerlendirilmiştir.

## **6. Sıcak ve Soğuk Hava Dalgalarının Etkileri**

Sıcak hava dalgaları insan sağlığı, doğal ekosistemler, tarımsal üretim, su kaynakları, enerji sistemleri ve sosyoekonomik faaliyetler üzerinde önemli etkilere yol açabilmektedir. Aşırı sıcakların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri uzun süredir bilinmekte olup, özellikle ileri yaştaki bireyler ve mevcut sağlık sorunları bulunan gruplar sıcak hava dalgalarına karşı daha yüksek hassasiyet gösterebilmektedir (Arbuthnott ve Hajat, 2017; Watts vd., 2019).

Sıcak hava dalgalarının insan sağlığı üzerindeki etkileri geçmişte yaşanan yüksek etkili olaylarda açık biçimde görülmüştür. Örneğin 2003 Avrupa sıcak hava dalgasıyla ilişkili ölüm sayısının 70.000'i aştığı tahmin edilmiştir (Robine vd., 2008). Benzer şekilde, 2010 yılında Ahmedabad'da meydana gelen sıcak hava dalgasının toplam mortalitede belirgin bir artışla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Azhar vd., 2014).

Sıcak hava dalgalarının etkileri insan sağlığıyla sınırlı değildir. Aşırı sıcak koşullar tarımsal üretimi olumsuz etkileyebilmekte; özellikle sıcaklık ve kuraklığın birlikte gerçekleştiği durumlarda bitkisel üretim üzerindeki baskı ve ürün kayıpları artabilmektedir (Lesk vd., 2016; Zampieri vd., 2017). Yüksek sıcaklıklar bitkilerde ısı ve su stresini artırarak büyüme, gelişme ve ürün verimini olumsuz etkileyebilmektedir. Özellikle çok yıllık tarımsal ürünlerde ekstrem sıcaklık koşulları üretimin sürdürülebilirliği açısından önemli riskler oluşturabilmektedir (Parker vd., 2020). Sıcak ve kurak koşullar aynı zamanda yangına elverişli çevresel koşulları güçlendirerek orman yangını riskinin artmasına katkıda bulunabilmektedir (Trigo vd., 2006). Sıcak hava dalgaları doğal ekosistemler ve su kaynakları üzerinde de önemli etkiler oluşturabilmektedir. Yüksek sıcaklıklarla birlikte artan atmosferik su talebi ve toprak nemindeki azalma, kara ekosistemlerinde su stresini artırabilmekte ve özellikle sıcak hava dalgalarının kuraklık koşullarıyla birlikte gerçekleştiği

dönemlerde ekosistemler ve hidrolojik sistemler üzerindeki etkileri güçlendirebilmektedir (Miralles vd., 2019). Sıcaklık ekstremlerinin etkileri tatlı su ekosistemlerinde de görülmekte; göl suyu sıcaklığında meydana gelen uzun süreli ekstrem sıcaklık olayları, sucul organizmalar ve göl ekosistemleri üzerinde termal baskı oluşturabilmektedir (Woolway vd., 2021). Bu nedenle sıcak hava dalgalarının etkileri yalnızca atmosferik koşullarla sınırlı kalmayıp kara ve tatlı su ekosistemlerindeki ekolojik ve hidrolojik süreçlere de yansiyabilmektedir.

Sıcak hava dalgaları enerji sistemleri ve kentsel alanlar üzerinde de baskı oluşturabilmektedir. Özellikle soğutma amacıyla elektrik kullanımındaki artış, sıcak hava dalgaları sırasında enerji talebinin yükselmesine ve enerji altyapısının daha fazla yük altında kalmasına neden olabilmektedir (Junk vd., 2019). Kentsel alanlarda ise sıcak hava dalgalarının etkileri, kentsel ısı adası etkisi ve nüfusun sıcaklığa maruziyeti nedeniyle daha belirgin hâle gelebilmektedir (Feyen vd., 2020).

Sıcak hava dalgalarının sağlık, tarımsal üretim ve diğer ekonomik faaliyetler üzerindeki etkileri önemli ekonomik kayıplara da yol açabilmektedir. Brown (2020), 2003 Avrupa sıcak hava dalgasının yaklaşık 17 milyar ABD doları, 2010 Rusya sıcak hava dalgasının ise yaklaşık 15 milyar ABD doları ekonomik kayıpla ilişkilendirildiğini aktarmaktadır (Barriopedro vd., 2011; Brown, 2020).

Soğuk hava dalgaları da insan sağlığı ve sosyoekonomik sistemler üzerinde önemli etkilere yol açabilmektedir. Aşırı düşük sıcaklıkların etkili olduğu dönemlerde mortalite riskinin arttığı; bu artışın özellikle kardiyovasküler mortalite ve ileri yaştaki bireylerdeki mortaliteyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Huynen vd., 2001). Düşük sıcaklıklarla ilişkili mortalite artışının farklı bölgelerde de gözlenmesi, soğuk koşulların önemli bir sağlık riski oluşturduğunu göstermektedir (Anderson ve Bell, 2009).

Soğuk hava dalgalarının etkileri insan sağlığıyla sınırlı olmayıp tarımsal üretim, ulaşım, altyapı ve ekonomik faaliyetler üzerinde de görülebilmektedir. Aşırı düşük sıcaklıklarla birlikte gelişen don olayları, özellikle bitkilerin gelişme dönemlerinde tarımsal üretim açısından önemli kayıplara neden olabilirken; yoğun kar yağışı, buzlanma ve dondurucu koşullar ulaşım ve altyapı hizmetlerinde aksamalara yol açabilmektedir (Gönençgil ve Acar Deniz, 2016; Deniz ve Uslan, 2018). Uzun süreli ve şiddetli soğuk koşulların bina ve sıhhi tesisatlarda hasara, endüstriyel faaliyetlerde kesintilere, tedarik zincirinde aksamalara ve yaban hayatı üzerinde olumsuz etkilere neden olabildiği de bildirilmektedir (Yetmen, 2022).

## 7. Gelecek Projeksiyonları

Küresel iklim modellerine dayalı projeksiyonlar, iklim değişikliğinin etkisiyle sıcaklık ekstremlerinin gelecekte belirgin biçimde değişeceğine işaret etmektedir. Küresel ısınma düzeyi yükseldikçe sıcak ve soğuk ekstremlerin farklı yönlerde değişmesi; aşırı sıcakların daha sık ve şiddetli, aşırı soğukların ise daha seyrek ve daha az şiddetli hâle gelmesi beklenmektedir (IPCC, 2012; Seneviratne vd., 2021).

Sıcak hava dalgalarına ilişkin projeksiyonlar, olayların gelecekte sıklık, süre ve şiddet bakımından güçlenebileceğini göstermektedir. Avrupa'da yaz mevsimindeki sıcaklık ekstremlerinin 21. yüzyıl boyunca artacağı ve özellikle yüzyılın ikinci yarısında aşırı sıcak koşulların daha belirgin hâle geleceği öngörülmektedir (Fischer ve Schär, 2010). Küresel ısınma düzeyi yükseldikçe bölgesel sıcak hava dalgalarının sıklık, süre ve şiddetindeki artışların güçlenmesi beklenmektedir (Perkins-Kirkpatrick ve Gibson, 2017). Ayrıca günümüz iklim koşullarında nadir görülen yüksek şiddetteki sıcak hava dalgalarının gelecekte daha sık meydana gelebileceği ve olayların büyüklüğünün artabileceği küresel ölçekli projeksiyonlarda ortaya konulmaktadır (Russo vd., 2014).

Soğuk hava dalgalarında ise sıcak hava dalgalarının tersine bir değişim öngörülmektedir. Küresel ısınmanın artmasıyla birlikte aşırı soğuk koşulların genel olarak daha seyrek ve daha az şiddetli hâle gelmesi beklenmektedir. Bununla birlikte bu azalma, soğuk ekstremlerin tamamen ortadan kalkacağı anlamına gelmemekte; gelecekte de bölgesel ve dönemsel olarak aşırı soğuk olayların meydana gelebileceği öngörülmektedir (Seneviratne vd., 2021).

Türkiye'ye yönelik projeksiyonlar da küresel ölçekte öngörülen değişim yönüyle genel olarak uyumludur. İklim modeli sonuçlarına göre gelecekte Türkiye'de sıcak hava dalgalarının sıklık ve şiddetinde artış, soğuk hava dalgalarında ise azalma beklenmektedir. Bu projeksiyonlar, gelecekte Türkiye'de sıcak hava dalgalarıyla ilişkili risklerin daha fazla önem kazanabileceğine işaret etmektedir (Gürkan vd., 2017).

## 8. Sonuç ve Değerlendirme

Sıcak ve soğuk hava dalgaları, iklim sistemindeki değişimlerin önemli göstergeleri arasında yer alan ve doğal sistemler ile insan faaliyetleri üzerinde geniş kapsamlı etkiler oluşturabilen ekstrem sıcaklık olaylarıdır. Bu olayların oluşumu büyük ölçekli atmosferik dolaşım koşullarının yanı sıra kara yüzeyi özellikleri, toprak nemi, kar örtüsü ve topografya gibi bölgesel ve yerel faktörlerden de etkilenmektedir. Bu nedenle sıcak ve soğuk hava dalgalarının özellikleri bölgelere ve mevcut klimatolojik koşullara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Sıcak ve soğuk hava dalgalarının belirlenmesinde kullanılan sıcaklık değişkeni, eşik değer, referans dönem ve minimum süre gibi ölçütlerin farklılaşması, çalışmalar arasında elde edilen sonuçların doğrudan karşılaştırılmasını güçleştirebilmektedir. Bu açıdan, kullanılan yöntemin açık biçimde tanımlanması ve bölgesel klimatolojik özelliklerin dikkate alınması, ekstrem sıcaklık olaylarının doğru değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

İklim değişikliğiyle birlikte sıcak ve soğuk ekstremlerde birbirinden farklı yönde değişimler ortaya çıkmaktadır. Sıcak hava dalgalarının daha sık, uzun süreli ve şiddetli hale gelmesi, buna karşılık soğuk ekstremlerin genel olarak azalması, gelecekte sıcaklık kaynaklı risklerin niteliğinin de değişeceğini göstermektedir. Bununla birlikte soğuk hava dalgalarının azalması, bu olayların oluşturduğu risklerin tamamen ortadan kalkacağı anlamına gelmemektedir.

Sıcak ve soğuk hava dalgalarının insan sağlığı, tarımsal üretim, su kaynakları, doğal ekosistemler, enerji sistemleri ve sosyoekonomik faaliyetler üzerindeki etkileri, bu olayların yalnızca klimatolojik açıdan değil, çevresel ve toplumsal riskler açısından da ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda ekstrem sıcaklık olaylarının düzenli olarak izlenmesi, bölgesel özelliklere uygun yöntemlerle değerlendirilmesi ve gelecekteki değişimlerin dikkate alınması; iklim değişikliğine uyum, risk azaltma ve sürdürülebilir kaynak yönetimi açısından önem taşımaktadır.

## Kaynaklar

1. Acar Deniz, Z., & Gönençgil, B. (2017). Türkiye sıcaklık ekstremlerindeki değişkenlikler. *Coğrafya Dergisi*, 35, 41–54.
2. Acar, Z. (2018). İç Anadolu Bölgesi'nin ekstrem sıcaklık özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 71, 93–99. <https://doi.org/10.17211/tcd.436198>
3. Acar, Z., & Gönençgil, B. (2024). Ekstrem sıcaklık analizi: Yukarı Fırat Bölümü örneği. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi (TÜCAUM) Yayınları*, 385–389.
4. Acar, Z., Gönençgil, B., & Korucu Gümüşoğlu, N. (2018). Long-term changes in hot and cold extremes in Turkey. *Coğrafya Dergisi*, 37, 57–67. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2018-0002>
5. Anderson, B. G., & Bell, M. L. (2009). Weather-related mortality: How heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology*, 20(2), 205–213. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318190ee08>
6. Anderson, G. B., & Bell, M. L. (2011). Heat waves in the United States: Mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities. *Environmental Health Perspectives*, 119(2), 210–218. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002313>
7. Arbuthnott, K. G., & Hajat, S. (2017). The health effects of hotter summers and heat waves in the population of the United Kingdom: A review of the evidence. *Environmental Health*, 16(Suppl. 1), 119. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0322-5>
8. Aydın, K., & Karabulut, M. (2022). Konya'da ekstrem sıcaklık indislerinde gözlemlenen eğilim ve değişimlerin incelenmesi. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 34(4), 533–549. <https://doi.org/10.7240/jeps.1145792>
9. Aykır, D. (2017). Türkiye'de ekstrem sıcaklık indislerinin eğilimlerinde şehirleşmenin etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 69, 47–57. <https://doi.org/10.17211/tcd.306742>
10. Azhar, G. S., Mavalankar, D., Nori-Sarma, A., Rajiva, A., Dutta, P., Jaiswal, A., Sheffield, P., Knowlton, K., Hess, J. J., & Ahmedabad HeatClimate Study Group. (2014). Heat-related mortality in India: Excess all-cause mortality associated with the 2010 Ahmedabad heat wave. *PLOS ONE*, 9(3), e91831. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091831>
11. Balcıoğlu, Y. E., & Gönençgil, B. (2026). Türkiye'deki sıcak hava dalgalarının farklı metodolojilere göre karşılaştırmalı analizi (1975–2022). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 24(1), 239–274. <https://doi.org/10.33688/aucbd.1844045>

12. Barnett, A. G., Hajat, S., Gasparrini, A., & Rocklöv, J. (2012). Cold and heat waves in the United States. *Environmental Research*, 112, 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.12.010>
13. Barriopedro, D., Fischer, E. M., Luterbacher, J., Trigo, R. M., & García-Herrera, R. (2011). The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332(6026), 220–224. <https://doi.org/10.1126/science.1201224>
14. Bölük, E., Akçakaya, A., & Arabacı, H. (2013). 2012 Temmuz ayında yaşanan sıcak hava dalgası. In 6th Atmospheric Science Symposium – ATMOS 2013 (ss. 1–8).
15. Brown, S. J. (2020). Future changes in heatwave severity, duration and frequency due to climate change for the most populous cities. *Weather and Climate Extremes*, 29, 100278. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100278>
16. Bunting, E. L., Tolmanov, V., & Keellings, D. (2024). What is a heat wave: A survey and literature synthesis of heat wave definitions across the United States. *PLOS Climate*, 3(9), e0000468. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000468>
17. Cattiaux, J., Vautard, R., Cassou, C., Yiou, P., Masson-Delmotte, V., & Codron, F. (2010). Winter 2010 in Europe: A cold extreme in a warming climate. *Geophysical Research Letters*, 37.
18. Demirtaş, M. (2018). The high-impact 2007 hot summer over Turkey: Atmospheric-blocking and heatwave episodes. *Meteorological Applications*, 25, 406–413. <https://doi.org/10.1002/met.1708>
19. Deniz, Z. A., & Uslan, E. (2018). Ekstrem soğuk hava dalgası: Ocak 2017. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 17(3), 761–773.
20. Domeisen, D. I. V., Eltahir, E. A. B., Fischer, E. M., Knutti, R., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Schär, C., Seneviratne, S. I., Weisheimer, A., & Wernli, H. (2023). Prediction and projection of heatwaves. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4, 36–50. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00371-z>
21. EPA. (2016). Climate change indicators: High and low temperatures.
22. Erat, E., & Güler, H. (2018). Türkiye’de sıcaklık ekstremlerinin sürelerinde gözlenen değişim ve eğilimler (1950–2017). *Ege Coğrafya Dergisi*, 27(2), 135–148.
23. Erat, E., Türkeş, M., & Aydın-Kandemir, F. (2021). Observed changes and trends in heatwave characteristics in Turkey since 1950. *Theoretical and Applied Climatology*, 145, 137–157. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03620-1>

24. Feyen, L., Ciscar, J. C., Gosling, S., Ibarreta, D., & Soria, A. (Eds.). (2020). Climate change impacts and adaptation in Europe: JRC PESETA IV final report (EUR 30180 EN). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/171121>
25. Finkel, J. M., & Katz, J. I. (2018). Changing world extreme temperature statistics. *International Journal of Climatology*, 38(5), 2613–2617. <https://doi.org/10.1002/joc.5342>
26. Fischer, E. M., & Knutti, R. (2015). Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy precipitation and high-temperature extremes. *Nature Climate Change*, 5(6), 560–564. <https://doi.org/10.1038/nclimate2617>
27. Fischer, E. M., & Schär, C. (2010). Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. *Nature Geoscience*, 3, 398–403. <https://doi.org/10.1038/ngeo866>
28. Galanaki, E., Giannaros, C., Kotroni, V., Lagouvardos, K., & Papavasileiou, G. (2022). Spatio-temporal analysis of heatwaves characteristics in Greece from 1950 to 2020. *Climate*, 11(1), 5. <https://doi.org/10.3390/cli11010005>
29. Gao, M., & Franzke, C. L. E. (2017). Quantile regression-based spatiotemporal analysis of extreme temperature change in China. *Journal of Climate*, 30(24), 9897–9914. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0356.1>
30. Gönençgil, B., & Acar Deniz, Z. (2016). Atmosfer kökenli afetler ve ekstrem hava olayları. Çantay Kitabevi.
31. Gürkan, H., Eskioglu, O., Yazıcı, B., Şensoy, S., Kömüşçü, A. Ü., & Çalık, Y. (2017). Projected trends in heat and cold waves under effect of climate change. In *Proceedings of the 8th Atmospheric Sciences Symposium* (pp. 111–122).
32. Hajat, S., Armstrong, B., Baccini, M., Biggeri, A., Bisanti, L., Russo, A., Paldy, A., Menne, B., & Kosatsky, T. (2006). Impact of high temperatures on mortality: Is there an added heat wave effect? *Epidemiology*, 17(6), 632–638. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000239688.70829.63>
33. Huynen, M.-M., Martens, P., Schram, D., Weijenberg, M. P., & Kunst, A. E. (2001). The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives*, 109(5), 463–470. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109463>
34. IPCC. (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach,

- G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, & P. M. Midgley, Eds.). Cambridge University Press.
35. IPCC. (2021). Summary for policymakers. In V. Masson-Delmotte et al. (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3–32). Cambridge University Press.
  36. Junk, J., Goergen, K., & Krein, A. (2019). Future heat waves in different European capitals based on climate change indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 3959. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203959>
  37. Kadioğlu, M. (2017). Hidro-meteorolojik afetler. In M. Tün (Ed.), *Temel afet bilgisi* (ss. 65–97). Anadolu Üniversitesi Yayınları.
  38. Kuglitsch, F. G., Toreti, A., Xoplaki, E., Della-Marta, P. M., Zerefos, C. S., Türkeş, M., & Luterbacher, J. (2010). Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophysical Research Letters*, 37(4). <https://doi.org/10.1029/2009GL041841>
  39. Lavaysse, C., Naumann, G., Alfieri, L., Salamon, P., & Vogt, J. (2019). Predictability of the European heat and cold waves. *Climate Dynamics*, 52, 2481–2495. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4273-5>
  40. Lesk, C., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 529(7584), 84–87. <https://doi.org/10.1038/nature16467>
  41. Marx, W., Haunschild, R., & Bornmann, L. (2021). Heat waves: A hot topic in climate change research. *Theoretical and Applied Climatology*, 146, 781–800. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03758-y>
  42. Meehl, G. A., & Tebaldi, C. (2004). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, 305(5686), 994–997. <https://doi.org/10.1126/science.1098704>
  43. Miralles, D. G., Gentile, P., Seneviratne, S. I., & Teuling, A. J. (2019). Land–atmospheric feedbacks during droughts and heatwaves: State of the science and current challenges. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1436(1), 19–35. <https://doi.org/10.1111/nyas.13912>
  44. Nairn, J. R., & Fawcett, R. J. B. (2013). Defining heatwaves: Heatwave defined as a heat-impact event servicing all community and business sectors in Australia (CAWCR Technical Report No. 060). Centre for Australian Weather and Climate Research.
  45. Parker, L. E., McElrone, A. J., Ostojia, S. M., & Forrestel, E. J. (2020). Extreme heat effects on perennial crops and strategies for sustaining future

- production. *Plant Science*, 295, 110397. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110397>
46. Perkins, S. E., & Alexander, L. V. (2013). On the measurement of heat waves. *Journal of Climate*, 26(13), 4500–4517. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00383.1>
  47. Perkins-Kirkpatrick, S. E., & Gibson, P. B. (2017). Changes in regional heatwave characteristics as a function of increasing global temperature. *Scientific Reports*, 7, 12256. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12520-2>
  48. Peterson, T. C., Heim, R. R., Jr., Hirsch, R., Kaiser, D. P., Brooks, H., Diffenbaugh, N. S., Dole, R. M., Giovannettone, J. P., Guirguis, K., Karl, T. R., Katz, R. W., Kunkel, K. E., Lettenmaier, D. P., McCabe, G. J., Paciorek, C. J., Ryberg, K. R., Schubert, S., Silva, V. B. S., Stewart, B. C., ... Wuebbles, D. (2013). Monitoring and understanding changes in heat waves, cold waves, floods, and droughts in the United States: State of knowledge. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(6), 821–834. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00066.1>
  49. Piticar, A., Croitoru, A.-E., Ciupertea, F.-A., & Harpa, G.-V. (2018). Recent changes in heat waves and cold waves detected based on excess heat factor and excess cold factor in Romania. *International Journal of Climatology*, 38(4), 1777–1793. <https://doi.org/10.1002/joc.5295>
  50. Raymond, C., Matthews, T., & Horton, R. M. (2020). The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance. *Science Advances*, 6, eaaw1838. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1838>
  51. Robine, J.-M., Cheung, S. L. K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.-P., & Herrmann, F. R. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*, 331, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.12.001>
  52. Robinson, P. J. (2001). On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology*, 40(4), 762–775. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2001\)040%3C0762:OTDOAH%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040%3C0762:OTDOAH%3E2.0.CO;2)
  53. Russo, S., Dosio, A., Graversen, R. G., Sillmann, J., Carrao, H., Dunbar, M. B., Singleton, A., Montagna, P., Barbola, P., & Vogt, J. V. (2014). Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 12,500–12,512.
  54. Sari, S., & Buldur, A. D. (2017). Topografyanın minimum ekstrem sıcaklıklara etkisi (Karaman-Hadım örneği). *Turkish Studies*, 12(29), 487–504. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.12581>

55. Screen, J. A., Deser, C., & Sun, L. (2015). Reduced risk of North American cold extremes due to continued Arctic sea ice loss. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96(9), 1489–1503. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00185.1>
56. Seneviratne, S. I., Zhang, X., Adnan, M., Badi, W., Dereczynski, C., Di Luca, A., Ghosh, S., Iskandar, I., Kossin, J., Lewis, S., Otto, F., Pinto, I., Satoh, M., Vicente-Serrano, S. M., Wehner, M., & Zhou, B. (2021). Weather and climate extreme events in a changing climate. In V. Masson-Delmotte et al. (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
57. Trigo, R. M., Pereira, J. M. C., Pereira, M. G., Mota, B., Calado, T. J., DaCamara, C. C., & Santo, F. E. (2006). Atmospheric conditions associated with the exceptional fire season of 2003 in Portugal. *International Journal of Climatology*, 26(13), 1741–1757. <https://doi.org/10.1002/joc.1333>
58. Unal, Y. S., Tan, E., & Montes, S. S. (2013). Summer heat waves over western Turkey between 1965 and 2006. *Theoretical and Applied Climatology*, 112(1), 339–350. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0704-0>
59. van Oldenborgh, G. J., Haarsma, R., De Vries, H., & Allen, M. R. (2015). Cold extremes in North America versus mild weather in Europe: The winter of 2013–14 in the context of a warming world. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96, 707–714.
60. van Oldenborgh, G. J., Mitchell-Larson, E., Vecchi, G. A., de Vries, H., Vautard, R., & Otto, F. (2019). Cold waves are getting milder in the northern midlatitudes. *Environmental Research Letters*, 14(11), 114004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4867>
61. Vose, R. S., Easterling, D. R., Kunkel, K. E., & Wehner, M. F. (2017). Temperature changes in the United States. In *Climate science special report: A sustained assessment activity of the U.S. Global Change Research Program* (pp. 267–300). U.S. Global Change Research Program.
62. Watts, N., Amann, M., Arnell, N., et al. (2019). The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: Ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*, 394(10211), 1836–1878. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32596-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32596-6)
63. Weisskopf, M. G., Anderson, H. A., Foldy, S., Hanrahan, L. P., Blair, K., Török, T. J., & Rumm, P. D. (2002). Heat wave morbidity and mortality,

- Milwaukee, Wis, 1999 vs 1995: An improved response? *American Journal of Public Health*, 92(5), 830–833. <https://doi.org/10.2105/AJPH.92.5.830>
64. Woollings, T., Barriopedro, D., Methven, J., Son, S.-W., Martius, O., Harvey, B., Sillmann, J., Lupo, A. R., & Seneviratne, S. (2018). Blocking and its response to climate change. *Current Climate Change Reports*, 4, 287–300.
65. Woolway, R. I., Jennings, E., Shatwell, T., Golub, M., Pierson, D. C., & Maberly, S. C. (2021). Lake heatwaves under climate change. *Nature*, 589, 402–407.
66. Yetmen, H. (2022). Diyarbakır’da etkili olan soğuk hava dalgalarının sinoptik gelişimi ve sıklığı. In TÜCAUM 2022 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı (ss. 211–217). Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi.
67. Zampieri, M., Ceglar, A., Dentener, F., & Toreti, A. (2017). Wheat yield loss attributable to heat waves, drought and water excess at the global, national and subnational scales. *Environmental Research Letters*, 12(6), 064008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa723b>
68. Zhang, K., Cao, C., Chu, H., Zhao, L., Zhao, J., & Lee, X. (2023). Increased heat risk in wet climate induced by urban humid heat. *Nature*, 617, 738–742. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05911-1>
69. Zhang, Y., Feng, R., Wu, R., Zhong, P., Tan, X., Wu, K., & Ma, L. (2017). Global climate change: Impact of heat waves under different definitions on daily mortality in Wuhan, China. *Global Health Research and Policy*, 2, 10. <https://doi.org/10.1186/s41256-017-0030-2>
70. Zhang, Y., Held, I., & Fueglistaler, S. (2021). Projections of tropical heat stress constrained by atmospheric dynamics. *Nature Geoscience*, 14, 133–137. <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00695-3>
71. Zhou, J., Huang, J., Zhao, X., Lei, L., Shi, W., Wang, L., & Yang, X. (2020). Changes of extreme temperature and its influencing factors in Shiyang River Basin, Northwest China. *Atmosphere*, 11(11), 1171.

### 3. Bölüm

## Sucul Ekosistemlerde Potansiyel Element Kirliliği ve Biyobirikim: Chironomidae (Diptera) Örneği

Gazel Burcu AYDIN<sup>1</sup>

### Özet

Ergene Nehri ve kolları, havza içerisindeki sanayi faaliyetleri ve tarımsal uygulamalardan kaynaklanan önemli ve çok yönlü kirlilik baskılarına maruz kalmaktadır. Bölgede yüzlerce sanayi tesisi bulunmakta olup, yetersiz arıtılmış endüstriyel atık suların deşarjı Ergene Nehri'ndeki kirliliğe büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, bölgede yoğun olarak yapılan çeltik tarımı su kalitesini daha da bozmakta ve sucul ekosistem üzerinde ek baskı oluşturmaktadır. Sediment ortamında yaşayan ve ekolojik stres faktörlerine duyarlılıklarıyla bilinen chironomid larvaları, tatlı su kirliliğinin etkili göstergeleri olarak yaygın şekilde kabul edilmektedir. Bu çalışmada, Ergene Nehri'ndeki element kirlilik yükünü belirlemek ve değerlendirmek amacıyla chironomid larvaları kullanılmıştır. Bu doğrultuda, ilkbahar yağışlı döneminde Ergene Nehri ve kollarında belirlenen beş istasyondan chironomid larvaları toplanmıştır. Toplanan örneklerde sodyum (Na), magnezyum (Mg), alüminyum (Al), potasyum (K), kalsiyum (Ca), krom (Cr), manganez (Mn), demir (Fe), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (As), selenyum (Se), gümüş (Ag), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) olmak üzere 17 elementin varlığı araştırılmıştır. Sonuç olarak, Zn ve Cd larvalarda tespit edilmemiş, diğer elementlerin varlığı ise doğrulanmıştır. Bu çalışma, besin zincirinde önemli bir halka oluşturan ve balıklar tarafından tüketilen chironomid larvalarının, element yüklerini insanlara aktarabilme potansiyelini ortaya koymakta ve aynı zamanda sucul ekosistemlerde kirliliğin etkili biyogöstergeleri olduklarını vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Chironomidae, Ergene Nehri, Kirlilik, Sediment, Potansiyel Toksik Element.

<sup>1</sup> Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Edirne, Türkiye  
Orcid No: 0000-0002-9131-240X

## **Abstract**

The Ergene River and its tributaries are subject to significant and multifaceted pollution pressures arising from industrial activities and agricultural practices within the basin. Hundreds of industrial facilities are located in the region, and the discharge of inadequately treated industrial wastewater substantially contributes to the pollution of the Ergene River. In addition, intensive rice cultivation further deteriorates water quality and imposes additional stress on the aquatic ecosystem. Chironomid larvae, which inhabit sediment environments and are known for their sensitivity to ecological stress factors, are widely recognized as effective indicators of freshwater pollution. In this study, chironomid larvae were employed to determine and evaluate the elemental pollution load in the Ergene River. Accordingly, larvae were collected from five stations along the river and its tributaries during the rainy spring season. As a result, the presence of 17 elements; including sodium (Na), magnesium (Mg), aluminum (Al), potassium (K), calcium (Ca), chromium (Cr), manganese (Mn), iron (Fe), cobalt (Co), nickel (Ni), copper (Cu), zinc (Zn), arsenic (As), selenium (Se), silver (Ag), cadmium (Cd), and lead (Pb), was investigated. Zn and Cd were not detected in the larvae, whereas the presence of the other elements was confirmed. This study highlights the potential of chironomid larvae, which constitute an important link in the food chain and are consumed by fish, to transfer elemental loads to humans, while also emphasizing their role as effective bioindicators of pollution in aquatic ecosystems.

**Keywords:** Chironomidae, Ergene River, Pollution, Sediment, Potentially Toxic Elements

## Giriş

Sanayi Devrimi'nden bu yana hızla artan çevre kirliliği, karasal, denizel ve tatlı su ekosistemleri üzerinde olumsuz etkilerini sürdürmekte ve küresel ölçekte giderek derinleşen bir sorun haline gelmektedir. Özellikle kullanılabilir suyun kaynağı olan göl, gölet, akarsu gibi tatlı su ekosistemleri en kırılgan ekosistemlerdir (Sidibe ve diğ., 2026). Dünya üzerindeki suyun %97'den fazlası okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak bulunmakta, geri kalan yaklaşık %3'lük kısmın büyük bölümü ise kutuplardaki buzullar hâlinde depolanmaktadır. Atmosfer, akarsular, göller ve yeraltı suları, toplam kullanılabilir suyun %1'inden daha azını oluşturmaktadır. Bu sınırlı kaynaklar, insanoğlunun temel su ihtiyacını karşılamak zorundadır (Brady ve Weil, 2002). Nitekim, kullanılabilir suya duyulan talebin artış hızının, dünya nüfusundaki artışın yaklaşık iki katı olduğu bildirilmektedir. Bu durum, akarsuların kirlenmeye karşı korunmasının çevresel sürdürülebilirlik açısından zorunlu olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Tatlı su ekosistemleri, gezegen yüzeyinin yalnızca çok küçük bir bölümünü kaplamalarına rağmen, biyolojik çeşitlilik açısından olağanüstü bir öneme sahiptir. Tanımlanmış tüm türlerin yaklaşık %10'unu ve 18.000'den fazla balık türünü barındırmaları, onları hem ekolojik hem de ekonomik açıdan kritik rezervuarlar hâline getirmektedir. Bu sistemler, yalnızca biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekosistem hizmetleri açısından da vazgeçilmezdir. İçme suyu, gıda ve enerji gibi temel kaynakların yanı sıra, besin döngülerinin düzenlenmesi, karbon tutulumunun desteklenmesi ve insan yaşamının sürdürülebilirliği açısından da hayati roller üstlenmektedir (Altowairqi ve Shafi, 2024; Sidibe ve diğ., 2026).

Nüfus artışına bağlı olarak artan sanayi, endüstriyel üretim, tarıma ihtiyaç ve kentsel atıklar sucul ekosistemlerdeki kirliliğin başlıca sebepleridir. Tüm bu baskıların yanı sıra şiddetlenen küresel ısınmaya bağlı küresel iklim değişikliği de bu süreçleri hızlandırmaktadır (Sidibe ve diğ., 2026). Son yıllarda, nehir havzalarının kentsel ve kırsal alanlara yakınlığı, nehir sedimentlerinde, sularda ve sucul organizmalarda potansiyel toksik element (PTE) kirliliği sorununu belirgin biçimde artırmıştır (Hossain ve diğ., 2025). Kentleşme, sanayileşme, tarım ve antropojenik faaliyetler, PTE birikimini hızlandırarak sucul yaşam ve nehir ekosistemlerinin bütünlüğü açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu bağlamda, şehir merkezlerine yakın konumlanan birçok nehir; tortul kirliliği, su kirliliği, evsel atıklar, endüstriyel atıklar ve kimyasal deşarjlardan kaynaklanan kontaminasyon riskleriyle karşı karşıya kalmaktadır (Ali ve diğ., 2019). Kontrolsüz sanayi büyümesi, yetersiz atık yönetimi uygulamaları ve tehlikeli kimyasal deşarjlar, nehir sistemlerinde PTE kirliliğinin hızla artmasına neden olmaktadır (Reza ve Singh, 2010; Bain ve diğ., 2012). PTE kirliliğinin kaynakları

oldukça çeşitlidir; endüstriyel atıkların bertarafı, madencilik ve ergitme faaliyetleri ile atık su ve kimyasal atıkların uygunsuz yönetimi bu süreçte önemli rol oynamaktadır (Hossain ve diğ., 2025). Ayrıca, araç emisyonları, kanalizasyon çamurlarının kontrolsüz biçimde nehirlerle boşaltılması, sucul ortamın kirlenmesine kayda değer ölçüde katkıda bulunmaktadır (Ramessur ve diğ., 2001). Endüstrilerden çıkan PTE içeren büyük hacimli atık suların genellikle yakındaki su kaynaklarına deşarj edilmesi ise çevresel sürdürülebilirliği zayıflatmakta ve halk sağlığı açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır (Hossain ve diğ., 2025).

PTE'ler, yüksek yoğunluk ve atom ağırlıklarıyla karakterize edilen, çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi etkiler yaratabilen elementlerdir. Özellikle insan nüfusundaki hızlı artış, sanayileşmenin yaygınlaşması ve tarımsal faaliyetlerin genişlemesi, çevrede PTE kirliliğinin başlıca kaynakları olarak tanımlanmaktadır (Aziz ve diğ., 2023). Bu elementler; yüksek toksisiteleri, biyobirikim özellikleri ve çevrede uzun süre kalıcı olmaları nedeniyle su kaynaklarının kalite ve güvenliğini doğrudan tehdit etmektedir (Shou ve diğ., 2022). PTE'lerin ekosistemlerdeki varlığı, yalnızca sucul yaşamın sürdürülebilirliğini değil, aynı zamanda insan sağlığını da olumsuz yönde etkilemekte; bu nedenle çevresel yönetim ve koruma stratejilerinde öncelikli bir araştırma alanı olarak değerlendirilmektedir.

PTE'lerin çevreye taşınımı hem antropojenik faaliyetlerden hem de doğal süreçlerden kaynaklanmaktadır. Endüstriyel üretim, madencilik, endüstriyel su kullanımıyla gerçekleştirilen tarımsal sulama ve genel olarak sanayileşme ile tarımsal uygulamalar önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Li ve diğ., 2022; Aziz ve diğ., 2023). Bununla birlikte, volkanik patlamalar, kayaların ayrışması, biyojenik süreçler ve orman yangınları gibi doğal olaylar da ağır metallerin çevreye girişinde rol oynamaktadır (Zaynab ve diğ., 2022; Aziz ve diğ., 2023). Modern endüstriyel süreçler, ağır metal içeren zararlı atık suların çevreye salınımının başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Elektro-kaplama, elektronik cihaz üretimi, madencilik, metalürji, ergitme, gübre üretimi, nükleer yakıt işleme, kâğıt üretimi, enerji santrali emisyonları ve kimyasal aşındırma gibi faaliyetler bu kapsamda öne çıkmaktadır (Saini ve Dhania, 2020). Endüstriyel faaliyetler sonucunda ortaya çıkan toksik element yüklü atık sular, doğrudan sucul ortamlara deşarj edilmekte veya endüstriyel sahalardan sızıntı ve yüzey akışı yoluyla çevreye taşınarak ciddi su kirliliğine neden olmaktadır. Özellikle tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin ve atmosfere salınan gazların kadmiyum, nikel, kurşun, çinko, arsenik ve cıva gibi elementlerin su ve sedimentteki varlığında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir.

PTE'lerin organik ve inorganik partiküllere bağlanarak zamanla akarsu, nehir ve göl tabanlarında çökmesi, sediment içerisinde birikim göstermesi bentik organizmalar açısından kritik bir risk oluşturmaktadır. Sedimentte yaşayan ve buradan beslenen bentik türler, bu elementleri bünyelerine alarak biyobirikim sürecini başlatmaktadır. Bu süreç, besin zincirinde bentik organizmalarla beslenen balıkların da söz konusu elementleri vücutlarında biriktirmesine yol açmakta; nihayetinde bu balıklarla beslenen insanlar da PTE maruziyetine açık hâle gelmektedir. Dolayısıyla, sediment kaynaklı PTE birikimi yalnızca sucul ekosistemlerin sağlığını değil, aynı zamanda insan sağlığını da doğrudan tehdit eden zincirleme bir etki yaratmaktadır (Lagrana ve diğ., 2011).

Tarımsal, endüstriyel ve evsel atıkların tatlı su kaynaklarına deşarj edilmesi nedeniyle, ülkemizdeki tatlı su rezervuarları da dünya genelinde olduğu gibi su kalitesinde bozulmalar yaşamaktadır. Bu kaynakların sürdürülebilirliğini sağlamak için su, sediment ve biyota dinamiklerini periyodik olarak izleyen çalışmaların yürütülmesi kritik öneme sahiptir. Özellikle kirleticilerin büyük kısmının biriktiği sediment, belirli biyokimyasal dönüşümler aracılığıyla su kalitesi açısından önemli riskler oluşturabilmektedir. Bu bağlamda, sediment kirliliğinin analizi, sucul ekosistemlerin doğru şekilde değerlendirilmesinde temel bir bileşen olarak kabul edilmektedir (Xu ve diğ., 2004; Yu ve diğ., 2011).

Chironomid larvaları, sucul ekosistemlerde sediment içerisinde yaşayan en yaygın ve bol organizmalar arasında yer almakta ve doğrudan sedimentten beslenmektedir. Küresel dağılımları, yüksek tür çeşitliliği ve sedimentlerdeki yoğun varlıkları nedeniyle Chironomidae larvaları, biyolojik değerlendirme çalışmalarında önemli model organizmalar olarak kabul edilmektedir (Khdre ve diğ., 2023a; Khdre ve diğ., 2023b). Sedimenti tüketmeleri sonucunda larvalar, toksik elementleri bünyelerinde biriktirmekte ve bu elementler besin zinciri aracılığıyla balıklara, nihayetinde ise insanlara aktarılabilir. Chironomid larvalarının toksik element kirliliğine maruz kalması yalnızca insan sağlığı için tehdit oluşturmakla kalmamakta, aynı zamanda ekosistemlerin sürdürülebilirliğini de olumsuz etkilemektedir. Toksik elementlere maruz kalan larvaların yaşam döngülerindeki bozulmalar, sucul ekosistemlerdeki biyolojik çeşitlilik ve bolluk üzerinde doğrudan etkiler yaratmaktadır.

Bu çalışma, Türkiye'nin önemli tatlı su kaynaklarından biri olan Ergene Nehri'nden toplanan chironomid larvalarında potansiyel element kirliliğini araştırmayı amaçlamaktadır. Nehir sedimentinden beslenen bu canlılardaki potansiyel element varlığı ve birikimi, nehirdeki kirliliğe bir kanıt oluşturma potansiyelindedir. Ergene Nehri, başta endüstriyel faaliyetler ve tarımsal uygulamalardan kaynaklanan çok yönlü ve yoğun kirlilik baskılarına maruz kalmaktadır (Tokatlı, 2020). Havzada yaklaşık 2.037 sanayi tesisi bulunmakta

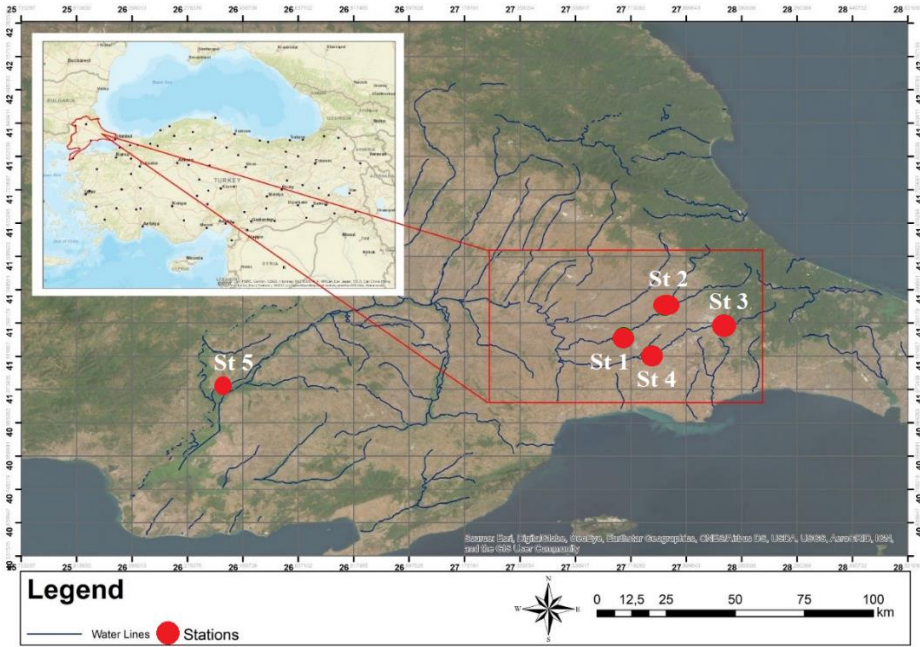
olup, yetersiz arıtılmış endüstriyel atık suların deşarjı nehirdeki kirliliğe önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Özgenç ve diğ., 2024). Ayrıca, bölgede yoğun olarak gerçekleştirilen çeltik tarımı su kalitesini daha da bozmakta ve sucul ekosistem üzerinde ek baskı oluşturmaktadır (Aydın ve Çamur-Elipek, 2022). Ergene Nehri'nde element kirliliğine yönelik önceki çalışmalar su ve sediment örneklerine odaklanmıştır (Tokatlı, 2019; Tokatlı, 2020). Buna karşılık, mevcut çalışma özellikle yoğun endüstriyel faaliyetlere maruz kalan nehir bölgelerinden toplanan chironomid larvalarındaki element yükünü incelemektedir.

### **Chironomid Larvalarından Elementlerin Analiz Edilmesi**

Çalışma alanı olarak seçilen Ergene Nehri, Türkiye'nin Trakya Bölgesi'nde, Marmara Bölgesi'nin kuzeybatısında yer almakta olup ülkenin en önemli tarımsal bölgelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yıldız Dağları'ndan doğan nehir, Adasarhanlı yakınlarında Meriç Nehri ile birleşmekte ve nihayetinde Saros Körfezi üzerinden Ege Denizi'ne dökülmektedir. Ergene Nehri ve kollarının oluşturduğu havza, verimli toprakları ve bol tatlı su kaynakları sayesinde geniş tarım alanlarına ev sahipliği yapmaktadır. Ayrıca, nehir boyunca çok sayıda sanayi tesisi bulunmakta olup bunların büyük bölümü üst havzada, özellikle Çorlu ve Çerkezköy ilçeleri çevresinde yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışmada, endüstriyel faaliyetlerin en yoğun olduğu Ergene Nehri üst havzasından dört örnekleme istasyonu (St.1, St.2, St.3, St.4) seçilmiş; ayrıca nehrin Meriç Nehri ile birleşmeden ve Ege Denizi'ne dökülmeden önceki element yükünü değerlendirmek amacıyla Adasarhanlı yakınlarında bir istasyon (St.5) belirlenmiştir (Şekil 1). Chironomid larvaları, yağışlı dönem olan Mayıs 2025'te bu istasyonlardan toplanmıştır. El ile kullanılan çamur kepçeleriyle larvalar sedimentle birlikte örneklenmiş, plastik kaplara aktarılmış ve en kısa sürede laboratuvara taşınmıştır. Sediment kalıntılarını gidermek için larvalar ultra saf su ile yıkanmış, her istasyon için ayrı ayrı yaş ağırlıkları ölçülmüştür. Analizlerde yalnızca dördüncü evre larvalar kullanılmıştır. Her istasyondan 20 larva değerlendirilmiş ve ortalama yaş ağırlıkları  $0.182 \pm 0.04$  g ( $n=5$ ) olarak belirlenmiştir. Örnekler  $105^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat boyunca kurutulmuş, ardından ayrı tüplere yerleştirilerek 5 ml  $\text{HNO}_3$  ve 0.5 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  karışımıyla sindirilmiş ve son hacim 25 ml'ye ayarlanarak element analizine hazırlanmıştır. Element ölçümleri, Trakya Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Geliştirme Uygulama Merkezi (TÜTAGEM)'de Agilent Technologies 7700 XX ICP-MS sistemi kullanılarak üç tekrarlı şekilde gerçekleştirilmiştir. Chironomid larvalarında toplam 17 element analiz edilmiştir: sodyum (Na), magnezyum (Mg), alüminyum (Al), potasyum (K), kalsiyum (Ca), krom (Cr), manganez (Mn), demir (Fe), kobalt (Co), nikel

(Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (As), selenyum (Se), gümüş (Ag), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb).



Şekil 1. Örneklem İstasyonları

### Chironomid Larvalarından Elde Edilen Potansiyel Toksik Elementler

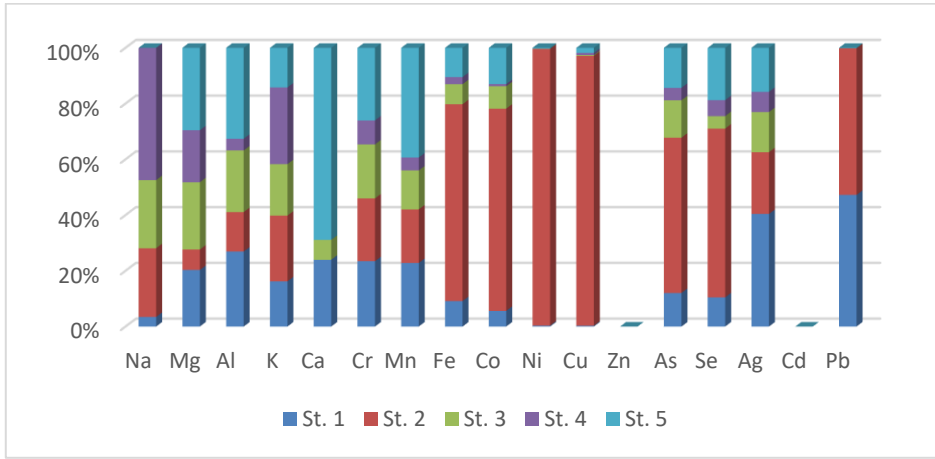
Bu çalışmada, tarımsal, endüstriyel ve evsel atık suların deşarjı nedeniyle yoğun kirliliğe maruz kalan bir sucul sistem olan Ergene Nehri'nden toplanan chironomid larvalarındaki element yükü araştırılmıştır. Analiz edilen 17 elementin konsantrasyonları Tablo 1'de sunulmuştur. Belirlenen istasyonlardan toplanan larvalarda Zn ve Cd tespit edilmemiştir. En yüksek Na konsantrasyonu 4. istasyondan elde edilen larvalarda (1719.17 ppb); Mg 5. istasyonda (3691.88 ppb); Al 5. istasyonda (5674.66 ppb); K 4. istasyonda (2421.22 ppb); Ca 5. istasyonda (33211.11 ppb); Cr 5. istasyonda (27.54 ppb); Mn 5. istasyonda (691.12 ppb); Fe 2. istasyonda (37174.55 ppb); Co 2. istasyonda (60.74 ppb); Ni 2. istasyonda (14921.04 ppb); Cu 2. istasyonda (7449.6 ppb); As 2. istasyonda (7.02 ppb); Se 2. istasyonda (17.62 ppb); Ag 1. istasyonda (1.12 ppb); Pb ise 2. istasyonda (51.82 ppb) kaydedilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Örnekleme istasyonlarına göre chironomid larvalarında tespit edilen element konsantrasyonları

| Element (ppb) | St. 1    | St. 2    | St. 3   | St. 4   | St. 5    | Ortalama |
|---------------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|
| Na            | 125.22   | 892.08   | 886.01  | 1719.17 | 0        | 724.5    |
| Mg            | 2539.17  | 912.26   | 3017.26 | 2334.26 | 3691.88  | 2499     |
| Al            | 4677.17  | 2461.35  | 3847    | 729.68  | 5674.66  | 3478     |
| K             | 1426.18  | 2079.6   | 1623.11 | 2421.22 | 1252.12  | 1760.4   |
| Ca            | 11540.17 | 0        | 3445.41 | 0       | 33211.11 | 9639.3   |
| Cr            | 24.79    | 23.8     | 20.46   | 9.1     | 27.54    | 21.1     |
| Mn            | 400.42   | 337.16   | 245.47  | 80.99   | 691.12   | 351      |
| Fe            | 4801.57  | 37174.55 | 3803.82 | 1330.53 | 5532.73  | 10528.6  |
| Co            | 4.7      | 60.74    | 6.73    | 0.64    | 10.9     | 16.7     |
| Ni            | 53.21    | 14921.04 | 4.41    | 0.07    | 48.13    | 3005.4   |
| Cu            | 24.05    | 7449.6   | 24.74   | 58.23   | 141.45   | 1539.6   |
| Zn            | 0        | 0        | 0       | 0       | 0        | 0        |
| As            | 1.51     | 7.02     | 1.69    | 0.56    | 1.81     | 2.5      |
| Se            | 3.05     | 17.62    | 1.31    | 1.66    | 5.47     | 5.8      |
| Ag            | 1.12     | 0.62     | 0.4     | 0.2     | 0.44     | 0.6      |
| Cd            | 0        | 0        | 0       | 0       | 0        | 0        |
| Pb            | 46.52    | 51.82    | 0       | 0       | 0.13     | 19.7     |

Bu çalışmada, tarımsal, endüstriyel ve evsel atık suların deşarjı nedeniyle yoğun kirliliğe maruz kalan Ergene Nehri'nden toplanan chironomid larvalarındaki element yükü incelenmiştir. Meriç Nehri ile birleşmeden önceki element yükünü gözlemlemek amacıyla İstasyon 5 seçilmiştir. Bu istasyonda, havzanın tamamından gelen kirlleticilerin sedimentte birikmesi beklendiğinden, diğer istasyonlara kıyasla daha yüksek element konsantrasyonlarının görülmesi öngörülmüştür. Çalışmada, İstasyon 5'ten toplanan larvalarda magnezyum (Mg: 3691.88 ppb), alüminyum (Al: 5674.66 ppb), kalsiyum (Ca: 33211.11 ppb), krom (Cr: 27.54 ppb) ve mangan (Mn: 691.12 ppb) konsantrasyonlarının diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Buna karşılık, kurşun (Pb: 51.82 ppb), selenyum (Se: 17.62 ppb), arsenik (As: 7.02 ppb), bakır (Cu: 7449.6 ppb) ve nikel (Ni: 14921.04 ppb) en yüksek düzeyde İstasyon 2'de kaydedilmiştir (Tablo 1). Beklentilerin aksine, İstasyon 5'teki larvaların toplam element yükü diğer istasyonlardan daha yüksek bulunmamıştır (Şekil 2). Bu farklılık, başlıca örnekleme dönemi yağışlı dönemde yapılmış olmasına bağlanabilir. Kurak dönemlerde sediment ve sudaki element birikimi daha kararlı olma

eğilimindedir. Ayrıca larvaların beslenme davranışları ve akış hızındaki değişimler de element alımını etkileyebilmektedir.



Şekil 2. İstasyonlara göre chironomid larvalarında tespit edilen element konsantrasyonlarının karşılaştırmalı dağılımı

## Sonuç

Bu çalışma, yoğun ve karmaşık kirliliğiyle bilinen Ergene Nehri'nden toplanan chironomid larvalarında element analizleri gerçekleştirmiştir. Bu yöntem, daha önce raporlanan su ve sediment kaynaklı kirlenmenin ötesinde, biyotadaki toksik element bulaşmasını da ortaya koymuştur. Bulgular, chironomid larvalarının sucul ekosistemlerde kirliliğin etkili biyolojik göstergeleri olduğunu ve Ergene Nehri'nde yaşayan organizmalar üzerindeki element kirliliği etkisinin göz ardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Her ne kadar bu çalışmada elde edilen konsantrasyon verilerini değerlendirmek için standartlaştırılmış bir element kirliliği indeksi bulunmadığından tam bir ekolojik veya sağlık risk değerlendirmesi yapılamasa da, sonuçlar su ve sedimentin ötesinde sucul ekosistemlerde yaşayan biyotanın da mevcut element kirleticilere maruz kaldığını ve bunları biriktirdiğini açıkça ortaya koyan bir ön çalışma niteliğindedir. Chironomid larvaları balıklar tarafından tüketildiğinde, toksik elementler besin zinciri yoluyla insanlara aktarılabilir ve böylece biyomagnifikasyona katkıda bulunmaktadır. Bu durum, çalışmanın olası risklerin öngörülmesi açısından önemini vurgulamaktadır. Dolayısıyla, gelecekte sucul ekosistemlerde yapılacak kirlilik değerlendirmelerinde su ve sediment analizlerinin yanı sıra biyotanın da dahil edilmesi önerilmektedir.

## Kaynaklar

- Ali, H., Khan, E. & Ilahi, I. (2019). Environmental Chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Hindawi. J. Chem.* 14, 6730305.
- Altowairqi, T.K. & Shafi, M.E. (2024) A comprehensive review of the biodiversity of freshwater fish species in valleys worldwide and in the Kingdom of Saudi Arabia. *J Adv Veterinary Anim Res* 11(2):356. <https://doi.org/10.5455/javar.2024.k784>
- Aydın, G. B. & Çamur-Elipek, B. (2022). Evaluation of Ecological Risk Analyses on Benthic Macroinvertebrates in Paddy Fields at Meriç-Ergene River Basin (Turkish Thrace). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 51(2), 212-223. <https://doi.org/10.26881/oandhs-2022.2.09>.
- Aziz, K.H.H., Mustafa, F.S., Omer, K.M., Hama, S., Hamarawf, R.F. & Rahman, K.O. (2023). Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. *RSC Adv.*, 13, 17595. DOI: 10.1039/d3ra00723e
- Bain, D.J., Yesilonis, I.D. & Pouyat, R.V. (2012). Metal concentrations in urban riparian sediments along an urbanization gradient. *Biogeochemistry*, 107, 67–79.
- Brady, N.C. & Weil, R.R. (2002). *The Nature and Properties of Soils*. Prentice Hall, ISBN: 0130167630, 9780130167637, 960 pp.
- Hossain, M.M., Jahan, I., Dar, M.A., Dhanavade, M.J., Mamtaz, A.F.B., Maxwell, S.J., Han, S. & Zhu, D.A. (2025). Review of Potentially Toxic Elements in Sediment, Water, and Aquatic Species from the River Ecosystems. *Toxics*, 13, 26. <https://doi.org/10.3390/toxics13010026>
- Khdre, A. M., Ramadan, S. A., Ashry, A. & Alaraby, M. (2023a). Chironomus sp. as a Bioindicator for Assessing Microplastic Contamination and the Heavy Metals Associated with It in the Sediment of Wastewater in Sohag Governorate, Egypt. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234, Article 161. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06179-x>.
- Khdre, A. M., Ramadan, S. A., Ashry, A. & Alaraby, M. (2023b). Seasonal variations of microplastic in sediment, Chironomus sp. larvae, and chironomid tubes in two wastewater sites in Sohag Governorate, Egypt. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 125846-125865. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30855-4>.
- Lagrana, C.C., Apodaca, D.C. & David, C.P.C. (2011). Chironomids as Biological Indicators of Metal Contamination in Aquatic Environment. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2, (4), 306-310. DOI: 10.7763/IJESD.2011.V2.142

- Li, C., Wang, H., Liao, X., Xiao, R., Liu, K., Bai, J., Li, B. & He, Q. (2022). Heavy metal pollution in coastal wetlands: A systematic review of studies globally over the past three decades. *J. Hazard. Mater.*, 424, 127312.
- Özgenç, E., Töre, G. Y., Buluş, E. & Şahin, Y. M. (2024). Microplastic Pollution in Surface Waters of Ergene River: Sources and Spread. *International Conference on Engineering, Natural Sciences, and Technological Developments (ICENSTED 2024)*, July 19-21, Erdek/Balıkesir, Türkiye.
- Ramessur, R.T., Parry, S.J. & Ramjeawon, T. (2001). The relationship of dissolved Pb to some dissolved trace metals (Al, Cr, Mn and Zn) and to dissolved nitrate and phosphate in a freshwater aquatic system in Mauritius. *Environ. Int.*, 26, 223–230.
- Reza, R. & Singh, G. (2010). Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 7, 785–792.
- Saini, S. & Dhania, G. (2020). Cadmium as an Environmental Pollutant: Ecotoxicological Effects, Health Hazards, and Bioremediation Approaches for Its Detoxification from Contaminated Sites: in *Bioremediation of industrial waste for environmental safety*, Springer, 357–387.
- Shou, Y., Zhao, J., Zhu, Y., Qiao, J., Shen, Z., Zhang, W., Han, N. & N' uñez-Delgado, A. (2022). Heavy metals pollution characteristics and risk assessment in sediments and waters: The case of Tianjin, China. *Environ. Res.*, 212(1), 113162.
- Sidibe, G., Sumana, S.L., Shuaibu, A. & Xu, L. (2026). Assessing synergistic impacts of climate change and anthropogenic stressors on freshwater ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, 35:65 <https://doi.org/10.1007/s10531-026-03272-5>.
- Tokatlı, C. (2019). Sediment quality of Ergene River Basin: bio–ecological risk assessment of toxic metals. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 706. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7885-2>.
- Tokatlı, C. (2020). Water Quality Assessment of Ergene River Basin Using Multivariate Statistical Analysis. *LimnoFish*. 6(1): 38-46. <https://doi.org/10.17216/LimnoFish.524036>.
- Xu, Y. J., Liu, X. Z. & Ma, A. J. (2004). Current research on toxicity effect and molecular mechanism of heavy metals on fish. *Marine Science*, 28(10), 67–70.
- Yu, G. B., Liu, Y., Yua, S., Wuc, S. C., Leung, A. O. W., Luo, X. S., Xua, B., Li, H. B. & Wongc, M. H. (2011). Inconsistency and comprehensiveness of risk assessments for heavy metals in urban surface sediments. *Chemosphere*, 85, 1080–1087.

Zaynab, M., Al-Yahyai, R., Ameen, A., Sharif, Y., Ali, L., Fatima, M., Khan, K.A. & Li, S. (2022). Health and environmental effects of heavy metals. J. King Saud Univ., Sci., 34, 101653.

## 4. Bölüm

### Kuraklığa ve Tuzluluğa Toleranslı Süs Bitkisi Türlerinin Değerlendirilmesi: Muğla/Ortaca İlçesi Örneği

Hülya AKAT<sup>1</sup>, Handan ÇAKAR<sup>2</sup>

#### 1. GİRİŞ

Son yılların en temel çevresel sorunlarının başında yer alan iklim değişikliği, su kaynaklarının sürdürülebilirliğinden biyolojik çeşitliliğin korunmasına, tarımsal üretimden kentsel yeşil alanların planlanmasına kadar birçok sistemi etkileyen küresel bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Hızlı kentleşme, sanayileşme ve yanlış arazi kullanımları sonucu doğal kaynaklar üzerinde yoğunlaşan baskı, iklim değişikliğinin etkilerini daha fazla hissedilir kılarak sıcaklık artışları, mevsimsel kuraklıklar, yağışlardaki azalmalar ve düzensizlikler ile buharlaşma kayıpları özellikle su kaynaklarının yönetimine stratejik bir önem kazandırmaktadır. Bu durum, suyun yalnızca içme suyu veya tarımsal amaçlı kullanımları açısından değil, ekosistemin devamlılığı ve kentsel yeşil alanların sürdürülebilirliği bakımından da dikkate alınmasını gündeme getirmektedir (Çöp ve Akat, 2021; Karaman ve Gökalp, 2010; Karataş ve Kılıç, 2017; Kavuran, 2021).

Küresel ısınmanın etkisiyle Akdeniz iklim bölgelerinde bulunan su kaynakları üzerindeki baskı belirginleşmekte ve açık yeşil alan tasarımlarının sürdürülebilirliği doğrudan etkilenmektedir. Yüksek su tüketen egzotik türler, geniş çim yüzeyler ve ekolojik koşullara yeterli uyum gösteremeyen bitkisel tasarımlar özellikle yaz kuraklığı döneminde sulama gereksinimini ve bakım maliyetlerini artırmaktadır. Bu nedenle su etkin tasarımlar, kurakçıl peyzaj yaklaşımı, ekolojik toleransı yüksek ve doğal/adapte bitki türlerinin kullanımı gibi yaklaşımlar güncel peyzaj planlama yaklaşımları arasında öne çıkmaktadır (Çetinkale Demirkan ve Akat, 2024; Çorbacı vd., 2011; Çöp ve Akat, 2021; İlhan vd., 2024b; Sandal Erzurumlu, 2025).

Kentsel açık yeşil alanlar, ekosistemin dengelenmesine, mikroklimatik koşulların iyileştirilmesine, hava kalitesinin artırılmasına, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesine ve kullanıcıların yaşam konforunun iyileştirilmesine katkı

<sup>1</sup> Doç. Dr. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ortaca Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı, Muğla, Türkiye. [ahulya@mu.edu.tr](mailto:ahulya@mu.edu.tr), Orcid ID: 0000 0002-0927-8530

<sup>2</sup> Doç. Dr., Ege Üniversitesi Bayındır Meslek Yüksekokulu Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü Peyzaj ve Süs Bitkileri Yetiştiriciliği Programı, İzmir, Türkiye. [handan.cakar@ege.edu.tr](mailto:handan.cakar@ege.edu.tr) Orcid ID: 0000 0001- 7209- 5545

sağlayan önemli kamusal mekânlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alanların ekolojik ve sosyal işlevlerini yerine getirebilmesi, kapladıkları büyüklüğün yanı sıra kullanılan süs bitkilerinin su tüketim düzeyleri, yetiştirme ortamıyla uyumları, bakım gereksinimleri ile çevresel stres faktörlerine tolerans düzeyleriyle de yakından ilişkilidir. Bu bağlamda sürdürülebilir kentsel yeşil alanların tasarımlarında tür seçimleri, yalnızca estetik özellikleri ve bitkisel kompozisyon ölçütleriyle sınırlandırılmayarak bitkilerin ekolojik toleransları, iklimsel uyumları, doğal yayılışları, su istekleri ve uzun dönemli bakım performanslarının da birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Güzel ve Ulus, 2021; Karataş ve Kılıç, 2017; Tırnakçı ve Aklıbaşında, 2023; Türker ve Gül, 2022; Zencirkıran ve Seyidoğlu Akdeniz, 2017).

Akdeniz iklim kuşağındaki açık yeşil alanlarda kullanılan süs bitkilerinin sağlıklı gelişimini ve peyzaj performansını sınırlayan en önemli abiyotik stres faktörleri arasında kuraklık ve tuzluluk sorunları gelmektedir. Kuraklık bitkilerin su potansiyelinin azalmasına, fotosentetik kapasitesinin düşmesine, stomaların kapanmasıyla gelişimin yavaşlamasına ve kalitenin bozulmasına neden olurken, tuzluluk ise osmotik stres, iyon toksisitesi ve besin elementlerinin dengesizlikleri yoluyla bitkilerin gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Buna karşılık bazı süs bitkisi türleri, genetik yapılarına bağlı olarak kuvvetli kök sistemleri ile su kullanım etkinliğini artırma, iyon seçiciliği, osmotik düzenleme, antioksidan savunma sistemleri ve yapısal adaptasyon güçleri sayesinde çevresel stres faktörlerine daha toleranslı olabilmektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011; Öztürk, 2024; Sarıca, 2014; Yılmaz vd., 2011; Zencirkıran ve Sönmez, 2023).

Akdeniz ikliminin özelliklerini yansıtan Muğla'nın Ortaca ilçesi, yaz kuraklıklarının öne çıktığı, kıyısız etkilerin yaşandığı, turizm ve yoğun yerleşim baskıları nedeniyle açık yeşil alanların kullanımının daha fazla önem taşıdığı ilçelerdendir. Bu doğrultuda ilçenin sahip olduğu ekolojik koşullar, özellikle yaz aylarında su gereksinimleri artan açık yeşil alanlardaki süs bitkisi türlerinin seçimini daha kritik bir hâle getirmektedir. Çöp ve Akat (2021) tarafından Muğla-Sarıgerme Halk Plajı ile Akgedik vd. (2025) tarafından Köyceğiz Kulak Mesire Alanı'nda gerçekleştirilen araştırmalarda su etkin peyzaj yaklaşımlarına uygun bitkisel tasarım önerilerinin geliştirilmesi, İlhan vd. (2024b) Ortaca Kültür Park'ın kurakçıl peyzaja dönüşümü ile Çiçek vd. (2026) 100. Yıl Cumhuriyet Parkı çalışmalarında ise mevcut süs bitkilerinin ekolojik tolerans ölçütleri açısından incelenmesi, bu ilçede iklim dostu bitki türlerinin kullanımına ilişkin önemli yerel dayanaklar ortaya koymaktadır.

Bu bölümde, Muğla/Ortaca koşullarında kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı süs bitkisi türlerinin kullanım potansiyelleri değerlendirilerek iklim değişikliği, su kaynakları ve sürdürülebilir peyzaj ilişkisi temelinde süs bitkilerinde kuraklık ve

tuzluluk stresinin etkileri, ekolojik toleransa dayalı bitki seçim kriterleri ve Ortaca'ya uyum sağlayabilecek süs bitkisi türleri ele alınmaktadır. Bu yönüyle çalışma, bölge koşullarına uygun, ekolojik temelli, suyu etkin kullanmayı önceleyen ve uygulanabilir peyzaj stratejileri için yol gösterici bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır.

## **2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SÜRECİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR PEYZAJ YAKLAŞIMI**

Günümüzde iklim değişikliği, açık yeşil alanların planlanmasında dikkate alınması gereken çevresel bir faktör olmanın dışında bitki türlerinin seçimi, su yönetimi, bakım stratejileri ve tasarım kararlarını doğrudan şekillendiren temel bir belirleyici hâline gelmiştir. Artan sıcaklıklar, yağışlardaki azalmalar ile düzensizlikler, kurak dönemlerin uzaması ve su kaynakları üzerindeki baskıların artması, kentsel yeşil alanlarda bitki türlerinin seçimi, sert zemin tercihleri, sulama yönetimi, bakım stratejileri ile ekolojik tolerans konularının birlikte ele alınmasını gündeme getirmiştir. Bu doğrultuda güncel peyzaj tasarım yaklaşımları kapsamında açık yeşil alanlar estetik özellikleri ile rekreasyonel işlevlerinin yanı sıra iklim değişikliğine uyum, su kaynaklarının korunması, biyoçeşitliliğin desteklenmesi ve kent ekosisteminin direncinin artırılması gibi çok yönlü işlevleriyle değerlendirilmesi gerekmektedir (Karataş ve Kılıç, 2017; Kavuran, 2021; Sönmez, 2023; Türker ve Gül, 2022).

Sürdürülebilir peyzaj yaklaşımı, doğal kaynakların korunmasını, bakım girdilerinin azaltılmasını ve açık yeşil alanların kullanım kararlarını ekolojik temellere dayandıran bütüncül bir planlama anlayışıdır. Bu anlayış kapsamında peyzaj tasarımı, mekâna estetik değer katan bir unsur olmanın yanında bitki örtüsü, toprak, su, mikroklima, yaban hayatı ve kullanıcı gereksinimleri arasında denge kuran bir ekosistem yönetim aracı olarak da ele alınmaktadır. Özellikle mevcut kentsel yeşil alanların iyileştirilmesine yönelik çalışmalarda doğal kaynakların korunması, enerji ve su etkin tasarımlar, erişilebilirlik, ekosistem onarımı ve yeşil altyapı bileşenleri sürdürülebilir peyzajın temel dayanakları olarak değerlendirilmektedir (Karataş ve Kılıç, 2017; Kavuran, 2021; Sayan Atanur ve Ersöz, 2020; Türker ve Gül, 2022).

İklim değişikliğine uyum sürecinde sürdürülebilir peyzaj yaklaşımının en kritik bileşenlerinden biri su etkin peyzaj tasarımlarıdır. Kentsel yeşil alanlarda sulama gereksiniminin azaltılması, yağmur suyunun yönetilmesi, toprak neminin korunması, yüzey akışının düşürülmesi ve bitki türlerinin su tüketimlerine göre planlanması bu yaklaşımın temelini oluşturmaktadır. Kurakçıl peyzaj ilkeleri, yeşil altyapı uygulamaları, yağmur bahçeleri, gri su kullanımı ve geçirgen yüzeyler bu kapsamda öne çıkan uygulamalardır (Çakar ve Akat Saraçoğlu, 2023;

Hassamancıoğlu vd., 2025; Kavuran, 2021; Korkut vd., 2016; Tokgöz ve Güngör, 2021).

Kurakçıl peyzaj anlayışı, su etkin peyzaj tasarımlarının yaygın uygulama biçimlerinden biridir. Bu yaklaşım yalnızca az su tüketen ve kuraklığa dayanıklı bitkilerin kullanımını değil aynı zamanda alanın iklim ve toprak özelliklerinin analizini, toprağın su tutma kapasitesinin iyileştirilmesini, uygun bitki seçimini, doğal ve yerel türlere öncelik verilmesini, çim alanların sınırlandırılmasını, hidrozonlamayı, etkin sulama sistemlerini, malç kullanımını, geçirgen yüzeyleri ve bakım uygulamalarının optimizasyonunu birlikte ele almaktadır (Akat Saraçoğlu, 2021; Akat Saraçoğlu vd., 2022; Çetinkale Demirkan vd., 2025; İlhan vd., 2024b; Kavuran, 2021; Yazıcı ve Eroğlu, 2025). Bu bütüncül yaklaşım, su tasarrufunun yanı sıra bakım maliyetlerinin azaltılması, ekolojik dengenin korunması ve iklim değişikliğine daha dirençli kentsel yeşil alanların oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Çetinkale Demirkan ve Akat, 2024; Çorbacı vd., 2011; Çöp ve Akat, 2021; Tokgöz ve Güngör, 2021). Doğal bitki türleri de ekolojik uyumları, düşük bakım gereksinimleri, biyolojik çeşitliliğe katkıları ve yerel peyzaj kimliğini desteklemeleri nedeniyle bu yaklaşım içinde önemli bir yere sahiptir (Aytaş, 2023; Caf ve Yılmaz, 2025; Tırnakçı ve Aklıbaşında, 2023; Yazıcı ve Eroğlu, 2025).

Sürdürülebilir peyzaj tasarımlarında bitki seçimlerinin bilimsel bir temele dayandırılmasında ekolojik tolerans kavramı belirleyici bir ölçüt olarak karşımıza çıkmaktadır. Süs bitkilerinin kuraklık, tuzluluk, rüzgâr, hava kirliliği, su tüketimi, don ve sıcaklık gibi çevresel faktörlere tolerans düzeyleri, peyzaj tasarımlarının başarısını ve bakım maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Birçok farklı ilde yürütülen araştırmalardan elde edilen sonuçlar, sürdürülebilir kentsel yeşil alanların planlanmasında süs bitkisi türlerinin ekolojik tolerans kriterlerine göre değerlendirilmesinin önemli bir avantaj sağladığını göstermiştir (Ateş, 2021; Çiçek, 2026; Güzel ve Ulus, 2021; Kösa, 2023; Zencirkıran ve Seyidoğlu Akdeniz, 2017; Zencirkıran ve Sönmez, 2023).

### **3. ORTACA'NIN EKOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE PEYZAJ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ortaca, Akdeniz iklim kuşağının etkilerinin belirgin şekilde hissedildiği, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen, mikroklimatik özellik sergileyen, ekolojik yapısıyla peyzaj planlamaları kapsamında detaylı değerlendirilmesi gereken yerleşim yerlerindendir. İlçenin kıyı kesimlere yakın konumu, yoğun tarımsal üretim potansiyeli, turizm ve rekreasyon baskısı ile kentsel yeşil alanlara olan gereksinimi, bitkisel tasarım kararlarının estetik ölçütlerin yanı sıra iklimsel ve ekolojik uyum ilkeleriyle birlikte ele alınmasını

da zorunlu kılmaktadır. Özellikle yaz aylarında ilçede yüksek sıcaklıkların görülmesi, yağış miktarlarının azalması ve düzensizleşmesi, buharlaşma kayıplarının artması, kıyı kesimlerinde denizden esen rüzgârların da etkisiyle tuzluluğun daha yoğun hissedilmesi, süs bitkilerinin su tüketimi, kuraklık ve tuzluluğa tolerans açısından değerlendirilmesini gündeme getirmektedir.

İlçenin meteorolojik verileri, kentsel yeşil alanların planlanmasında su etkin peyzaj yaklaşımlarının önemini açıkça ortaya koymaktadır. 2025 yılında en yüksek maksimum sıcaklık 43.6 °C ile Ağustos ayında, en düşük minimum sıcaklık ise -1.0 °C ile Şubat ayında gerçekleşmiş, ortalama yıllık yağış miktarı 75.5 mm, yaz dönemi yağış miktarı ise 10.4 mm olarak kaydedilmiştir (Çiçek, 2026; Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2025). Son on yıllık sıcaklık verileri incelendiğinde, maksimum sıcaklığın 2021 yılı Ağustos ayında 45.5 °C'ye ulaştığı, 2025 yılında ise Temmuz ayında 45.1 °C, Ağustos ayında 43.6 °C olarak gerçekleştiği görülmektedir (Çiçek, 2026; İlhan, 2023; MGM, 2025). Bu veriler, ilçedeki kentsel yeşil alanlarda yüksek sıcaklığa ve kuraklığa dayanıklı, güneşli ortamlara uyumlu, düşük su tüketen ve tuzluluğa toleranslı süs bitkisi türleri kullanımının önemini göstermektedir.

İlçenin yağış verileri de kuraklık riskinin peyzaj planlamasında dikkate alınması gerektiğini desteklemektedir. Son on yıllık dönemde toplam yağış miktarlarının yıllara göre değişkenlik gösterdiği, yağışların büyük ölçüde kış ve sonbaharda yoğunlaştığı, Temmuz ve Ağustos aylarında ise çoğu yıl düşük düzeylerde kaldığı veya hiç gerçekleşmediği iklimsel verilerle ortaya konulmuştur. Yağışlı gün sayısının da yaz döneminde belirgin biçimde azalması, süs bitkilerinin yalnızca yıllık toplam yağışa göre değil, yağışın mevsimsel dağılımına göre seçilmesini gerekli kılmaktadır (Çiçek, 2026; İlhan vd., 2024a; MGM, 2025).

Rüzgâr koşulları da ilçedeki peyzaj planlamalarında dikkate alınması gereken ekolojik faktörler arasındadır. Rüzgârlar, otsu bitkilerde yaz dönemlerinde su stresini yoğunlaştırmakta, ağaç-ağaççık türlerinde ise kış dönemlerinde dal kırılmaları ve devrilmeleri gibi mekanik zararlara yol açabilmektedir. Ayrıca kuraklık ve tuzluluk sorununun yoğun hissedildiği özellikle kıyısız etkilere açık bölgelerde rüzgârlar bitkilerin transpirasyon düzeylerini daha fazla artırarak su kaybını hızlandırmakta ve bitkilerin gelişimlerini olumsuz etkilemektedir. İlçenin son on yıllık iklimsel verileri, rüzgârların yalnızca fiziksel zarar riski bakımından değil aynı zamanda su kaybı açısından da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bölgede kuvvetli rüzgârların kış aylarında daha yoğun görüldüğü, son on yıl için en yüksek rüzgâr hızının 2021 yılında 29.8 m/sn olarak kaydedildiği ve 2025 yılı maksimum rüzgâr hızının ise 26.2 m/sn şeklinde gerçekleştiği bildirilmektedir (Çiçek, 2026; MGM, 2025). Bu nedenle ilçenin

kentsel yeşil alanlarında ağaç-ağaçlık ve çalı türlerinin seçimlerinde kök sistemleri kuvvetli, gövde-dal bağlantıları sağlam yapı sergileyen, sert rüzgârlara dayanımları yüksek türlerin tercih edilmesi önerilmektedir.

Çiçek (2026) Ortaca'daki araştırmasında, incelediği parklar arasında kurakçıl peyzaj yaklaşımıyla tasarlanan Ayhan Parkı'nın mevcut süs bitkileri ile ekolojik tolerans ve sürdürülebilirlik açısından en etkin alan olduğu sonucuna ulaşarak peyzaj tasarımlarının iklim değişikliğine uyum ve sürdürülebilirlik konuları açısından ele alınması gerektiğine dikkat çekmiştir. Ortaca'nın iklimsel verileri ile park ölçeğindeki bulguları birlikte değerlendirildiğinde yaz kuraklığı, yüksek sıcaklıklar, düşük yaz yağışları, yoğun güneşlenme, dönemsel rüzgârların etkisi ile kıyı kesimine yakın bölgelerdeki toprakların tuzluluk düzeyleri, ilçedeki kentsel yeşil alanların sürdürülebilirliğinde temel sorunlar olarak tespit edilmiştir. Bu koşullar altında, fazla su tüketen ve bakım istekleri yüksek bitkisel tasarım anlayışları, uzun vadeli sürdürülebilirlik sergileyemeyeceğinden kuraklığa, tuzluluğa, rüzgâra ve yüksek sıcaklığa dayanıklı, su tüketimi düşük veya orta düzeyde olan, güneşli koşullara uyumlu, doğal/adapte bitkilerin kullanılmasının, ilçedeki kentsel yeşil alanların iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını artırabileceği değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda ilçedeki kentsel yeşil alanların tasarımlarında ekolojik toleransı yüksek süs bitkisi türlerinin seçimi, sulama yönetimi ve alan kullanım kararları birlikte ele alınarak geniş çim yüzeylerin sınırlandırılması, düşük su tüketen ve doğal/adapte bitkilere daha fazla yer verilmesi, benzer su isteğine sahip bitkilerin gruplandırılması, geçirgen yüzeylerin artırılması ve yağmur suyu yönetimine yönelik uygulamaların geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca rüzgâra açık alanlarda dayanıklı bitkilerin kullanımı ile rüzgâr perdelerine yer verilmesi, kıyısal kesimlerde tuzluluğa dayanıklı türlerin tercih edilmesi, sıcak ve yüksek güneşlenme süresine sahip bölgelerde ise kuraklık toleransı yüksek türlerin önceliklendirilmesinin ilçedeki iklim dostu peyzaj tasarımlarının gerçekleştirilmesinde etkili olacağı düşünülmektedir.

Ortaca, yaz kuraklığı, yüksek sıcaklıklar, azalan ve düzensizleşen yağışlar, yoğun güneşlenme, rüzgârların etkisi ve kıyısal tuzluluk riski nedeniyle iklim dostu peyzaj uygulamaları için ildeki öncelikli yerleşim yerlerindendir. İlçenin meteorolojik verileri, süs bitkisi türlerinin seçiminde ekolojik toleransın zorunlu bir değerlendirme ölçütü olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda ilçede yapılması planlanan kentsel yeşil alanlarda, su tüketimi düşük, çoklu stres faktörlerine dayanıklı, bölge ekolojisine uygun türlerin tercih edilerek sürdürülebilir bakım koşullarına uyumlu bitkisel kompozisyonların oluşturulması ve mevcut tasarımların geliştirilmesi ve güçlendirilmesi gerekmektedir.

#### **4. SÜS BİTKİLERİNDE KURAKLIK VE TUZLULUĞUN ETKİLERİ İLE PEYZAJIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ**

Kuraklık ve tuzluluk, süs bitkilerinin performansını, gelişimini, estetik görünümünü ve kalitesini doğrudan etkileyen çevresel stres faktörleri arasında yer almaktadır. Özellikle Akdeniz iklim kuşağında yaz aylarında yağışların azalması, sıcaklıklar ile buharlaşmanın artması, sulama suyu kalitesinin değişebilmesi ve kıyısız alanlarda tuzluluk etkisinin yoğunlaşması, bitkilerin çevresel stres faktörlerine tolerans mekanizmalarının peyzaj tasarımları açısından daha dikkatli değerlendirilmesini gündeme getirmektedir. Bu nedenle özellikle kuraklık ve tuzluluk stresleri, yalnızca çevresel sorunlar değil, aynı zamanda sürdürülebilir bitkisel tasarımların temel belirleyicileri olarak da ele alınması gereken konular arasındandır (Akat Saraçoğlu ve Akat, 2025; Çiçek ve Akat, 2025; Çulha ve Çakırlar, 2011; Sarıca, 2014; Yılmaz vd., 2011).

Kuraklık stresi, bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde çeşitli değişimlere yol açmaktadır. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyu yeterli miktarda alamaması ya da alınan suyun yüksek sıcaklıklar ve rüzgârların etkisiyle buharlaşmalar yoluyla hızla kaybedilmesi sonucunda kuraklık stresi ortaya çıkmaktadır. Su yetersizliği durumunda bitki hücrelerinin turgoru azalmakta, stoma açıklıkları daralmakta, fotosentez hızı düşmekte, yaprak alanları küçülmekte, sürgünlerin gelişimi yavaşlamakta ve biyokütle üretimi azalmaktadır (Clua vd., 2009). Çiçek ve Akat (2025) kuraklık stresinin bitki boyu, kök uzunluğu, yaprak alanı, taze ve kuru biyokütlelerde azalmalar oluşturarak morfolojik ve nispi nem içeriğinin düşmesi, stomaların kapanması, fotosentez hızının yavaşlaması, klorofil içeriğinin azalması gibi bazı fizyolojik etkiler meydana getirdiğini belirtmiştir. Aynı çalışmada kuraklık stresi koşullarında prolin seviyelerinin ve antioksidan enzim aktivitelerinin değişmesi gibi çeşitli biyokimyasal tepkilerin bitkilerin stresle mücadelesinde önemli olduğu da vurgulanmıştır. Süs bitkileri açısından kuraklık stresinin etkileri yalnızca gelişme geriliğiyle sınırlı kalmayıp, yaprak renklerinde solmalar ve dökülmeler, çiçeklenme performansında azalmalar, bitki formlarının bozulması ve görsel değerlerinin ve kalitelerinin düşmesi gibi estetik kayıpların yaşanması da önemli sonuçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle süs bitkilerinde kuraklık toleransı değerlendirilirken türlerin yalnızca hayatta kalma başarısı değil, kurak koşullar altındaki peyzaj performans değerini koruma kapasitesinin de dikkate alınması oldukça önemlidir. Özellikle yoğun kullanımlı kentsel yeşil alanlarda süs bitkilerinin kurak dönemlerde estetik ve işlevsel özelliklerini koruyabilmesi, sürdürülebilir peyzaj tasarımlarının temel koşullarından birini oluşturmaktadır (Çiçek ve Akat, 2025; Doğan, 2025; Doğan ve Yılmaz, 2025; Öztürk, 2015).

Kuraklığa maruz kalan bitkiler, stresin şiddeti ve süresine bağlı olarak kök sisteminin derinleşmesi, kök/gövde oranının artması, yaprak alanının küçülmesi ve kutikulanın kalınlaşması gibi morfolojik tepkiler geliştirebilmektedir. Fizyolojik düzeyde stomaların kapanmasıyla transpirasyon azalırken su kullanım etkinliği artabilmekte, biyokimyasal düzeyde ise prolin, çözünür şekerler ve diğer ozmotik düzenleyicilerin birikimi ile antioksidan savunma sistemleri devreye girmektedir. Çiçek ve Akat (2025), bu tepkilerin türün genetik yapısı, gelişim dönemi ile kuraklığın şiddet ve süresine bağlı olarak değiştiğini; doğru bakım uygulamaları ve bazı biyostimülantların da dayanımı destekleyebildiğini belirtmiştir. Peyzaj alanlarında düşük su isteyen ve bölgenin ekolojik koşullarına uyum sağlayan süs bitkisi türlerini tercih etmek, geniş çim yüzeyleri ve yüksek su isteyen bitkilerin kullanımlarını sınırlandırmak, buharlaşma kayıplarını azaltmak amacıyla malç materyallerinin değerlendirilmesi, tasarruflu sulama sistemlerinin tercih edilmesi ve hidrozonlama uygulamaları kuraklığa karşı geliştirilen temel ilkeler arasında yer almaktadır (Akgedik vd., 2025; Çiçek ve Akat, 2025; Çorbacı vd., 2017; Çöp ve Akat, 2021; İlhan vd., 2024b). Kuraklık stresinin peyzaj alanlarındaki etkilerinin azaltılmasında, bahsi geçen kurakçıl peyzaj ilkelerinin tamamının uygulanması etkili bir strateji olarak karşımıza çıkarken özellikle geçirgen yüzeylerin artırılması ve yağmur suyu yönetimi gibi uygulamaların değerlendirilmesi de su tüketiminin azaltılmasında katkılar sağlamaktadır (Akgedik vd., 2025; Çöp ve Akat, 2021; İlhan vd., 2024a).

Tuzluluk, toprak veya sulama suyunda çözünmüş tuzların bitki gelişimini sınırlayacak düzeylerde birikmesiyle ortaya çıkan önemli bir çevresel stres faktörüdür (Akat Saraçoğlu, 2022; Akat ve Akat Saraçoğlu, 2017; Akat Saraçoğlu ve Akat, 2025). Hatalı sulama işlemleri, tuz içeriği yüksek sulama suları, yetersiz drenaj koşulları, düşük yağışlar, yüksek buharlaşma düzeyleri ile bilinçsiz gübreleme uygulamaları özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzların birikimini artırarak alandaki bitkilerin gelişimlerini olumsuz yönde etkilemektedir (Akat vd., 2020; Akat Saraçoğlu vd., 2019; Akat Saraçoğlu ve Çakar, 2023a; Deliboran ve Savran, 2015). Bu doğrultuda bitkilerin gelişimini sınırlayan tuzluluğun temel etkilerinden biri, toprak çözeltisinin ozmotik potansiyelini düşürerek bitkilerin su alımlarını güçleştirilmesi, diğeri ise sodyum ve klor gibi iyonların yüksek konsantrasyonlarda toksik seviyelere ulaşması olarak karşımıza çıkmaktadır (Qadir ve Schubert, 2002). Tuzluluk ayrıca tohumların çimlenmesini, köklerin gelişimini, su ve besin elementlerinin alınabilirliğini olumsuz etkileyerek bitkilerin büyümelerinin yanı sıra kaliteleri ve verimlerinde de kayıplara yol açabilmektedir (Akat vd., 2020; Akat Saraçoğlu ve Akat, 2022).

Süs bitkilerinde tuzluluk stresi; büyüme ve gelişmenin yavaşlaması, klorofil ve fotosentez düzeylerinin azalması, yaprak yanıklıkları, sürgün gelişimleri ve çiçeklenme gerilemeleri gibi bazı fizyolojik ve bu bitki grupları için oldukça önemli görsel kayıplar oluşturabilmektedir. Bu nedenle tuzluluk toleransının değerlendirilmesinde bitkinin yalnızca yaşamını sürdürmesi değil, estetik görünümünü ve peyzaj performansını koruyabilmesinin de dikkate alınması gerekmektedir (Akat Saraçoğlu ve Akat, 2025; Çulha ve Çakırlar, 2011; Sarıca, 2014; Yılmaz vd., 2011). Ortaca gibi yaz kuraklığının belirgin olduğu ve kıyıs al etkilere açık bölgelerde, yüksek sıcaklıklar ve buharlaşma yoluyla yetersiz drenaj koşulları kuraklığın yanı sıra tuzluluk baskısını da artırabilmektedir. Bu nedenle ilçedeki kentsel yeşil alanlarda kullanılması planlanan türlerin kuraklık toleransı ile birlikte tuzluluğa dayanımlarının da bitki seçim ölçütleri arasında değerlendirilmesi önemli olup mevcut peyzaj tasarımlarının tuzlulukla mücadelede ise drenajın iyileştirilmesi, yıkama uygulamaları, uygun toprak düzenleyicilerin kullanılması, malç uygulamaları ile düşük tuz içeriğine sahip sulama sularının tercih edilmesi gibi yöntemlerden yararlanılması etkili olacaktır. Bununla birlikte yıkama, kazıma ve yapay drenaj gibi uygulamaların maliyet ve iş gücü gereksinimleri dikkate alınarak uygun süs bitkisi türlerinin seçimi ve sulama yönetimi gibi önleyici stratejilerin temel dayanak olarak tercih edilmesi gerekmektedir (Akat Saraçoğlu ve Akat, 2025).

Kuraklık ve tuzluluk çoğu zaman birbirinden bağımsız stres koşulları şeklinde gerçekleşmeyerek birlikte etki eden çevresel baskılar olarak ortaya çıkmaktadır. Tuzluluk kaynaklı ozmotik stres, bitkinin su alımını zorlaştırarak kuraklık benzeri bir etki oluşturmakta, kuraklık ise toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonunun artmasına yol açarak tuzluluğun etkisini şiddetlendirebilmektedir. Bu nedenle özellikle Akdeniz iklim kuşağındaki kentsel yeşil alanlarda kullanılması planlanan süs bitkisi türlerinin seçiminde kuraklık ve tuzluluk toleranslarının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Ortaca gibi yaz kuraklığı belirgin, yüksek sıcaklıklar ile yoğun güneşlenme sürelerine sahip, kıyıs al etkilere açık ve sulama gereksinimleri yüksek bölgelerde yalnızca kuraklığa dayanıklı türlerin seçilmesi yeterli olmayıp kullanılması planlanan süs bitkilerinin yüksek sıcaklıklar, tuzluluk, rüzgârlar ve düşük bakım koşullarına uyum gösterebilmesi de büyük önem arz etmektedir.

Su tüketiminin yoğun olduğu tarımsal alanlardan biri olarak karşımıza çıkan peyzaj tasarımlarında kullanım amaçlarına göre ağaç-ağaççıklar, çalılar, mevsimlik çiçekler, sarılıcı-tırmanıcı bitkiler, yer örtücüler ile çim grupları olarak sınıflandırılan türlerin farklı morfolojileri ile anatomik yapılarından kaynaklı ekolojik istekleri çeşitlilik göstererek su tüketimleri de birbirinden farklılıklar sergilemektedir (Akat vd., 2017). Bu doğrultuda süs bitkilerinde kuraklık ve tuz

stresi etkilerinin, bitkilerin kullanım amaçlarına bağılı olarak farklı biçimlerde değerlendirilmesi gerekmektedir. Ağaç-ağaççık ve çalı türlerinde özellikle gölge sağlamaları, form bütünlükleri, yapraklarının devamlılığı ve çiçeklenme performansları önem taşıırken, yer örtücülerde yüzey kaplamaları, otsu türlerde mevsimsel dönüşüm etkileri, sarılıcı-tırmanıcılarda sarılma ve tutunma kapasiteleri ile çim türlerinde ise renkleri, dokuları, yüzey kaplama oranları, basılmaya dayanıklılıkları ve yenilenme kapasiteleri ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle süs bitkilerinin stres toleransları değerlendirilirken tarımsal ürünlerdeki gibi verim veya biyokütle parametreleri yeterli olmayıp özellikle estetik değer, işlevsel performans, sürdürülebilirlik ve stres sonrasındaki toparlanma kapasitelerinin de birlikte ele alınması gerekmektedir (Doğan, 2025; Doğan ve Yılmaz, 2025; Sarıca, 2014; Sever Mutlu, 2020).

Sonuç olarak kuraklık ve tuzluluk, Ortaca gibi Akdeniz ikliminin belirgin olduğu bölgelerde süs bitkilerinin gelişimini, estetik değerini ve bakım başarısını doğrudan etkileyen temel stres faktörleridir. Bu nedenle sürdürülebilirlik kapsamında süs bitkisi türlerinin seçimlerinde çoklu stres toleransları esas alınarak doğal/adapte türlerin kullanımı, ekolojik dayanım düzeyleri yüksek türlerin önceliklendirilmesi, çim alanların sınırlandırılması, etkin sulama, hidrozonlama, malç ve drenaj iyileştirmesi gibi uygulamaların birlikte değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır (Akat Saraçoğlu ve Akat, 2025; Akgedik vd., 2025; Çorbacı vd., 2017; Çöp ve Akat, 2021; İlhan vd., 2024b).

## **5. KURAKLIĞA VE TUZLULUĞA TOLERANSLI SÜS BİTKİLERİNİN SEÇİM KRİTERLERİ**

Kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı süs bitkilerinin seçimi, türlerin tek bir stres faktörüne dayanıklılığı ile sınırlı olmayıp yaz kuraklıkları, yüksek sıcaklıklar, tuzluluk, rüzgârların etkisi ve yoğun kullanım baskısı gibi birden fazla çevresel faktörün birlikte gerçekleştiği özellikle Akdeniz iklim kuşağındaki bölgelerde çok kriterli bir değerlendirme süreci olarak ele alınmalıdır. Bu süreçte bitkilerin başta kuraklık ve tuzluluk toleransları, su tüketim düzeyleri, rüzgârların etkisi, doğal veya bölgeye adapte olma durumları, yetiştirme koşullarına uyumları, bakım gereksinimleri, estetik değerleri, kullanım amaçları ve yoğunlukları ile bitki kompozisyonunun çeşitliliğinin birlikte değerlendirilmesinin daha etkili olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir (Ateş, 2021; Çiçek vd., 2026; Güzel ve Ulus, 2021; Kösa, 2023; Zencirkıran ve Seyidoğlu Akdeniz, 2017; Zencirkıran ve Sönmez, 2023).

Süs bitkilerinin peyzaj tasarımlarında kullanım tercihlerinin dayanağı olan estetik özelliklerinin yanı sıra kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı tür seçimlerinde bitkilerin bu iki faktöre dayanımlarıyla birlikte birçok fizyolojik olayını etkileyen

temel ölçütlerden biri ise su tüketim düzeyleridir. Su etkin peyzaj uygulamalarında amaç bitkisel yoğunluğu azaltmak değil, benzer su isteğine sahip türleri yakın bölgelerde kullanarak hidrozonlama uygulaması ile sulama yönetimini rasyonelleştirmektir. Ortaca Kültür Park'ta kullanılan süs bitkisi türlerinin önemli bölümünün az ve orta düzeylerde su istemesi, alanın kurakçıl peyzaj ilkeleri kapsamında tasarlanmamasına rağmen bu yaklaşım açısından belirli bir uygunluğa sahip olduğunu ortaya koymuştur (İlhan vd., 2024b). Benzer biçimde Ortaca 100. Yıl Cumhuriyet Parkı'nda türlerin %76.91'inin ve bitki varlığının %76.55'inin az/orta ve orta düzeyde su tükettiği bildirilerek su etkin peyzaj uygulamaları kapsamında su tüketimi açısından uygun bir tasarımın gerçekleştirilmiş olduğu belirtilmiştir (Çiçek vd., 2026). Çiçek (2026), ilçedeki bazı parklarda geniş çim yüzeylerin ve yüksek su tüketimli bitki türlerinin varlığının su etkinliği açısından sınırlandırıcı olduğunu belirterek, çim alanların azaltılması, hidrozonlama uygulamalarının yaygınlaştırılması ve düşük su tüketimli bitki türlerinin kullanımının artırılması gerektiğini de vurgulamıştır.

Kuraklık toleransı, Ortaca gibi yüksek sıcaklıklar ile azalan ve düzensizleşen yağışların yoğun görüldüğü bölgelerde süs bitkisi türlerinin seçiminde temel ölçütlerden biridir. Kuraklığa toleranslı türlerin hayatta kalma başarılarının yanı sıra stres süresince formları, yaprak renkleri, çiçeklenme durumları, örtücülükleri ile görsel kaliteleri gibi peyzaj performans bileşenlerini koruma düzeylerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Süs bitkilerinin kurak ve yarı kurak habitatlara doğal adaptasyonları, su tüketim düzeyleri, yerel çevre koşullarına uyumları, bakım gereksinimleri ve estetik değerlerinin birlikte ele alınması önemli olup stres sonrasında formunu yeniden kazanabilme kapasiteleri de peyzaj kullanım değerleri açısından önemli bir gösterge olarak değerlendirilmektedir (Altaş Çakıl ve Erken, 2025; Doğan, 2025; Doğan ve Yılmaz, 2025; İlhan vd., 2024a).

Tuzluluk toleransı da özellikle kıyısız etkilere açık alanlar, drenaj sorunu bulunan topraklar ve tuzlu sulama suyu riski taşıyan peyzaj uygulamaları için kritik bitki türü seçim ölçütlerindendir. Fizyolojik kuraklık, iyon toksisitesi ve besin elementi dengesizlikleri yoluyla tuzluluk, büyüme ve estetik kaliteyi olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle tuza dayanıklı türlerin seçimi yalnızca sahil kesimleri için değil, toprak tuzluluğu ve su kalitesi sorunları görülebilen diğer kentsel açık yeşil alanlar için de önem taşımaktadır (Çulha ve Çakırlar, 2011; Öztürk, 2024; Sarıca, 2014; Yılmaz vd., 2011).

Rüzgâr faktörü, özellikle kıyısız rekreasyon alanları, yol kenarları ve geniş açıklıklarda rüzgârların şiddeti, yönü, süresi ve kuraklık ile tuzluluk tolerans düzeylerine olan etkileri açısından süs bitkisi türlerinin seçiminde dikkate alınması gereken çevresel faktörlerdendir. Şiddetli rüzgârlar, transpirasyonu ve su kayıplarını artırabilmekte, tuz partiküllerinin taşınmasına aracılık ederek

tuzluluk etkilerini şiddetlendirebilmekte ve hassas türlerde mekanik zararlara neden olabilmektedir. Bursa’da ekolojik tolerans kapsamında kentsel yeşil alanlarda yapılan değerlendirmeler, bitkilerin sahip olduğu zayıf kök ve gövde yapıları, hatalı budama uygulamaları, uygun olmayan toprak koşulları ile altyapı müdahalelerinin bitki devrilmeleri ve dalların kırılma risklerini artırdığını ortaya koyarak özellikle rüzgârlara açık alanlarda güçlü kök yapılarına, sağlam dal-gövde bağlantılarına ve dengeli taç formlarına sahip türlere öncelik verilmesi gerektiğini göstermiştir (Erken ve Parlak, 2025).

Kentsel yeşil alanlarda doğal/adapte bitki türlerinin kullanımı, kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı süs bitkilerinin seçiminde önemli avantajlar sunmaktadır. Doğal/adapte bitkiler, bulundukları ekolojik koşullara uzun süreli uyum göstermeleri nedeniyle kuraklık, sıcaklık, yetersiz toprak verimliliği ve düşük bakım koşullarında çoğu zaman daha başarılı performans sergileyebilmektedir. Ayrıca bu bitkilerin yerel fauna için habitat ve besin kaynağı oluşturma, yerel peyzaj kimliğini güçlendirme, kent ekosistemine ve biyolojik çeşitliliğe katkılar sağlama gibi ekolojik işlevleri de bulunmaktadır (Tırnakçı ve Aklıbaşında, 2023; Yazıcı ve Eroğlu, 2025). Bununla birlikte doğal/adapte türlerin süs bitkisi olarak kullanılabilmesi için yalnızca ekolojik uyumları tek başına yeterli olmayıp bu bitkilerin formları, çiçekleri veya meyvelerinin renkleri ile gösterişli olması, çiçeklenme dönemlerinin uzunluğu, kullanım alanları, üretimlerinin kolaylığı, bakım gereksinimlerinin azlığı ve kullanıcıların güvenliği açısından tehlike yaratmaması gibi özelliklerinin de dikkate alınması oldukça önemlidir.

Ortaca’nın belirgin yaz kuraklığı, yüksek sıcaklıkları, yağışların mevsimsel düzensizliği, kıyasal etkileri ve yoğun rekreasyonel kullanımları göz önünde bulundurulduğunda, bölge ekolojisine ve tasarım alanlarının yetişme koşullarına uyum sağlayabilen, kuraklık ve tuzluluğa toleranslı süs bitkilerinin tercih edilmesi büyük önem taşımaktadır (Çiçek, 2026; İlhan vd., 2024b; MGM, 2025). Süs bitkilerinin ekolojik istekleri ve çevresel stres faktörlerine tolerans düzeyleri tür bazında farklılıklar gösterdiğinden, bitki seçimlerinde yetişme ortamıyla uyum, su tüketimi, iklimsel adaptasyon ve bakım gereksinimlerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Akat vd., 2017; Güzel ve Ulus, 2021; Zencirkıran ve Seyidoğlu Akdeniz, 2017). Türlerin ekolojik gereksinimlerine uygun alanlarda kullanılması, bitkilerin sağlıklı gelişimlerini ve estetik değerlerini korumalarına katkı sağlarken, uygun olmayan yetişme koşulları bitkilerin gelişimini ve uzun dönemli peyzaj performansını sınırlandırabilmektedir (Karataş ve Kılıç, 2017; Tırnakçı ve Aklıbaşında, 2023; Zencirkıran ve Sönmez, 2023). Bu nedenlerle bitkilerin uygun yetişme ortamlarında kullanılması ve türlerin gereksinimlerine uygun bakım işlemleriyle desteklenmesinin bitkisel tasarımların uzun vadeli sürdürülebilirliğinin

sağlanması temel bir yaklaşım olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Çetinkale Demirkan ve Akat, 2024; Kavuran, 2021).

Bitkilerin estetik değerleri, kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı süs bitkisi türlerinin seçiminde ön planda tutulması gereken en temel öğelerin başında gelmektedir. Kentsel açık yeşil alanlar yalnızca ekolojik işlevleri yerine getiren biyofiziksel sistemler değil, aynı zamanda kullanıcıların deneyimlediği kamusal mekânlar olarak da değerlendirilmektedir. Bu nedenle bitkilerin kuvvetli gelişme göstermelerinin yanı sıra çiçeklerinin renkleri, yapraklarının dokuları, formları, meyvelerinin görsel değerleri ve mevsimsel değişim süreçlerindeki etkileri ile mekânsal vurgu sergilemeleri gibi bazı estetik özelliklerinin de kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı süs bitkilerinin seçimlerinde dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Seçim aşamasında bitkilerin estetik değerleri ile ekolojik tolerans kriterleri arasında doğru bir dengenin kurulması gerekmektedir. Başlangıçta gösterişli formları, uzun süreli çiçeklenmeleri veya hızlı gelişimleri nedeniyle tercih edilen yüksek su ve bakım gereksinimine sahip egzotik süs bitkisi türlerinin, kuraklık ve tuzluluk baskısı altındaki koşullarda görsel etkileri ile peyzaj performanslarını sürdürebilmeleri zorlaşmaktadır. Buna karşılık hem estetik hem de ekolojik işlevler taşıyan doğal/adapte bitkilerin kullanılması, Ortaca gibi iklim baskısının yüksek olduğu kıyı bölgelerindeki kurak ve tuzlu açık yeşil alanlarda toleranslı süs bitkisi türlerinin seçimi açısından daha uygun bir yaklaşım sunmaktadır (Altaş Çakıl ve Erken, 2025; Tırnakçı ve Aklıbaşında, 2023; Yazıcı ve Eroğlu, 2025).

Süs bitkilerinin kullanım amaçları ve alandaki kullanım yoğunlukları, tür seçimlerinde dikkate alınması gereken önemli ölçütlerdendir. Farklı kullanım amaçlarına sahip bitki gruplarının ekolojik istekleri ve gelişim özellikleri değiştiğinden, tür seçimlerinin de üstlenecekleri işlevlere göre yapılması gerekmektedir (Akat vd., 2017). Bu durum özellikle çim yüzeylerde daha belirgin olup renk, doku ve kaplama özelliklerinin yanı sıra basılmaya dayanıklılık ve yenilenme kapasitesi de kullanım başarısını belirleyen temel kriterler arasında yer almaktadır (Doğan, 2025; Doğan ve Yılmaz, 2025; Sever Mutlu, 2020). Su etkin ve sürdürülebilir peyzaj tasarımlarında çim yüzeylerin işlevsel gereksinimler doğrultusunda sınırlandırılması önerilmektedir (Çetinkale Demirkan ve Akat, 2024; Kavuran, 2021; Tokgöz ve Güngör, 2021; Yazıcı ve Eroğlu, 2025). Bu nedenle geniş çim yüzeylerin kullanımının azaltılması; aktif rekreasyon, çocuk oyunları, spor ve toplanma amaçlarıyla kullanım yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda ise basılmaya dayanıklı, yenilenme kapasitesi yüksek ve kuraklık ile tuzluluğa toleranslı çim türlerinin tercih edilmesinin daha uygun bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir (Akış, 2025; Sarıca, 2014; Sever Mutlu, 2020).

Kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı süs bitkilerinin seçiminde, bitkisel kompozisyonlarda tür çeşitliliğinin artırılması tekdüze tasarımların önlenmesi ve farklı çevresel koşullar karşısında sistemin dayanıklılığının artırılması açısından önemli bir değerlendirme ölçütüdür. Nitekim bitki türü çeşitliliğinin artmasının ekosistemlerin zamansal kararlılığını destekleyebildiği ve çevresel değişkenlik karşısında işlevlerini daha istikrarlı biçimde sürdürebilmelerine katkı sağlayabildiği bildirilmektedir (Tilman vd., 2006). Bunun yanı sıra kentsel yeşil alanlarda türce zengin ve heterojen bitkisel kompozisyonların, zararlıların doğal düşmanlarının çeşitliliğini ve bolluğunu destekleyerek zararlılara karşı direncin artırılmasına katkı sağlayabileceği ortaya konulmuştur (Nighswander vd., 2021). Bu nedenle tür çeşitliliğinin artırılması, belirli stres faktörleri ile türlere özgü hastalık ve zararlıların tüm bitkisel kompozisyon üzerindeki etkisinin sınırlandırılmasına ve bakım risklerinin azaltılmasına katkı sağlayabilecek önemli bir tasarım yaklaşımı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Tüm bu bahsi geçen ölçütler birlikte değerlendirildiğinde, Ortaca için süs bitkisi türlerinin seçimlerinde kuraklık ve tuzluluk toleransları ile su tüketimleri öncelikli olmakla birlikte rüzgârların etkisi, doğal veya bölgeye adapte olma durumları, yetiştirme koşullarına uyumları, bakım gereksinimleri, estetik değerleri, kullanım amaçları ve yoğunlukları ile bitkisel kompozisyonların çeşitliliğinin de tasarımların karar süreçlerine dâhil edilmesinin sürdürülebilirliğe katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

## 6. MUĞLA/ORTACA İLÇESİ KOŞULLARINDA KURAKLIĞA VE TUZLULUĞA TOLERANSLI SÜS BİTKİSİ TÜRÜ ÖNERİLERİ

Ortaca koşulları için önerilecek süs bitkisi türlerinin seçiminde kuraklık ve tuzluluk toleranslarının yanı sıra su tüketim düzeyleri, rüzgârların etkileri, yetiştirme koşullarına uyumları, bakım gereksinimleri, estetik değerleri, kullanım amaçları ve yoğunlukları ile bölge ekolojisine adaptasyonlarının birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu nedenle ilçe için yapılan bitki türü önerileri, peyzaj işlevleri ve yaşam formları dikkate alınarak ağaç, ağaççık, çalı, yer örtücü ve çim türleri şeklinde gruplandırılmıştır (Altaş Çakıl ve Erken, 2025; Çiçek vd., 2026; Çöp ve Akat, 2021; İlhan vd., 2024a, 2024b).

İlhan vd. (2024a), Ortaca Kültür Park'ın kurakçıl peyzaja dönüşümü çalışmasında doğal türlerin ekolojik, estetik ve ekonomik katkılar sağladığını, az su isteyen ağaç, ağaççık, çalı, yer örtücü ve mevsimlik türlerin bir arada kullanımıyla görsel etkinliği daha yüksek ve sürdürülebilir bitkisel kompozisyonların oluşturulabileceğini belirterek *Pinus pinea*, *Pinus brutia*, *Pinus halepensis*, *Ceratonia siliqua*, *Tamarix tetrandra*, *Spartium junceum*, *Arbutus unedo*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula angustifolia* ve *Erica arborea*

gibi doğal veya bölge ekolojisine uyum sağlayabilecek bazı türlerin kullanımını önermiştir. Benzer şekilde Çiçek (2026) yerel yönetimlerin ekolojik sürdürülebilirliğe ilişkin uygulamalarına katkı sağlamak amacıyla, Ortaca’da gerçekleştirdiği çalışmasındaki parklarda bulunan süs bitkilerini irdeleyerek bölge koşullarına uyum sağlayabilecek ekolojik toleransı yüksek türleri değerlendirmiştir. Bu doğrultuda ilçede kentsel açık-yeşil alanlarda kuraklığa, tuzluluğa, rüzgâra, hava kirliliğine ve yüksek sıcaklığa dayanıklı türlere öncelik verilmesi gerektiği bildirilerek doğal veya bölge ekolojisine uyum sağlayabilen odunsu doğal bitkilerden; *Pinus pinea*, *Pinus brutia*, *Pinus halepensis*, *Cercis siliquastrum*, *Tamarix tetrandra*, *Rosmarinus officinalis*, *Nerium oleander*, *Vitex agnus-castus*, *Spartium junceum*, *Erica arborea*, *Cistus creticus* ve odunsu egzotik türlerden; *Acacia saligna*, *Robinia pseudoacacia* ‘Bessoniana’, *Catalpa bignonioides*, *Pyracantha coccinea*, *Lagerstroemia indica*, *Juniperus horizontalis*, *Lantana camara*, *Washingtonia filifera*, *Washingtonia robusta*’nın değerlendirilebileceği ileri sürülmüştür. Ayrıca doğal veya bölge ekolojisine uyum sağlayabilen otsu doğal bitkilerden; *Lavandula angustifolia*, *Thymus vulgaris*, *Salvia officinalis* ile otsu egzotik türlerden ise *Gazania rigens*, *Vinca minor*, *Cerastium tomentosum* ve sukkulent yapıdaki egzotik yer örtücülerden; *Aptenia cordifolia*, *Mesembryanthemum floribundum*, *Carpobrotus edulis* ile sıcak iklim çim türlerinden; *Cynodon dactylon*, *Cynodon transvaalensis* ve *Zoysia japonica*’nın Ortaca koşullarında ekolojik tolerans ve sürdürülebilirlik açısından kullanılabilecek türler arasında yer aldığı da bildirilmiştir.

Kuraklık ve tuzluluk toleransları açısından peyzaj tasarımlarındaki çim yüzeylerin oluşturulmasında sıcak iklim çim türleri ayrı bir önem taşımaktadır. Akdeniz iklim koşullarına sahip bölgelerde serin iklim çim türlerinin kullanımı özellikle yaz dönemlerinde bu bitkilerin daha fazla sulamaya ihtiyaç duyması ve bu doğrultuda sulamada yaşanan aksaklıklara bağlı olarak sürdürülebilirlik açısından sıkıntılar yaratabilmektedir. Sarıca (2014), sıcak iklim çimlerinden *P. vaginatum* ‘Seasprey’in tuzluluğa en dayanıklı çeşitlerden biri olduğunu, *C. dactylon* ve *Z. japonica* türlerinin de tuzluluğa yüksek düzeyde tolerans göstermeleri ile uygun seçenekler arasında bulunduğunu, Sever Mutlu (2020) ise kurak koşullarda yerli *C. dactylon* ‘Survivor’ın performans bakımından önemli bir potansiyel taşıdığını bildirmiştir. Muğla gibi kıyı şeridinde sahip kuraklık ve tuzluluk baskısının birlikte hissedildiği alanlarda çim türlerinin seçimi, peyzajın sürdürülebilirliği açısından kritik bir önem taşımaktadır. Akat Saraçoğlu ve Çakar (2023b), *C. dactylon*, *C. transvaalensis* ve *Z. japonica* türlerinin kurak ve tuzlu koşullara yüksek düzeyde uyum gösterebildiğini belirterek, kentsel yeşil alanlarda öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca tüm süs bitkilerinin tuzluluğa tolerans düzeylerinin tür ve çeşitlere, bitkilerin gelişme

dönemlerine, toprak özelliklerine, sulama sularının kalitesine ve tuz stresinin yoğunluğu ile süresine göre değiştiği birçok çalışmada belirtilmiştir (Akat Saraçoğlu, 2023; Akat Saraçoğlu ve Kılıç, 2022).

Ortaca’da gerçekleştirilen çalışmalar, bitkisel tasarım kararlarının yalnızca görsel etkiler üzerinden değil aynı zamanda kuraklık, tuzluluk, rüzgâr, hava kirliliği, yüksek sıcaklıklar, su tüketimleri ve bakım gereksinimleri gibi çoklu ölçütlerle ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bitkilerin seçim süreçlerinde doğal ve bölge ekolojisine uyumlu türlerin önceliklendirilmesinin ardından egzotik türlerin kullanımına ihtiyaç duyulduğunda bitkilerin işlevleri ile tasarım amaçlarına bağlı olarak kontrollü kullanılmaları, özellikle düşük su tüketen odunsu türler, tıbbi-aromatik bitkiler, sukkulent yer örtücüler ve sıcak iklim çim türlerinin daha yoğun kullanılmaları önerilmektedir (Akgedik vd., 2025; Çiçek vd., 2026; Çöp ve Akat, 2021; İlhan vd., 2024b).

**Tablo 1.** Muğla/Ortaca Koşullarındaki Kentsel Yeşil Alanların Tasarımlarında Kullanılabilecek Kuraklığa ve Tuzluluğa Toleranslı Süs Bitkisi Türleri

| AĞAÇ-AĞAÇÇIK<br>TÜRLERİ                            | Köken   | Kuraklık<br>Toleransı | Tuzluluk<br>Toleransı | Su<br>Tüketimi | Değerlendirme                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Pinus pinea</i> L.                              | Doğal   | Yüksek                | Orta-<br>yüksek       | Düşük          | Akdeniz iklimine uyumlu; kurak ve tuzlu kıyısallarda kullanıma uygun doğal bir türdür.                                                  |
| <i>Pinus brutia</i> Ten.                           | Doğal   | Yüksek                | Orta                  | Düşük          | Kuraklık ile orta tuzluluğa uygun doğal bir türdür.                                                                                     |
| <i>Pinus halepensis</i><br>Mill.                   | Doğal   | Yüksek                | Orta                  | Düşük          | Kuraklık ve orta tuzluluğa dayanıklılığı nedeniyle sürdürülebilir peyzaj tasarımları için uygun doğal bir türdür.                       |
| <i>Ceratania siliqua</i> L.                        | Doğal   | Yüksek                | Orta-<br>yüksek       | Düşük          | Kuraklık ve tuzluluk stresine uyumu yüksek, Akdeniz bölgelerindeki peyzaj tasarımları için önemli bir doğal türdür.                     |
| <i>Acacia saligna</i><br>(Labill.) H.L.Wendl.      | Egzotik | Yüksek                | Yüksek                | Düşük          | Kuraklık, sıcaklık ve tuzluluk toleransı yüksek olmakla birlikte doğal alanlara komşu bölgelerde istilacılık riski dikkate alınmalıdır. |
| <i>Robinia<br/>pseudoacacia</i> L.<br>‘Bessoniana’ | Egzotik | Orta-<br>yüksek       | Orta                  | Düşük-<br>orta | Kuraklığa uyum gösterebilmekle birlikte tuzluluk açısından                                                                              |

|                                                         |         |                    |                    |             | kontrollü kullanımları daha uygundur.                                                    |
|---------------------------------------------------------|---------|--------------------|--------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Catalpa bignonioides</i> Walter                      | Egzotik | Orta               | Düşük-orta         | Orta        | Sıcak koşullara uyumlu, su tüketimi ve tuzluluk açısından seçici kullanılmalıdır.        |
| <i>Lagerstroemia indica</i> L.                          | Egzotik | Yüksek             | Düşük-orta         | Düşük-orta  | Kuraklığa ve sıcak koşullarda başarılı, ancak tuzluluk açısından seçici kullanılmalıdır. |
| <i>Washingtonia filifera</i> (Linden ex André) H.Wendl. | Egzotik | Yüksek             | Orta-yüksek        | Düşük-orta  | Yüksek sıcaklık, kuraklık ve tuzlu kıyasal koşullara uyumludur.                          |
| <i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.                    | Egzotik | Orta-yüksek        | Orta               | Düşük-orta  | Sıcak ve kurak koşullara uyumlu tuzluluk açısından kontrollü kullanılmalıdır.            |
| <i>Phoenix dactylifera</i> L.                           | Egzotik | Yüksek             | Orta-yüksek        | Düşük-orta  | Yüksek sıcaklık ve kuraklığa dayanıklı, tuzluluk toleransı orta-yüksek düzeydedir.       |
| ÇALI TÜRLERİ                                            | Köken   | Kuraklık Toleransı | Tuzluluk Toleransı | Su Tüketimi | Değerlendirme                                                                            |
| <i>Tamarix tetrandra</i> Pall.                          | Doğal   | Yüksek             | Yüksek             | Düşük       | Kuraklık ve tuzluluğa toleransları nedeniyle kıyasal alanlara uygun doğal bir türdür.    |
|                                                         |         |                    |                    |             |                                                                                          |
| <i>Nerium oleander</i> L.                               | Doğal   | Yüksek             | Orta-yüksek        | Düşük       | Kuraklık ve su açığına uyumlu tuzluluğa dayanıklı doğal bir türdür.                      |
| <i>Vitex agnus-castus</i> L.                            | Doğal   | Orta-Yüksek        | Orta               | Düşük       | Kuraklığa dayanıklı ve sınırlı sulamaya uyum gösterebilen doğal Akdeniz çalılarındandır. |
| <i>Spartium junceum</i> L.                              | Doğal   | Yüksek             | Orta-yüksek        | Düşük       | Kurak, sıcak ve besin maddelerince fakir alanlara uyum gösterebilen doğal bir türdür.    |
| <i>Erica arborea</i> L.                                 | Doğal   | Orta-yüksek        | Düşük-orta         | Düşük-orta  | Akdeniz maki vejetasyonuna uyumlu, kuraklık toleransı görece yüksek doğal bir türdür.    |

| <i>Cistus creticus</i> L.                  | Doğal   | Yüksek             | Orta               | Düşük       | Kuraklığa uyumlu doğal Akdeniz çalı türlerindendir.                                                                                  |
|--------------------------------------------|---------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Rosmarinus officinalis</i> L.           | Doğal   | Yüksek             | Orta-yüksek        | Düşük       | Kuraklığa dayanıklı, belirli düzeydeki tuzluluğa uyumlu doğal bir türdür.                                                            |
| <i>Arbutus unedo</i> L.                    | Doğal   | Yüksek             | Orta               | Düşük       | Kuraklığa dayanıklı, orta düzeydeki tuzlulukta gelişimini sürdürebilen doğal bir türdür.                                             |
| <i>Lavandula stoechas</i> L.               | Doğal   | Orta-yüksek        | Orta               | Düşük       | Düşük su tüketimi ile kuraklığa toleranslı doğal bir türdür                                                                          |
| <i>Thymus vulgaris</i> L.                  | Doğal   | Yüksek             | Orta               | Düşük       | Kuraklığa ve belirli düzeydeki tuzluluğa dayanabilen doğal bir türdür.                                                               |
|                                            |         |                    |                    |             |                                                                                                                                      |
| <i>Salvia officinalis</i> L.               | Doğal   | Yüksek             | Düşük-orta         | Düşük       | Kuraklığa uyumlu olmakla birlikte yüksek tuzluluk koşullarında gelişimi sınırlanabilir.                                              |
| <i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem.         | Egzotik | Orta-yüksek        | Orta               | Düşük-orta  | Kurak ve tuzlu koşullara uyum sağlayabilir.                                                                                          |
| <i>Juniperus horizontalis</i> Moench       | Egzotik | Yüksek             | Orta               | Düşük       | Kuraklığa dayanıklı ve düşük bakım gereksinimli çalı türlerindendir.                                                                 |
| <i>Lantana camara</i> L.                   | Egzotik | Yüksek             | Orta               | Düşük       | Kuraklık ve sıcaklığa dayanıklı olmakla birlikte doğal alanlara komşu bölgelerde istilacılık riski dikkate alınarak kullanılmalıdır. |
| YER ÖRTÜCÜ TÜRLERİ                         | Köken   | Kuraklık Toleransı | Tuzluluk Toleransı | Su Tüketimi | Değerlendirme                                                                                                                        |
| <i>Aptenia cordifolia</i> (L.f.) Schwantes | Egzotik | Yüksek             | Yüksek             | Düşük       | Sukkulent yapısı nedeniyle kuraklık ve tuzluluğa yüksek tolerans gösterir.                                                           |
| <i>Mesembryanthemum floribundum</i> L.     | Egzotik | Yüksek             | Orta-yüksek        | Düşük       | Kurak ve kıyasal koşullara uyumludur.                                                                                                |
| <i>Carpobrotus edulis</i> (L.) NEBr.       | Egzotik | Yüksek             | Yüksek             | Düşük       | Kuraklık ve tuzluluğa dayanıklı olmakla birlikte doğal alanlara komşu bölgelerde istilacılık riski                                   |

|                                         |         |                    |                    |             | dikkate alınarak kullanılmalıdır                                                        |
|-----------------------------------------|---------|--------------------|--------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Gazania rigens</i> L.                | Egzotik | Yüksek             | Orta-yüksek        | Düşük       | Kuraklık, yüksek sıcaklık ve kıyısısal koşullara uyumlu bir yer örtücüdür.              |
| <i>Cerastium tomentosum</i> L.          | Egzotik | Orta-yüksek        | Düşük-orta         | Düşük       | Kurak koşullara uyumlu ve tuzluluk açısından kontrollü kullanılması gereken bir türdür. |
| ÇİM TÜRLERİ                             | Köken   | Kuraklık Toleransı | Tuzluluk Toleransı | Su Tüketimi | Değerlendirme                                                                           |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.      | Egzotik | Yüksek             | Yüksek             | Düşük-orta  | Yüksek sıcaklık ve kuraklığa dayanıklı, tuzluluk toleransı orta-yüksek çim türüdür.     |
| <i>Cynodon transvaalensis</i> Burt Davy | Egzotik | Yüksek             | Yüksek             | Düşük-orta  | Kurak, sıcak ve tuzlu koşullara uygun bir çim türüdür.                                  |
| <i>Zoysia japonica</i> Steud.           | Egzotik | Yüksek             | Yüksek             | Düşük-orta  | Kuraklığa ve tuzluluğa yüksek toleranslı çim türlerindendir.                            |

<sup>2</sup>Not: Kuraklık, tuzluluk ve su tüketimi düzeyleri literatürde bildirilen ekolojik toleranslar temel alınarak göreceli olarak sınıflandırılmıştır (Christoforidi et al., 2022; Mircea et al., 2025; Navarro-Torre et al., 2023; Kumar et al., 2017; Navarro et al., 2008; Uddin et al., 2012; Chen et al., 2009). Tolerans düzeyleri genotip/kültivar, gelişme dönemleri, toprak özellikleri, sulama sularının kalitesi ve stres süresine göre değişkenlik gösterebilmektedir.

## 7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İklim değişikliğine bağlı olarak artan su kıtlığı, şiddetlenen yaz kuraklığı ve kıyısısal alanlardaki tuzluluk sorunları, peyzaj uygulamalarında süs bitkilerinin seçimini ve açık yeşil alan yönetiminin yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Akdeniz iklim kuşağında yüksek su tüketen ve fazla bakım gerektiren süs bitkileri ile oluşturulan bitkisel tasarımların uzun dönemli sürdürülebilirliğinde ciddi sıkıntılar yaşanabilmektedir. Bu nedenle kuraklık ve tuzluluğa toleranslı, düşük su tüketimli ve yerel ekolojik koşullara uygun türlerin kullanımı iklim değişikliğine uyum ve doğal kaynakların korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Muğla/Ortaca ilçesi, belirgin yaz kuraklığı, kıyısısal etkiler, artan turizm ve rekreasyon baskıları ile su kaynaklarının etkin

kullanımına yönelik gereksinimler doğrultusunda iklim dostu ve sürdürülebilir peyzaj yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından önemli bir çalışma alanı oluşturmaktadır. Bölgede gerçekleştirilen çalışmalar, mevcut bitkilerin kuraklık, tuzluluk, rüzgâr, hava kirliliği, ışık isteği ve su tüketimi gibi çoklu ekolojik kriterlerle değerlendirilmesi gerektiğini göstererek aynı zamanda geniş çim yüzeylerin azaltılması, doğal/adapte türlerin artırılması, hidrozonlama ve düşük su tüketimli bitkisel kompozisyonların geliştirilmesiyle sürdürülebilirlik performansının güçlendirilebileceğine işaret etmektedir.

Ortaca koşullarında başarılı ve sürdürülebilir bir bitkisel tasarım için çok kriterli ekolojik uygunluk değerlendirmesi gerekli olup türlerin kuraklık ve tuzluluk toleransları su tüketim düzeyleri, rüzgâr etkileri, yetiştirme koşullarına uyumları, bakım gereksinimleri, estetik değerleri, kullanım amaçları ve yoğunlukları ile bitki kompozisyonunun çeşitliliğinin birlikte ele alınması kuraklık ve tuzluluğa toleranslı bitkisel tasarımların oluşturulmasında uygun bir tasarım modeli sunmaktadır. Bu yaklaşımın hidrozonlama, tasarruflu sulama, malç uygulamaları, geçirgen yüzeyler, yağmur suyu yönetimi ve çim alanların işlevsel gereksinimlerle sınırlandırılması gibi su etkin tasarım araçlarıyla desteklenmesi de oldukça önemlidir.

Kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı süs bitkilerinin seçiminde türlerin kuraklık ve tuzluluk toleranslarının yanı sıra su tüketim düzeyleri, rüzgârların etkileri, estetik değerleri, bakım gereksinimleri, kullanım amaçları ve yoğunlukları ile bitkisel kompozisyonların çeşitliliğinin dikkate alınması gerekmektedir. Bölgedeki peyzaj tasarımlarında Akdeniz iklimine uyumlu türler öncelikli seçenekler olmakla birlikte tasarımların kullanım amaçlarına bağlı olarak egzotik bitkilerden su tüketimi daha düşük ve estetik değeri yüksek olanların kontrollü ve sınırlı bir biçimde değerlendirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Ortaca'da yapılması planlanan kentsel yeşil alanlarda çim yüzeyler, su etkin uygulamalar ile sürdürülebilir peyzaj tasarımlarının oluşturulmasında dikkatle yönetilmesi gereken bileşenler arasında bulunmaktadır. Görsel amaçlı kullanılan geniş çim yüzeylerin yüksek sulama ve bakım gereksinimleri nedeniyle sınırlandırılarak aktif rekreasyon, çocuk oyunları, spor ve toplanma gibi işlevlerin gerektirdiği alanlarda ise kuraklık ve tuzluluğa toleranslı sıcak

iklim çim türlerinin tercih edilmesine öncelik verilmesi daha uygun olacaktır.

Ortaca'da gelecekte yapılması düşünülen kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı türlerin kullanıldığı peyzaj tasarım çalışmaları açısından farklı bitki türlerinin yerel koşullardaki performansını izleyen uzun süreli deneme alanlarının kurulması büyük önem taşımaktadır. Özellikle kuraklık ve tuzluluk toleranslarının yüksek olduğu düşünülen doğal ve adapte türlerin farklı sulama rejimleri, toprak koşulları ve kullanım alanlarında büyüme, estetik kalite, çiçeklenme, yaprak dökümü, bakım gereksinimi ve stres sonrası toparlanma performansı karşılaştırılmasına dair çalışmaların yapılmasının etkili olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yerel ölçekte toprak ve sulama suyu tuzluluğu haritalarının oluşturulması, kentsel açık yeşil alanlarda su tüketiminin izlenmesi ve bitki kayıplarının nedenlerinin kayıt altına alınması, daha güçlü peyzaj tasarım süreci kararlarının alınmasına katkılar sağlayacaktır.

Sonuç olarak Muğla/Ortaca'da kuraklığa ve tuzluluğa toleranslı süs bitkilerinin kullanımı su kaynaklarının korunması, bakım maliyetlerinin azaltılması, açık yeşil alanların ekolojik direncinin artırılması ve yerel peyzaj kimliğinin güçlendirilmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu potansiyelin etkinliği için tür seçimleri çok kriterli ekolojik değerlendirmeye dayandırılmalı, doğal ve adapte türler önceliklendirilmeli, çim alanlar kontrollü ve sınırlı kullanılmalı, bakım gereksinimleri uygun biçimde karşılanmalı ve sulama sistemleri su etkinlik ilkelerine göre planlanmalıdır. Bu doğrultudaki uygulamalar, iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha dirençli ve daha az su tüketen kentsel açık yeşil alanların oluşturulmasına katkılar sunacaktır.

## KAYNAKÇA

- Akat, H., Akat Saraçoğlu, Ö., & Çakar, H. (2020). Yield response of *Limonium sinuatum* cultivars under salinity stress. *Journal of Environmental Biology*, 41(2), 302–309.
- Akat, H., Altunlu, H., Akat Saraçoğlu, Ö., & Yağmur, B. (2020). Tuzlu koşullarda mikoriza uygulamalarının *Cupressus arizonica* ‘Glauca’ çeşidinde bitki gelişimi ve bazı stres parametreleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(4), 511–517.
- Akat, H., & Akat Saraçoğlu, Ö. (2017). The effects of organic substances and foliar calcium applications on *Limonium sinuatum* cultivation in saline conditions. In R. Efe, M. Zencirkıran, J. A. Wendt, Z. Tumsavas, H. Unal, & B. Borisova (Eds.), *Current trends in science and landscape management* (pp. 285–296). St. Kliment Ohridski University Press.
- Akat, H., Şahin, O., Çetinkale Demirkan, G., & Akat Saraçoğlu, Ö. (2017). *Süs bitkileri üretim teknikleri* (İ. Yokaş, Ed.). Efil Yayınevi.
- Akat Saraçoğlu, Ö. (2021). Sulama uygulamaları. In İ. Yokaş & H. Akat (Eds.), *Pratik tarım uygulamaları*. Efil Yayınevi.
- Akat Saraçoğlu, Ö. (2022). The potential of jute (*Corchorus olitorius* L.), a geotextile material, under saline soilless culture conditions in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(1), 397–411. [https://aloki.hu/pdf/2001\\_397411.pdf](https://aloki.hu/pdf/2001_397411.pdf)
- Akat Saraçoğlu, Ö., (2023). Use of Waste Nutrition Solution in Soilless Ornamental Kale Cultivation under Saline Conditions. *JAST (Journal of Agricultural Science and Technology*, 25 (5) :1167-1177. URL: <http://jast.modares.ac.ir/article-23-53309-en.html>
- Akat Saraçoğlu, Ö., & Akat, H. (2022). Topraksız süs lahanası (*Brassica oleracea* var. *acephala*) yetiştiriciliğinde farklı tuzluluk düzeylerinin bazı kalite kriterleri ve bitki besin elementleri üzerindeki etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 114–128. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2307187>
- Akat Saraçoğlu, Ö., & Akat, H. (2025). Süs bitkileri yetiştiriciliğinde tuz stresini azaltmaya yönelik geliştirilen stratejiler. In A. Bayav & A. V. Pepe (Eds.), *Ziraat, orman ve su ürünleri alanında akademik çalışmalar XIII* (pp. 199–240). İKSAD Publishing House. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17161550>
- Akat Saraçoğlu, Ö., & Çakar, H. (2023a). Kurakçıl peyzaj (xeriscape) uygulamalarında kullanılan sulama sistemlerinin irdelenmesi. In K. Özrenk (Ed.), *Ziraat, orman ve su ürünleri alanında uluslararası araştırma ve değerlendirmeler* (Cilt 1, pp. 253–278). Serüven Yayınevi.

- Akat Saraçoğlu, Ö., & Çakar, H. (2023b). Muğla tuzcul alanlarındaki kurakçıl peyzaj çalışmalarında kullanılabilecek çim türleri. In A. M. Bozdoğan & N. Y. Bozdoğan (Eds.), *Ziraat, orman ve su ürünleri alanında akademik araştırma ve derlemeler* (pp. 161–188). Platanus Yayınevi.
- Akat Saraçoğlu, Ö., Köse, M., & Çakar, H. (2022). Yeşil alanlarda kullanılan sulama sistemleri, uygulamalarda karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. In K. Yazıcı (Ed.), *Peyzaj mimarlığı çalışmalarında güncel yaklaşımlar I* (pp. 135–160). İKSAD Yayınevi. <https://iksadyayinevi.com/home/peyzaj-mimarligi-calismalarinda-guncel-yaklasimlar-i/>
- Akat Saraçoğlu, Ö., Meriç, M.K., Tüzel, İ.H., & Kukul Kurttaş, Y.S. (2019). Responses of *Gerbera jamesonii* plants to different salinity levels and leaching ratios when grown in soilless culture. In M. Hasanuzzaman, K. R. Hakeem, K. Nahar, & H. Alharby (Eds.), *Plant abiotic stress tolerance: Agronomic, molecular and biotechnological approaches* (pp. 357–379). Springer Nature.
- Akat Saraçoğlu, Ö., Kılıç, C.C., (2022). Topraksız Baş Salata (*Lactuca sativa* var. capitata) Yetiştiriciliğinde Farklı Tuzluluk Düzeylerinin Bitki Besin Elementlerinin Üzerindeki Etkileri. MAKÜ FEBED Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(2): 161-175. <https://doi.org/10.29048/makufebed.1093085>.
- Akgedik, S.A., Akat, H., & Çetinkale Demirkan, G. (2025). Köyceğiz Kulak Mesire Alanı örneğinde su etkin uygulamaların irdelenmesi. *Bahçe*, 54(Özel Sayı 1), 183–191. <https://doi.org/10.53471/bahce.1539319>
- Akış, R. (2025). *Farklı Cynodon dactylon genotiplerinin tohum canlılığı ile tuzluluk ve kuraklık toleransının belirlenmesi* [Doktora tezi, Iğdır Üniversitesi].
- Altaş Çakıl, E., & Erken, K. (2025). Kuraklığa dayanıklı Akdeniz bitkilerinin potansiyel süs bitkisi özelliklerinin analitik değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26(1), 244–255. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1663178>
- Ateş, Ü. (2021). *Kilis kent parklarında kullanılan bitkilerin ekolojik tolerans faktörleri açısından değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi].
- Aytaş, İ. (2023). Kentsel peyzajda süs bitkisi olarak doğal ağaççık ve çalı türleri. In N. Çiçek & C. Yücedağ (Eds.), *Park ve bahçe süs bitkileri*. İKSAD Publishing House. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10206517>
- Caf, A., & Yılmaz, H. (2025). Kurakçıl peyzaj uygulamalarında doğal bitki materyali kullanım ve gelişimlerinin izlenmesi. *Journal of Anatolian*

- Environmental and Animal Sciences*, 11, 1–12.  
<https://doi.org/10.35229/jaes.1836053>
- Chen, J., Yan, J., Qian, Y., Jiang, Y., Zhang, T., Guo, H., Guo, A., & Liu, J. (2009). Growth responses and ion regulation of four warm season turfgrasses to long-term salinity stress. *Scientia Horticulturae*, 122(4), 620–625.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.07.004>
- Christoforidi, I., Kollaros, D., Manios, T., & Daliakopoulos, I.N. (2022). Drought and salt tolerant plants of the Mediterranean and their diverse applications: *The case of Crete. Land*, 11(11), 2038.  
<https://doi.org/10.3390/land11112038>
- Clua, A., Paez, M., Orsini, H., & Beltrano, J. (2009). Incidence of drought stress and rewatering on *Lotus tenuis*: Effects on cell membrane stability. *Lotus Newsletter*, 39(1), 21–27.
- Çakar, H., & Akat Saraçoğlu, Ö. (2023). Yağmur bahçeleri: Sürdürülebilir su yönetimi ve gelecekteki potansiyeli. In K. Yazıcı (Ed.), *Kentleşme perspektifinden peyzaj mimarlığına bakış* (pp. 121–145). İKSAD Publishing. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10301427>
- Çetinkale Demirkan, G., & Akat, H. (2024). Suyun sürdürülebilir kullanımı kapsamında kurakçıl peyzaj yaklaşımı değerlendirmeleri. In G. Çetinkale Demirkan (Ed.), *Mimarlık, planlama ve tasarımda güncel yaklaşımlar* (pp. 87–105). BİDGE Yayınları.
- Çetinkale Demirkan, G., Turhan Eren, İ., & Âdem, R. (2025). Bir kurakçıl peyzaj tasarımı: Nefes Park örneği. *Kent Akademisi Dergisi*, 18(5), 3002–3027.  
<https://doi.org/10.35674/kent.1679234>
- Çiçek, K. (2026). *Kent parklarındaki süs bitkilerinin ekolojik tolerans, su tüketim durumları ve ışık istekleri açısından değerlendirilmesi: Muğla-Ortaca ilçesi örneği* [Yüksek lisans tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi].
- Çiçek, K., & Akat, H. (2025). Peyzaj düzenleme alanlarında kuraklık stresine karşı geliştirilen stratejiler. In G. Bengisu & C. Demir (Eds.), *Ziraat, orman ve su ürünleri alanında akademik çalışmalar XIX* (pp. 229–274). İKSAD Publishing House. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17229015>
- Çiçek, K., Akat, H., & Çakar, H. (2026). Bir kentsel açık yeşil alanın sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi: Muğla/Ortaca 100. Yıl Cumhuriyet Parkı örneği. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 13(132), 1046–1073.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.21088743>
- Çorbacı, Ö.L., Özyavuz, M., & Yazgan, M.E. (2011). Peyzaj mimarlığında suyun akıllı kullanımı: Xeriscape. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 25–31.

- Çorbacı, Ö.L., Yazgan, M.E., & Özyavuz, M. (2017). *Kurakçıl peyzaj (xeriscape) ve uygulamaları*. Karakayalar Matbaa. [https://www.researchgate.net/publication/315677470\\_KURAKCIL\\_PEYZAJ\\_XERISCAPE\\_VE\\_UYGULAMALARI](https://www.researchgate.net/publication/315677470_KURAKCIL_PEYZAJ_XERISCAPE_VE_UYGULAMALARI)
- Çöp, S., & Akat, H. (2021). Kurakçıl peyzaj çalışmalarında bitkisel uygulamalar: Muğla-Sarıgerme Halk Plajı örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 263–277. <https://doi.org/10.29048/makufebed.934101>
- Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 11, 11–34.
- Deliboran, A., & Savran, Ş. (2015). Toprak tuzluluğu ve tuzluluğa bitkilerin dayanım mekanizmaları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 8(1), 57–61.
- Doğan, S. (2025). *Peyzajda kullanılan bazı süs çalırlarının kuraklık stresi ve sonrası iyileşme performanslarının araştırılması* [Doktora tezi, İnönü Üniversitesi].
- Doğan, S., & Yılmaz, B. (2025). Kuraklık stresi ve sonrasında *Viburnum tinus* L. bitkisinin morfolojik ve fizyolojik tepkilerinin belirlenmesi. *Özal Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 2(1), 42–54.
- Erken, K., & Parlak, S. (2025). Bursa şehrinde açık ve yeşil alanlardaki ağaçların rüzgâr hasarı ve çözüm önerileri. *Bahçe*, 54(Özel Sayı 1), 55–63. <https://doi.org/10.53471/bahce.1549958>
- Güzel, M., & Ulus, A. (2021). Ordu kent merkezi kamusal yeşil alanlarındaki odunsu bitkilerin su tüketimlerine ve ekolojik tolerans kriterlerine göre değerlendirilmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(1), 165–174. <https://doi.org/10.29278/azd.786225>
- Hassamancıoğlu, V.M., Yılmaz Vural, G., Çelik, A., & Erdoğan, S. (2025). Kentsel açık yeşil alanların kurakçıl peyzaj tasarımına uygunluğunun değerlendirilmesi: Tokat kenti örneği. *Research in Agricultural Sciences*, 56(1), 50–65. <https://doi.org/10.17097/agricultureatauni.1508760>
- İlhan, Ö. (2023). *Muğla ili Ortaca ilçesindeki Kültür Park'ın kurakçıl peyzaj (xeriscape) tasarım ilkelerine göre dönüşümü* [Yüksek lisans tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi].
- İlhan, Ö., Akat, H., & Akat Saraçoğlu, Ö. (2024a). Kurakçıl peyzaja dönüşüm projesi kapsamında gerçekleştirilen bitkisel uygulamalar: Muğla-Ortaca ilçesi örneği. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 11(104), 570–582.
- İlhan, Ö., Akat, H., & Akat Saraçoğlu, Ö. (2024b). Muğla ili Ortaca ilçesindeki Kültür Park'ın kurakçıl peyzaj açısından irdelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(4), 1754–1774.

- Karaman, S., & Gökalp, Z. (2010). Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 59–66.
- Karataş, A., & Kılıç, S. (2017). Sürdürülebilir kentsel gelişme ve yeşil alanlar. *Journal of Political Sciences*, 26(2), 53–78. <https://doi.org/10.26650/siyasal.2017.26.2.0003>
- Kavuran, D. (2021). *Sürdürülebilir peyzaj planlama ve tasarım yaklaşımları çerçevesinde mevcut kent parklarının iyileştirilmesi: Mogan Parkı örneği* [Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi].
- Korkut, A., Gültürk, P., & Üstün Topal, T. (2016). Kentsel peyzaj yapılarında zemin geçirimliliği üzerine bir araştırma: Tekirdağ örneği. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2), 412–422.
- Kösa, S. (2023). Antalya bazı kent parklarındaki odunsu bitki taksonlarının ekolojik tolerans kriterleri açısından değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1), 119–136. <https://doi.org/10.24011/barofd.1177812>
- Kumar, D., Al Hassan, M., Naranjo, M.A., Agrawal, V., Boscaiu, M., & Vicente, O. (2017). Effects of salinity and drought on growth, ionic relations, compatible solutes and activation of antioxidant systems in oleander (*Nerium oleander* L.). *PLOS ONE*, 12(9), e0185017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185017>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2025). *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü*. 25 Ocak 2026 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr> adresinden erişildi.
- Mircea, D.-M., Gonzalez-Orenga, S., Sanchez-Moreiras, A., Diaz-Tielas, C., Ferrer-Gallego, P. P., Mir, R., Prohens, J., Vicente, O., & Boscaiu, M. (2025). Tolerance mechanisms and metabolomic profiling of *Kosteletzkya pentacarpos* in saline environments. *Plant Stress*, 16, 100856. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.100856>
- Navarro, A., Bañón, S., Conejero, W., & Sánchez-Blanco, M. J. (2008). Ornamental characters, ion accumulation and water status in *Arbutus unedo* seedlings irrigated with saline water and subsequent relief and transplanting. *Environmental and Experimental Botany*, 62(3), 364–370. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.10.010>
- Navarro-Torre, S., Garcia-Caparrós, P., Nogales, A., Abreu, M.M., Santos, E., Cortinhas, A.L., & Caperta, A.D. (2023). Sustainable agricultural management of saline soils in arid and semi-arid Mediterranean regions through halophytes, microbial and soil-based technologies. *Environmental*

- and *Experimental Botany*, 212, 105397.  
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105397>
- Nighswander, G.P., Sinclair, J.S., Dale, A.G., Qiu, J., & Iannone, B.V. (2021). Importance of plant diversity and structure for urban garden pest resistance. *Landscape and Urban Planning*, 215, 104211.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104211>
- Öztürk, G. (2024). *Tuz stresi altında lavanta (Lavandula officinalis L.) bitkisinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine koyun yünü gübresinin iyileştirici etkisi* [Yüksek lisans tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi].
- Öztürk, N.Z. (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(5), 307–315.
- Qadir, M., & Schubert, S. (2002). Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degradation & Development*, 13(4), 275–294.
- Royal Botanic Gardens, Kew. (t.y.). *Plants of the World Online*. 10 Eylül 2026 tarihinde <https://powo.science.kew.org/> adresinden erişildi.
- Sandal Erzurumlu, G. (2025). İklim değişikliğine uygun süs bitkisinin kullanımı. *Bahçe*, 54(Özel Sayı 1), 393–399. <https://doi.org/10.53471/bahce.1539750>
- Sarıca, N. (2014). *Bazı sıcak iklim çim türlerinin tuzluluğa dayanıklılığının belirlenmesi ve uygulamalar açısından değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi].
- Sayan Atanur, G., & Ersöz, N.D. (2020). Kavramsal gelişim süreçleri ve tasarım bileşenleri bağlamında kent parkları. *Ağaç ve Orman*, 1(2), 66–71.
- Sever Mutlu, S. (2020). Yerli Bermuda çimi ‘Survivor’ın kuraklık dayanımı ve çim performansı. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Özel Sayı), 303–317.
- Sönmez, A. C. (2023). *Peyzaj özellikleri ve ekolojik tolerans bakımından peyzaj bitkilerinin değerlendirilmesi: Ankara Altınpark örneği* [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi].
- Tırnakçı, A., & Aklıbaşında, M. (2023). Doğal bitki türlerinin kentsel alanlardaki bitkisel tasarımlarda kullanımı. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1), 167–177.  
<https://doi.org/10.17474/artvinofd.1150603>
- Tilman, D., Reich, P. B., & Knops, J.M.H. (2006). Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature*, 441, 629–632.  
<https://doi.org/10.1038/nature04742>
- Tokgöz, G., & Güngör, O. (2021). İklim değişikliği ile mücadelede peyzaj uygulamalarında geçirgen sert zemin kullanımının su döngüsüne katkıları.

In *I. Uluslararası Sağlık ve İklim Değişikliği Kongresi tam metinler kitabı* (pp. 102–113).

- Türker, H. B., & Gül, A. (2022). Kentsel açık ve yeşil alanlarının niceliksel analizi ve irdelenmesi: Uşak kent merkezi örneği. *Kent Akademisi*, 15(4), 2088–2109. <https://doi.org/10.35674/kent.999451>
- Uddin, M.K., Juraimi, A.S., Ismail, M.R., Hossain, M.A., Othman, R., & Abdul Rahim, A. (2012). Physiological and growth responses of six turfgrass species relative to salinity tolerance. *The Scientific World Journal*, 2012, 905468. <https://doi.org/10.1100/2012/905468>
- Yazıcı, İ., & Eroğlu, E. (2025). Kentsel yeşil alanlarda kurakçıl peyzaj ve doğal bitki kullanımı. *Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi Dergisi*, 4(1), 1–13.
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., & Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 47–66.
- Zencirkıran, M., & Seyidoğlu Akdeniz, N. (2017). Bursa kent parkları odunsu bitki taksonlarının ekolojik tolerans kriterleri açısından değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2), 11–19. <https://doi.org/10.24011/barofd.321174>
- Zencirkıran, M., & Sönmez, A.C. (2023). Odunsu peyzaj bitkilerinin stres faktörlerine karşı tolerans durumlarının değerlendirilmesi: Ankara-Altınpark örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 116–137. <https://doi.org/10.58816/duzceod.1283264>

## 5. Bölüm

### Türkiye’deki Bazı Önemli Geofitlerin Kurakçıl Peyzaj Uygulamalarında Kullanım Potansiyeli

Özlem AKAT SARAÇOĞLU<sup>1</sup>, Hülya AKAT<sup>2</sup>

#### 1. Giriş

Küresel iklim değişikliği, içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli çevresel sorunlarından biri olarak doğal ekosistemleri, tarımsal üretimi ve kentsel yaşam alanlarını doğrudan etkilemektedir. Küresel düzeyde yaşanan iklim değişikliği ve kuraklık olaylarına bağlı yükselen sıcaklıklar ile yağış rejimlerindeki düzensizlikler, ekstrem meteorolojik olayların sıklığında artışlara neden olmaktadır (Köse ve ark., 2022; Altaş Çakıl ve Erken, 2025). Son yıllarda yayımlanan iklim projeksiyonları, Akdeniz Havzası'nın küresel ölçekte kuraklıktan en fazla etkilenecek bölgelerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle ilerleyen dönemde yaz aylarında yağış miktarlarının daha da azalacağı, sıcak hava dalgalarının sıklaşacağı ve buharlaşmanın daha fazla yoğunlaşacağı öngörülmektedir (Çetin ve Mansuroğlu, 2018). Bu değişimler nedeniyle, doğal bitki örtüsünde bozulmaların, bitkilerin gelişiminde gerilemeler ve peyzaj alanlarının sulama ihtiyaçlarında önemli ölçüde artışların gerçekleşeceği bildirilmektedir (IPCC, 2023). Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle iklim değişikliğinin etkilerini yoğun biçimde hisseden ülkeler arasında yer almaktadır. Özellikle sıcaklık artışları, uzun süreli kuraklıklar ve azalan kullanılabilir su miktarları peyzaj planlama ve tasarımlarında yeni yaklaşımları benimsemeyi zorunlu kılmakta, özellikle kentlerde iklim değişikliğine ilişkin farkındalığın artırılması ve bireylerin bu konuda bilinçlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır (Akat Saraçoğlu ve Çakar, 2023a; Akgedik ve ark., 2025; Çetinkale Demirkan ve Akat, 2024; Çiçek ve ark., 2026; İlhan ve ark., 2024a; İlhan ve ark., 2024b; Damar ve Çetinkale Demirkan, 2025). Kuraklık baskısının giderek arttığı günümüz koşullarında, kentsel yeşil alanlarda daha az su tüketen, bölgenin ekolojik koşullarına uyum sağlayabilen ve bakım maliyetleri düşük bitkilerin kullanımını esas alan peyzaj tasarım yaklaşımları geleneksel peyzaj anlayışının yerini almaya başlamaktadır (Çetin, 2016; Çetinkale Demirkan ve Akat, 2024;

<sup>1</sup> Doç. Dr., Ege Üniversitesi, Bayındır Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Seracılık Programı, İzmir, Türkiye. [ozlem.akat@ege.edu.tr](mailto:ozlem.akat@ege.edu.tr), Orcid ID: 0000-0003-1680-783X

<sup>2</sup> Doç. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ortaca Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı, Muğla, Türkiye. [ahulya@mu.edu.tr](mailto:ahulya@mu.edu.tr), Orcid ID: 0000 0002-0927-8530

Çorbacı ve Ekren, 2022; Çöp ve Akat, 2021; Yazgan ve Özyavuz, 2008). Bu kapsamda geliştirilen kurakçıl peyzaj (Xeriscape) yaklaşımı; doğru bitki seçimi, etkin su kullanımı, uygun toprak yönetimi, malç uygulamaları, sulama uygulamalarının optimizasyonu ve sürdürülebilir bakım ilkelerini birleştiren bütüncül bir sistem olarak değerlendirilmektedir (Akat Saraçoğlu ve Çakar, 2023a; Çakar, 2025a; Çetinkale Demirkan ve ark., 2025; Çorbacı ve Ekren, 2022; Çorbacı ve ark., 2011; Çöp ve Akat, 2021; İlhan ve ark., 2024a). Kurakçıl peyzajın temel amacı yalnızca sulama suyu tüketimini azaltmak değil, aynı zamanda uzun vadede ekolojik direnci yüksek, ekonomik açıdan sürdürülebilir ve biyolojik çeşitliliği destekleyen yeşil alanlar oluşturmaktır. Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) sürdürülebilir kalkınma hedefleri çerçevesinde yeşil alanlarda su kullanımının kısıtlanmasına yönelik teşvik ettiği bazı önlemler ve stratejiler pek çok ülke tarafından benimsenmiştir (Anonim, 2026a). Bu stratejilerin başında, su gereksinimi düşük kserofitlerin (kuraklığa dayanıklı bitkiler) tercih edilmesi, yüksek su tüketen çim yüzeylerin sınırlandırılması ve alternatif yer örtücülerin değerlendirilmesi, bölgeye özgü yerel bitkilerin tasarımlarda daha fazla kullanımı ve sukulent türlerin bitki desenine dahil edilmesi yer almaktadır (Altay ve Odabaş Uslu, 2022; Beard, 2006; Çakar, 2021). Benzer şekilde ülkemizde, süs bitkileri açısından mevzuat çerçevesinde bağlayıcı yaptırımlar bulunmamakla birlikte günde yaklaşık 7-10 l/m<sup>2</sup>'den daha fazla su gereksinimi olan çim türlerinin kullanımının azaltılması ve bunların yerine kuraklığa dayanıklı alternatif bitkilerin yaygınlaştırılması yönünde çeşitli kısıtlayıcı uygulamalar ve politika önerileri gündeme gelmektedir. Düzenli sulama gereksinimi bulunan, susuzluğa dayanımı düşük çiçek parterleri ile estetik özelliklerden daha fazla işlevsel olarak sağladıkları yarar nedeniyle tercih edilen çim yüzeylerin kullanımının sadece fonksiyonel özellikleriyle sınırlı tutulmasının daha etkili olacağı bazı araştırmalarda bildirilmektedir (Akat Saraçoğlu ve Çakar, 2023b; Çorbacı ve Özyavuz, 2024). Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de bu nedenle özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde suyun etkin kullanılmasını esas alan kurakçıl peyzaj yaklaşımının yaygınlaşmaya başladığı gözlemlenmektedir. Kurakçıl peyzaj uygulamalarıyla toprak yüzeyinden buharlaşma ve bitkilerden terleme yoluyla kaybedilen su miktarı azaltılarak sudan %20-50 oranında tasarruf sağlandığı ve peyzaj bakım giderlerinde de %50'ye varan oranlarda azalma kaydedildiği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Metin ve Koçan, 2020). Kurakçıl peyzaj uygulamalarında temel amaç, estetik değerden ödün vermeden su tüketimini azaltmak ve uzun dönemli bakım maliyetlerini düşürmektir. Bu kapsamda bölge florasına ait bitkilerin kullanımı sürdürülebilir peyzaj tasarımının temel ilkelerinden biri

olarak kabul edilmektedir (Çakar, 2025b; Çorbacı ve ark., 2011; Dunnett & Hitchmough, 2004).

Kurakçıl peyzaj uygulamalarının en önemli bileşenlerinden biri doğru bitki seçimidir. Bitkilerin ekolojik istekleri, doğal yayılış alanları ve kuraklığa karşı geliştirdikleri adaptasyon mekanizmaları dikkate alınmadan gerçekleştirilen peyzaj uygulamalarında yüksek sulama maliyetleri, bakım giderleri ve bitki kayıpları kaçınılmaz olmaktadır (Altaş Çakıl ve Erken, 2025; Askan ve ark., 2024; Çakar ve ark., 2025; Çöp ve Akat, 2021; Toscana ve ark., 2019). Bu nedenle son yıllarda doğal floranın kullanımı sürdürülebilir peyzaj tasarımının temel ilkeleri arasında gösterilmektedir (İlhan ve ark., 2024a; İlhan ve ark., 2024b). Kurakçıl peyzaj uygulamalarında farklı çok yıllık süs bitkilerinin su kısıtı altındaki büyüme performanslarının karşılaştırıldığı çalışmalar, türler arasında belirgin farklılıklar olduğunu göstermektedir. Araştırmalar, peyzaj uygulamalarında bitki seçiminin yalnızca estetik özelliklere göre değil, kuraklık toleransı temelinde de yapılması gerektiğini ortaya koymuştur (Çiçek ve ark., 2026). Düşük su koşullarında görsel kalitesini koruyabilen türlerin sürdürülebilir peyzaj tasarımlarında öncelikli değerlendirilmesi gerektiği birçok çalışmada vurgulanmaktadır (Akat Saraçoğlu ve Çakar, 2023b; Çakar ve Akat Saraçoğlu, 2023; Çetinkale Demirkan ve Akat, 2024).

Kuraklığa dayanıklı bitkiler genel olarak kuraklıktan kaçınma ve kuraklığa tolerans olmak üzere iki temel strateji geliştirmektedir. Kuraklıktan kaçınma stratejisinde, bitkilerin yaşam döngülerini kurak dönem başlamadan tamamlamaları ya da bu dönemi toprak altındaki depo organlarında dormanside (uyku hali) kalarak geçirmeleri esas alınmaktadır. Kuraklığa tolerans stratejisi ise, su stresi altında bitkilerin fizyolojik faaliyetlerini sürdürebilmelerini sağlayan morfolojik ve fizyolojik mekanizmaları kapsamaktadır. Bu mekanizmaların başında derin kök sistemi geliştirme, stomaların kapanması, yaprak alanlarının küçülmesi, mumsu kutikula oluşumu, ozmotik düzenlemeler ve karbonhidrat depolaması yer almaktadır (Zollinger ve ark., 2006). Geleneksel peyzaj düzenlemelerinde bitki seçimi, geniş bir coğrafi alandan ve farklı işlevlere sahip çok sayıda türe dayanarak gerçekleştirilmektedir (Savé, 2009). Peyzaj tasarımlarındaki başarı performansı, geleneksel tarımdaki bir başarı ölçütü olarak kabul edilen verimden farklı olarak tek bir ölçülebilir değer ile değil, bu hizmetten yararlanan ve hizmet karşılığında ödeme yapan kullanıcıların beklentilerini ne kadar iyi karşıladığıyla ölçülmektedir. Bu beklentiler arasında estetik görünüm, alanın bitkiler tarafından yeterince gölgelenmesi, bitkilerle tamamen kaplanmış bir toprak ve rekreasyonel faydalar yer almaktadır (Kjelgren ve ark., 2000). Kurakçıl peyzajın en kritik aşamalarından biri, çevresel koşullara uyum sağlayabilen uygun bitki materyalinin belirlenmesidir. Ancak, kentsel yeşil

alanlarda ağırlıklı olarak egzotik türlerin tercih edilmesi ekolojik uyumsuzluk, yüksek bakım maliyetleri ve artan su tüketimi gibi sorunlara yol açmaktadır (Caf ve Yılmaz, 2026). Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu bağlamda sadece düşük su tüketiminin yeterli olmadığı, seçilecek türlerin aynı zamanda yüksek sıcaklıklara, düzensiz yağış rejimine, düşük toprak nemine ve uzun süreli su stresine karşı fizyolojik dayanıklılık göstermesi gerektiği noktasında birleşmektedir. Peyzaj alanlarında doğal floradaki yerel türlerin kullanılmasıyla birlikte kuraklığa daha fazla dayanım, yüksek iklim adaptasyonu, bitki örtüsünde daha az bozulma, desteklenen yaban hayatı, artan toprak verimliliği, azalan bakım ve onarım masrafları yanı sıra su tüketiminin ve buna bağlı giderlerin azalmasına olanak sağlamaktadır (Tel ve Akan, 2021). Kuraklığa dayanıklı süs bitkileri kök/sürgün oranının artırılması, yaprak alanının küçültülmesi, stoma iletkenliğinin azaltılması, fotosentetik etkinliğin korunması ve ozmotik düzenleme gibi çok sayıda morfolojik ve fizyolojik mekanizma geliştirebilmektedir. Bu adaptasyonlar, bitkinin yalnızca yaşamını sürdürmesini değil, aynı zamanda peyzaj değerini koruyabilmesini de sağlamaktadır (Toscano ve ark., 2019).

Kuraklık çalışmalarında, peyzaj uygulamalarında bitki seçiminin yalnızca estetik özelliklere göre değil, kuraklık toleransı temelinde de yapılması gerektiği ortaya konulmuştur. Düşük sulama koşullarında görsel kalitesini koruyabilen türlerin sürdürülebilir peyzaj tasarımlarında öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Zollinger ve ark., 2006). Bu kapsamda dikkat çeken bitki gruplarından biri de geofitlerdir. Kuraklığa dayanıklı süs bitkileri içerisinde değerlendirilme potansiyeli bulunan geofitler, toprak altında bulunan soğan (bulb), soğanımsı gövde (korm), yalancı soğan (pseudobulb), yumru (tuber), yumru kök ve toprak altı yatay gövde (rizom) gibi özelleşmiş depo organları sayesinde mevsimsel kuraklığa yüksek düzeyde uyum sağlayabilmektedir. Bu bitkiler elverişli iklim koşullarında hızla gelişerek vejetasyonlarını tamamlamakta, birçoğu sıcak ve kurak yaz döneminde depo organlarında canlılıklarını koruyarak dormansiye girmektedir (Eker, 2005). Geofitlerin çoğu hem kuraklıktan kaçınma hem de belirli ölçüde kuraklığa tolerans stratejilerini birlikte kullanabilmektedir (Kamenetsky Goldstein, 2019; Kamenetsky & Okubo, 2012).

Özellikle Akdeniz ikliminin egemen olduğu Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde doğal yayılış gösteren birçok geofit türünün yaz kuraklığına yüksek adaptasyon gösterme yetenekleri, bu türleri sürdürülebilir peyzaj uygulamalarında önemli bir yerel bitki kaynağı haline getirmektedir (Dilaver ve ark., 2020). Bununla birlikte kurakçıl peyzaja yönelik literatür incelendiğinde çalışmaların büyük bölümünün odunsu süs bitkileri üzerine yoğunlaştığı geofitlerin kuraklığa dayanıklılığı, düşük bakım gereksinimleri ve

peyzaj performanslarına ilişkin araştırmaların ise sınırlı olduğu görülmektedir. Türkiye’de, yaklaşık 1200 geofit taksonunun bulunması ve bunların önemli bir bölümünün endemik olması, ülkeyi hem genetik kaynakların korunması hem de süs bitkileri sektörü açısından stratejik konuma taşıtmaktadır. Geofitlerin kurakçıl peyzaj uygulamalarındaki işlevsel rolleri, kuraklığa dayanıklılık düzeylerinin karşılaştırılması ve yerli türlerin sürdürülebilir kentsel peyzaj tasarımlarındaki kullanım potansiyelleri günümüzde bütüncül bir biçimde değerlendirilmemiştir. Mevcut araştırmalar çoğunlukla floristik kayıtlar veya taksonomik değerlendirmeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu durum, literatürde önemli bir araştırma boşluğu bulunduğunu göstermektedir. Bu  alışma ile geofitlerin kurakçıl peyzaj uygulamalarındaki önemini ortaya koymak, Türkiye'nin sahip olduğu doğal geofit zenginliğini sürdürülebilir peyzaj tasarımları açısından değerlendirerek kuraklık koşullarına uyum sağlayabilen geofitlerin gelecekteki kullanım potansiyelinin literatür doğrultusunda tartışması amaçlanmıştır.

## **2. Geofitlerin Morfolojik ve Ekolojik  zellikleri  le Kuraklığa Adaptasyon Mekanizmaları**

Geofitler, yaşam döngülerinin önemli bir bölümünü toprak altında bulunan özelleşmiş depo organları (soğan, soğanımsı gövde, yalancı soğan, yumru, yumru kök ve rizom) sayesinde sürdüren çok yıllık otsu bitkilerdir. Bu depo organları yalnızca karbonhidrat ve su rezervi oluşturmakla kalmaz aynı zamanda bitkilerin mevsimsel kuraklık, düşük sıcaklık ve diğer olumsuz  evre koşullarından korunmasını sağlayan yenilenme tomurcuklarını da içermektedir. Bu  zellikler, geofitlerin Akdeniz ikliminin h kim olduğu step ve kurak-yarı kurak ekosistemlerde başarılı bir şekilde yaşamlarını sürdürmelerini mümkün kılmaktadır. Akdeniz ikliminin dışında, geofitler özellikle kurak veya yarı kurak habitatlar ile mevsimsel olarak kuru/soğuk habitatlarda genel biyoçeşitliliğe de önemli katkılar sağlamaktadır (Kamenetsky & Okubo, 2012; Seyidoğlu ve ark., 2009).

Raunkiaer'in (1934) gerçekleştirdiği yaşam formu sınıflandırmasına göre geofitler, yenilenme tomurcuklarını toprak altında koruyan kriptofitler içerisinde değerlendirilmektedir. Toprak  st  organları elverişsiz dönemlerde tamamen kuruyabilmekte, ancak depo organlarında bulunan meristematik dokular sayesinde uygun  evre koşulları oluştuğuunda yeniden sürgün oluşturabilmektedir. Bu  zellik, geofitleri kuraklık ve sıcaklık stresine karşı diğer birçok otsu türden daha avantajlı bir hâle getirmektedir (Kamenetsky & Okubo, 2012).

Kuraklık fotosentezin azalması, hücre turgorunun kaybolması, büyümenin yavaşlaması ve ileri düzeyde bitki kayıplarına kadar uzanan fizyolojik değerikliklere neden olmaktadır. Buna karşılık geofitler, evrimsel süreç içerisinde

geliştirdikleri morfolojik ve fizyolojik mekanizmalar sayesinde kurak dönemleri başarıyla geçirebilmektedir. Kurak koşullarda yetişen geofitlerin toprak üstü ve toprak altı organlarında bulunan çözünür şekerlerin, nişasta ve serbest prolin dağılımının, bitkilerin metabolik durumu ve fenolojik gelişimlerini sürdürme yeteneğini etkilediğine ilişkin çalışma sonuçları bulunmaktadır (Pouris ve ark., 2023). Son yıllarda geofitler üzerine yapılan araştırmalar, bu yaşam formunun bitkilerin mevsimsel iklimlere uyumunda önemli bir adaptasyon stratejisi olduğunu göstermektedir. Özellikle farklı evrimsel kökenlere sahip toprak altı depo organlarının, benzer çevre koşullarına uyum sağlayarak aynı işlevi üstlenmesi, bitkilerin çevresel koşullara benzer yollarla uyum geliştirebildiğinin bir örneğidir (Tribble ve ark., 2021). Dünya genelinde 800'den fazla cinse ait binlerce geofit türü bulunmaktadır. Bu türlerin önemli bir bölümü süs bitkisi olarak değerlendirilmekte olup, kesme çiçek, saksılı bitki, bahçe bitkisi ve peyzaj uygulamalarında ekonomik değer taşımaktadır (Kamenetsky & Okubo, 2012; Marasek-Ciolakowska ve ark., 2021). Özellikle *Tulipa*, *Lilium*, *Narcissus*, *Hyacinthus*, *Crocus*, *Iris*, *Muscari*, *Ornithogalum*, *Allium*, *Fritillaria* ve *Cyclamen* gibi cinsler, süs bitkileri sektöründe değerlendirilen önemli geofit grupları arasında yer almaktadır.

Türkiye'nin, üç farklı fitocoğrafik bölgenin kesişiminde bulunan konumu ve sahip olduğu zengin jeolojik ve topografik çeşitlilik, Türkiye'yi geofit çeşitliliği ve genetik kaynakların korunması bakımından önemli bir merkez konumuna getirmektedir (Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019). Özellikle Akdeniz ikliminin egemen olduğu Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde doğal yayılım gösteren birçok geofit türüne son yıllarda yaygınlaşan su etkin peyzaj tasarımlarında yer verilmediği, daha çok kuraklığa dayanım göstermeleri açısından odunsu türler ile sukulentleri kapsayan bitkiler üzerine yoğunlaşıldığı, geofitlerin kuraklığa dayanıklılığı, düşük bakım gereksinimleri ve peyzaj performanslarına ilişkin araştırmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte geofitlerin, düşük su tüketimleri, mevsimsel renk etkileri, yüksek estetik değerleri ve doğal ekosistemlere uyumları nedeniyle kent parkları, refüjler, kaya bahçeleri, doğal peyzaj alanları ve ekolojik restorasyon projelerinde kullanım potansiyeline sahip olduğu da bilinmektedir. Türkiye'nin Akdeniz Havzası'nın en önemli geofit gen merkezlerinden biri olma özelliğinin (Koyuncu, 1994) getirdiği floristik zenginlik, kurakçıl peyzaj uygulamalarında kullanılabilecek yerel bitki materyali açısından önemli bir avantaj sunmaktadır.

Bu doğrultuda kurakçıl peyzaj tasarımlarında geofitlerin kuraklığa uyum stratejileri yalnızca toprak altı organlarında su ve karbonhidrat depolanmasıyla sınırlı kalmamaktadır. Fenolojik gelişim döngülerini yağışlı dönemlere kaydırmaları, aktif büyüme dönemlerini kısa sürede tamamlamaları ve kurak

dönemlerde ise metabolik faaliyetlerini önemli ölçüde azaltmaları da önemli kuraklığa adaptasyon mekanizmaları arasında sayılmaktadır. Ayrıca, geofitlerin çoğunun ilkbaharda çiçeklenmesi, yaprak yüzey alanlarının sınırlı olması, kalın kutikula tabakaları, stomatal kontrollerinin etkinliği ve ozmotik düzenleme yetenekleri kuraklığa karşı geliştirdikleri diğer önemli mekanizmalardır. Bu nedenle birçok geofit türü, yaz aylarında toprak üstü organlarını tamamen kaybetmesine rağmen toprak altında canlılığını devam ettiren depo organları ile yaşamını sürdürebilmektedir. Bu strateji, kuraklıktan kaçınma ve kuraklığa tolerans mekanizmalarının birlikte görülebildiği başarılı bir yaşam formu örneği olarak değerlendirilmektedir (Kamenetsky & Okubo, 2012; Zollinger ve ark., 2006).

İklim değişikliğinin geofit taksonları üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmalar da artan sıcaklıkların ve azalan su miktarlarının geofitlerin fenolojisini değiştirdiğini, ancak doğal Akdeniz kökenli birçok türün ise bu değişimlere kültür çeşitlerine kıyasla daha yüksek tolerans gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle doğal geofit gen kaynaklarının gelecekte iklim değişikliğine uyum çalışmalarında daha fazla önem kazanacağı öngörülmektedir (Vincent ve ark., 2013). Son on yılda geofit araştırmalarında önemli ilerlemeler kaydedilmiş olmakla birlikte, mevcut literatürün büyük bir bölümü üretim teknikleri, soğanlı bitki endüstrisi, doku kültürü, genetik kaynakların korunması ve ıslah çalışmaları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle ticari önemi yüksek olan *Tulipa*, *Lilium*, *Narcissus* ve *Hyacinthus* cinsine ait türler bu çalışmaların odak noktasını oluşturmaktadır.

### 3. Türkiye'nin Bazı Önemli Geofitleri

Türkiye, Avrupa ile Asya arasında köprü konumunda bulunması, topografik çeşitliliği, farklı iklim tipleri ve Avrupa-Sibirya, Akdeniz ile İran-Turan fitocoğrafik bölgelerinin kesişiminde yer alması nedeniyle önemli bitki gen merkezlerindendir. Yapılan son çalışmalara göre ülkemizde doğal yayılış gösteren yaklaşık 1200 geofit taksonu bulunmakta ve bunların yaklaşık 500'ü endemik özellik sergilemektedir (Güner ve ark., 2018; Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019). Türkiye'nin özellikle Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri geofit çeşitliliği bakımından öne çıkmakta, Akdeniz ikliminin yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı karakteri geofitlerin yaşam döngüsü için elverişli koşullar sağlamaktadır. Bu nedenle *Tulipa*, *Crocus*, *Galanthus*, *Muscari*, *Hyacinthus*, *Iris*, *Ornithogalum*, *Fritillaria*, *Sternbergia*, *Cyclamen* ve *Allium* cinslerine ait birçok tür Türkiye'de doğal yayılış göstermektedir (Kamenetsky & Okubo, 2012; Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019). Bu doğrultuda çalışmada ülkemizde endemik olarak bulunan bazı türlerinde yer aldığı

Amaryllidaceae, Araceae, Colchicaceae, Iridaceae, Liliaceae, Xanthorrhoeaceae ve Orchidaceae familyaları aşağıda incelenmiştir.

### 1. Amaryllidaceae familyası

Türkiye’de bu familya; *Allium*, *Galanthus*, *Sternbergia*, *Narcissus*, *Leucojum* ve *Pancratium* olmak üzere 6 cins ile temsil edilmektedir. *Allium* cinsine ait %37’si endemik olmak üzere 198 takson, *Narcissus* cinsine ait 10 takson ve *Sternbergia* cinsine ait %20’si endemik olmak üzere 5 takson ülkemizde bulunmaktadır (Fırat ve ark., 2015). Türlerin bir bölümü yaz aylarında dormansiye geçerek canlılıklarını koruyabilmektedir. Besin maddesi açısından fakir, kurak ve çorak topraklara dayanıklı, minimum bakım gerektiren, yaz aylarında çiçek açan, çok yıllık bitkilerin bulunduğu bir familya olan Amaryllidaceae’nin kuraklığa dayanım gösteren türleri, kaya bahçeleri ve bordürlerde etkileyici kurakçıl peyzaj düzenlemeleri için değerlendirilebilecek süs bitkileri arasında sayılabilmektedir (Wilmot & Laubscher, 2019). Kurak ve sıcak koşullara dayanımı yüksek olan *Pancratium maritimum* (Kum zambağı) türü özellikle turizm bölgelerindeki tuzlu ve kumul alanlarda doğal olarak yaşamlarını sürdürebilmesi nedeniyle kurakçıl peyzaj yaklaşımında kıyı bölgelerinde rahatlıkla önerilebilecek türlerdendir.

### 2. Araceae familyası

Ülkemizde *Arum*, *Arisarum*, *Biarum*, *Colocasia*, *Dracunculus*, *Eminium*, *Lemna*, *Spirodela* ve *Zantedeschia* olmak üzere 9 cins ile temsil edilmektedir. *Arum* cinsine ait %18’i endemik olmak üzere 17 takson, *Eminium* cinsine ait %17’si endemik olmak üzere 6 takson ve *Biarum* cinsine ait %20’si endemik olmak üzere 10 taksonun bulunduğu bildirilmektedir (Fırat ve ark., 2015). *Zantedeschia aethiopica* türü ülkemizde yalnızca Muğla ili Ula ilçesine bağlı Akçapınar ve Akyaka azmaklarındaki sulak-bataklık alanlarda doğal olarak bulunan rizomlu bir geofittir (Yıldırım ve Erdem, 2019). Bu tür özellikle park ve bahçelerde nemli toprağa sahip alanlarda gruplar halinde kullanıldıklarında, çiçeklenme döneminde yüksek görsel etki oluşturmaktadır.

### 3. Colchicaceae familyası

Colchicaceae familyasının tek cinsi *Colchicum* olup, ülkemizde %45’i endemik olmak üzere 22 taksona sahiptir (Fırat ve ark., 2015). Türkiye’nin *Colchicum* türleri bakımından en zengin ülkelerden biri olduğu söylenebilir (Balık ve ark., 2025). Ülkemizde doğal yayılış gösteren bir tür olmakla birlikte peyzaj alanlarında kullanımı yaygın değildir.

#### 4. Iridaceae familyası

Rizom, korm ve soğan gibi yer altı organlarına sahip geofitler bakımından önemli olan Iridaceae familyası, Türkiye’de *Crocus*, *Gladiolus*, *Gynandris*, *Hermodactylus*, *Iris* ve *Romulea* olmak üzere 6 cins ile temsil edilmektedir (Dönmez ve Işık, 2008). *Crocus* cinsinin %67’si endemik olmak üzere 79 taksonu, *Gladiolus* cinsinin %45’i endemik olmak üzere 11 taksonu, *Iris* cinsinin ise %42’si endemik olmak üzere 57 taksonu bulunurken, *Gynandris* cinsine ait yalnızca 1 taksonun bulunduğu ifade edilmiştir (Fırat ve ark., 2015). Bu cinslere ait türler gösterişli çiçek yapılarına sahiptir. Peyzaj uygulamalarında özellikle bordürlerde ve kaya bahçelerinde kullanıldığı, ancak yaygın bir kullanım göstermediği görülmektedir. *Gladiolus* cinsine ait kültür türleri kesme çiçekçilik sektöründe de kullanılmaktadır.

#### 5. Liliaceae familyası

Ülkemizde bu familyanın *Erythronium*, *Fritillaria*, *Gagea*, *Lilium* ve *Tulipa* olmak üzere 5 önemli cinsi bulunmaktadır. *Fritillaria* cinsi %42’si endemik olmak üzere 38 takson, *Gagea* cinsi %13’ü endemik olmak üzere 31 takson, *Lilium* cinsi %25’i endemik olmak üzere 8 takson ve *Tulipa* cinsi ise %15’i endemik olmak üzere 19 taksonla temsil edilmektedir (Fırat ve ark., 2015). *Fritillaria*, *Lilium* ve *Tulipa* cinslerine ait türler ülkemizde doğal yayılış göstererek hem kesme çiçekçilik ile saksılı süs bitkileri sektöründe hem de peyzaj alanlarında yoğun olarak tercih edilen geofitlerdendir.

#### 6. Xanthorrhoeaceae familyası

2016 yılında yapılan güncellemeye göre APG IV (2016) (The Angiosperm Phylogeny Group) sınıflandırmasına göre daha önce Xanthorrhoeaceae altında değerlendirilen cinsler, dünya genelinde yaklaşık 34 cins ve 3000’den fazla türle temsil edilmektedir. Ayrıca, Xanthorrhoeaceae familyasından olduğu ifade edilen *Hemerocallis* daha önceleri Türkiye florasında doğal yayılış gösteren bir cins olarak tanımlanırken (Fırat ve ark., 2015) günümüzde kültür bitkisi olarak yetiştirildiği de ifade edilmektedir. Türkiye florasında bu familya doğal olarak başlıca *Asphodeline*, *Asphodelus* ve *Eremurus* cinsleri ile temsil edilmektedir (Güner ve ark., 2018; Koçyiğit ve ark., 2023). Bunlar arasında *Asphodeline*, yaklaşık 23 takson ile en zengin cinslerden biri olup, taksonlarının yaklaşık %47’si endemiktir. Buna karşılık *Eremurus* cinsine ait Türkiye florasında iki doğal taksonu bulunmaktadır (Fırat ve ark., 2015). Tür zenginliği, endemizm oranı ve kurak-yarı kurak habitatlara uyum sağlayan ekolojik özellikleri nedeniyle özellikle *Asphodeline* türleri, kurakçıl peyzaj tasarımlarında

değerlendirilme potansiyeli taşıyan yerli geofitler arasında yer almaktadır (Basile ve ark., 2026; Güner ve ark., 2012; Kamenetsky & Okubo, 2012).

#### **7. Orchidaceae familyası**

Türkiye florasında Orchidaceae familyasına ait, *Anacamptis*, *Cephalanthera*, *Coeloglossum*, *Corallorhiza*, *Dactylorhiza*, *Epipactis*, *Epigonium*, *Gennia*, *Goodyera*, *Gymnadenia*, *Himantoglossum*, *Limodorum*, *Listera*, *Neotinea*, *Neottia*, *Ophrys*, *Orchis*, *Platanthera*, *Serapias*, *Spiranthes*, *Stevaniella* ve *Traunsteinera* olmak üzere 22 cinsin bulunduğu bildirilmiştir. *Anacamptis*, *Coeloglossum*, *Corallorhiza*, *Goodyera*, *Gymnadenia* cinsleri ülkemizde sadece birer taksonla temsil edilmektedir. *Limodorum* ve *Traunsteinera* cinsleri ise 2 taksonla temsil edilmektedir. Ülkemiz florasında, *Cephalanthera* cinsinin %33'ü endemik olmak üzere 9 taksonu, *Dactylorhiza* cinsinin %42'si endemik olmak üzere 33 taksonu, *Epipactis* cinsinin %14'ü endemik olmak üzere 14 taksonu, *Himantoglossum* cinsinin %25'i endemik olmak üzere 4 taksonu, *Ophrys* cinsinin %41'i endemik olmak üzere 88 taksonu, *Orchis* cinsinin 50 taksonu, *Platanthera* cinsinin 4 taksonu, *Serapias* cinsinin ise 7 taksonun yer aldığı bildirilmiştir (Fırat ve ark., 2015).

#### **4. Türkiye'deki Kurakçıl Peyzaj Uygulamalarında Geofitlerin Kullanım Potansiyeli**

Geofitler, kısa süreli ancak dikkat çekici çiçeklenme dönemleri, farklı renkleri ve formları, düşük bakım gereksinimleri, çok yıllık yaşam özelliği sergilemeleri nedeniyle geleneksel peyzaj düzenlemelerinde geniş kullanım olanaklarına sahip süs bitkisi grubudur (Akat ve ark., 2017). Kent meydanları, refüjler, rekreasyon alanları, parklar, kaya bahçeleri, botanik bahçeleri, doğal peyzaj alanları ve yağmur bahçelerinde başarıyla değerlendirilebildikleri gibi iç mekânlarda saksılı süs bitkisi olarak da rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca ağaç ve çalı grupları altında doğal yayılım etkisi oluşturacak şekilde uygulanmaları ile mevsimsel olarak görsel çeşitlilik de sağlamaktadır (Erduran Nemutlu & Çelik Çanga, 2021). Kurakçıl peyzaj tasarımlarında kullanılacak bitki türlerinin seçiminde yalnızca estetik özellikler değil, aynı zamanda kuraklığa dayanım, ekolojik uyum, düşük bakım gereksinimi ve yerel flora adaptasyon özelliklerinin de dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda Türkiye'nin doğal geofit florası belirtilen kriterlerin önemli bir bölümünü karşılamaktadır. Geofitlerle yapılacak peyzaj tasarımlarında çiçeklenme dönemi ve zamanı, bitkilerin boyu, çiçeklerin rengi ile boyutu, bitkilerin dokusu ve diğer bitkilerle olan kombinasyonları gibi birçok faktörün göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Bhat, 2023). Bu amaçla geniş bir kullanım alanına sahip olan ve literatürde peyzaj uygulamalarında en sık önerilen geofit cinsleri arasında *Allium*, *Cyclamen*,

*Crocus*, *Fritillaria*, *Gladiolus*, *Hyacinthus*, *Iris*, *Muscari*, *Narcissus*, *Ornithogalum*, *Sternbergia* ve *Tulipa* 'nın yer aldığı bilinmektedir. Bu cinslere ait türler ilkbahardaki çiçeklenmeleri, gösterişli çiçekleri, düşük bakım gereksinimleri ve doğal yayılım özellikleri nedeniyle kaya bahçeleri, refüjler, çim alanlar, bordürler, ağaç altları ve doğal peyzaj düzenlemelerinde başarıyla kullanılabilir (Dinçer ve ark., 2016; Kızıl ve ark., 2015; Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019). Bu bağlamda kurak iklim koşullarına uyum sağlayarak, kurakçıl peyzaj tasarımlarında kullanım potansiyeli bulunan bazı geofitlerin temel özellikleri ve tercih edilme nedenleri aşağıda verilmiştir.

### ***Allium* spp. (Süs Soğanı)**

*Allium*, Türkiye florasının takson zenginliği bakımından en önemli geofit cinslerinden biridir. Güncel taksonomik değerlendirmelere göre Türkiye'de yaklaşık yarısı endemik olan 220-230 doğal *Allium* taksonunun bulunduğu bildirilmektedir (Güner ve ark., 2018; Koçyiğit ve ark., 2023). Tunikat veya retikulat yapılı gelişmiş soğanları, küre ya da yarı küre formdaki çiçek durumları ve yaz dormansisiyle ilişkili fenolojik adaptasyonları, *Allium* türlerinin mevsimsel kuraklığa uyum açısından peyzaj değeri oluşturulmasında belirleyici morfolojik ve ekolojik özellikleri olarak kabul edilmektedir (Fritsch & Friesen, 2002; Kamenetsky & Okubo, 2012). Birçok *Allium* türü aktif büyümesini ilkbahar aylarında tamamladıktan sonra yaz döneminde dormansiye geçerek mevsimsel kuraklıktan kaçınmaktadır. Toprak altındaki depo organlarında su ve karbonhidrat rezervlerini koruyabilmeleri, özellikle yaz kuraklığının belirgin olduğu Akdeniz iklim koşullarına uyum sağlamalarında önemli rol oynamaktadır (Kamenetsky & Okubo, 2012). Taşıdıkları estetik değer, düşük bakım gereksinimleri ve zengin doğal tür çeşitliliği sayesinde *Allium* türleri; kaya bahçeleri, doğal bitkilendirme alanları, bordürler ve su etkin peyzaj uygulamalarında kullanılabilecek önemli yerli geofitler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, kuraklığa dayanıklılık düzeyi türler arasında farklılık gösterebildiğinden su etkin peyzaj tasarımlarında tür bazında değerlendirme yapılması önerilmektedir (Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019).

### ***Crocus* spp. (Çiğdem)**

*Crocus* türleri sonbahar veya erken ilkbaharda çiçeklenmeleri, kısa vejetasyon süreleri, dormansi özellikleri ve kurak dönemlerini kormalarıyla toprak altında geçirebilmeleri nedeniyle kurakçıl peyzaj uygulamalarında değerlendirilme potansiyeli bulunan geofitler arasında kabul edilmektedir (Kamenetsky & Okubo, 2012; Mathew, 1982). Özellikle kaya bahçeleri, doğal çayırliklar ve kent parklarında renk etkileri ile görsel çeşitliliğin ve sürekliliğin artırılmasında

önemli bir bitkisel materyal olarak değerlendirilmektedir (Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019). Türkiye’de Anzer Yaylası’nda yürütülen fenolojik bir çalışma, doğal *Crocus* türlerinin peyzaj düzenlemelerinde kullanılabilecek estetik değere sahip olduğunu göstermektedir (Dinçer ve ark., 2016).

### ***Cyclamen* spp. (Siklamen/Tavşankulağı)**

Ülkemizin birçok bölgesinde doğal bulunan *Cyclamen* türleri, Güney Avrupa, Batı Asya, Anadolu ve Kafkasya’nın büyük bir bölümünde yayılış göstermektedir. Türkiye, çok sayıda doğal *Cyclamen* türüne ev sahipliği yapması ve endemik taksonlar içermesi nedeniyle cinsin önemli gen merkezlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Grey-Wilson, 2015; Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019). Türkiye florasında bu cinsin yaklaşık 10 doğal türü bulunmaktadır. Türlerin büyük bölümü doğal olarak ormanlık alanlar, maki açıklıkları ve çalı formasyonları altında yer alan yarı gölge habitatlarda gelişim gösteren, toprak altı yumru kök yapısına sahip çok yıllık geofitlerdir (Şahin & Bürün, 2010; Haspolat ve ark., 2016). Kurakçıl peyzaj açısından değerlendirildiğinde *Cyclamen* türlerinin avantajı, yaz aylarında dormansiye girerek kurak dönemi yumru halinde toprak altında geçirebilmeleridir. Bununla birlikte *Cyclamen* türlerinin aktif büyüme ve çiçeklenme dönemlerinde iyi drene edilmiş, organik maddece zengin ve yeterli nem sağlayan toprak koşullarına gereksinim duymaları nedeniyle, sürekli kurak yetiştirme koşullarına tam toleranslı türler olarak kabul edilmesi doğru olmamaktadır. Daha çok mevsimsel kuraklığa uyumlu, yarı gölge alanlarda doğal Akdeniz bitki topluluklarıyla birlikte planlanan düşük su tüketimli peyzaj uygulamalarında değerlendirme potansiyeli bulunan geofitler arasında gösterilmektedir (Grey-Wilson, 2015; Kamenetsky Goldstein, 2019; Kamenetsky & Okubo, 2012). Aynı zamanda kültüre alınmış *Cyclamen* türleri son yıllarda saksılı süs bitkisi olarak da değerlendirilmektedir.

### ***Fritillaria* spp.**

Türkiye, *Fritillaria* cinsinin dünya üzerindeki önemli gen merkezlerinden biri olup, doğal yayılış gösteren çok sayıda taksona ve yüksek endemizm oranına sahiptir (Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019, Tekşen & Aytaç, 2011; Yıldırım ve Tekşen, 2021). Bu cinsin dünyada ve ülkemizde en çok tanınan iki türü *Fritillaria imperialis* L. (Ters Lale, Ağlayan Gelin, Kral Lalesi) ve *Fritillaria persica* L. (Adıyaman Lalesi) türüdür. Cinsin en tanınmış bu iki türü Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yayılış göstermekte olup, gösterişli çiçekleri, iri bitki formu ve ilkbahar döneminde oluşturduğu yüksek görsel etkiler nedeniyle peyzaj düzenlemelerinde önemli kullanım potansiyeli taşımaktadır (Anonim, 2026b; Kamenetsky & Okubo, 2012; Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019;

Tekşen & Aytaç, 2011; Kahraman ve Özzambak, 2006). Bununla birlikte bu cinse ait birçok endemik türün doğal popülasyonları habitat kaybı, arazi kullanımındaki değişimler ve bilinçsiz soğan sökümü nedeniyle baskı altında kalmaktadır (Yıldırım ve Tekşen, 2021). Bu nedenle bazı *Fritillaria* türlerinin uluslararası ticareti Nesli Tehlike Altındaki Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme (CITES) kapsamında düzenlenmekte olup, Türkiye'de ise doğal geofitlerin doğadan sökümü ve ihracatı ilgili ulusal mevzuat çerçevesinde izin ve kota uygulamalarına tabi tutulmaktadır (CITES, 2023; Kamenetsky & Okubo, 2012). Bu nedenle peyzaj uygulamalarında doğal popülasyonlardan temin edilen materyaller yerine kültüre alınmış ve kontrollü üretim yoluyla elde edilmiş bitkisel materyallerin kullanılması önerilmektedir (Kamenetsky & Okubo, 2012; Tekşen & Aytaç, 2011). Türkiye'nin doğal ve kültürel mirasının önemli simge geofitleri arasında olan bu iki türün yaz aylarında dormansiye girerek kurak dönemini toprak altında soğan yapısı şeklinde geçirmesi, mevsimsel kuraklığa uyum sağlama açısından önemli bir ekolojik adaptasyon olarak değerlendirilmektedir. Bu iki türün ekolojik istekleri kurakçıl peyzaj tasarımlarında değerlendirilmelerini olanaklı kılmaktadır (Caf ve Yılmaz, 2026; Kamenetsky & Okubo, 2012).

### ***Gladiolus* spp. (Glayöl)**

Akdeniz ikliminin etkili olduğu Ege, Akdeniz ve Güney Anadolu'da doğal yayılış gösteren *Gladiolus* türleri başak kuruluşa sahip gösterişli çiçek yapıları ve geniş çiçek rengi skalası nedeniyle önemli doğal geofitler arasında yer almaktadır (Anonim, 2026b; Güner ve ark., 2012; Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019). Bazı *Gladiolus* türlerinin kültüre alınmış çeşitlerinin sahip oldukları uzun çiçek sapları ve vazo ömürleriyle kesme çiçek sektöründe ekonomik açıdan oldukça önemli bir yere sahiptir (Benschop, 1993). Türkiye'de doğal yayılış gösteren *Gladiolus* türleri özellikle kuraklığa adaptasyonları, korm yapıları ve dormansi özellikleri nedeniyle mevsimsel kuraklığa uyum sağlayarak kurakçıl peyzaj uygulamalarında değerlendirilme potansiyeli taşımaktadır (Anonim, 2026b; Kamenetsky & Okubo, 2012).

### ***Hyacinthus* spp. (Sümbül)**

*Hyacinthus* cinsi, Doğu Akdeniz ve Batı Asya kökenli çok yıllık geofitler arasında yer almakta olup, özellikle *Hyacinthus orientalis* L. süs bitkisi yetiştiriciliğinde ekonomik değeri yüksek geofitlerden biri olup kesme çiçekçilik ve saksılı süs bitkileri sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Kamenetsky & Okubo, 2012; POWO, 2025). Özellikle türün soğan yapısı, fotosentez sonucu oluşan karbonhidratlar ile diğer rezerv bileşiklerin toprak altındaki depo

organında birikmesine olanak sağlayan temel bir adaptasyon mekanizmasıdır. Dormansi süresince korunan bu rezervler, izleyen vejetasyon döneminde sürgün oluşumu, büyüme ve çiçeklenme süreçlerinin devam ettirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Akdeniz iklim kuşağında doğal yayılış gösteren türün sahip olduğu bu fenolojik döngü, yaz kuraklığından kaçınmayı sağlayan önemli bir adaptasyon stratejisi olarak değerlendirilmektedir (Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019). Bu özellik uygun yetiştirme koşulları sağlandığında türe, düşük bakım gerektiren kurakçıl peyzaj tasarımlarında kullanım olanağı sunmaktadır.

### ***Iris* spp. (Süsen zambağı)**

*Iris* cinsine ait doğal türler soğanlı ve rizomlu kök sistemleri sayesinde toprak yüzeyini örterek eğimli alanlarda ve düşük bakım gerektiren kurakçıl peyzaj uygulamalarında kullanıma potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca gösterişli çiçekleri, yaprak formları ve geniş renk yelpazesi ile *Iris* türleri peyzaj tasarımlarında kullanılabilecek önemli geofitlerdendir (Caf ve Yılmaz, 2026; Kamenetsky & Okubo, 2012). Ayrıca, çok yıllık yaşam formları sayesinde kurak yaz dönemlerini toprak altındaki depo organlarında geçirerek mevsimsel kuraklığa uyum sağlayabilmektedir (Caf ve Yılmaz, 2026; Kamenetsky & Okubo, 2012). Bu özellikleri nedeniyle eğimli alanlar, düşük bakım gerektiren yeşil alanlar ve erozyon riski bulunan sahalarda kullanılabilecek uygun geofitler arasında yer almaktadır (Kamenetsky & Okubo, 2012). Bununla birlikte kurak ve sıcak koşullara adaptasyon yüksekliği nedeniyle bu türler Anadolu'da mezarlık düzenlemelerinde de sıklıkla kullanılmaktadır.

### ***Muscari* spp. (Üzüm Sümbülü)**

*Muscari*, Asparagaceae familyasında yer alan çok yıllık soğanlı bir geofit cinsidir (Yıldırım, 2016). Doğal olarak Akdeniz Havzası, Güney Avrupa, Kuzey Afrika, Kafkasya ile Batı ve Orta Asya'da yayılış göstermekte olup Türkiye, *Muscari* cinsinin önemli gen merkezlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Güner ve ark., 2012; Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019). Güncel taksonomik değerlendirmelere göre *Muscari* cinsi dünyada yaklaşık 75-80 doğal tür ile temsil edilmektedir. Türkiye florasında ise önemli bir bölümü endemik olan yaklaşık 45-50 takson bulunmaktadır (Eroğlu ve ark., 2019; Eker ve Yıldırım, 2021; Güner ve ark., 2012; Yıldırım, 2015). Tür çeşitliliği özellikle Ege, Akdeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmaktadır (Güner ve ark., 2012). Erken ilkbaharda çiçeklenmeleri, kompakt formları, uzun ömürlü soğan yapıları ve dormansi göstermeleri nedeniyle *Muscari* türleri doğal bitkilendirme, kaya bahçeleri, bordürler, kent parkları ve kurakçıl peyzaj uygulamalarında değerlendirilme potansiyeline sahip önemli yerli geofitler

arasında yer almaktadır (Caf ve Yılmaz, 2026; Erduran Nemutlu ve Çelik Çanga, 2021; Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019).

### ***Narcissus* spp. (Nergis)**

*Narcissus*, Ege ve Akdeniz Bölgelerinde doğal yayılış göstererek yaklaşık 60-80 türden oluşan çok yıllık soğanlı bir geofit cinsi olup hem kesme çiçekçilik ve saksılı süs bitkileri sektöründe hem de peyzaj alanlarında kullanılabilir. Türlerin çoğu Akdeniz iklimine uyumlu yaşam döngüsüne sahip olup, sonbahar ve kış aylarında vejetatif gelişimini sürdürmekte, yaz döneminde soğan halinde dormansiye girerek kurak mevsimi toprak altında geçirmektedir. Bu fenolojik özellik, yaz kuraklığının belirgin olduğu bölgelerde su stresinden kaçınmayı sağlayan temel adaptasyon mekanizmalarından biridir (Kamenetsky & Okubo, 2012; Toscano ve ark., 2019). Erken ilkbaharda çiçeklenmeleri, gösterişli ve hoş kokulu çiçekleri ile düşük bakım gereksinimleri nedeniyle bordürlerde, kaya bahçelerinde, doğal bitkilendirme alanlarında, ağaç altı plantasyonlarda renk etkisinin amaçlandığı geniş alanlardaki tasarımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2026b; Kamenetsky & Okubo, 2012). Özellikle doğal görünümün hedeflendiği peyzaj tasarımlarında gruplar halinde kullanıldıklarında yüksek estetik değer sergilemektedir (Brickell, 2003; Kamenetsky & Okubo, 2012). Kurakçıl peyzaj açısından değerlendirildiğinde *Narcissus* türleri, aktif büyüme döneminde sınırlı sulama ile gelişebilmekte, dormansi döneminde ise ilave sulamaya gereksinim duymamaktadır. Bununla birlikte, bu durum cinse ait tüm türler için yüksek kuraklık toleransı anlamına gelmemektedir. Birçok *Narcissus* türü yaz kuraklığından dormansi yoluyla kaçınan Akdeniz geofitleri olup, büyüme ve çiçeklenme dönemlerinde yeterli toprak nemine gereksinim duymaktadır. Bu nedenle, *Narcissus* türleri özellikle Akdeniz iklim kuşağındaki mevsimsel kuraklığın görüldüğü, az bakım ve düşük sulama gerektiren peyzaj uygulamalarında uygun bitki materyali olarak değerlendirilmekte, sürekli kurak koşullara maruz bırakılmaları ise önerilmemektedir (Kamenetsky & Okubo, 2012; Toscano ve ark., 2019).

### ***Ornithogalum* spp. (Çoban Yıldızı)**

*Ornithogalum*, Avrupa, Akdeniz Havzası, Batı Asya'da ve Afrika'da doğal yayılış gösteren çok yıllık soğanlı bir geofit cinsidir (Martínez-Azorín ve ark., 2013). Türkiye, Akdeniz ve Yakın Doğu florası, birçok doğal *Ornithogalum* taksonuna ev sahipliği yapmaktadır (Mutlu ve Karakuş, 2012). *Ornithogalum* türleri, yıldız biçimli gösterişli çiçekleri, erken ilkbaharda çiçeklenmeleri ve estetik görünimleri nedeniyle peyzaj düzenlemelerinde özellikle kaya bahçeleri, doğal ve yarı doğal bitkilendirme alanları, bordürler, çim alanlar, yol kenarları ve

ağaç altı peyzaj düzenlemelerinde tercih edilmektedir. Gruplar hâlinde kullanıldıklarında mevsimsel renk etkisini güçlendirmeleri ve düşük bakım gereksinimleri, bu cinsin sürdürülebilir peyzaj tasarımlarındaki kullanım potansiyelini artırmaktadır (Brickell, 2003; Kamenetsky & Okubo, 2012). *Ornithogalum* türleri, vejetasyon dönemini serin ve yağışlı dönemlerde tamamlayarak yaz aylarında soğanları dormansiye geçmektedir. Bu fenolojik özellik, türlerin sürdürülebilir ve su etkin peyzaj tasarımlarında değerlendirilmesi açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır (Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019).

### ***Scilla* spp. (Sümbülcük)**

*Scilla*, Avrupa, Afrika ve Batı Asya'da yayılış gösteren bir geofit cinsidir. Önceki sınıflandırmalarda Liliaceae familyasında değerlendirilen cins, güncel APG IV sınıflandırma sistemine göre Asparagaceae familyasında yer almakta olup (APG IV, 2016) yaklaşık 80-90 türe sahiptir. Türkiye florasında yaklaşık 20 takson doğal yayılış göstermektedir (POWO, 2025; Yıldırım ve ark., 2014). *Scilla* türleri, soğanlı yapıları ile Akdeniz ikliminin karakteristik özelliklerine uyum gösteren geofitlerdendir. Bitkiler sonbahar ve kış aylarında vejetatif gelişimlerini sürdürmekte, ilkbaharda çiçeklenmekte ve yaz aylarında dormansiye girerek sıcak ve kurak dönemi soğanlarıyla toprak altında geçirmektedir. Bu yaşam stratejisi, türlerin mevsimsel kuraklığa fizyolojik olarak uyum sağlamasına olanak tanımaktadır. Özellikle *Scilla hyacinthoides*'in Akdeniz kökenli doğal bir geofit olarak süs bitkisi potansiyeline sahip olduğu, kesme çiçekçilik ve az su tüketen süs bitkisi olarak ticari kullanım potansiyeli olduğu bildirilmektedir (Shtein ve ark., 2016). Özellikle Akdeniz iklim kuşağında gerçekleştirilen kurakçıl peyzaj tasarımlarında değerlendirilme olanağı bulunmakla birlikte *Scilla* türlerinin kurakçıl peyzaj koşullarındaki performansını sulama, büyüme ve uzun dönem adaptasyon açısından doğrudan karşılaştıran deneysel çalışmaların sayısı henüz sınırlı durumdadır. Peyzaj uygulamaları için erken ilkbaharda çiçeklenmeleri, mavi tonlardaki gösterişli çiçekleri ve düşük bakım gereksinimleri nedeniyle, *Scilla* türlerinin kaya bahçeleri, doğal bitkilendirme alanları, çiçek parterleri, ağaç ve çalı altlarındaki düzenlemeler ile geniş alanlarda gruplar halinde kullanımları bulunmaktadır. Peyzaj tasarımlarında *Scilla* türüne ait bitkilerin özellikle doğal yayılış etkisi oluşturacak şekilde dikilmesiyle güçlü görsel etkiler oluşturduğu belirtilmektedir (Brickell, 2003; Kamenetsky & Okubo, 2012; Seyidoğlu ve ark., 2009).

### ***Sternbergia* spp. (Güz Nergisi, Sarı Çiğdem)**

*Sternbergia* cinsi, doğal olarak Akdeniz Havzası, Güneydoğu Avrupa, Batı Asya ve Kafkasya'da yayılış gösteren yaklaşık 8-10 türden oluşmaktadır. Eski taksonomik kaynaklarda sinonimler de dahil edildiğinde bu sayı 15-17'ye kadar (Pouris ve ark., 2023) çıkabilmekteyse de güncel taksonomik veri tabanları yaklaşık 9 türü kabul etmektedir (POWO, 2025). *Sternbergia* cinsinde yürütülen çalışmaların büyük bölümü taksonomi, morfoloji, fizyoloji ve çoğaltma tekniklerine odaklanmış olup, kurakçıl peyzaj uygulamalarındaki performansını doğrudan değerlendiren deneysel çalışmalar oldukça sınırlıdır (Kamenetsky & Okubo, 2012). *Sternbergia* türleri, yaz aylarında dormansiye giren ve sonbaharda çiçeklenen soğanlı geofitlerdir. Özellikle *S. lutea*, iyi drene olmuş topraklarda ve Akdeniz ikliminin sıcak-kurak yaz koşullarında doğal olarak gelişebilmesi nedeniyle kurak dönemlere uyum sağlamış önemli bir doğal geofit olarak değerlendirilmektedir (Pouris ve ark., 2023). Bu nedenle özellikle, parlak sarı çiçekleriyle sonbaharda yüksek görsel etki oluşturan bu tür kaya bahçelerinde, doğal bitkilendirme alanları ve düşük bakım gerektiren peyzaj uygulamalarında süs bitkisi olarak değerlendirilme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte bu kullanımın büyük ölçüde türün ekolojik özelliklerine dayandığı, kurakçıl peyzaj performansını karşılaştırmalı olarak inceleyen çalışmaların ise henüz sınırlı olduğu belirtilmektedir (Kamenetsky Goldstein, 2019; Pouris ve ark., 2023).

### ***Tulipa* spp. (Lale)**

Türkiye, *Tulipa* cinsinin doğal yayılışı ve tür çeşitliliği bakımından Güneybatı Avrupa ve Kuzey Afrika'dan Orta Asya'ya kadar uzanan bölgenin önemli gen merkezlerinden biridir (Anonim, 2026b; Christenhusz ve ark., 2013; Eker ve ark., 2014). *Tulipa* cinsi, soğan üretimi, kesme çiçekçilik, saksılı süs bitkisi ve peyzaj düzenlemeleri açısından önemli türlere sahiptir (Van Tuyl ve ark., 2007). Doğal *Tulipa* türleri, kısa gelişme periyodu ve dormansi özellikleri sayesinde yaz kuraklığını toprak altında soğan yapısı olarak geçirmektedir. Bu özellik, türü düşük sulama gerektiren peyzaj tasarımlarında önemli bir bitki haline getirmektedir (Kamenetsky & Okubo, 2012; Özhatay & Kamenetsky Goldstein, 2019; Van Tuyl ve ark., 2007). Bununla birlikte, bu değerlendirme doğrudan deneysel peyzaj çalışmalarına değil, geofitlerin fenolojik ve ekolojik özelliklerine dayalı çıkarımlara dayanmaktadır. *Tulipa* türlerinin kurakçıl peyzaj uygulamalarındaki performanslarının tür bazında saha çalışmalarıyla ortaya konulmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca doğal türlerin korunması amacıyla bu popülasyonların sürdürülebilirliği kapsamında peyzaj uygulamalarında doğadan sökülen bitkisel materyaller yerine kültüre alınmış ve kontrollü çoğaltılmış

Üretim materyallerinin kullanılması önerilmektedir (Eker ve ark., 2014; Kamenetsky & Okubo, 2012).

## 5. Sonuç ve Gelecek Perspektifleri

Türkiye, sahip olduğu geofit taksonları ve yüksek endemizm oranı ile dünyanın önemli geofit gen merkezlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu doğal zenginlik, sürdürülebilir ve kurakçıl peyzaj uygulamaları için önemli bir gen çeşitliliği ve bitki kaynağı oluşturmaktadır. Türkiye'de son yıllarda doğal geofitlerin peyzaj uygulamalarında kullanımı ve sürdürülebilirliğine yönelik çalışmalar belirgin bir şekilde artmıştır. Bursa, şanlıurfa, Kocaeli, Sivas, Bingöl, Siirt, Iğdır ve Erzincan gibi Türkiye'nin farklı lokasyonlarında bulunan geofitlerin, floristik ve peyzaj performans değerlendirmeleri üzerine yürütülen çeşitli araştırmalar, yerel geofitlerin düşük bakım maliyetleri, yüksek adaptasyon kabiliyetleri ve estetik özellikleri nedeniyle sürdürülebilir peyzaj tasarımlarında önemli alternatifler sunduğunu göstermektedir (Seyidoğlu Akdeniz & Zencirkıran, 2016; Tel ve Akan, 2021; Zencirkıran ve ark., 2018; Caf, 2019; Bozkurt, 2021; Yazıcı ve ark., 2025; Altuntaş, 2020; Altundağ akır, 2017; Caf ve Yılmaz, 2026; Askan ve ark., 2024).

Türkiye'deki peyzaj tasarımlarında geofitler genellikle bordürlerde, refüjlerde, çim alanlarda, kaya ve taç bahçelerinde, iek tarhlarında, koku bahçelerinde ve ayrıca i mekn tasarımlarında saksılı süs bitkisi olarak kullanılabilmektedir. Peyzaj tasarımlarında kullanılacak geofit türlerinin seçiminde öncelikli olarak çiçeklenme dönemleri ile süresi, çiçeklerinin rengi ve boyutu, bitkilerin boyu ile formları ve dokusal özellikleri dikkate alınmaktadır. Ayrıca bu geofit türlerinin sürdürülebilirliği açısından ekolojik gereksinimleri ile yetişme ve bakım ihtiyaçlarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Bhat, 2023). Geofitlerin birçoğu, toprak altı depo organları sayesinde yaz kuraklığını dormansi halinde geçirebilmekte, düşük bakım gereksinimleri ve yüksek estetik değerleri ile kurakçıl peyzaj tasarımları açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Bununla birlikte, geofitlerin kurakçıl peyzaj için uygunluğu değerlendirilirken tüm türlerin aynı düzeyde kuraklık toleransına sahip olduğu varsayımından kaçınılması gerekmektedir. Birçok geofit türü, kurak koşullara fizyolojik dayanıklılık göstermekten ziyade dormansi ile olumsuz dönemi toprak altındaki depo organlarında geçirerek kuraklıktan kaçınma stratejisini benimsemektedir (Kamenetsky & Okubo, 2012). Ancak geofitlerin peyzaj alanlarındaki kullanımlarında estetik görünümün devam ettirilebilmesi açısından toprak üstü aksamının kuruduğu dönemde yerlerinden sklerek serin ve kuru koşullarda muhafaza edilebilmekte ve dikim dönemine kadar depolanabilmektedir. Özellikle *Allium*, *Crocus*, *Fritillaria*, *Iris*, *Muscari*,

*Gladiolus*, *Scilla*, *Narcissus*, *Ornithogalum* ve *Tulipa* cinslerinin farklı rekreatif alanlarda değerlendirilmesinin sulama suyu tüketiminin azaltılması, bakım maliyetlerinin düşürülmesi ve yerel biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Türkiye'de doğal yayılış gösteren ve zengin bir çeşitliliğe sahip olan geofitlerin peyzaj uygulamalarındaki kullanımına odaklanmanın yanı sıra tür sürekliliğini sağlamak ve korumak, ayrıca yeni türleri süs bitkileri sektörüne kazandırmak amacıyla adaptasyon ile yetiştirme çalışmalarının da geliştirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak bu çalışmada, doğal ve endemik geofit bitkilerin kurakçıl peyzaj uygulamalarında yalnızca su tasarrufu ve düşük bakım gereksinimine katkı sunmak amacıyla değil aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunması açısından da önem taşıması nedeniyle gelecekte yürütülecek araştırmalarda geofitlerin botanik ve ekonomik özelliklerinin yanı sıra su kullanım etkinliği, iklim değişikliğine uyum kapasitesi, ekosistem hizmetlerine katkıları ile kentsel peyzaj performanslarının da disiplinler arası yaklaşımlarla incelenmesi gerektiğine dikkat çekilmiştir. Ayrıca belediyelerin ve peyzaj uygulayıcılarının doğal geofitlerin kullanımını teşvik eden bitkilendirme politikaları geliştirmesinin, iklim değişikliğine uyum kapsamında önemli bir strateji olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Bu yaklaşımın, Türkiye'nin zengin doğal geofit kaynaklarının sürdürülebilir kurakçıl peyzaj uygulamalarına kazandırılmasına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- Akat Saraçoğlu, Ö. ve Çakar, H. (2023a). Kurakçıl peyzaj (Xeriscape) uygulamalarında kullanılan sulama sistemlerinin irdelenmesi, 253-281, K. Özrenk (Ed.), Ziraat ve orman ve su ürünleri alanında uluslararası araştırma ve değerlendirmeler, Serüven Yayınevi, 15. Bölüm, Cilt: 1, 281s.
- Akat Saraçoğlu, Ö. ve Çakar, H. (2023b). Muğla tuzcul kıyı alanlarındaki kurakçıl peyzaj çalışmalarında kullanılabilecek çim türleri, 161-188, A.M. Bozdoğan ve N. Yarpuz Bozdoğan (Eds.), Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Araştırma ve Derlemeler, Platanus Publishing, 9. Bölüm, Cilt: 1, 745s.
- Akat, H., Şahin, O., Çetinkale Demirkan, G. ve Saraçoğlu, A.Ö. (2017). Süs Bitkisi Üretim Teknikleri, Efil Yayınevi, (Ed: Yokaş, İ.), ISBN: 978-605-4160-66-2, Ankara, s:135.
- Akgedik, S.A., Akat, H. ve Çetinkale Demirkan, G. (2025). Köyceğiz Kulak Mesire Alanı Örneğinde Su Etkin Uygulamaların İrdelenmesi. BAHÇE, 54(Özel Sayı 1):183-191.
- Altaş Çakıl, E. ve Erken, K. (2025). Kuraklığa dayanıklı Akdeniz bitkilerinin potansiyel süs bitkisi özelliklerinin analitik değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 26(1):244-255.
- Altay, B. ve Odabaş Uslu, A. (2022). A Pioneering Approach in Urban Landscape Design Against Global Climate/Environmental Problems in The Cities of The Future, Xeriscape. 1st International Conference on Sustainable Ecological Agriculture, 15-17 March 2022, Konya, Proceeding Book, 171 p.
- Altundağ Çakır, E. (2017). Geophytes of Iğdır (East Anatolia) and Their Economic Potentialities as Ornamental Plant. Eurasian Journal of Forest Science, 5(1):48–56.
- Altuntaş, A. (2020). Benefit From Natural Plants in Landscape Architecture: Example of Siirt Geophytes. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 4(2):260–271.
- Anonim, (2026a). United Nations Convention to Combat Desertification Committee on Science and Technology (CST). [https://www.unccd.int/article-2-objective?utm\\_source](https://www.unccd.int/article-2-objective?utm_source) (Erişim tarihi: 13.07.2026)
- Anonim, (2026b). Türkiye'nin Doğal Süs Bitkisi Çeşitliliği. Plant Dergisi. Peyzaj ve Süs Bitkiciliği Dergisi Sayı: 51-52:69-71 s. <https://www.plantdergisi.com/edergi-oku-sayi-51-52-43.html#edergi/71> (Erişim Tarihi: 09.07.2026)

- APG IV, (2016). The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society, 181(1):1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
- Askan, G., Kalenderoğlu, H. ve Aslay, M. (2024). İklim Değişikliği Sürecinde Erzinçanda Kuraklığa Toleranslı Yeni Geliştirilen Süs Bitkisi Çeşit ve Çeşit Adayları ile İklim Dostu Peyzaj Tasarımlarının Kullanılması. Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 20 (Özel Sayı):261-280.
- Balik, S., Alp, H. A. ve Yalcin Mendi, Y. (2025). Kahramanmaraş ve Mersin Bölgesinde Doğal Yayılış Gösteren Colchicum Türlerinde Morfolojik Karakterizasyon. Bahçe, 54(Özel Sayı 1):349-354. <https://doi.org/10.53471/bahce.1559633>
- Basile, G.N., Calia, C., Safeer, S., Ruta, C., & De Mastro, G. (2026). A Four-Decade Bibliometric Analysis on the Genera, *Asphodelus* L. and *Asphodeline* Rchb., Belonging to the Family Asphodelaceae: Research Trends and Knowledge Gaps. Plants, 15(10):1421.
- Beard, J.B. (2006). Integrated multiple-factor considerations in low-precipitation landscape approaches. In J. B. Beard & M. P. Kenna (Eds.), Water Quality and Quantity Issues for Turfgrasses in Urban Landscapes (CAST Special Publication No. 27:33–40). Ames, IA: Council for Agricultural Science and Technology.
- Benschop, M. (1993). Gladiolus. In A. De Hertogh & M. Le Nard (Eds.), The Physiology of Flower Bulbs (pp. 589–609). Elsevier.
- Bhat, S.A. (2023). A Position And Application Areas Of Geophytes Within Landscape Design. American Journal Of Ai Cyber Computing Management, Vol: (3): 3, E-ISSN:3069-0102.
- Bozkurt, S.G. (2021). Sivas İlinde Doğal Olarak Yetişen Bazı Geofitlerin Peyzaj Mimarlığında Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 52(3):300-313.
- Brickell, C. (2003). The Royal Horticultural Society A-Z Encyclopedia of Garden Plants The Royal Horticultural Society A-Z Encyclopedia of Garden Plants, Dorling Kindersley Publishing, Rev. Ed. (Erişim tarihi:09.07.2026)
- Caf, A. (2019). Bingöl ili doğal vejetasyonundaki bitkiler ile kurakçıl bahçe oluşturulması üzerine bir araştırma. Doktora tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

- Caf, A. ve Yılmaz, H. (2026). Bazı Doğal ve Endemik Geofit Bitki Türlerinin Kurakçıl Peyzaj Alanlarında Kullanımı ve Adaptasyon Başarısı. *Uluslararası Gıda, Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 6(1):18-28
- Christenhusz, M.J.M., Govaerts, R., John C. David, J.C., Hall, T., Borland, K., Penelope S. Roberts, P.S., Tuomisto, A., Sven Buerki, S., Mark W. Chase, M.W., & Fay, M.F. (2013). Tiptoe Through The Tulips-Cultural History, Molecular Phylogenetics and Classification of *Tulipa* (Liliaceae). *Biological Sciences*, 172(3):280-328.
- CITES, (2023). Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I, II and III. <https://iucn.org/our-work/informing-policy/international-policy/convention-international-trade-endangered-species>
- Çakar, H. (2021). Peyzaj tasarım çalışmalarında çime alternatif olarak bazı yer örtücü bitki türlerinin kullanılabilirliği. (Eds: Ali Musa Bozdoğan ve Nigar Yarpuz Bozdoğan). *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler*, Bölüm:8, 145-170 pp. ISBN 978-625-8002-19-5. Gece Kitaplığı, Ankara.
- Çakar, H. (2025a). From Classical Landscape Design to Xeriscape: Proposals for Planting and Application. (Ed: Karaman, K.). *New Trends in Landscape Research – 2025*. Chapter: 5, 97-121 pp. ISBN: 979-8-89695-103-2. Liberty Publishing House.
- Çakar, H. (2025b). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerle Kurakçıl Peyzaj. *Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde, Kuram, Bağlam ve Uygulama*. Duvar Yayınevi, (Ed: Ulaş Şenyiğit), Bölüm: 3, 43-59, Sayfa sayısı: 110, İzmir, ISBN: 978-625-5698-20-9. Ağustos 2025.
- Çakar, H. ve Akat Saraçoğlu, Ö. (2023). Yağmur Bahçeleri: Sürdürülebilir Su Yönetimi ve Gelecekteki Potansiyeli. Kentleşme Perspektifinden Peyzaj Mimarlığına Bakış, (Ed. Kübra YAZICI), İksad publications, Bölüm: 5, 121-145. Basım sayısı: 1, Sayfa sayısı: 360, ISBN: 978-625-367-456-4. DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10301427>
- Çakar, H., Akat Saraçoğlu, Ö. ve Akat, H. (2025). Kentsel Yeşil Altyapıda Sürdürülebilirlik Yaklaşımı: Dikey Bahçelerde Kurakçıl Bitkiler. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Akademik Araştırma ve Çalışmalar*, Serüven Yayınevi, Bölüm: 2, 17-32. (Ed: Koray Özrenk, Ali Bolat), Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı: 197, ISBN: 978-625-5737-49-6.
- Çetin, N. (2016). Akdeniz koşullarında kurakçıl peyzaj uygulanabilirliğinin irdelenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(1):11-18.
- Çetin, N. ve Mansuroğlu, S. (2018). Akdeniz koşullarında kurakçıl peyzaj düzenlemelerinde kullanılacak bitki türlerinin belirlenmesi:

- Antalya/Konyaaltı Örneği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 55(1):11-18.
- Çetinkale Demirkan, G. ve Akat, H. (2024). Suyun Sürdürülebilir Kullanımı Kapsamında Kurakçıl Peyzaj Yaklaşımı Değerlendirmeleri Mimarlık, Planlama ve Tasarımda Güncel Yaklaşımlar. (Ed: Doç. Dr. Gülbün Çetinkale Demirkan), Bölüm 4: 87-105. BİDGE yayınları.
- Çetinkale Demirkan, G., Eren, İ.T. ve Âdem, R. (2025). Bir Kurakçıl peyzaj tasarımı: Nefes örneği. Kent Akademisi, 18(5):3002-3027. <https://doi.org/10.35674/kent.1679234>
- Çiçek, K., Akat, H. ve Çakar, H. (2026). Bir kentsel açık yeşil alanın sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi: Muğla/Ortaca 100. Yıl Cumhuriyet Parkı örneği. International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR), 13 (132):1046-107.
- Çorbacı, Ö.L. ve Ekren, E. (2022). Kentsel Açık Yeşil Alanların Kurakçıl Peyzaj Açısından Değerlendirilmesi: Ankara Altınpark Örneği. Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi, 4(1):1-11.
- Çorbacı, Ö.L. ve Özyavuz M. (2024). Kentsel Açık Yeşil Alanlarda Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape) Çalışmaları, İnce, K. (Ed.). Kentsel Yeşil Alanların Sürdürülebilir Yönetimi. (Temmuz, 2024), Bölüm 5, 109-171. ISBN: 978-625-367-746-6. Iksad Publications. DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.12698789>.
- Çorbacı, Ö.L., Özyavuz, M. ve Yazgan, M.E. (2011). Peyzaj Mimarlığında Suyun Akıllı Kullanımı: Xeriscape. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi (TABAD), 4(1):25-31.
- Çöp, S. ve Akat, H. (2021). Kurakçıl Peyzaj çalışmalarında bitkisel uygulamalar: Muğla-Sarıgerme Halk Plajı örneği. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(2):263-277.
- Damar, M., Çetinkale Demirkan, G. (2025). Küresel ısınma ve iklim değişikliği üzerine toplumsal bilinç: Niğde kent merkezi örneği. International Yıldırım Bayezid Scientific Research and Innovation Symposium-I May 09-10, 2025 / Bursa Technical University, Bursa, Türkiye
- Dilaver, Z., Yılmaz, M. ve Öztekin, M. (2020). Soğuksu Milli Parkında Yer Alan Bazı Doğal Taksonların Süs Bitkisi Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Özel Sayı):197-216.
- Dinçer, D., M. Var, M., H. Baykal, H., & Atamov, V. (2016). Phenological features of some geophytes from the Anzer plateau in Rize and utilization possibilities for landscape architecture. Acta Hort. 1108. ISHS 2016

- Dunnett, N., & Hitchmough, J. (Eds.). (2004). *The Dynamic Landscape: Design, Ecology and Management of Naturalistic Urban Planting*. Spon Press. <https://doi.org/10.4324/9780203402870>
- Dönmez, E.O., Işık, S. (2008). Pollen morphology of Turkish Amaryllidaceae, Ixioliriaceae and Iridaceae. *Grana*, 47(1):15–38. <https://doi.org/10.1080/00173130701860104>
- Eker, İ. (2005). Şanlıurfa Geofit Florası. Harran Üniversitesi Fen Fakültesi Yüksek Lisans Tezi, 117 s., Şanlıurfa.
- Eker, İ., & Yıldırım, H. (2021). *Muscari inundatum* (Asparagaceae, Scilloideae), a new species from southern Anatolia. *Phytotaxa*, 484(2):181–194.
- Eker, İ., Babaç, M. T., & Koyuncu, M. (2014). Revision of the genus *Tulipa* (Liliaceae) in Turkey. *Phytotaxa* 157(1): 001–112.
- Erduran Nemutlu, F. ve Çelik Çanga, A. (2021). Bazı Geofitlerin Peyzaj Mimarlığı Tasarımlarında Kullanım Olanakları. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(2):377–387.
- Eroğlu, H., Pınar, S.M. & Fidan, M. (2019) *Muscari sabihapinari sp. nov.* (Asparagaceae) from Anatolia, Turkey. *Nordic Journal of Botany*, 37:(11). <https://doi.org/10.1111/njb.02514>
- Fırat, M., Karavelioğulları, F.A. & Aziret, A. (2015). Geophytes of East Anatolia (Turkey). *Manas Journal of Agriculture and Life Science*, 5(1):38–53.
- Fritsch, R.M., & Friesen, N. (2002). Evolution, domestication and taxonomy. In: H.D. Rabinowitch & L. Currah (Eds.), *Allium crop science: Recent advances* (pp.5–30). Wallingford, UK: CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851995106.0005>.
- Grey-Wilson, C. (2015). *Cyclamen: A Guide for Gardeners, Horticulturists and Botanists* (Revised ed.). B.T. Batsford., 192 p.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M. T. (Ed.). (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları, Flora Araştırmaları Derneği Yayını. ISBN: 978-605-60425-7-7. İstanbul, p: 377-455.
- Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, İ. ve Çimen, A.Ö. (Eds.). (2018). *Resimli Türkiye Florası (Cilt 2)*. ANG Vakfı / Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.
- Haspolat, G., Kesici, A. ve Şenel, Ü. (2016). Bazı doğal *Cyclamen* türlerinin çoğaltımı ve süs bitkisi olarak kullanımı. *Bahçe*, 45(Özel Sayı 1): 995–1000.
- IPCC, (2023). *Climate Change 2023 Synthesis Report*. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf) (Erişim tarihi: 05.07.2026)

- İlhan, Ö., Akat, H. ve Akat Saraçoğlu, Ö. (2024a). Kurakçıl Peyzaja Dönüşüm Projesi Kapsamında Gerçekleştirilen Bitkisel Uygulamalar: Muğla-Ortaca İlçesi Örneği. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(104):570-582.
- İlhan, Ö., Akat, H. ve Akat Saraçoğlu, Ö. (2024b). Muğla İli Ortaca İlçesindeki Kültür Park'ın Kurakçıl Peyzaj Açısından İrdelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(4):1754-1774.
- Kahraman, Ö. ve Özzambak, E. (2006). Topraksız Kültür, Sera Koşullarında Organik ve İnorganik Ortamların Ağlayan Gelin (*Fritillaria Imperialis*) Soğanları Üzerine Etkileri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2):65-70. <https://izlik.org/JA85ZX77MD>
- Kamenetsky Goldstein, R. (2019). Geophyte cultivation in changing climate: Environmental effects on development and production. *Acta Horticulturae*, 1237:277–286.
- Kamenetsky, R., & Okubo, H. (2012). Biodiversity of Geophytes Phytogeography, Morphology, and Survival Strategies. Chapter 3: 19 p. *Ornamental Geophytes: From Basic Science to Sustainable Production* (Eds: Rina Kamenetsky & Hiroshi Okubo, 1 st edition, Boca Raton, FL: CRC Press., 597 pages. ISBN: 9780429061776.
- Kızıl, S., Khawar, K. M., & Arslan, N., (2015). Introduction of economically important bulbous plants collected from wild flora in semi-arid climatic conditions of southeastern Anatolian region of Turkey. *Acta Horticulturae*, 1077:103–110
- Kjelgren, R., Rupp, L., & Kilgren, D. (2000). Water Conservation In Urban Landscape. *HortScience*, 35:1037–1040.
- Koçyiğit M, Salmeri C, Özhatay N, Kaya E, & Brullo S. (2023). *Allium sphaeronixum* (Amaryllidaceae), A New Species from Turkey. *Plants (Basel)*, 12 (11):2074.
- Koyuncu, M. (1994). Geofitler. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 27(321):72-82.
- Köse, M., Çakar, H., Akat Saraçoğlu, Ö., 2022. İklim Değişikliği ile Mücadelede Peyzaj Mimarlığı Çalışmaları. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Teori ve Araştırmalar*. (Ed. Prof Dr. Taner AKAR) Haziran- 2022, Serüven Yayınevi, Bölüm: 2:19-36.
- Marasek-Ciolakowska, A., Sochacki, D., & Marciniak, P. (2021). Breeding aspects of selected ornamental bulbous crops. *Agronomy*, 11(9): Article 1709. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091709>
- Martínez Azorín, M., Crespo, M.B., Juan, A. (2013). *Ornithogalum* L. In E. Rico, M. B. Crespo, A. Quintanar, A. Herrero, & C. Aedo (Eds.), *Flora iberica*:

- Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares (Vol. 20, pp. 188–207). Real Jardín Botánico, CSIC.
- Mathew, B. (1982). The Crocus: A Revision of the Genus *Crocus* (Iridaceae). London: B.T. Batsford Ltd., ISBN: 0-7134-3390-6.
- Metin, M.Z. ve Koçan, N. (2020). Ankara Etimesgut Yıldırım Beyazıt Parkı Örneğinde Kurakçıl Peyzaj Tasarım Uygulaması. Mehmet Akif Ersoy University, Journal of Science Institute, 11(Ek (Suppl. 1):313-323.
- Mutlu, B., Karakuş, Ş. (2012). A new species of *Ornithogalum* (Hyacinthaceae) from East Anatolia, Turkey. Turkish Journal of Botany, 36(2): 125–133. <https://doi.org/10.3906/bot-1102-18>
- Özhatay, N., & Kamenetsky Goldstein, R. (2019). Wild flowers in Turkey: Genetic resources and possible use. Acta Horticulturae, 1263(3):31–38.
- Pouris, J., Tampiziva, E., & Rhizopoulou, S. (2023). Unraveling Seasonal Allocation of Soluble Sugars, Starch and Proline in *Sternbergia lutea*. Plants (Basel), 12(17):3043.
- POWO, (2025). Royal Botanic Gardens, Kew. Plants of the World Online. [https://powo.science.kew.org/?locale=en\\_US&utm\\_source](https://powo.science.kew.org/?locale=en_US&utm_source) (Erişim tarihi: 19.07.2026)
- Savé, R., (2009). What Is Stress And How To Deal With It In Ornamental Plants? Acta Horticulture, 813:241–254.
- Seyidoğlu Akdeniz, N., Zencirkıran, M. (2016). Bursa Geophytes and Their Usage Possibilities in Landscape Design. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University, 30 (Special Issue): 692–702.
- Seyidoğlu, N., Zencirkıran, M. & Ayaşlıgil, Y. (2009). Position and application areas of geophytes within landscape design. African Journal of Agricultural Research, 4(12):1351-1357
- Shtein, I., Noy-Porat, T., & Eshel, A. (2016). Life cycle and reproductive botany of *Scilla hyacinthoides*, a Mediterranean geophyte. Scientia Horticulturae, 201:167-174.
- Şahin, O. ve Bürün, B. (2010). *Cyclamen alpinum* (Hort. Dammann ex Sprenger, 1892)'un Morfolojisi, Ekolojisi ve Sitolojisi. SDÜ Fen Dergisi (E-Dergi), 5(1):5-15.
- Tekşen, M., & Aytaç, Z. (2011). The revision of the genus *Fritillaria* L. (Liliaceae) in Turkey. Turkish Journal of Botany, 35(5):447–478.
- Tel, H.O. ve Akan, H. (2021). Şanlıurfa (Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü)'da Doğal Yayılış Gösteren Bazı Geofitlerin Özellikleri ve Peyzaj Mimarlığında Kullanımları, Turkish Journal of Forest Science, 5(2):366-381

- Toscano, S., Ferrante, A., & Romano, D. (2019). Response of Mediterranean Ornamental Plants to Drought Stress. *Horticulturae*, 5(1):6. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010006>
- Tribble, C.M, Martínez-Gómez, J., Howard, C.C., Males, J., Sosa, V., Sessa, E., Cellinese, N., & Specht, C.D. (2021). Get the shovel: Morphological and evolutionary complexities of belowground organs in geophytes. *American Journal of Botany*, 108(3):372-387.
- Van Tuyl, J.M., & Van Creijl, M.G.M. (2007). Tulip. In: Anderson, N.O. (eds) *Flower Breeding and Genetics*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4428-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4428-1_23).
- Vincent, H., Wiersema, J., Kell, S., Fielder, H., Dobbie, S., Castaneda-Alvarez, N.P., Guarino, L., Eastwood, R., Leon, B., & Maxted, N. (2013). A prioritized crop wild relative inventory to help underpin global food security. *Biological Conservation*, 167:265–275.
- Wilmot, C., & Laubscher, P. (2019). *Amaryllis belladonna*: A potential urban landscape wonder. *Acta Horticulturae*, 1237:287–293.
- Yazgan, M. E. ve Özyavuz, M. (2008). Xeriscape (Kuru Peyzaj) Peyzaj Mimarlığında Yeni Bir Sistem. Yayınlanmamış Ders Notları, Ankara.
- Yazıcı, İ., Ahıskalı, M., & Polat, R. (2025). Utilisation Potential of Some Geophyte Taxa Naturally Occurring in Bingöl in Landscape Design. *Turkish Journal of Nature and Science*, 14(4):193-202.
- Yıldırım, H. (2015). *Muscari atillae* (Asparagaceae): a new species from Eastern Anatolia, Turkey. *Phytotaxa*, 213 (3):291–295.
- Yıldırım, H. (2016). *Muscari elmasii* sp. nova (Asparagaceae): Batı Anadolu, Türkiye'den yeni bir tür. *Türk Botanik Dergisi*, 40 (4):380-387.
- Yıldırım, H. ve Erdem, S. (2019). Türkiye Florası İçin Yeni Bir Bitki Takson Kaydı: *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng. (Araceae). *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 6(3):17-21. <https://doi.org/10.35163/bagbahce.621867>
- Yıldırım, H., Gemici Y. ve Altıoğlu, Y. (2014). Güney Anadolu'dan iki yeni Sümbülcük (*Scilla* L.) türü. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 1(2):37-49
- Yıldırım, H. ve Tekşen, M. (2021). *Fritillaria arsusiana* (Lilieae, Liliaceae), a new species from southern Anatolia. *Phytotaxa*, 502(2):149–159.
- Zencirkıran, M., Ender, E., Cetiner, S., Gorur, A., Eraslan, E., Tanriverdi, D.O., Celik, B.H. (2018). A research on Kocaeli Geophytes and Their Ornamental Purposes for Sustainable Landscape Design. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(9):6042-6052.
- Zollinger, N., Kjelgren, R., Cerny-Koenig, T., Kopp, K.L., & Koenig, R. (2006). Drought responses of six ornamental herbaceous perennials. *Scientia Horticulturae*, 109(3):267–274.

## 6. Bölüm

### Van İli Sebzeciliğinin Pazarlama Yapısı

Süleyman GÜLDAL<sup>1</sup>, Burcu TUNCER<sup>2\*</sup>

#### 1. GİRİŞ

Türkiye’de açıkta sebze üretimi toplam 7.789.447 dekar alanda gerçekleştirilmekte olup, toplam üretim miktarı 31.589.309 tona ulaşmaktadır. Bölgesel dağılım incelendiğinde, 10.127.732 tonluk üretim miktarı ve %32.0’lık pay ile Akdeniz Bölgesi’nin ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bu bölgeyi, 5.499.808 ton üretim ve %17.4’lük pay ile Marmara Bölgesi, 5.257.342 ton üretim ve %16.6’lık pay ile Ege Bölgesi ve 4.719.262 ton üretim ile %14.9’luk paya sahip İç Anadolu Bölgesi takip etmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi ise 1.185.348 tonluk açıkta sebze üretimiyle toplam üretimin %3.8’ini gerçekleştirmekte ve üretim miktarı bakımından bölgeler arasında yedinci sırada bulunmaktadır. Bölgenin açıkta sebze üretim alanı ise 331.722 dekar olup, Türkiye toplam üretim alanının %4.3’ünü oluşturmaktadır (TÜİK, 2022; Tuncer ve Güldal, 2024; Güldal ve Tuncer, 2026).

Van ilinde açıkta sebze üretimi 28.143 dekar alanda gerçekleştirilmekte olup, toplam üretim miktarı 102.524 ton olarak gerçekleşmektedir. Van ili, Doğu Anadolu Bölgesi illeri arasında açıkta sebze üretim miktarı bakımından Bitlis (232.585 ton), Elazığ (207.322 ton), Muş (171.337 ton), Erzincan (126.566 ton), Iğdır (111.626 ton) ve Malatya’nın (103.085 ton) ardından yedinci sırada bulunmaktadır (TÜİK, 2022; Tuncer ve Güldal, 2024; Güldal ve Tuncer, 2026). Van ilindeki açıkta sebze üretiminin ilçelere göre dağılımı incelendiğinde, üretimin ağırlıklı olarak Gevaş, Erciş, Edremit, Merkez ve Muradiye ilçelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu ilçeler içerisinde Gevaş 45.410 tonluk üretimle ilk sırada yer alırken, Gevaş’ı Erciş (24.357 ton), Edremit (18.409 ton), Merkez (9.742 ton) ve Muradiye (2.567 ton) ilçeleri takip etmektedir. İlde yetiştirilen sebzeler içerisinde ise sofralık domates 51.099 tonluk üretim miktarıyla öne çıkmaktadır. Bunu sırasıyla sofralık hıyar (10.164 ton), taze fasulye (9.764 ton), beyaz lahana (8.162 ton), kavun (7.035 ton),

<sup>1</sup> Yüksek lisans öğrencisi; Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. slyman3065@gmail.com ORCID: 0009-0000-3718-1421

<sup>2</sup> Prof. Dr.; Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü. brcutuncer@gmail.com ORCID: 0000-0002-4402-4536; \*: Sorumlu yazar

Bu çalışma, Prof. Dr. Burcu TUNCER danışmanlığında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde kabul edilen yüksek lisans tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır.

karpuz (6.694 ton) ve sivri biber (3.500 ton) izlemektedir (TÜİK, 2022; Tuncer ve Güldal, 2024; Güldal ve Tuncer, 2026).

Gül ve ark. (2004), Adana ilinde karpuz üretim maliyeti ve pazarlama yapısının incelenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, üreticilerin büyük çoğunluğunun ürünlerini tüccara sattığını ve karpuz satışının %51 oranında peşin olarak gerçekleştirildiğini belirtmişlerdir. Büyükkalay (2019), Antalya ilinde (Serik ve Aksu ilçesi) karpuz üretim ve pazarlama yapısını ortaya koymak amacıyla 70 üretici ile yüz yüze anket yöntemi kullanarak bir araştırma gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda, karpuz üreticilerinin pazarlama sürecinde alıcı seçeneklerinin sınırlı olması ve üretici fiyatlarının belirsizlik göstermesi, üretim ve pazarlama açısından başlıca sorunlar arasında belirlenmiştir. Karadaş ve Bulut (2022), Iğdır ilinde yaş meyve ve sebzelerin pazarlama sürecinin ağırlıklı olarak komisyoncular ve tüccarlar aracılığıyla gerçekleştirildiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, üretim ve pazarlama süreçlerinde karşılaşılan başlıca sorunlar arasında yüksek girdi maliyetleri, yetiştirme tekniklerine ilişkin bilgi ve uygulama yetersizlikleri, sulama suyu teminindeki sorunlar, toptancı halinin kapasite ve olanaklarının yetersizliği ile pazarlama kooperatiflerinin bulunmamasının olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, Van ilinde sebzeçilik faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştirildiği Gevaş, Edremit, Erciş, Tuşba, İpekyolu ve Muradiye ilçelerinde faaliyet gösteren sebze üreticilerinin ürünlerini pazarlama süreçlerine ilişkin bazı bulgular değerlendirilerek, il genelindeki sebze türlerinin pazarlama yapısının ortaya konulması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırma, 2024 yılında Van ilinde sebze üretiminin yapıldığı Erciş, Gevaş, Edremit, Muradiye, İpekyolu ve Tuşba olmak üzere toplam altı ilçede yürütülmüştür. Tarım ve Orman Bakanlığı Van İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) verileri esas alınarak, araştırma kapsamındaki ilçelerde kayıtlı toplam 194 sebze işletmesinin bulunduğu belirlenmiştir. Araştırmada, anket uygulanacak üretici sayısının belirlenmesinde oransal örnek hacmi hesaplama yönteminden yararlanılmıştır (Newbold, 1995; Miran, 2002). Örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde %90 güven düzeyi ve %5 hata payı dikkate alınmıştır. Bu kapsamda Erciş ilçesinde 31, Gevaş'ta 60, Edremit'te 8, Muradiye'de 3, İpekyolu'nda 2 ve Tuşba'da 8 üretici olmak üzere toplam 112 sebze üreticisi ile yüz yüze anket gerçekleştirilmiştir.

Ankette, sebze üreticilerine pazarlama profilini belirlemeye yönelik kapalı uçlu 5 soru (üreticilerin sebze türlerinden elde edilen gelirden memnuniyet durumu, ürün pazarlama kanalları, pazarlama aşamasındaki ürün kayıpları,

pazarlama aşamasında karşılaşılan sorunlar ve pazarlamaya yönelik çözüm önerileri) sorulmuştur. Verilerin analizinde SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır.

$$n = \frac{Np(1 - p)}{(N - 1)\sigma p^2 + p(1 - p)}$$

n: Örnek hacmi

N: Popülasyondaki toplam üretici sayısı (194)

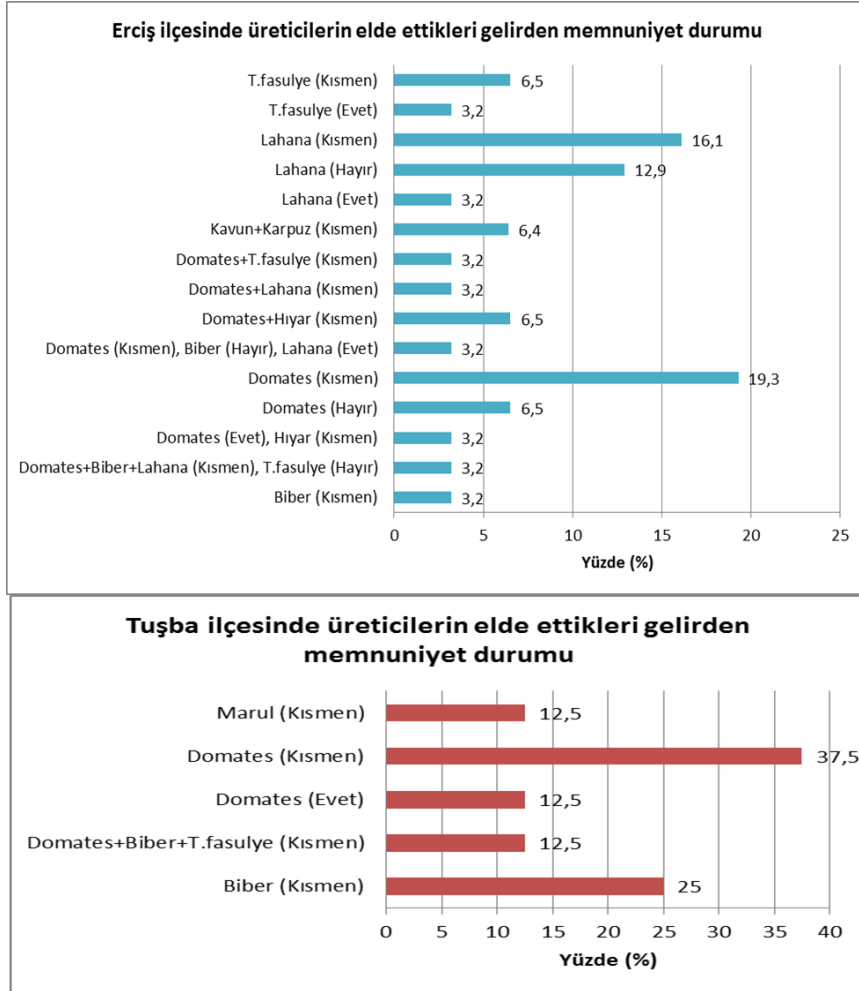
p: örneğe girecek üreticilerin oranı

$\sigma p^2$ : Varyansı vermektedir. (0,0026)

### **3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

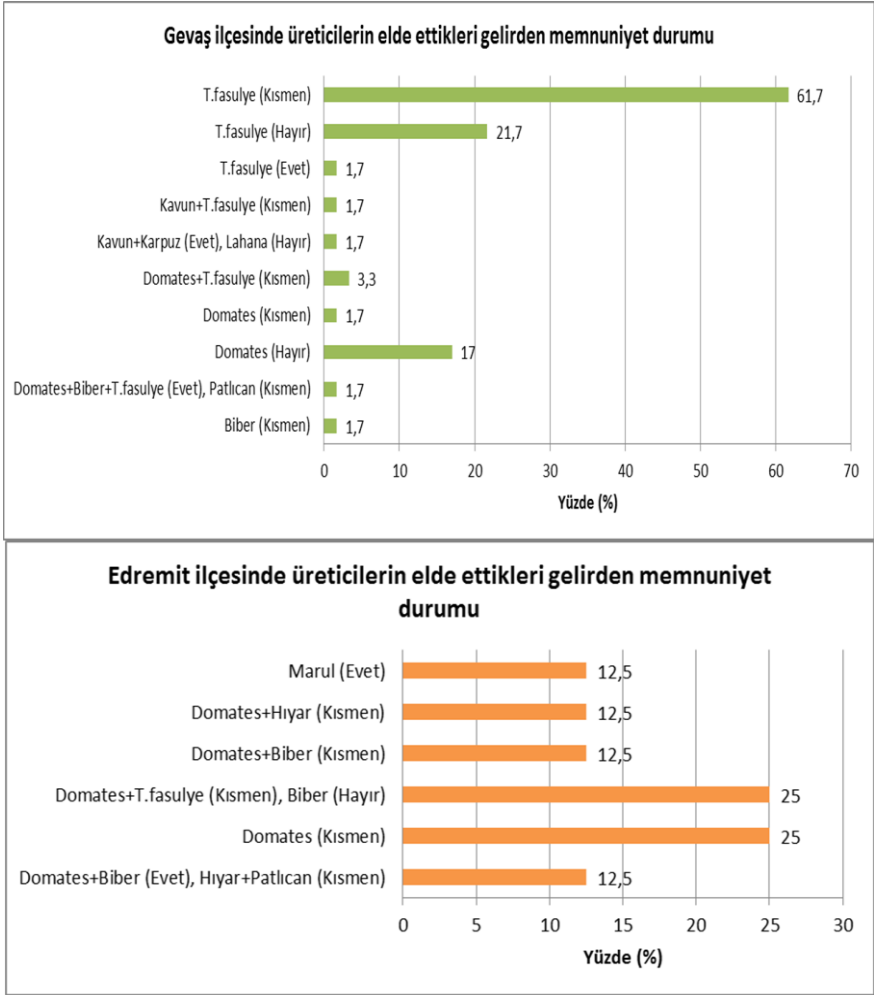
#### **3.1. Üreticilerin Elde Edilen Gelirden Memnuniyet Durumu**

Erciş ilçesinde ankete katılan üreticilerin %19.3'ü domates , %16.1'i lahana yetiştiriciliğinden elde ettikleri gelirden kısmen memnun olduklarını belirtirken, katılımcıların %12.9'u lahana üretiminden elde edilen gelirden memnun olmadıklarını belirtmişlerdir. Tuşba ilçesi üreticilerinin ise %37.5'inin domates üretiminden elde edilen gelirden kısmen memnun oldukları saptanmıştır (Şekil 1).

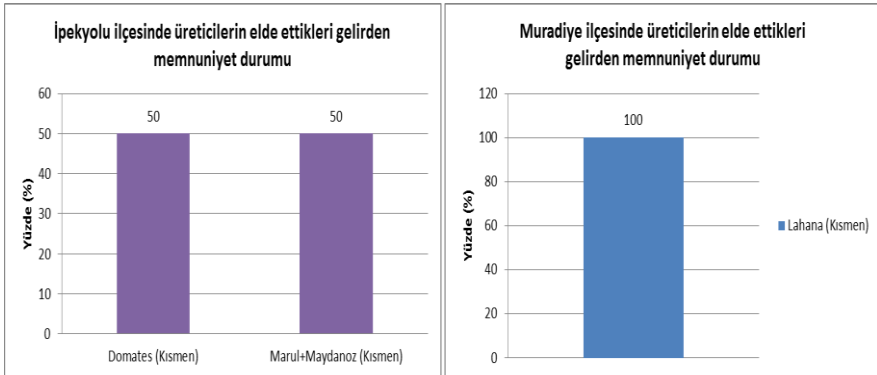


**Şekil 1:** Erciş ve Tuşba İlçelerindeki Gelir Memnuniyet Durumu

Gevaş ilçesi üreticilerinin büyük çoğunluğu (%61.7) taze fasulye yetiştiriciliğinden elde edilen gelirden kısmen memnun olurken, katılımcıların %21.7'si taze fasulye üretiminden elde edilen gelirden, %17'si ise domates üretiminden elde edilen gelirden memnun olmadıklarını belirtmişlerdir (Şekil 2). Muradiye ilçesi üreticilerinin tamamının ise lahana üretiminden sağladıkları gelirden kısmen memnun oldukları saptanmıştır (Şekil 3).



**Şekil 2: Gevaş ve Edremit İlçelerindeki Gelir Memnuniyet Durumu**



**Şekil 3: İpekyolu ve Muradiye İlçelerindeki Gelir Memnuniyet Durumu**

### 3.2. Üreticilerin Elde Ettikleri Ürünleri Pazarlama Yöntemi

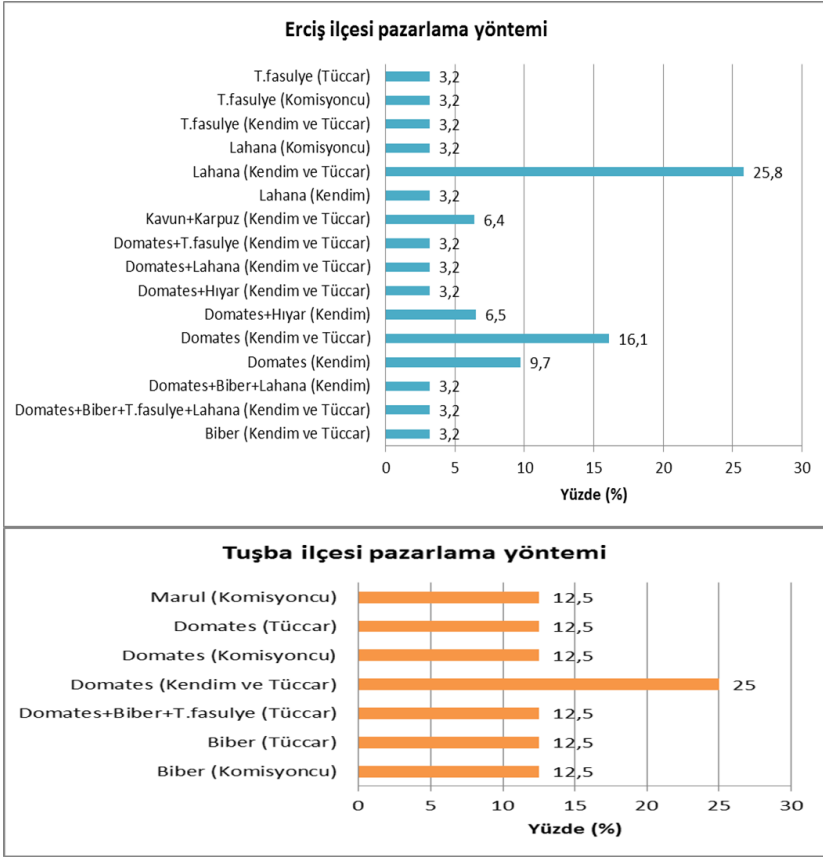
Erciş (%70.7), Gevaş (%41.7) ve Edremit (%50) ilçeleri üreticilerinin büyük çoğunluğu ürünlerini kendileri ve tüccar kanalıyla pazarlarken, Tuşba ilçesi üreticilerinin çoğunluğu tüccar vasıtasıyla pazarladıklarını belirtmişlerdir (Tablo 1).

İlçelere göre katılımcıların sebze türlerini pazarlama yöntemleri ise detaylı olarak Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6’da sunulmuştur.

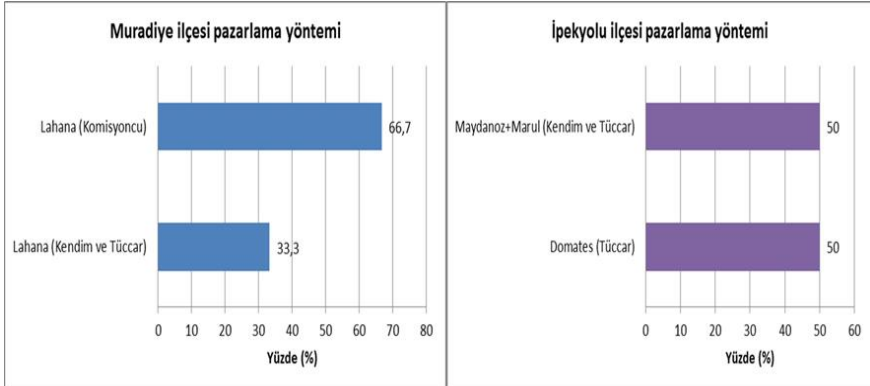
**Tablo 1: İlçelere Göre Ürün Pazarlama Yöntemleri**

| İlçeler  | Kendim |    | Tüccar |   | Kendim + Tüccar |    | Komisyoncu |   |
|----------|--------|----|--------|---|-----------------|----|------------|---|
|          | %      | n  | %      | n | %               | n  | %          | n |
| Erciş    | 19,4   | 6  | 3.2    | 1 | 70.7            | 22 | 6.4        | 2 |
| Gevaş    | 41.6   | 25 | 8.4    | 5 | 41.7            | 25 | 8.3        | 5 |
| Edremit  | 12.5   | 1  | 37.5   | 3 | 50.0            | 4  | -          | - |
| Tuşba    | -      | -  | 37.5   | 3 | 25.0            | 2  | 37.5       | 3 |
| İpekyolu | -      | -  | 50.0   | 1 | 50.0            | 1  | -          | - |
| Muradiye | -      | -  | -      | - | 33.3            | 1  | 66.7       | 2 |

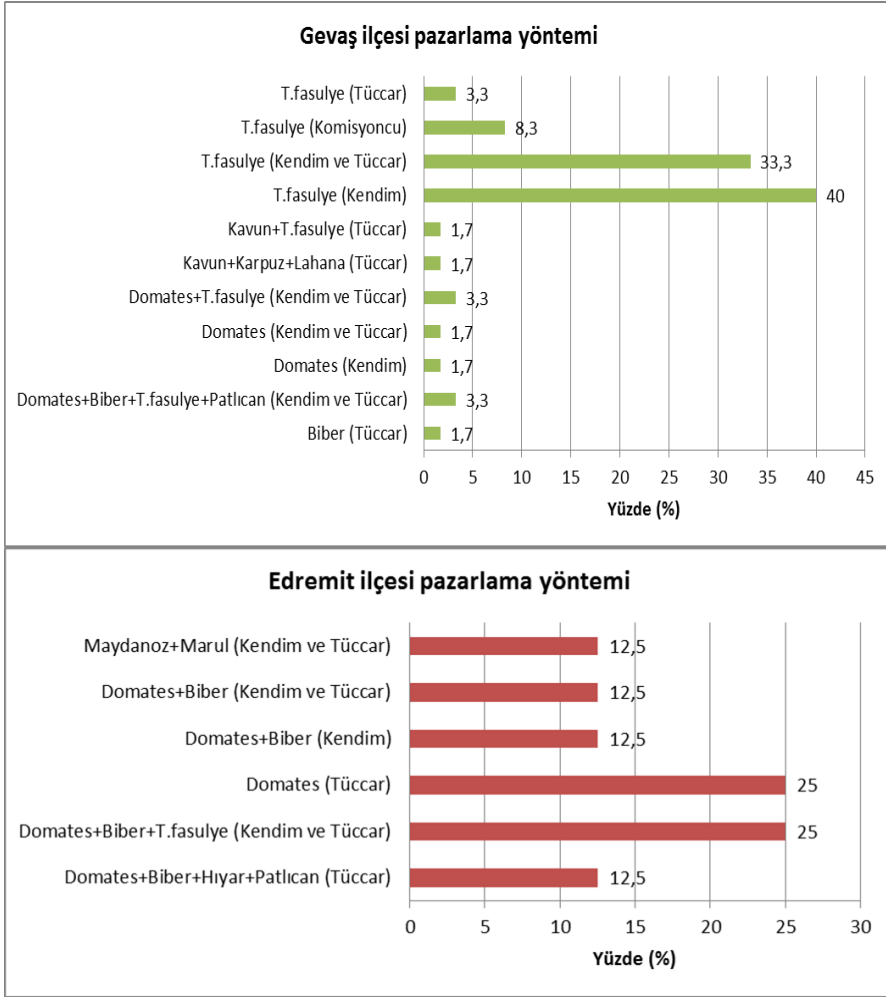
n: Katılımcı sayısı



**Şekil 4: Erciş ve Tuşba İlçeleri Üreticilerinin Ürünlerini Pazarlama Yöntemi**



**Şekil 5: Muradiye ve İpekyolu İlçeleri Üreticilerinin Ürünlerini Pazarlama Yöntemi**

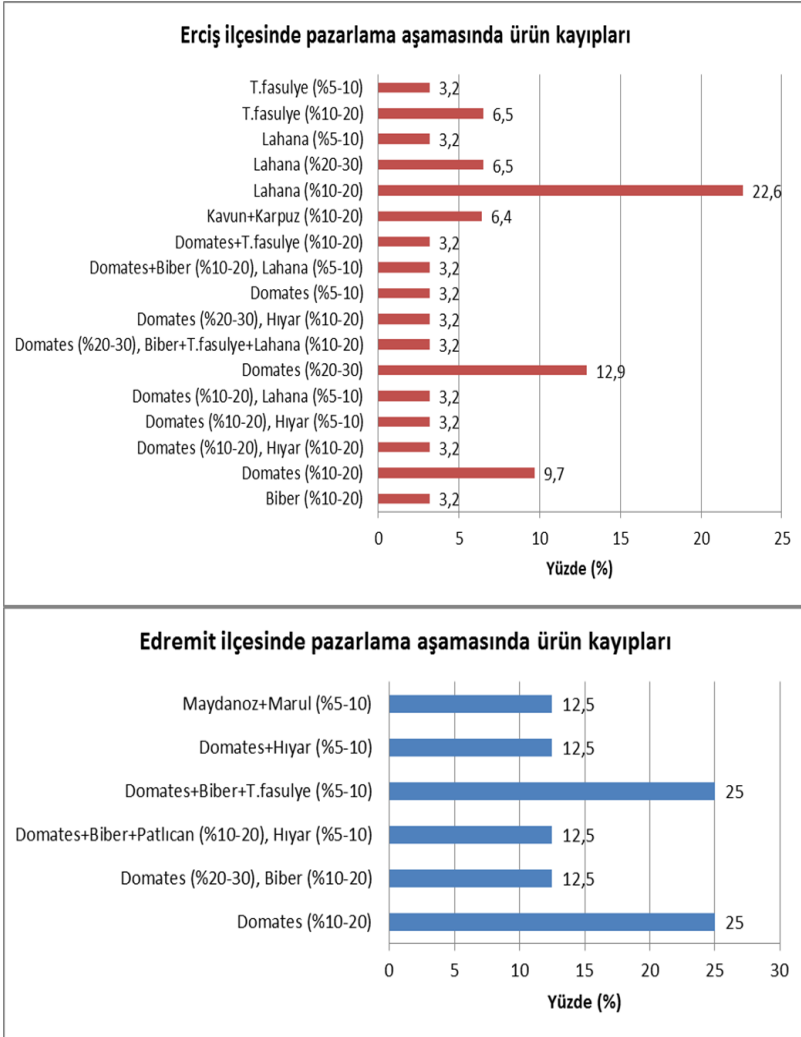


**Şekil 6:** Gevaş ve Edremit İlçeleri Üreticilerinin Ürünlerini Pazarlama Yöntemi

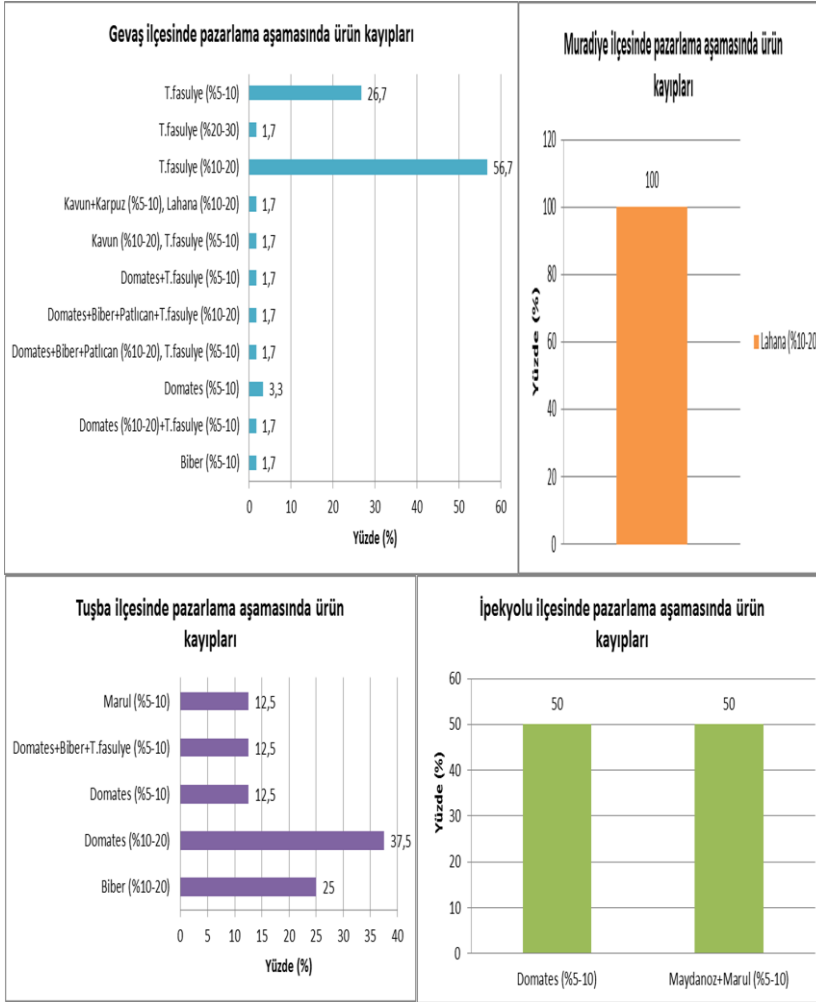
### 3.3. Pazarlama Aşamasındaki Ürün Kayıpları, Karşılaşılan Sorunlar ve Öneriler

Erciş ilçesinde lahana üreticilerinin %22.6'sının pazarlama aşamasında %10-20, domates üreticilerinin %12.9'unun ise %20-30 arası ürün kaybı yaşadıkları tespit edilmiştir (Şekil 7). Edremit ilçesinde ise katılımcıların %25'i domateste %10-20, diğer %25'i ise domates + biber + taze fasulyede %5-10'luk kayıpların olduğunu, Tuşba ilçesi üreticilerinin büyük çoğunluğu (%37.5) ise domateste %10-20 arası ürün kayıpları yaşadıklarını belirtmişlerdir (Şekil 7 ve Şekil 8). Gevaş ilçesi üreticilerinin büyük çoğunluğu (%56.7) taze fasulyede %10-20 arası ürün kaybı yaşarken, üreticilerin %26.7'si ise taze fasulyede ürün kayıplarının %5-10 arası olduğunu belirtmişlerdir. Yine Şekil 8'den Muradiye

ilçesi lahana üreticilerinin tamamının lahananın pazarlanması aşamasındaki kayıplarının %10-20 olduğu görülmektedir.



**Şekil 7: Erciş ve Edremit İlçelerinde Pazarlama Aşamasındaki Ürün Kayıpları**



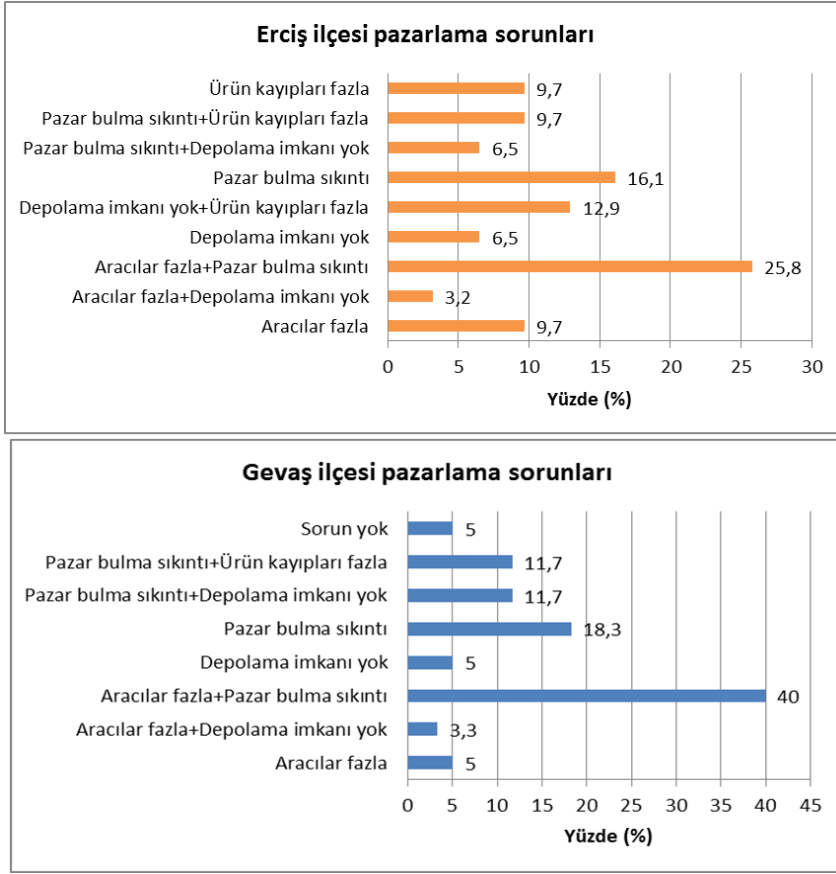
**Şekil 8: Diğer İlçelerde Pazarlama Aşamasındaki Ürün Kayıpları**

Balkaya ve ark. (2025) tarafından yapılan çalışmada, ülkemizde sebzelerde hasat sonu kayıpların %15-50 arasında değişim gösterdiği ve pazarlama aşamasındaki bu kayıpların önüne geçebilmek için ürün muhafazasının artırılmasına yönelik olarak kısa vadede soğuk hava deposu, paketleme tesisi gibi işletmelerin kurulmasının teşvik edilmesi gerektiği bildirilmiştir. Yaptığımız bu çalışmada ise, tüm ilçelerdeki pazarlamada karşılaşılan sorunların başında ise araçların fazla oluşu, pazar bulmada yaşanan sıkıntılar ve ürünlerin depolanma imkânının olmayışının geldiği saptanmıştır. Ayrıca pazarlama aşamasındaki kayıpların ilçelere ve sebze türlerine göre değişmekle birlikte %5-30 arasında değişim gösterdiği, ancak ilçelerdeki üreticilerin çoğunluğu dikkate alındığında bu aşamadaki kayıpların %10-20 arasında

değişim gösterdiği ve pazarlama aşamasındaki kayıpların Balkaya ve ark. (2025)'in belirttiği değerlerden daha düşük olduğu saptanmıştır.

Erciş ve Gevaş ilçelerindeki üreticilerin pazarlama aşamasında karşılaştıkları sorunlar Şekil 9'da, diğer ilçelerdeki üreticilerin karşılaştıkları pazarlama sorunları Şekil 10'da sunulmuştur. Pazarlama sorunları incelendiğinde; Erciş ilçesi üreticilerinin %25.8'inin araçların fazla olduğu ve pazar bulmada sıkıntı yaşadıkları, %16.1'inin sadece pazar bulma sıkıntısı yaşadığı, %12.9'unun ise depolama imkânının olmayışı ve ürün kayıplarının fazla olmasından dolayı sıkıntı yaşadığı belirlenmiştir (Şekil 9).

Gevaş (%40), Muradiye (%66.7) ve İpekyolu (%100) ilçelerindeki üreticilerinin büyük çoğunluğunun yine araçların fazla olması ve pazar bulmadan yana sıkıntı yaşadıkları belirlenmiştir (Şekil 9 ve Şekil 10). Edremit ilçesi üreticilerinin %37.5'nin ise araçların fazla oluşu ve depolama imkânının olmayışından dolayı sıkıntı yaşadıkları saptanmıştır (Şekil 10). Yulafcı ve Cinemre (2007), Çarşamba Ovası'nda yetiştirilen yaş meyve ve sebzelerin pazarlama yapısını ve bu süreçte karşılaşılan sorunları belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri araştırmada, komisyoncuların ürün tedarikinde karşılaştıkları en önemli sorunun yeterli kalitede ürün temin edememeleri olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmada ayrıca, üreticilerin hiçbirinin ürünlerini muhafaza etmeye yönelik depolama imkânına sahip olmadığı ve ürünlerin satışa sunulduğu semt pazarlarında karşılaşılan başlıca sorunun ise yer yetersizliği olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmadan elde edilen bulgular ile mevcut çalışma kapsamında ulaşılan sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Erciş (%48.3), Gevaş (%43.4), Edremit (%62.5) ve Tuşba (%62.5) ilçelerinde ankete katılan üreticilerin çoğunluğu ürünlerini sebze hali aracılığıyla pazarlamak istediklerini belirtmişlerdir (Tablo 2).

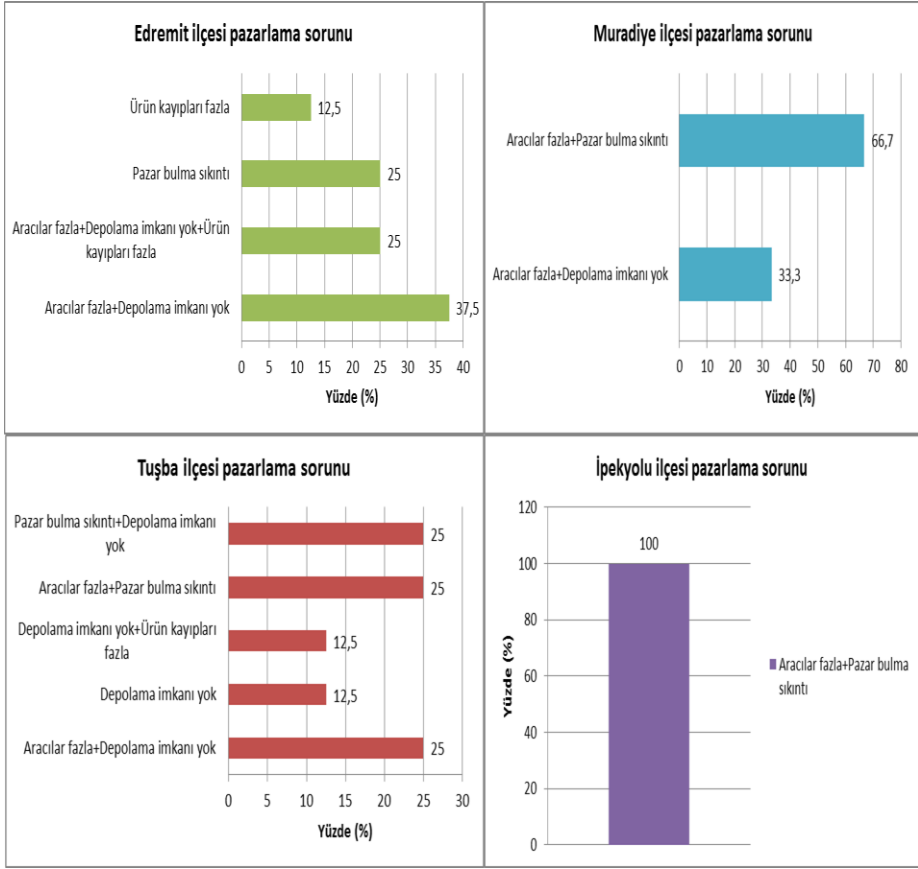


**Şekil 9:** Erciş ve Gevaş İlçelerinde Pazarlama Sırasında Karşılaşılan Sorunlar

**Tablo 2:** Üreticilerin Sebzelerini Pazarlamaya Yönelik Tercihleri

| İlçeler  | Semt pazarında kendim |    | Sebze hali |    | Kooperatif |    |
|----------|-----------------------|----|------------|----|------------|----|
|          | %                     | n  | %          | n  | %          | n  |
| Erciş    | 32.3                  | 10 | 48.3       | 15 | 19.3       | 6  |
| Gevaş    | 38.2                  | 23 | 43.4       | 26 | 18.4       | 11 |
| Edremit  | 12.5                  | 1  | 62.5       | 5  | 25.0       | 2  |
| Tuşba    | 12.5                  | 1  | 62.5       | 5  | 25.0       | 2  |
| İpekyolu | -                     | -  | 50.0       | 1  | 50.0       | 1  |
| Muradiye | 33.3                  | 1  | 33.3       | 1  | 33.3       | 1  |

n: Katılımcı sayısı



**Şekil 10:** Diğer İlçelerde Pazarlama Sırasında Karşılaşılan Sorunlar

İpekyolu ilçesi katılımcılarının yarısı (%50) sebze hali, diğer yarısı (%50) ise kooperatif kanalıyla ürünlerini pazarlamak isterken, Muradiye ilçesi katılımcıları eşit oranda (%33.3), semt pazarında kendim, sebze hali ve kooperatif olmak üzere 3 yolla da ürünlerini pazarlamayı tercih ettiklerini belirtmişlerdir (Tablo 2).

Ülkemizde yaş sebze pazarlanmasında, üreticiler ürününü çoğunlukla tüccar, mahalli alıcı, komisyoncu, pazarcılara veya tarlada üretim yerlerinde satarak tüketiciye ulaştırmaktadır (Engindeniz, 2009). Bazı üreticiler üretim yerlerinin uzak olması ve nakliye masraflarının fazla olması nedeniyle ürünlerini komisyoncular kanalıyla pazarlamayı tercih etmektedirler (Akbay ve ark., 2005). Yurdakul (2002), yaş meyve ve sebze pazarlama kanallarının en uzun olanının üretici–toplayıcı-komisyoncu (üretim yerinde)–toptancı -komisyoncu (tüketim yerinde)–perakendeci–tüketici şeklinde olduğunu belirtmiştir. Yapılan bu çalışmada ise Erciş, Gevaş, Edremit ve Tuşba ilçesi sebze üreticilerinin

çoğunluğunun ürünlerini sebze hali kanalıyla, İpekyolu ve Muradiye ilçesi sebze üreticilerinin ise sebze hali ya da kooperatif kanalıyla pazarlamayı tercih ettikleri saptanmıştır.

#### **4. SONUÇ**

Sonuç olarak; anket çalışmasının yapıldığı tüm ilçelerde katılımcıların çoğunluğu lahana, domates, biber ve taze fasulye yetiştiriciliğinden elde ettikleri gelirden kısmen memnun olduklarını belirtmişlerdir. Pazarlama aşamasında, araçların bulunması üreticiler açısından giderleri artıran bir durumdur. Ancak pazarlama aşamasında görülen sıkıntılar nedeniyle özellikle de hasat edilen ürünlerin pazara sunuluncaya kadarki aşamada soğuk hava depolarında muhafaza etme imkânının olmayışı üreticilerin ürün kaybı ve gelir kaybı yaşamasına neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle ilde depolama imkânının artırılmasına yönelik yatırım çalışmalarının yapılmasının ilin sebzeçilik potansiyelinin gelişimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akbay, C., Candemir, S., & Orhan, E. (2005). Türkiye’de yaş meyve ve sebze ürünleri üretim ve pazarlaması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2): 96-107.
- Balkaya, A., Akbudak, N., Kuşvuran, Ş., Yıldırım, E., Yaşar, F., Pirinç, V., Kandemir, D., Arpacı, B., Coşkun, F., Karaağaç, & O. Atasoy, S. (2025). Türkiye sebzecilik sektörünün mevcut durumu, hedefler ve stratejiler, Türkiye Ziraat Mühendisliği X. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye, 594-617.
- Büyükkalay, H. (2019). Antalya ilinde karpuz üretimi ve pazarlama yapısı, Yüksek lisans tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, Türkiye.
- Engindeniz, S. (2009). Türkiye'de sebze üretimi ve gelecek için bazı öneriler. Verimlilik Dergisi, 2: 99-117.
- Gül, A., Işık, H., Gül, M., Solmaz İ., & Sarı, N. (2004). Adana ilinde karpuz üretim maliyetleri ve pazarlama yapısı. V. Sebze Tarımı Sempozyumu, Çanakkale, Türkiye, 338-344.
- Güldal, S., & Tuncer, B. (2026). Van ili sebzeciliğinde üretici ve işletme profiline yönelik değerlendirmeler. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 41: 485-501.
- Karadaş, K., & Bulut, O. D. (2022). Bitkisel ürünlerin pazarlama kanalları ve yeni bir pazarlama modeli önerisi; Iğdır ili örneği. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1): 145-153.
- Miran, B. (2002). Temel İstatistik, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 2002.
- Newbold, P. (1995) Statistics for Business and Economics, Prentice-Hall International, New Jersey.
- TUİK. (2022). <https://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 09.08.2023)
- Tuncer B., & Güldal S. (2024). Doğu Anadolu Bölgesi'nin Açıkta Sebze Üretim Potansiyeli. Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Yeni Çalışmalar, Doç. Dr. Burcu Tuncer, Editör, Duvar Yayınları, İzmir, ss.35-57.
- Yulafçı, A., & Cinemre, H. (2007). Çarşamba Ovasında yaş meyve ve sebze pazarlama sorunları. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 22(3): 260-268.
- Yurdakul, O. (2002). Tarım Ürünleri Pazarlaması. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: A-39.

## 7. Bölüm

### qPCR ile Göreceli Gen Ekspresyon Analizi: $2^{-\Delta\Delta C_t}$ Yönteminin Hesaplanması, Yorumlanması ve Sınırlamaları

Süleyman KÖK<sup>1</sup>

#### 1. Giriş: Kantitatif Gerçek Zamanlı PCR (qPCR) ve $2^{-\Delta\Delta C_t}$ Yöntemine Genel Bakış

##### 1.1. Kantitatif Gerçek Zamanlı PCR (qPCR) Nedir?

Kantitatif gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu (qPCR), bir örnekteki belirli DNA veya RNA dizilerinin miktarını ölçmek için moleküler biyolojide yaygın olarak kullanılan güçlü bir tekniktir (Broeders ve ark., 2014). Bu yöntem, her PCR döngüsünde ürün miktarının katlanarak artması prensibine dayanır ve amplifikasyon sırasında floresan sinyalinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlar (Grooms, 2015; Anonim, 2026a). qPCR, gen ifadesi analizinde, özellikle belirli bir genin farklı koşullar (örneğin, tedavi edilmiş örneklerle karşı kontrol örnekleri) veya zaman noktaları arasındaki ifade düzeylerindeki göreceli değişiklikleri belirlemek için kritik bir araçtır (Zhang et al., 2026). qPCR'ın temel gücü, nicel veriyi gerçek zamanlı olarak sağlamasıdır. Bu, sadece bir genin varlığını değil, aynı zamanda miktarını da belirlememize olanak tanır. Bu niceliksel yetenek, biyolojik sistemlerdeki ince değişiklikleri tespit etmek için hayati öneme sahiptir. qPCR'ın "gerçek zamanlı" doğası, floresan sinyalinin her döngüde izlenmesiyle ilgilidir.<sup>6</sup> Bu sürekli izleme, amplifikasyonun logaritmik fazında Eşik Döngüsü (Ct) değerinin belirlenmesine olanak tanır. Başka bir ifadeyle bu geçiş noktası (crossing point = Cp) PCR reaksiyonu esnasında ürünün miktar olarak anlamlı artışının gerçekleştiği Ct değeridir (Livak ve Schmittgen, 2001). Eğer sadece son ürün Ct ölçülseydi (geleneksel PCR gibi), kantitasyon zorlaşır ve doygunluk nedeniyle başlangıç miktarı hakkında doğru bilgi elde edilemezdi. Bu nedenle, gerçek zamanlı izleme, Ct değerinin güvenilirliğini ve dolayısıyla nicel analizin temelini oluşturur.

##### 1.2. $2^{-\Delta\Delta C_t}$ Yönteminin Amacı ve Önemi

$2^{-\Delta\Delta C_t}$  yöntemi, aynı zamanda "delta-delta Ct" veya "ddCt" veya Livak yöntemi olarak da bilinir, qPCR verilerinden örnekler arasındaki göreceli katlanmış gen ifadesini hesaplamak için kullanılan basit ve yaygın bir formüldür (Livak ve

<sup>1</sup> Prof. Dr. Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biomühendislik Bölümü, Edirne, TR-22030, koks@trakya.edu.tr, Orcid:https://orcid.org/0000-0002-9677-3571

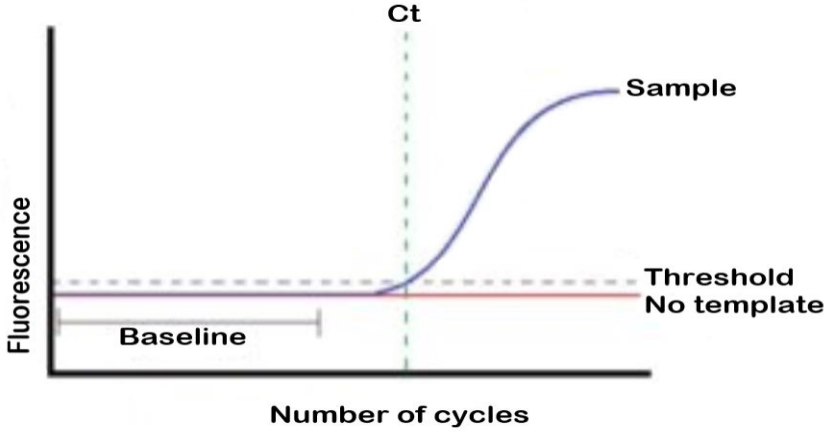
Schmittgen, 2001). Bu yöntem, mutlak kopya sayılarının belirlenmesinin gerekmediği, bunun yerine tedavi grupları arasındaki veya bir kontrol örneğine göre ifade değişikliklerinin göreceli olarak ifade edilmesinin yeterli olduğu durumlarda kullanışlıdır (Zhang ve ark., 2026).

$2^{-\Delta\Delta C_t}$  yönteminin popülerliği, basitliğinden ve standart bir eğri oluşturma ihtiyacını ortadan kaldırmasından kaynaklanır (Rao ve ark., 2013). Bu, deneyleri daha hızlı ve daha az reaktif maliyetli hale getirir, ancak bu avantajlar belirli varsayımların geçerliliğine bağlıdır. Mutlak kantitasyon, bilinen konsantrasyonlara sahip standart bir eğri gerektirir (Anonim, 2026a; Rao ve ark., 2013). Bu, ek reaktifler, zaman ve potansiyel seyreltme hataları anlamına gelir.<sup>10</sup>  $2^{-\Delta\Delta C_t}$  yönteminin "görelî" doğası, bu ek adımlardan kaçınarak, araştırmacıların belirli bir genin ifade düzeyindeki *değişimi* hızlıca değerlendirmesine olanak tanır. Ancak bu kolaylık, yöntemin dayandığı kritik varsayımların (örneğin, %100 amplifikasyon verimliliği) dikkatle doğrulanmasını zorunlu kılar. Bu varsayımların ihlali, kolaylığın getirdiği yanlış sonuç riskini artırabilir.

## **2. Yönteminin Temelleri ve $2^{-\Delta\Delta C_t}$ Hesaplaması**

### **2.1. Ct Değeri: Eşik Döngüsü (Cycle Threshold)**

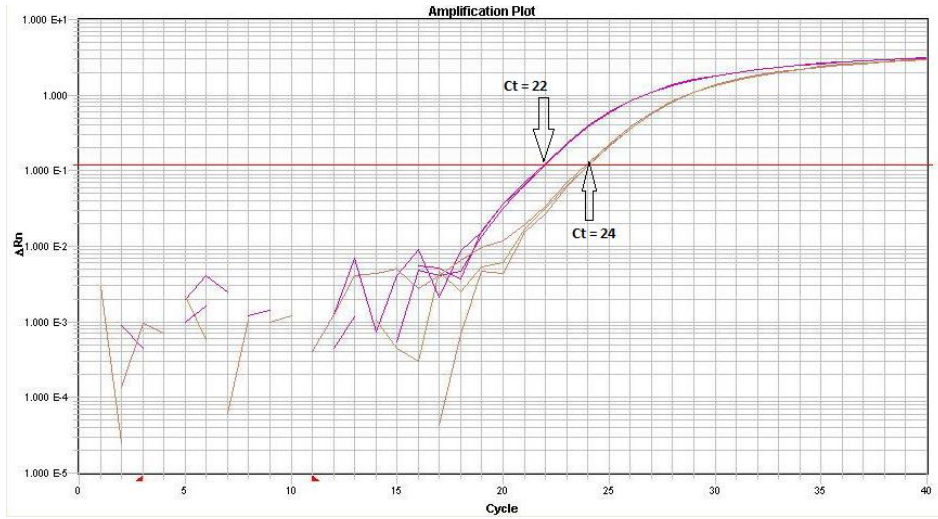
Ct (Cycle Threshold) değeri (şekil 1), qPCR reaksiyonunda floresan sinyalinin arka plan gürültüsünden ayırt edilebilir bir eşiğe ulaştığı döngü sayısıdır (Livak ve Schmittgen, 2001; Anonim 2026c; VanGuilder ve ark., 2008). Bu değer, qPCR makinesi tarafından otomatik olarak belirlenir (Anonim 2026c). Daha düşük bir Ct değeri, başlangıçtaki mRNA miktarının daha yüksek olduğunu gösterir, çünkü floresansın eşiğe ulaşması için daha az amplifikasyon döngüsü gerekir (Grooms, 2015). Tersine, yüksek Ct değerleri (örneğin, 30-35), genin daha az ifade edildiğini gösterir.



Şekil 1. Eşik (kırmızı çizgi) doğrusal faza yerleştirilir ve Ct, PCR eğrisinin eşiği geçtiği noktada ölçülür.

Ct değeri, başlangıçtaki hedef molekül sayısı ile ters orantılıdır (VanGuilder ve ark., 2008; Hampton ve ark., 2025). Bu ters ilişki, Ct değerlerinin doğrudan yorumlanmasını yanıltıcı hale getirir ve katlanmış değişim hesaplamasının neden " $2^{-\Delta\Delta Ct}$ " şeklinde olduğunu açıklar. PCR, her döngüde ürün miktarını ideal olarak iki katına çıkarır (Grooms, 2015; Anonim, 2026a). Eğer bir örnekte başlangıçta iki kat daha fazla hedef molekül varsa, bu örnek eşik floresan seviyesine bir döngü daha erken ulaşacaktır. Dolayısıyla, Ct değeri ile başlangıç molekül sayısı arasında logaritmik (ters) bir ilişki vardır. Bu nedenle, Ct değerlerindeki doğrusal bir fark, başlangıç miktarlarında katlanmış bir farka karşılık gelir ve bu ilişkiyi doğrusal bir ifadeye dönüştürmek için 2'nin üssü olarak kullanılması gerekir.

qPCR'nin prensibi, her PCR döngüsünde PCR ürünlerinin sayısının iki katına çıkması gerçeğine dayanır. İki reaksiyon arasında 2 döngü fark varsa (Şekil 2' ki gibi), pembe reaksiyonda ( $Ct = 22$ ) turuncu reaksiyona ( $Ct = 24$ ) göre 4 kat daha fazla mRNA kopya olduğunu söyleyebiliriz. Çoğu zaman, bir qPCR deneyi, iki örnek arasındaki bir genin ifadesinin bir varyasyonu olan "göreceli ifade" verecektir. Bir genin mutlak bir niceliğini (kopya sayısını) belirlemek de mümkündür, ancak bu teknik bir standart gerektirir, tipik olarak genin cDNA'sının bir vektöre klonlanmasıdır.



Şekil 2. qPCR elektroforogram. (Genomic Platform Institute of research in immunology and cancer, University of Montreal [www.genomique.ircic.ca](http://www.genomique.ircic.ca))

Endojen kontrol geni, test edilen tüm örnekler arasında değişmeyen genidir. Başka bir ifadeyle housekeeping (referans, kontrol) gen genellikle temel hücresel fonksiyonların gerçekleştirilmesi için gerekli olan, bir organizmanın her hücresinde bulunan temel bir genidir. Genellikle, kontrol amaçlı (housekeeping gen) kullanılan düzenleyici bu genler;  $\beta$ -actin, GAPDH, ACTB, TBP, HPRT, PPIA, YWHAZ'dir. Bunlar farklı zaman noktalarında ve çeşitli deneysel manipülasyonlarda gen ifadesinin tutarlı olması nedeniyle sıklıkla qRT-PCR analizi için endojen bir kontrol aracı olarak kullanılır.

## 2.2. $\Delta$ Ct Hesaplaması: Normalizasyon

$\Delta$ Ct (Delta Ct) değeri, bir örnekteki hedef genin Ct değeri ile aynı örnekteki bir iç kontrol (housekeeping) geninin Ct değeri arasındaki farktır (Livak ve Schmittgen, 2001; Ruiz-Villalba ve ark., 2021).

Formül şu şekildedir:

$$\Delta Ct = Ct (\text{Hedef Gen}) - Ct (\text{Housekeeping Geni}).$$

Bu adım, örnek yükleme miktarı bir örnek için en az 3 tekerrürlü olmalıdır, RNA kalitesi ve cDNA sentez verimliliği gibi deneysel varyasyonları düzeltmek için esastır (Zhang ve ark., 2026). Housekeeping genleri, deneysel koşullardan etkilenmeyen, kararlı bir şekilde ifade edildiği varsayılan genlerdir. Yaygın olarak kullanılan housekeeping genleri arasında aktin, alfa-tübülin, GAPDH ve ubiquitin genleridir (Anonim, 2026a; Zhang ve ark., 2026; Anonim 2026c).  $\Delta$ Ct hesaplaması, qPCR verilerinin normalizasyonunda kritik bir adımdır.

Housekeeping genlerinin seçimi ve doğrulanması, bu normalizasyonun geçerliliği için hayati öneme sahiptir; çünkü housekeeping geninin ifadesindeki herhangi bir değişiklik, hedef genin ifadesindeki gerçek değişiklikleri maskeleyebilir veya yanlış yorumlamalara yol açabilir. Deneylerdeki örnek miktarı, RNA kalitesi veya cDNA sentez verimliliği gibi faktörler, hedef genin Ct değerini etkileyebilir (Anonim, 2026a; VanGuilder ve ark., 2008). Housekeeping genleri, bu varyasyonları hesaba katmak için bir "iç standart" görevi görür (Rao ve ark., 2013). Eğer housekeeping geninin ifadesi deneysel koşullardan etkileniyorsa,  $\Delta Ct$  değeri artık yalnızca hedef genin gerçek ifadesini değil, aynı zamanda housekeeping genindeki istenmeyen değişimi de yansıtacaktır. Bu durum, sonuçların yanlış normalizasyonuna ve dolayısıyla yanlış yorumlanmasına neden olur. Bu nedenle, deney öncesinde uygun housekeeping genlerinin titizlikle doğrulanması bir zorunluluktur (Rao ve ark., 2013).

### 2.3. $\Delta\Delta Ct$ Hesaplaması: Kontrole Göre Karşılaştırma

$\Delta\Delta Ct$  (Delta-Delta Ct) değeri, deneysel/tedavi edilmiş örneklerin  $\Delta Ct$  değeri ile kontrol/referans örneklerin  $\Delta Ct$  değeri arasındaki farktır (Zhang ve ark., 2026; Anonim, 2026b; Anonim 2026c). Formül şu şekildedir:

$\Delta\Delta Ct = \Delta Ct (\text{Örnek}) - \Delta Ct (\text{Kontrol Gurubu Ortalaması})$  (Schmittgen ve Zakrajsek, 2000; Ruiz-Villalba ve ark., 2021).

Bu adım, hedef genin ifadesindeki göreceli değişikliği, belirli bir "kalibratör" veya "referans" örneğe göre belirler (Livak ve Schmittgen, 2001). Kalibratör genellikle tedavi edilmemiş/etken madde verilmemiş bir kontrol grubu veya zaman sıfır örneği olabilir (Grooms, 2015; Zhang ve ark., 2026).

Teknik tekrarların Ct değerleri öncelikle ortalaması alınmalıdır (Zhang ve ark., 2026; Anonim 2026c). Birden fazla teknik tekrar varsa, ortalama Ct değeri hesaplanır. Eğer hedef ve referans genler farklı pleytlerde amplifiye ediliyorsa, Ct değerleri ortalaması ayrı ayrı alınmalı, ardından  $\Delta Ct$  hesaplanmalıdır (Zhang ve ark., 2026). Eğer hedef ve referans genler aynı pleytlerde amplifiye ediliyorsa, her pleytteki kuyucuklar için  $\Delta Ct$  hesaplanıp sonra ortalaması alınmalıdır.  $\Delta\Delta Ct$ , bir "farkların farkı" yaklaşımını temsil eder (VanGuilder ve ark., 2008; Hampton ve ark., 2025). Bu, deneysel koşulların hedef gen üzerindeki etkisini, hem içsel varyasyonu (housekeeping gen ile normalizasyon) hem de başlangıç koşullarını (kalibratöre göre normalizasyon) hesaba katarak izole etmeye çalışır.  $\Delta\Delta Ct$ , bir genin ifadesindeki göreceli değişimini belirlemek için güçlü bir araçtır. İlk  $\Delta Ct$ , her bir örneğin kendi içindeki varyasyonu (örnek yükleme, RNA kalitesi) düzeltir. İkinci  $\Delta Ct$  ise, bu

düzeltilmiş değerleri bir referans noktasına (kontrol grubu) göre karşılaştırarak, deneysel müdahalenin neden olduğu gerçek ifade değişimini ortaya koyar. Bu katmanlı normalizasyon, biyolojik olarak anlamlı sonuçlar elde etmek için esastır.

#### 2.4. Katlanmış Gen İfadesi (Fold Gene Expression) Hesaplaması: $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$

Son adım, göreceli katlanmış gen ifadesi düzeyini hesaplamaktır:

Katlanmış Gen İfadesi =  $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$  (Ruiz-Villalba ve ark., 2021; Rao ve ark., 2013).

Bu formül, PCR'ın her döngüde ürün miktarını iki katına çıkarma prensibinden türetilmiştir (Grooms, 2015; Anonim, 2026a; VanGuilder ve ark., 2008).  $\Delta\Delta Ct$  değeri, "düzeltilmiş" eşiğe ulaşma döngü sayısındaki farkı temsil eder ve 2'nin üssü olarak kullanıldığında, göreceli miktar veya katlanmış değişimi verir (VanGuilder ve ark., 2008). Bu yöntem, hedef genin ve referans genlerin amplifikasyon verimliliklerinin %100'e yakın olduğunu (yani standart veya kalibrasyon eğrisi eğiminin -3,32 olduğunu) varsayar. Döngü başına kat artışı olarak tanımlanan amplifikasyon verimliliği 1 ile 2 arasında değişir. Hedef gen ve referans gen için qPCR amplifikasyon verimliliği çalışma sonunda qPCR cihazından alınmalıdır. Hedef gen ve referans gen için qPCR amplifikasyon verimliliği bildirilmediğinde ise her iki test için de %100 verimlilik ( $E = 2$ ) varsayılır ve denklem,  $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$  olarak bilinen karşılaştırmalı Cq denklemine basitleştirilir (Ruijter ve ark., 2019).

Negatif üs kullanımı, Ct değerinin başlangıç materyali miktarıyla ters orantılı olmasından kaynaklanır (VanGuilder ve ark., 2008 ;Hampton ve ark., 2025). Daha düşük bir Ct değerinin başlangıçtaki mRNA miktarının daha yüksek olduğunu göstermesinin nedeni, floresansın eşiğe ulaşması için daha az amplifikasyon döngüsü gerektirdiğini bilmekteyiz (Hampton ve ark., 2025). Bu durumda daha düşük bir Ct, daha yüksek bir başlangıç miktarı anlamına gelir, bu da pozitif bir katlanmış değişime (artışa) yol açmalıdır. Ct değeri ne kadar küçükse, gen o kadar fazla ifade edilir. Eğer tedavi edilmiş örneğin  $\Delta Ct$  değeri, kontrol örneğinin  $\Delta Ct$  değerinden küçükse,  $\Delta\Delta Ct$  negatif olacaktır. Örneğin,  $\Delta Ct$  (tedavi) = 5 ve  $\Delta Ct$  (kontrol) = 7 ise,  $\Delta\Delta Ct = 5 - 7 = -2$  olur. Bu durumda  $2^{-(-2)} = 2^2 = 4$  kat artış anlamına gelir. Bu durum ( $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$ ), Ct değerleri ile katlanmış değişim arasındaki ters logaritmik ilişkiyi doğrusal bir ifadeye dönüştürmenin matematiksel bir gerekliliğidir.

## 2.5. Örnek Hesaplama Tablosu

Aşağıdaki tablo,  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  yönteminin adım adım nasıl uygulandığını gösteren hipotetik verileri içermektedir. Bu tablo, hesaplama sürecini somutlaştırarak kullanıcıların kendi verilerini uygulamasına yardımcı olacaktır. Özellikle teknik tekrarların nasıl ortalaması alınacağı ve kalibratörün nasıl kullanılacağı netleştirilmiştir (Anonim 2026c).

**Tablo 1:**  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  Yöntemi ile Katlanmış Gen İfadesi Hesaplama Örneği

| Örnek Adı | Hedef Gen Ct (Ort.) <sup>1</sup> | HK Gen Ct (Ort.) <sup>2</sup> | $\Delta Ct$ (Hedef gen – HK gen) | $\Delta Ct$ Kontrol 1 ve 2 ort. | $\Delta\Delta Ct$ (Örnek $\Delta Ct$ – Kontrol ort.) | Katlanmış Gen İfadesi ( $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$ ) |
|-----------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Kontrol 1 | 22.5                             | 18.0                          | 4.5                              | 4.5                             | 0.0                                                  | 1.0                                                |
| Kontrol 2 | 22.0                             | 17.5                          | 4.5                              | 4.5                             | 0.0                                                  | 1.0                                                |
| Tedavi 1  | 19.0                             | 18.0                          | 1.0                              | 4.5                             | -3.5                                                 | 11.31                                              |
| Tedavi 2  | 20.0                             | 17.5                          | 2.5                              | 4.5                             | -2.0                                                 | 4.0                                                |

<sup>1</sup> Hedef gene ait bir örneğin 3 tekrürlü Ct ortalaması

<sup>2</sup> Housekeeping (HK) gene ait bir örneğin 3 tekrürlü Ct ortalaması

Tablo 1 örneğinde, Kontrol 1 ve Kontrol 2 örnekleri kontrol grubunu oluşturmaktadır. Housekeeping geninin Ct değerleri, hedef gen Ct değerlerini normalize etmek için kullanılmıştır. Kontrol grubunun ortalama  $\Delta Ct$  değeri (4.5), tüm örnekler için kalibratör olarak kullanılmıştır. Tedavi 1 ve Tedavi 2 örneklerinin katlanmış gen ifadeleri, kontrol grubuna göre sırasıyla 11.31 kat ve 4.0 kat (mRNA ekspresyonu) artış göstermiştir.

## 3. Katlanmış Gen İfadesi Sonuçlarının Yorumlanması

### 3.1. Yukarı Regülasyon (Upregulation)

$2^{-(\Delta\Delta Ct)}$  değeri 1'den büyük olduğunda, hedef genin kontrol örneğine göre yukarı regüle edildiği (daha yüksek ifade edildiği) anlamına gelir (Grooms, 2015). Örneğin,  $2^{-(\Delta\Delta Ct)} = 10$  ise, genin kontrol örneğine göre 10 kat daha fazla ifade edildiği yorumlanır. Bu durum, deneysel koşulların genin ifadesini artırdığını gösterir.

### 3.2. Aşağı Regülasyon (Downregulation)

$2^{-(\Delta\Delta Ct)}$  değeri 1'den küçük olduğunda, hedef genin kontrol örneğine göre aşağı regüle edildiği (daha düşük ifade edildiği) anlamına gelir (Grooms, 2015; VanGuilder ve ark., 2008). Örneğin,  $2^{-(\Delta\Delta Ct)} = 0.1$  ise, genin kontrol örneğine

göre 10 kat daha az ifade edildiği (veya 1/10 oranında ifade edildiği) yorumlanır (Grooms, 2015).

Aşağı regülasyon değerlerinin yorumlanması, yukarı regülasyon değerlerine göre daha az sezgisel olabilir. Örneğin, 0.5 kat aşağı regülasyon, 2 kat yukarı regülasyon ile aynı "büyüklükte" bir değişimi temsil eder, ancak grafiksel olarak farklı görünebilir (VanGuilder ve ark., 2008). Bu asimetri, log2 dönüşümünün önemini vurgular.  $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$  ölçeği doğrusal değildir; 2 kat artış (RQ = 2) ile 2 kat azalış (RQ = 0.5) arasındaki mesafe, 1'e olan uzaklık açısından aynı değildir ( $2 - 1 = 1$ ,  $1 - 0.5 = 0.5$ ). Bu durum, özellikle grafiksel sunumda yanıltıcı olabilir.<sup>14</sup> Log2 dönüşümü (yani  $-\Delta\Delta Ct$  değeri), bu asimetriyi gidererek hem yukarı hem de aşağı regülasyonu simetrik bir ölçekte temsil eder (örneğin, 2 kat artış = +1, 2 kat azalış = -1) (VanGuilder ve ark., 2008). Bu, verilerin biyolojik önemini daha doğru bir şekilde yansıtır ve istatistiksel analizler için daha uygundur.

### 3.3. İfade Değişikliği Yok (No Change in Expression)

$2^{-(\Delta\Delta Ct)}$  değeri 1'e yakın olduğunda, hedef genin kontrol örneğine göre ifadesinde önemli bir değişiklik olmadığı anlamına gelir (Grooms, 2015; Zhang ve ark., 2026). Kalibratör örneği, kendine göre karşılaştırıldığında  $\Delta\Delta Ct = 0$  ve dolayısıyla  $2^0 = 1$  değerini alır. Bu, gen ifadesinin deneysel koşullardan etkilenmediğini gösterir.

### 3.4. Biyolojik Anlamlılık Eşikleri

Genel olarak, 2 katından fazla (RQ > 2) veya 0.5 katından az (RQ < 0.5) bir katlanmış değişim, biyolojik olarak anlamlı kabul edilir. 0.5 ile 2 arasındaki RQ değerleri, tekniğin varyasyonları içinde kabul edilebilir ve biyolojik olarak anlamlı bir değişiklik göstermeyebilir. Küçük katlanmış değişimleri (örneğin, 1.5 kat) doğrulamak için çok temiz örnekler, biyolojik tekrarlar ve bilinen katlanmış değişime sahip pozitif kontroller gereklidir (Grooms, 2015).

Biyolojik anlamlılık eşiklerinin belirlenmesi, istatistiksel anlamlılığın ötesine geçer. Bir p-değeri istatistiksel olarak anlamlı bir farkı gösterebilirken, bu farkın biyolojik bağlamda ne kadar önemli olduğu farklı bir değerlendirme gerektirir. Bu, özellikle klinik veya fizyolojik sonuçları olan araştırmalar için kritik bir ayrımdır. İstatistiksel anlamlılık (p-değeri), gözlemlenen farkın şans eseri olma olasılığını değerlendirir. Ancak, küçük bir p-değeri bile, biyolojik olarak çok küçük bir etkiyi yansıtabilir. Örneğin, bir genin 1.1 kat yukarı regüle edilmesi istatistiksel olarak anlamlı bulunsa da, bu değişiklik hücre fonksiyonu veya hastalık patogenezi üzerinde gerçek bir etkiye sahip olmayabilir. Bu nedenle, katlanmış değişim eşikleri (örneğin, 2 kat), araştırmacının deney bağlamında

"önemli" kabul ettiği biyolojik etki büyüklüğünü tanımlar. Bu, sonuçların hem istatistiksel sağlamlığını hem de biyolojik alaka düzeyini değerlendirmek için çift katmanlı bir yaklaşım gerektirir.

### 3.5. Yorumlama Kılavuzu Tablosu

Aşağıdaki tablo, farklı  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  değerlerinin biyolojik yorumunu özetlemektedir. Bu tablo, kullanıcıların elde ettikleri sayısal sonuçları hızlıca biyolojik anlamlarına dönüştürmelerine yardımcı olacaktır.

**Tablo 2:**  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  Katlanmış Gen İfadesi Sonuçlarının Yorumlanması

| $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$<br>Değeri (RQ) | Yorum                | Biyolojik<br>Anlamlılık | Örnek Anlam                                      |
|-----------------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|
| $RQ > 2$                                | Yukarı<br>Regülasyon | Evet                    | Genin ifadesi kontrol grubuna göre X kat arttı.  |
| $0.5 < RQ < 2$                          | Değişiklik<br>Yok    | Hayır/Potansiyel        | Genin ifadesinde önemli bir değişiklik yok.      |
| $RQ < 0.5$                              | Aşağı<br>Regülasyon  | Evet                    | Genin ifadesi kontrol grubuna göre X kat azaldı. |
| $RQ = 1$                                | Değişiklik<br>Yok    | Hayır                   | Kalibratör örneği (referans noktası).            |

## 4. $2^{-\Delta\Delta Ct}$ Yönteminin Varsayımları ve Sınırlamaları

### 4.1. PCR Amplifikasyon Verimliliği Varsayımı

$2^{-\Delta\Delta Ct}$  yönteminin en kritik varsayımı, hedef ve referans genlerin amplifikasyon verimliliklerinin yaklaşık %100 (veya 1) ve birbirine eşit olmasıdır. %100 verimlilik, her PCR döngüsünde ürün miktarının iki katına çıktığı anlamına gelir (Zhang ve ark., 2026). Gerçekte, PCR verimlilikleri %60 ile %110 arasında değişebilir. Örneklerdeki PCR inhibitörleri veya arttırıcılar, RNA ekstraksiyon yöntemleri, farklı prob, primer ve enzim kullanımları gibi faktörler verimliliği etkileyebilir. Amplifikasyon verimliliğindeki küçük bir fark (örneğin, %5), hesaplanan ifade oranında büyük hatalara (%432'ye kadar) yol açabilir (Livak ve Schmittgen, 2001). Bu varsayımın doğrulanması,  $\Delta Ct$ 'nin şablon seyreltimi ile nasıl değiştiğini inceleyerek yapılabilir; eğer log cDNA seyreltimi ile  $\Delta Ct$  grafiğinin eğiminin mutlak değeri sıfıra yakınsa, verimlilikler benzerdir (Zhang ve ark., 2026; Rao ve ark., 2013).

Amplifikasyon verimliliğindeki sapmalar,  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  yönteminin doğruluğunu

ciddi şekilde tehlikeye atar. Bu, yöntemin basitliğinin bir bedeli olarak görülebilir ve sonuçların potansiyel olarak yanlış yorumlanmasına yol açabilir.  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  formülü, temel olarak amplifikasyon faktörünü 2 olarak kabul eder. Eğer gerçek amplifikasyon verimliliği 2'den farklıysa (örneğin, 1.8 veya 1.9), bu küçük farklar döngü sayısı arttıkça katlanarak büyür (Rao ve ark., 2013). Örneğin, 20 döngüde %5'lik bir verimlilik farkı,  $2^{20} = 1.048.576$  yerine  $(1.95)^{20} = 631.963,84$  gibi bir etkiye yol açar ve bu da nihai katlanmış değişimde dramatik bir sapmaya neden olur.<sup>10</sup> Bu durum, araştırmacıların verimlilik testlerini (örneğin, standart eğri eğimi) her deney için dikkatle yapmaları gerektiğini ve eğer verimlilikler eşit değilse, Pfaffl yöntemi gibi verimlilik düzeltmeli alternatif analiz yöntemlerini düşünmeleri gerektiğini gösterir.<sup>6</sup> Bu yöntemle primer verimliliklerindeki farklılıkları hesaba katarak göreceli gen ifadesi verileri de hesaplamaya dâhil edilir (Livak ve Schmittgen, 2001; Rao ve ark., 2013). Michael Pfaffl, kantitatif PCR verilerinin analizi için delta-delta Ct'nin uyarlanmış bir versiyonunu bir denklem haline getirmiştir (Pfaffl, 2001).

Pfaffl yöntemi ile Hedef gen oranı =  $\frac{[(E_{hedef\ gen})^{\Delta Ct\ hedef\ (kontrol\ gen\ Ct - örnek\ gen\ Ct)}]}{[(E_{referans\ gen})^{\Delta Ct\ referans\ (kontrol\ gen\ Ct - örnek\ gen\ Ct)}]}$  formülü ile hesaplanır. Burada  $\Delta Ct$ , kontrol ve örnek arasındaki döngü farkıdır.

Hedef gen oranı. Relatif ekspresyon seviyesi

$E_{hedef\ gen}$  : Hedef geni çoğaltan primer etkinlik oranı (2.0, 1.9, 1.8, ... , 1)

$E_{referans\ gen}$  : Referans (housekeeping veya kontrol) geni çoğaltan primer etkinlik oranı (2.0, 1.9, 1.8, ... , 1)

Sonuç, referans gene göre normalize edilmiş hedef genin kontrol grubuna kıyasla kaç kat (fold change) değiştiğini gösterir. Bu yöntem, özellikle primer verimliliklerinin farklı olduğu durumlarda yöntemine göre daha hassas sonuçlar verir.

#### 4.2. Referans Gen Seçimi ve İfade Kararlılığı

Yöntem, iç kontrol (housekeeping) genlerinin deneysel koşullardan etkilenmeden, tüm örneklerde sabit bir seviyede ifade edildiğini varsayar (Zhang ve ark., 2026; Rao ve ark., 2013). Ancak, housekeeping genlerinin ifade düzeyleri türlere, doku tiplerine, hastalık koşullarına ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebilir (Rao ve ark., 2013). Bu genlerin ifade kararlılığının deneysel olarak doğrulanması esastır (Zhang ve ark., 2026; Rao ve ark., 2013). Birden fazla referans gen kullanmak ve bunların ifade kararlılığını doğrulamak daha güvenilir sonuçlar sağlayabilir (Anonim 2026c).

Referans genin kararlılığı, normalizasyonun temel taşıdır. Kararsız bir referans gen, hedef genin ifadesindeki gerçek değişiklikleri gizleyebilir veya

yanıltıcı "değişiklikler" yaratabilir, bu da tüm deneyin geçerliliğini sorgular. Housekeeping genleri, örnekler arasındaki başlangıç materyali miktarındaki farklılıkları düzeltmek için kullanılır (Lixiang ve ark., 2025). Eğer bir housekeeping geninin ifadesi deneysel müdahale ile değişiyorsa,  $\Delta Ct$  hesaplaması artık doğru bir normalizasyon sağlamaz. Örneğin, eğer housekeeping geninin ifadesi azalırsa,  $\Delta Ct$  değeri yapay olarak artar ve bu da hedef genin ifadesinin azaldığı yanılsamasını yaratabilir, oysa gerçekte hedef genin ifadesi değişmemiş veya artmış olabilir. Bu nedenle, referans genlerin dikkatli bir şekilde seçilmesi ve her deney koşulu altında ifade kararlılıklarının deneysel olarak doğrulanması (örneğin, geNorm veya NormFinder gibi yazılımlarla) kritik öneme sahiptir.

#### 4.3. Arka Plan Floresansı ve Ct Güvenilirliği

$2^{-\Delta\Delta Ct}$  yöntemi, qPCR yazılımı tarafından otomatik olarak arka plan floresansının çıkarıldığı verilere uygulanır (Rao ve ark., 2013). Ancak, arka plan floresansının doğru bir şekilde bilinmemesi veya yanlış çıkarılması, sonuçların çarpıtılmasına yol açabilir. Yanlış arka plan çıkarma, gen miktarının ve PCR verimliliğinin yanlış hesaplanmasına neden olabilir. Ct değerinin güvenilirliği, doğrudan PCR verimliliği ve arka plan floresansının doğru işlenmesi ile ilişkilidir. Verimlilik %100 değilse veya arka plan doğru yönetilmezse, Ct değeri başlangıç DNA miktarını doğru bir şekilde yansıtmayacaktır (Rao ve ark., 2013).

Otomatik yazılım ayarları, kullanıcılar için kolaylık sağlasa da, altında yatan varsayımların ve potansiyel hata kaynaklarının göz ardı edilmesine neden olabilir. Bu, "kara kutu" yaklaşımının getirdiği bir risktir. qPCR cihazları, floresan eşiğini ve arka plan düzeltmesini otomatik olarak yapar. Ancak bu otomatikleştirme, temel verilerin (ham floresan eğrileri) ve arka planın nasıl belirlendiğinin şeffaf olmaması durumunda sorunlara yol açabilir. Eğer arka plan floresansı yanlış tahmin edilirse veya örnekler arasında tutarsızlık gösterirse, Ct değerinin belirlendiği nokta yanlış kayabilir. Bu da, nihai  $\Delta\Delta Ct$  ve katlanmış değişim değerlerinin güvenilirliğini doğrudan etkiler. Bu durum, araştırmacıların sadece nihai Ct değerlerine değil, aynı zamanda amplifikasyon eğrilerine ve arka plan düzeltmelerine de eleştirel bir gözle bakmaları gerektiğini vurgular.

#### 4.4. Biyolojik Değişkenlik ve Teknik Replikalar

Biyolojik tekrarlar, örnekler arasındaki doğal varyasyonu hesaba katmak için esastır ve istatistiksel olarak doğru sonuçlar elde etmek için gereklidir (Broeders ve ark., 2014; Grooms, 2015). Teknik tekrarlar (aynı örnekten bir qPCR pleyti üzerindeki en az 3 kuyucuğa konularak tekerrürlü şekilde qPCR reaksiyonu

uygulanmasın yapılması), deneyin hassasiyetini değerlendirir ve  $\Delta C_t$  standart sapmasının 0.25'in altında olması genellikle kabul edilebilir bir teknik tekrarlanabilirliği gösterir. Daha yüksek bir standart sapma, RQ değerinin güvenilirmez olduğunu gösterebilir (Broeders ve ark., 2014; Grooms, 2015).

Yüksek kaliteli veriler elde etmek için hem teknik hem de biyolojik tekrarların doğru bir şekilde kullanılması, güvenilir sonuçların temelidir. Teknik tekrarlar yöntemin hassasiyetini, biyolojik tekrarlar (bir etken madde uygulamasının 5 farklı sıçana uygulama yapılması gibi) ise biyolojik etkinin gerçekliğini doğrular. qPCR deneylerinde, aynı örneğin birden fazla kez çalıştırılması (teknik tekrarlar), pipetleme hataları veya kuyucuktan kuyucuğa varyasyon gibi deneysel hataları azaltır. Ancak, bu sadece yöntemin ölçüm doğruluğunu doğrular (Grooms, 2015). Biyolojik tekrarlar ise, tedaviye verilen yanıtın bireyler veya farklı deney koşulları arasındaki doğal varyasyonunu yakalar. Eğer sadece teknik tekrarlar kullanılırsa, elde edilen sonuçlar spesifik bir örneğe özgü olabilir ve genel biyolojik popülasyonu temsil etmeyebilir. Bu nedenle, sonuçların genellenebilir ve biyolojik olarak anlamlı olması için yeterli sayıda biyolojik tekrarın kullanılması zorunludur (Broeders ve ark., 2014).

## **5. qPCR Veri Analizi ve Raporlama İçin En İyi Uygulamalar**

### **5.1. Deneysel Tasarım ve Kontroller**

Güvenilir qPCR sonuçları için iyi tasarlanmış bir deney çok önemlidir. Araştırma sorusu ve hedefleri açıkça tanımlanmalı, uygun örnek tipi ve toplama yöntemi seçilmeli, örnek boyutu ve tekrar sayısı belirlenmelidir. Değişkenliği ve yanlılığı en aza indirmek için randomize örnekleme, tutarlı örnek işleme protokolleri ve minimum operatör sayısı gibi stratejiler uygulanmalıdır (Broeders ve ark., 2014).

Kontrollerin dahil edilmesi, sadece veri kalitesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda deneyin güvenilirliğini ve sonuçların yorumlanabilirliğini artırır. Bu, potansiyel artefaktları ayıklamak için bir "kalite kontrol" mekanizması görevi görür. Negatif kontroller (NTC'ler), kontaminasyonu veya spesifik olmayan amplifikasyonu tespit etmek için kullanılır. Pozitif kontroller, deneyin özgüllüğünü ve hassasiyetini doğrulamak için bilinen pozitif örnekler kullanılarak dahil edilmelidir (Broeders ve ark., 2014). İç standartlar veya housekeeping genler, hedef DNA/RNA kalitesini ve reaksiyon bileşenlerinin performansını doğrulamak için kullanılır (Anonim, 2026a). qPCR'da kontaminasyon (örneğin, gDNA veya önceki PCR ürünleri) veya spesifik olmayan amplifikasyon, yanlış pozitif sonuçlara yol açabilir. NTC'ler, bu sorunları tespit ederek verilerin güvenilirliğini artırır. Pozitif kontroller,

reaksiyonun beklendiği gibi çalıştığını ve hedefi doğru bir şekilde algılayabildiğini doğrular. Bu kontrollerin eksikliği, elde edilen Ct değerlerinin gerçek biyolojik olaylardan mı yoksa deneysel hatalardan mı kaynaklandığını ayırt etmeyi imkansız hale getirir. Bu nedenle, sağlam bir deneysel tasarım, güvenilir veri analizi için bir ön koşuldur.

### 5.2. Veri Kalitesi ve Bütünlüğünün Sağlanması

PCR inhibisyonunu tespit etmek ve azaltmak için iç kontroller (housekeeping genler) ve bilinen miktarda hedef DNA içeren spiked (katkı yapılmış) örnekler kullanılmalıdır (Rao ve ark., 2013). Örnek hazırlama yöntemleri, inhibitörlerin varlığını en aza indirecek şekilde optimize edilmelidir. Veri doğruluğu ve hassasiyeti, standart eğriler oluşturularak, tekrarlar analiz edilerek ve sonuçlar diğer yöntemlerle veya laboratuvarlarla karşılaştırılarak doğrulanabilir. Tüm deneysel detayların (örnek bilgisi, reaksiyon koşulları, veri analizi) belgelenmesi ve ham verilerin saklanması kritik öneme sahiptir (Broeders ve ark., 2014; Bustin ve ark., 2009).

Veri kalitesi ve bütünlüğü, qPCR sonuçlarının tekrarlanabilirliği ve güvenilirliği için temeldir. Bu, sadece analitik hassasiyeti değil, aynı zamanda deneysel sürecin şeffaflığını ve izlenebilirliğini de kapsar. qPCR, hassas bir tekniktir ve sonuçları birçok deneysel faktörden etkilenebilir. İnhibitörler, PCR verimliliğini düşürerek Ct değerlerini yapay olarak yükseltebilir ve katlanmış değişim hesaplamalarını çarpıtabilir (Broeders ve ark., 2014). Veri doğruluğunun ve hassasiyetinin doğrulanması, sonuçların güvenilirliğini sağlamak için esastır. Ayrıca, tüm deneysel ayrıntıların ve ham verilerin titizlikle belgelenmesi [MIQE (Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments) kılavuzlarına uygun olarak], diğer araştırmacıların deneyleri yeniden üretmesine ve sonuçları doğrulamasına olanak tanır, bu da bilimin tekrarlanabilirliğini artırır (Bustin ve ark., 2009 ve 2025).

### 5.3. İstatistiksel Analiz Yaklaşımları

qPCR verileri üzerinde istatistiksel analiz yaparken,  $\Delta Ct$  değerleri veya  $\log_2$ -dönüştürülmüş katlanmış değişim değerleri kullanılması genellikle tercih edilir (Anonim 2026c; VanGuilder ve ark., 2008).  $\Delta Ct$  değerleri doğrusal bir ölçekte olduğundan ve genellikle normal dağılım gösterdiğinden parametrik istatistiksel testler için daha uygundur (VanGuilder ve ark., 2008). Ham katlanmış değişim değerleri ( $2^{-(\Delta Ct)}$ ) genellikle normal dağılım göstermez ve bu nedenle doğrudan istatistiksel analiz için daha az idealdir.  $\log_2$  dönüşümü, bu dağılımı normalleştirir ve verileri parametrik testler için daha uygun hale getirir

(VanGuilder ve ark., 2008).

İstatistiksel analiz için doğru veri dönüşümünün seçilmesi, sonuçların geçerliliği ve güvenilirliği için kritik öneme sahiptir. Yanlış dönüşüm, yanlış p-değerlerine ve güven aralıklarına yol açabilir. Çoğu parametrik istatistiksel test (örneğin, t-testi, ANOVA) verilerin normal dağıldığını varsayar.  $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$  değerleri logaritmik bir ölçekten türetildiği için çarpık bir dağılım gösterebilir (Lixiang ve ark., 2025; VanGuilder ve ark., 2008). Bu, özellikle aşağı regülasyon değerlerinin 0 ile 1 arasında sıkışması ve yukarı regülasyon değerlerinin sınırsızca büyümesi nedeniyle belirgindir. Log2 dönüşümü, bu asimetriyi düzelterek verileri simetrik ve daha normal dağılımlı hale getirir, böylece parametrik testlerin varsayımlarını karşılar ve daha güvenilir istatistiksel çıkarımlar yapılmasını sağlar (Lixiang ve ark., 2025).

İstatistiksel testler (örneğin, Student's T-testi, Tek Yönlü ANOVA)  $\Delta Ct$  değerleri üzerinde yapılabilir (VanGuilder ve ark., 2008; Hampton ve ark., 2025; Lixiang ve ark., 2025). Ortalama fark, standart sapma (SD), ortalama standart hata (SEM) ve %95 güven aralıkları (CI) gibi tanımlayıcı istatistikler -  $\Delta\Delta Ct$  cinsinden ifade edilebilir ve daha sonra katlanmış değişime ( $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$ ) dönüştürülebilir (VanGuilder ve ark., 2008; Lixiang ve ark., 2025). Sadece p-değerlerine odaklanmak yerine, güven aralıklarının raporlanması, etki büyüklüğü ve sonuçların hassasiyeti hakkında daha kapsamlı bilgi sağlar. P-değeri, bir etkinin şans eseri olma olasılığını gösterirken, güven aralığı (CI), gerçek etki büyüklüğünün hangi aralıkta olabileceğine dair bir tahmin sunar. Örneğin, küçük bir p-değeri, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu gösterse de, eğer güven aralığı genişse, etki büyüklüğü belirsiz kalır. Dar bir güven aralığı ise, sonucun daha hassas olduğunu ve etki büyüklüğünün daha güvenilir bir şekilde tahmin edildiğini gösterir. Bu nedenle, güven aralıklarının raporlanması, sonuçların biyolojik önemini ve tekrarlanabilirliğini daha iyi değerlendirmeye olanak tanır.

#### **5.4. Sonuçların Bilimsel Yayınlarda Sunumu ve Görselleştirilmesi**

MIQE (Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments) kılavuzları, bilimsel literatürde qPCR sonuçlarının güvenilirliğini, tutarlılığını ve şeffaflığını artırmayı amaçlar (Anonim, 2026a; Bustin ve ark., 2009 ve 2025). Bu kılavuzlar, deneylerin değerlendirilmesi için gerekli minimum bilgileri (örnek bilgileri, reaksiyon koşulları, analiz yöntemleri, primer/prob bilgileri, amplifikasyon verimlilikleri, Cq değerleri) içeren bir kontrol listesi sunar (Bustin ve ark., 2009 ve 2025). Ham Cq değerlerinin yanı sıra normalleştirilmiş veya işlenmiş verilerin de raporlanması önerilir (Bustin ve ark., 2009).

MIQE kılavuzlarına uyum, sadece yayın kalitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda bilimsel topluluk içinde veri paylaşımını ve deneylerin tekrarlanabilirliğini teşvik eder. Bu, bilimsel ilerleme için temel bir adımdır. Yetersiz raporlama, bilimsel araştırmaların tekrarlanabilirliğini ciddi şekilde engeller (VanGuilder ve ark., 2008). Bir deneyin detayları tam olarak açıklanmadığında, başka bir laboratuvarın aynı sonuçları elde etmesi zordur. MIQE kılavuzları, bu sorunu ele alarak, bir qPCR deneyinin tüm kritik parametrelerinin (örneğin, primer dizileri, reaksiyon koşulları, verimlilik verileri) şeffaf bir şekilde raporlanmasını zorunlu kılar. Bu, sadece sonuçların güvenilirliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda hatalı verilerin yayılmasını da engeller ve bilimin sağlamlığını güçlendirir (VanGuilder ve ark., 2008).

Veri görselleştirme, bilimsel iletişimin önemli bir parçasıdır. Doğru grafik seçimi, karmaşık verilerin net, doğru ve etkili bir şekilde sunulmasını sağlar, böylece okuyucunun bulguları kolayca anlamasına yardımcı olur. Katlanmış değişimleri göstermek için çubuk grafikler yaygın olarak kullanılsa da, aşağı regülasyon değerlerinin (0-1 arası) görsel olarak sıkışık görünmesi nedeniyle yanıltıcı olabilir (VanGuilder ve ark., 2008). Log2 dönüştürülmüş katlanmış değişim değerleri ile kullanıldığında daha doğru bir görsel temsil sağlar. Şerit grafikler (strip plots), her bir veri noktasını gösterdikleri için tekrarlar olduğunda çubuk grafiklerden daha iyi bir görselleştirme sunabilir. Volkan grafikleri (volcano plots), özellikle RNA-Seq veya mikrodizi verileri için yaygın olsa da, qPCR ile doğrulanmış gen ifadesi değişikliklerini görselleştirmek için de kullanılabilir (RNA-Seq Data Analysis Software; <https://olvttools.com/en>) (olvttools, 2026). Bu grafikler, gen ifadesi değişikliklerinin oranını (x eksen, genellikle log2 katlanmış değişim) ve istatistiksel anlamlılıklarını (y eksen, genellikle -log10 p-değeri) aynı anda gösterir (olvttools, 2026). Verilerin nasıl görselleştirildiği, okuyucunun sonuçları nasıl algıladığını doğrudan etkiler. Örneğin,  $2^{-(\Delta\Delta Ct)}$  değerlerini doğrudan çubuk grafikte göstermek, yukarı regülasyonları abartırken, aşağı regülasyonları küçümseyebilir. Bu, özellikle 1'den 0.1'e düşüşün (10 kat azalış) görsel olarak 1'den 10'a artıştan (10 kat artış) daha küçük görünmesiyle belirgindir. Log2 dönüşümü, bu asimetriyi düzelterek, hem yukarı hem de aşağı yönlü değişiklikleri simetrik bir ölçekte eşit derecede vurgular (RNA-Seq Data Analysis Software; <https://olvttools.com/en>) (olvttools, 2026; VanGuilder ve ark., 2008). Volkan grafikleri ise, hem etki büyüklüğünü hem de istatistiksel güveni aynı anda göstererek, en önemli genleri hızlıca belirlemeye olanak tanır. Bu, özellikle çok sayıda genin analiz edildiği durumlarda çok değerlidir (olvttools, 2026).

## 6. Sonuç ve Öneriler

$2^{-\Delta\Delta C_t}$  yöntemi, qPCR verilerinden göreceli gen ifadesi değişikliklerini belirlemek için güçlü ve yaygın bir araçtır. Ancak, doğru yorumlama ve güvenilir sonuçlar elde etmek için temel varsayımlarının (özellikle %100 amplifikasyon verimliliği ve kararlı referans gen ifadesi) ve sınırlamalarının iyi anlaşılması esastır.

Araştırmacılar, deneylerini titizlikle tasarlamalı, yeterli kontrol ve tekrarları dahil etmeli, veri kalitesini sağlamalı ve MIQE kılavuzlarına uygun olarak şeffaf bir şekilde raporlama yapmalıdır (Broeders ve ark., 2014; Bustin ve ark., 2009). Dolayısıyla, gruplar arasındaki karşılaştırma için  $\Delta C_t$  değerleri bazı ön istatistiksel analizlerde kullanılabilir. Ancak, raporlama için logaritmik bir ölçek olan ‘fold change’ oranı kullanılmalıdır. ‘Fold change’ ( $2^{-\Delta\Delta C_t}$ ) gen ekspresyonunun göreceli bir nicelleştirilmesini sağlar, normal dağılıma sahip değildir; bu da dönüşüm yapılmadan katlanma oranı değerleri üzerinde doğrudan istatistiksel analiz yapılmasını daha az ideal hale getirir. (VanGuilder ve ark., 2008). Sonuçların görselleştirilmesinde, verilerin doğasını doğru bir şekilde yansıtan grafik türleri (örneğin, log2 dönüştürülmüş çubuk grafikler, şerit grafikler, volkan grafikleri, vb.) tercih edilmelidir. Bu kılavuzlara uyum, qPCR deneylerinden elde edilen verilerin bilimsel topluluk için daha güvenilir, tekrarlanabilir ve yorumlanabilir olmasını sağlayacaktır.

## Kaynakça

- Anonim (2026a). Guide to Performing Relative Quantitation of Gene Expression Using Real-Time Quantitative PCR. Erişim tarihi Temmuz 31, 2026, ([https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/cms\\_042380.pdf](https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/cms_042380.pdf)).
- Anonim (2026b). Top Tip Bio. How To Perform The Delta-Delta Ct Method. Erişim tarihi Temmuz 24, 2026, (<https://toptipbio.com/delta-delta-ct-pcr/>) ve (<https://www.youtube.com/watch?v=Kkle8T7aXjk>).
- Anonim (2026c). What is the comparative or  $\Delta\Delta C_t$  method for qPCR assay data analysis? Erişim tarihi Temmuz 24, 2026, from <https://www.qiagen.com/us/resources/faq/2693>.
- Broeders, S., Huber, I., Grohmann, L., Berben, G., Taverniers, I., Mazzara, M., Roosens, N., & Morisset, D. (2014). Guidelines for validation of qualitative real-time PCR methods. *Trends in Food Science & Technology*, 37(2), 115–126.
- Bustin, S. A., Benes, V., Garson, J. A., Hellems, J., Huggett, J., Kubista, M., Mueller, R., Nolan, T., Pfaffl, M. W., Shipley, G. L., Vandesompele, J., & Wittwer, C. T. (2009). The MIQE Guidelines: Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments. *Clinical Chemistry*, 55(4), 611–622. doi: 10.1373/clinchem.2008.112797.
- Bustin, S. A., Ruijter, J. M., van den Hoff, M. J., Kubista, M., Pfaffl, M. W., Shipley, G. L., Tran, N., Rödiger, S., Untergasser, A., Mueller, R., Nolan, T., Milavec, M., Burns, M.J., Huggett, J.F., Vandesompele, J. & Wittwer, C. T. (2025). MIQE 2.0: Revision of the minimum information for publication of quantitative real-time PCR experiments guidelines. *Clinical Chemistry*, 71(6), 634-651. doi: 10.1093/clinchem/hvaf043.
- Grooms, K. (2015). Top 10 Tips to Improve Your qPCR or RT-qPCR Assays. Promega. Erişim tarihi Temmuz 24, 2026, <https://www.promegaconnections.com/top-10-things-that-might-improve-your-qpcr-or-rt-qpcr-assays/>
- Hampton, T. H., Taub, L., Ferreria-Fukutani, K., Stanton, B. A., MacKenzie, T. A. (2025). Multivariable Linear Models Outperform  $2^{-\Delta\Delta C_T}$  for qPCR Data Analysis. *Research Square*, 13:rs.3.rs-6014969. doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6014969/v1>
- Livak, K. J., & Schmittgen, T. D. (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta C_t}$  Method. *Methods*, 25(4), 402–408. doi:10.1006/meth.2001.1262
- Lixiang, F., Rongqian, Z., Zhang, K., & Yang, W. (2025). Comparison of the  $2^{-C_T}$  method and the  $2^{-\Delta\Delta C_T}$  method for real-time qPCR data

analysis. *bioRxiv*,

2020-07.

doi: <https://doi.org/10.1101/2025.07.16.665089>

Olvtools. (2026). Volcano Plots in RNA-Seq: How to Read and Interpret Them.

Erişim tarihi Temmuz 22, 2026,

<https://olvtools.com/en/rnaseq/help/volcano-plot>.

Pfaffl, M. W. (2001). A new mathematical model for relative quantification in real-time RT-PCR. *Nucleic Acids Res.* 1;29(9):e45. doi: 10.1093/nar/29.9.e45.

Rao, X., Huang, X., Zhou, Z., & Lin, X. (2013). An improvement of the  $2^{-\Delta\Delta CT}$  method for quantitative real-time polymerase chain reaction data analysis. *Biostatistics, bioinformatics and biomathematics*, 3(3),71-85. doi: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25558171/>

Ruijter, J.M., Ruiz-Villalba, A., van den Hoff, A. J. J., Gunst, Q. D., Wittwer, C.T., van den Hoff, M. J. B. (2019). Removal of artifact bias from qPCR results using DNA melting curve analysis. *FASEB J.*, 33(12), 14542–14555. Doi: <https://doi.org/10.1096/fj.201901604R>

Ruiz-Villalba, A., Ruijter, J. M. & van den Hoff, M. J. B. (2021). Use and Misuse of  $C_q$  in qPCR Data Analysis and Reporting. *Life*, 11(6),496. <https://doi.org/10.3390/life11060496>

Schmittgen, T. D. & Zakrajsek, B. A. (2000). Effect of experimental treatment on housekeeping gene expression: validation by real-time, quantitative RT-PCR. *J Biochem Biophys Methods.* 20;46(1-2):69-81.

VanGuilder, H. D., Vrana, K. E., Freeman, W. M. (2008). Twenty-five years of quantitative PCR for gene expression analysis. *Biotechniques.* 44(5): 619-626).

Zhang, J. D., Ruschhaupt, M. & Biczok R. (2026). Bioconductor. ddCt method for qRT-PCR data analysis. Erişim tarihi Temmuz 11, 2026, (<https://www.bioconductor.org/packages/devel/bioc/vignettes/ddCt/inst/doc/rtPCR.pdf>).

## 8. Bölüm

### Dağlık Arazide Sürütme Yollarının Planlanması ve Yapım Aşamasında Yaklaşık Maliyet ile Hakediş Değerlerinin Karşılaştırılması<sup>1</sup>

Gürkan ÇOLAK<sup>2</sup>, Yılmaz TÜRK<sup>3\*</sup>

#### Özet

Sürütme yolları OGM İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı tarafından 2020 yılında yayımlanan 292 sayılı Tebliğ Ek No-1 ve Ek No-2 ile bu başkanlığın sorumluluğuna alınmış ve böylece planlama ile yapım süreçlerinin daha hızlı ve sistematik bir şekilde yürütülmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada, sürütme yollarının yaklaşık maliyet ile hakediş değerleri karşılaştırılmıştır. Yolların planlanması ve yapımı sırasında hesaplanan kazı metrajları ile bunlara ilişkin maliyetlerin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve planlama ile uygulama süreçleri arasındaki farklılıkların ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Hendek Orman İşletme Müdürlüğü (Sakarya/Hendek) sınırları içerisinde yer alan 32 adet sürütme yolu çalışmaya konu edilmiştir. 2023-2024 yıllarında yapılan bu yolların öncelikle ihale yaklaşık maliyet değerleri Orman İdaresinden temin edilmiştir. Hakediş değerlerinin belirlemesi için yol yapımından sonra arazide yolun geometrik özelliklerine ilişkin ölçümler yapılmıştır. Elde edilen her iki değer karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre; sürütme yollarının ortalama uzunluğu 451 m, ortalama genişliği 3,20 m ve ortalama boyuna eğim ise % 13 bulunmuştur. Sürütme yollarının birim uzunluk başına ortalama maliyeti 24,86 \$/m ve ortalama birim kazı miktarı ise 2,82 m<sup>3</sup>/m hesaplanmıştır. Toplam maliyet hesabında yaklaşık maliyet-hakediş arasında %38,35 ve toplam kazı miktarı arasında ise %24'lük bir azalma oluşmuştur. Bağımlı iki örnek t-testi sonucunda ise ihale

<sup>1</sup> Bu çalışma Yılmaz TÜRK danışmanlığında yürütülen Gürkan ÇOLAK'ın "Dağlık Arazide Sürütme Yollarının Planlanması Ve Yapım Aşamasında Yaklaşık Maliyet İle Hakediş Değerlerinin Karşılaştırılması" başlıklı Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir.

<sup>2</sup> Orm. Müh. Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 0009-0002-8321-732X, [gurkancolak@outlook.com](mailto:gurkancolak@outlook.com)

<sup>3</sup> Prof. Dr. Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 0000-0001-7644-7886, [yilmazturk@duzce.edu.tr](mailto:yilmazturk@duzce.edu.tr)

\* Sorumlu yazar

toplam tutarı ile hakediş toplam tutarı arasındaki fark, küskülük ve yumuşak kaya kazı miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, yaklaşık maliyet aşamasında daha yüksek zemin sınıflarına ait kazı miktarlarının önemli ölçüde fazla tahmin edildiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle sürütme yollarında yaklaşık maliyet hazırlama sürecinin yalnızca yüzeysel arazi gözlemlerine dayandırılmaması, arazi etüdü, sayısal arazi modeli ve zemin bilgileriyle desteklenmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürütme yolu yapımı, yaklaşık maliyet, hakediş, Hendek.

## 1. GİRİŞ

Ormancılık kavramı yalnızca odun üretimine dayalı bir faaliyet alanı olmayıp; ekolojik dengenin korunması, doğal kaynakların yönetimi, kırsal kalkınmanın desteklenmesi, karbonun depolanması ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması gibi çok boyutlu işlevleri de içermektedir. Bu yönüyle ormancılık, doğal kaynakların ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları birlikte dikkate alınarak sürdürülebilir biçimde yönetilmesini esas alan stratejik bir yönetim anlayışı olarak değerlendirilmektedir (FAO ve UNEP, 2020).

Ormancılıkta sürdürülebilirliğin sağlanmasında etkili olan ve üretimle tüketimi bağlayan orman yol ağları; orman yolları, traktör yolları ve sürütme yollarının kombinasyonundan oluşmaktadır. Orman yol ağları; orman alanlarının korunması, işletilmesi ve üretime açılması, bakım ve yönetim faaliyetlerinin yürütülmesi ile orman ürünlerinin taşınmasının sağlanması amacıyla planlanan ve inşa edilen ulaşım altyapı tesisleridir. Geniş ve eğimli orman alanlarında, orman yol ağının planlanması, uygun güzergâhın belirlenmesi ve yol yapım çalışmalarının gerçekleştirilmesi; teknik ve ekonomik hususların yanı sıra çevresel açıdan da büyük önem taşımaktadır (Acar, 2016; Hasdemir ve Demir, 2005).

Ormancılık açısından orman yol ağları; silvikültürel uygulamaların gerçekleştirilmesi, orman yangınlarıyla mücadele, zararlı organizmalarla mücadele, ağaçlandırma çalışmaları, odun hammadde üretimi ve kırsal ulaşım gibi çok yönlü işlevlere sahiptir. Orman alanlarına ulaşımı sağlayan bu yollar, farklı ormancılık faaliyetlerinin etkin ve ekonomik bir şekilde yürütülmesine olanak sağlamakta ve orman kaynaklarının planlanması ve yönetiminde önemli bir altyapı unsuru oluşturmaktadır (Hasdemir ve Demir, 2005; Acar, 2016).

Teknik açıdan orman yol ağları; topoğrafik yapı, zemin özellikleri, hidrolojik koşullar ve çevresel etkiler dikkate alınarak projelendirilen, belirli teknik standartlara göre inşa edilen ve kullanım süresi boyunca düzenli bakım gerektiren mühendislik tesisleri olarak değerlendirilmektedir (Acar, 2016).

Plansız ve kontrolsüz şekilde oluşturulan yol ağları; habitat kayıpları ve parçalanması, erozyon ve sediment taşınımı ile su kaynakları üzerindeki olumsuz etkiler gibi çeşitli çevresel sorunlara neden olabilmektedir (Eker ve ark., 2010). Bu nedenle orman yol ağı planlamasının, ekolojik hassasiyetler ve sürdürülebilir orman yönetimi ilkeleri dikkate alınarak gerçekleştirilmesi önem taşımaktadır (Acar, 2016).

Ormancılık faaliyetleri içerisinde odun hammaddesinin üretim alanından çıkarılması, üretim sürecinin önemli aşamalarından birini oluşturmaktadır. Kesilen tomrukların, direklerin ve diğer odun hammaddesinin üretim alanından ana taşıma yollarına veya geçici depolama alanlarına ulaştırılması amacıyla farklı bölmeden çıkarma yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan sürütme yönteminde, odun hammaddesi çeşitli araçlar kullanılarak üretim alanı içerisinde sürütme yolları üzerinden taşınmaktadır. Sürütme yolları, özellikle ana ve tali orman yollarıyla yeterince işletmeye açılmayan alanlarda üçüncül yollar olarak kullanılmakta ve sürütme mesafelerinin kısaltılması ile bölmeden çıkarma maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Eker, 2020).

Sürütme yollarının planlanması ve kullanım biçimi, ekonomik ve çevresel açıdan önemli sonuçlar doğurabilmektedir. Üretim alanının tamamını kapsayan optimal bir sürütme planının bulunmaması; çalışma zamanında kayıplara ve çevresel etkilerin artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle sürütme yollarının güzergâhlarının ve yoğunluklarının üretim alanının topoğrafik özellikleri, bölmeden çıkarma koşulları ve ekonomik kriterler dikkate alınarak planlanması önem taşımaktadır (Gümüş ve Türk, 2016). Bunun yanında, traktörlerle gerçekleştirilen sürütme çalışmalarında toprak sıkışması, toprak kaybı ve fidan zararları gibi çevresel etkilerin meydana gelebildiği belirlenmiştir (Türk ve Gümüş, 2015).

Bu kapsamda sürütme yolu; odun hammaddesinin üretim alanından bölmeden çıkarılması sırasında kullanılan, üretim alanı ile ana veya tali orman yolları arasındaki bağlantıyı sağlayan ve çoğunlukla geçici nitelikte olan bir ulaşım güzergâhı olarak tanımlanabilir. Sürütme yollarının kullanım süresi ve niteliği, üretim yöntemine, arazi koşullarına ve ormancılık faaliyetlerinin özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu yolların uygun şekilde planlanması; bölmeden çıkarma mesafelerinin ve çalışma sürelerinin azaltılması, üretim maliyetlerinin kontrol altında tutulması ve çevresel zararların azaltılması açısından önem taşımaktadır (Gümüş ve Türk, 2016; Eker, 2020).

Sürütme yolları daha önce OGM İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı sorumluluğunda iken 2020 yılında OGM İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı tarafından yayımlanan 292 sayılı Tebliğ Ek No-1 ve Ek No-2 ile bahsi geçen daire başkanlığı sorumluluğuna geçmiştir. Bu değişiminden sonra sürütme yolu

planlama ve yapım süreçleri hızlanmıştır. Bu çalışmada, sürütme yollarının planlanması ve yapımı sırasında hesaplanan kazı metrajları ile bunlara ilişkin maliyetlerin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve planlama ile uygulama aşamaları arasındaki farklılıkların ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, planlanan ve gerçekleştirilen kazı miktarları ile maliyetler arasındaki sapmaların belirlenmesi ve söz konusu farklılıkların oluşmasına neden olan etmenlerin değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca elde edilen bulgular doğrultusunda, sürütme yollarının planlama ve yapım süreçlerinin daha etkin, ekonomik ve uygulanabilir şekilde gerçekleştirilmesine yönelik öneriler geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

## 2. SÜRÜTME YOLLARININ YAPIMI

Sürütme yolları, üretime girilecek meşcerelerde, bölmede biriken orman ürünlerinin en yakın standart yol veya rampaya kadar taşınması için yapılır. Sürütme yolu teklif edilmeden önce orman yol ağı planlaması ilkeleri yönünden çözüm şekli aranır, çözüm bulunamadığı takdirde sürütme yolu yapımı teklif edilir. Sürütme yollarının yerleri ve güzergâhları; üretimi yapılacak ürünlerin taşınmasında sorunları çözecek nitelikte olmalıdır. Sürütme yolları, ilgili işletme şefi, işletme pazarlama şube müdürlüğü bir teknik eleman ve makine ikmal şube müdürlüğü bir teknik elamanla birlikte tespit edilerek, bir konum planı ve gerekçe raporu düzenlenir. İşletme şefliğinin teklifi, işletme müdürlüğünün uygun görüşleri ve bölge müdürlüğünün onayı ile uygulanır. Sürütme yollarının yapım süreci 292 sayılı Tebliğ Ek No-1 ve Ek No-2 esaslarına göre yapılmaktadır (OGM, 2008) (Şekil 1).



Şekil 1. Sürütme yolu ve mini ekskavatörle yapım çalışması

## 3. ÇALIŞMA ALANI

Hendek Orman İşletme Müdürlüğü (OİM), Sakarya ilinin doğusunda yer almakta olup, kuzeyinde Karadeniz'e paralel birinci sıra dağlar, güneyinde ise yine Karadeniz'e paralel uzanan ikinci sıra dağlar arasında kalmaktadır.

Doğusunda Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, batısında Adapazarı ve Akyazı Orman İşletme Müdürlükleri, kuzeyinde Karasu Orman İşletme Müdürlüğü, güneyinde de Mudurnu ve Akyazı Orman İşletme Müdürlükleri bulunmaktadır. Hendek OİM; Aksu, Çamdağı 1917, Hendek Karadere ve Süleymaniye İşletme Şeflikleri olmak üzere 5 şeflik olarak faaliyetlerini yürütmektedir (OGM, 2026).

Çalışmaya konu olan sürütme yolları; Hendek OİM bünyesinde bulunan 2023 ile 2024 yılları arasında yapılmış olan 32 adet sürütme yollarıdır. 2023 yılı öncesi verilere ulaşılmamış olup 2024 yılından sonra da Ülke genelinde çevresel zararlarından dolayı sürütme yolu yapım süresi yavaşlatılmıştır. Hendek OİM de 2024 yılından sonra sürütme yolu yapılmamıştır.

Çalışma sahasının bulunduğu alan Türkiye Makro İklim Haritasına göre Marmara Bölgesinde ve Marmara ile Batı Karadeniz geçiş bölgesi iklim kuşağında bulunmaktadır. Çalışma alanında yıllık sıcaklık ortalaması 14,5 °C derecedir. Araştırma sahasının jeolojik yapısı ve toprak özellikleri; kırıntılar ve karbonatlar, volkanik ve sedimenter kayalar şeklinde gösterilen alanlardan oluşmaktadır (Anonim, 2014; MTA, 2026).

Hendek OİM'nin; genel alanı 61.333 hektardır. Bu alanın 32.023 hektarı ormanlık, 29.310 hektarı ormansız alanlardır. Müdürlüğün 30513 hektarlık kısmı verimli orman alanından oluşmaktadır. Hendek OİM'nin zengin bir meşcere popülasyonu bulunmaktadır. Müdürlük ormanları genel olarak Karaçam (*Pinus nigra*), Kayın (*Fagus orientalis*), Gürgen (*Carpinus betulus*), Kestane (*Castanea sativa*), Sapsız Meşe (*Quercus petraea*), Saplı Meşe (*Quercus robur*), Macar Meşesi (*Quercus frainetto*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) ağaç türlerinin saf veya kendi aralarında yapmış olduğu karışık meşcerelerinden oluşmaktadır. Hendek OİM'nin yeterli bir yol ağı bulunmaktadır. Müdürlükte mevcut orman yol uzunluğu 711+677 km'dir. Orman yollarının yoğunluğu işletme müdürlüğünün kuzey ve güney bölgelerinde bulunmaktadır (Anonim, 2014).

## 4.YÖNTEM

### 4.1.Çalışmanın Planlanması

Çalışma alanı Hendek OİM ile sınırlandırılmıştır. Çalışmaya öncelikle literatür taraması yapılarak sürütme yollarının yapım süreçleri hakkında genel bilgiler edinilmesiyle başlanmış, ardından bu süreçlerin arazi koşullarında incelenmesi amacıyla mevcut sürütme yollarında ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Yürürlükteki 4734 sayılı Kamu İhale Kanununa (KİK) tabi olarak yapılan ihale dosyalarının incelenmesi planlanmıştır. Sürütme yollarına ilişkin yaklaşık maliyet ve hakediş değerleri iki şekilde karşılaştırılmıştır.

1-Yaklaşık maliyet cetvelinde yer alan iş miktarlarına göre en uygun teklifi vererek yolun yapımını üstlenen yüklenicinin teklif değerleri ile hakediş değerleri

karşılaştırılmıştır. Birim fiyat sabit olduğundan hakediş bedelindeki değişim, gerçekleştirilen iş miktarındaki değişimden kaynaklanmaktadır. Bu şekilde iş kalemlerindeki değişim maliyet olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yaklaşık maliyet ile hakediş maliyeti karşılaştırmasıdır. Elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası karşılaştırmalarının yapılabilmesi için maliyet ile ilgili elde edilen değerler dolara çevrilmiştir.

2-Yaklaşık maliyet cetvelinde yer alan kazı miktarları ve yol uzunluğu ile hakediş raporu yapılan işler cetvelinde yer alan kazı miktarları ve yol uzunluğu karşılaştırılmıştır.

#### **4.2.Verilerin Elde Edilmesi**

Veriler elde edilirken 1. keşif değerleri olarak yaklaşık maliyet (teklif) değerleri, 2. keşif değerleri olarak hakediş değerleri arazi incelemesi neticesinde elde edilmiştir. Maliyetleri karşılaştırmak için teklif (yaklaşık maliyet iş miktarı x teklif birim fiyat) ve hakediş değerleri (yapılan iş miktarı x teklif birim fiyat), iş miktarlarını karşılaştırmak için ise yaklaşık maliyete ve hakedişe esas oluşturan iş miktarları arazi incelemesi neticesinde elde edilmiştir.

Hendek OİM’de görevli yetkili personel ile görüşülerek ilgili yıllara ait yeni yapılan sürütme yolları listelenmiş ve bu yollardan ihaleli yaptırılan yolların ihale dosyaları temin edilmiştir. İhale dosyalarından yaklaşık maliyet ve hakediş cetvelleri ile bunların dayanağı olan belgeler fotokopi ile çoğaltılmıştır. Ayrıca teklif cetveli, ihale onay belgesi ve komisyon kararı temin edilerek çalışmaya başlanmıştır. Araştırma konusunu ilgilendiren bilgilerin işleneceği etüt karnesi oluşturularak elde edilen bilgilerin tamamı etüt karnesinde toplanmıştır.

Değişken olan bilgiler yaklaşık maliyet hazırlanırken kullanılan değerler ile hakediş hazırlanırken kullanılan değerlerdir. Değişken olan bilgiler iki şekilde incelenmiştir. 1- maliyetlerdeki değişkenler. 2-kazı miktarlarındaki değişkenler.

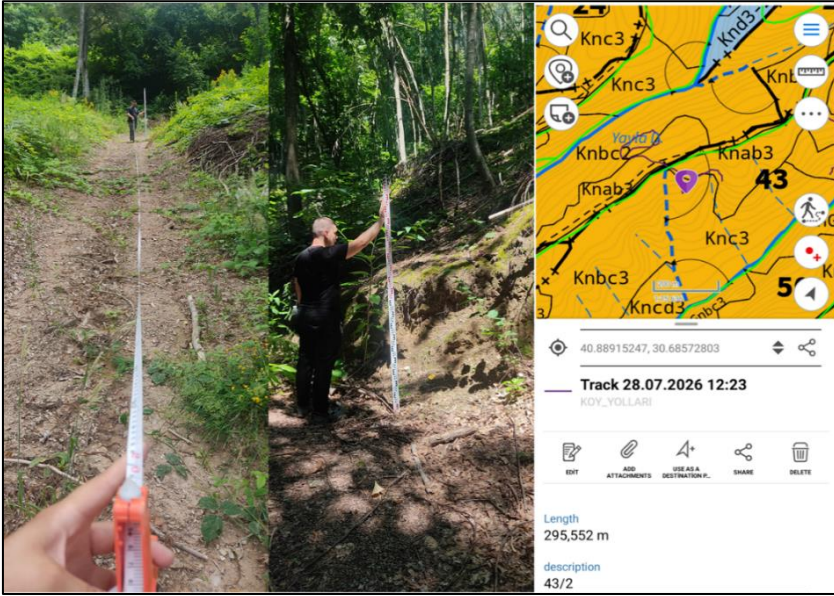
Maliyetler ile ilgili olarak işin başında ihaleye çıkılmadan önce arazi etütleri yapılarak yaklaşık maliyet hazırlanmakta ve her bir iş kalemi için iş miktarlarına göre bir maliyet belirlenmektedir. İhale sürecinde işi alacak firma ya da şahıs her bir iş kaleminin miktarı üzerinden, her iş kaleminin birim miktarı için bir teklifte bulunmaktadır. İşin sonunda her bir iş kalemi için teklif edilen birim fiyat ile iş miktarı çarpılarak o iş kalemi için ödenecek miktar bulunmaktadır. Yaklaşık maliyet cetvelinde o iş kalemi için belirlenen miktarda iş bitiminde bir değişiklik oldu ise ödenecek miktar (her bir iş kalemi için teklif edilen birim fiyat sabit, iş miktarı arttı ya da azaldı ise) değişmektedir. Yapılan iş miktarı yaklaşık maliyet cetvelinde belirtilen ve teklif cetvelinde yer alan iş miktarı ile aynı ise ödenen miktarda bir değişiklik olmamaktadır. Bu nedenle teklif değerleri ile hakediş değerlerini karşılaştırmak için bu değerler ilgili dosyalardan temin edilmiştir.

Yaklaşık maliyeti oluşturan değerler ile hakediş maliyetini oluşturan değerleri karşılaştırmak amacıyla, ihale dosyalarından elde edilen değerler etüt karnelerinde toplanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası karşılaştırmalarının yapılabilmesi için maliyet ile ilgili elde edilen değerler yukarıdaki çalışmada (Acar ve Eker, 2001; Türk ve Gümüş, 2017) olduğu gibi dolara çevrilmiştir.

Maliyet ile ilgili tabloda yer alan bilgilerden Türk Lirası (TL) değerlerini Amerikan Dolarına (\$) çevirmek için 2023-2024 yıllarına ait her ayın 15. günündeki dolar kuru değerleri Merkez Bankası bilgilerinden temin edilerek her yıl için ortalama dolar değerleri hesaplanmıştır. 2023 yılı için 1 dolar ortalama değeri 23,7910 TL ve 2024 yılı için 1 dolar ortalama değeri 32,8415 TL'dir (TCMB, 2026).

Miktarlar ile ilgili ihale aşamasında yaklaşık maliyet cetvelindeki iş miktarları ile iş bitiminde kesinleşen iş miktarlarını karşılaştırmak amacıyla ihale dosyalarından kazı miktarları temin edilmiştir. Kazı miktarları üzerinde araştırma yaparak zemin klasları ve kazı miktarlarının ihale öncesinde isabetli tespit edilip edilemediği araştırılmıştır. Orman yolu yapım maliyetini arttıran en önemli iş kalemi kazı işleridir. Orman yol projelerinde tesviye işlerinin ve buna ait giderlerin hesabı için önce yol eksenı boyunca alınan enine profiller yardımı ile kazı ve dolgu hacimleri hesaplanır (FAO, 1992). Yol yapım maliyetini etkileyen en önemli iş kalemi kazı işleri olduğundan yaklaşık maliyet ve hakedişe ait kazı miktarları incelenmiştir.

Toplam 32 adet sürütme yolunun tamamında arazi ölçümü gerçekleştirilmeye çalışılmış ancak bazı yolların mevcut koşullar nedeniyle ölçülmesi mümkün olmamıştır. Bu ölçümler hakediş verilerine ulaşmak amacıyla yapılmıştır. Belirlenen sürütme yollarının geometrik teknik standartlarının uygunluğunu incelemek ve yapım işinde oluşan iş miktarlarını elde etmek amacıyla ölçümler yapılmıştır. Bunun için yol boyunca her 20 m de bir zemin klasları, yolun boyuna eğimi, yol genişliği, oluşan kazı hacimlerinin belirlenmesi amacıyla kazı yükseklikleri ölçülerek kesit hesaplamaları yapıldı. Ayrıca akıllı telefon CarryMap iz uygulaması kullanılarak sürütme yolunun konum ve güzergâhı belirlendi (Şekil 3).



**Şekil 3.** Arazide sürütme yollarına ilişkin ölçüm ve değerlendirmelere

Kazı hacimlerinin belirlenmesinde arazi ölçümleri 292 sayılı Tebliğ esaslarına göre yapılmıştır. Bu tebliğde orman yolu yapım işlerinde hakediş hesaplamalarında kullanılan 1-16 tablolardan yararlanılmaktadır. Her bir tabloda yamaç eğimi, dolgu genişliği, kazı genişliği, kazı yüksekliği, kazı alanı, kazı şevi uzaklığı ve kazı şevi uzunluğu bilgileri yer almaktadır. Çalışmaya konu sürütme yolları geometrik özellikleri ve zemin klasları bakımından en uygun tablo 3'e (Yol genişliği;  $L = 3,50$  m, zemin; toprak-küskülük, kazı şevi eğimi;  $m = 4/1$ , dolgu şevi eğimi % 67) uymaktadır. Kazı hacminin hesaplanmasında bu tablo kullanılmıştır (Tablo 1).

Arazi çalışmalarında yolun başlangıç noktasından itibaren her 20 m'de bir profil noktaları yol yüzeyine işaretlenerek başlangıç ve bitiş noktaları belirlenmiştir. Belirlenen profil noktalarında yolun ortalama boyuna eğimi ve kazı şevi yüksekliği ölçülmüş, zemin klası tayini yapılmıştır. Ölçülen kazı şevi yüksekliklerinden (h) Tablo 3'te karşılık gelen yamaç eğimleri (y) belirlenmiştir.

Her bir profil noktası için belirlenen yamaç eğimleri, Sakarya Orman Bölge Müdürlüğü'nden alınan MS Excel ortamında (formüllü) hazırlanmış etüt karnesine girilmiştir. Etüt karnesine girilen yamaç eğimi değerlerinden, tablo 3 te her yamaç eğimine ait kazı şevi uzaklığı (g) otomatik olarak gelmiştir. Ayrıca kazı genişliği (b) ve kazı şevi uzunluğu (u) değerlerini otomatik olarak hesaplamıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda metraj cetveli üç kenarı bilinen üçgen alan hesabından yararlanarak, kazı miktarını ( $m^3$ ) sunmuştur.

**Tablo 1. 292 Sayılı Tebliğ Tablo 3**

| Yamaç Eğimi | Dolgu Genişliği | Kazı Genişliği | Kazı Yüksekliği | Kazı Alanı (F) | Kazı Şevi Uzaklığı | Kazı Şevi Uzunluğu |
|-------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| y           | d               | k              | h               | (F)            | g                  | u                  |
| %           | m               | m              | m               | m <sup>2</sup> | m                  | m                  |
| 5           | 1,74            | 1,80           | 0,09            | 0,12           | 1,84               | 0,09               |
| 10          | 1,71            | 1,83           | 0,19            | 0,21           | 1,89               | 0,20               |
| 15          | 1,68            | 1,86           | 0,29            | 0,31           | 1,96               | 0,30               |
| 20          | 1,64            | 1,90           | 0,40            | 0,42           | 2,05               | 0,41               |
| 25          | 1,60            | 1,94           | 0,52            | 0,54           | 2,14               | 0,54               |
| 30          | 1,55            | 1,99           | 0,65            | 0,69           | 2,26               | 0,67               |
| 35          | 1,49            | 2,05           | 0,79            | 0,85           | 2,39               | 0,81               |
| ..          | ..              | ..             | ..              | ..             | ..                 | ..                 |

#### 4.3. Veri İşleme ve Değerlendirme

Toplam 32 adet sürütme yolu için dosyasında incelemeler yapılarak elde edilen veriler MS Excel programında hazırlanan etüt karnesinde toplanmıştır. Yaklaşık maliyet ile hakediş değerleri arasında fark olup olmadığını belirlemek için analizler yapılmıştır. Bu amaçla; sürütme yolu uzunluklarının dağılımı, imal edilen sürütme yollarına ait maliyetlerin dağılımı ve kazı miktarlarının dağılımını gösteren grafikler oluşturulmuştur. Böylece planlama aşamasında öngörülen değerler ile yapım sonucunda gerçekleşen miktar ve maliyetler arasındaki farklılıkların ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

#### 4.4. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Yaklaşık maliyet ile hakediş değerleri arasında incelenen özellikler açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunup bulunmadığının belirlenmesi amacıyla, Microsoft Excel ortamında oluşturulan veri setleri analiz edilmiştir. Öncelikle verilerin normal dağılıp dağılmadıkları Kolmogorov-Smirnov normal dağılım testi ile araştırılmıştır. Normal dağılmadığı tespit edilen verilere, SPSS paket programı içerisindeki en uygun dönüşümler uygulanarak verilerin normal dağılıma uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. İki ölçüm arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlılığını değerlendirmek için bağımlı iki örneklem t-testi (paired-samples t-test) uygulanmıştır (Özdamar, 2002).

### 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 5.1. Yaklaşık Maliyetler ile Kazı Miktarlarına İlişkin Bulgular

Hendek OİM'den 32 adet sürütme yolunun yaklaşık maliyet verileri temin edildi. Elde edilen veriler incelendiğinde; sürütme yollarının toplam yol uzunluğu 15+200 km, toplam kazı miktarı 39.133 m<sup>3</sup> ve toplam keşif bedeli ise 47.674 \$ olarak bulundu.

## 5.2.Arazi Ölçüm (Hakediş) Maliyetleri ile Kazı Miktarlarına İlişkin Bulgular ve Tartışma

Hendek OİM'ye bağlı Aksu, Çamdağı 1917 ve Karadere Orman İşletme Şefliklerinde bulunan toplam 32 adet sürütme yolunda arazi ölçümleri ve incelemeler gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında, bazı sürütme yollarının diri örtü ile yoğun şekilde kaplanmış olması nedeniyle yol platformlarının belirlenemediği için söz konusu güzergâhlarda ölçüm yapılamamıştır. Ayrıca yaklaşık maliyet projelerinde aplikasyonu gösterilen bazı sürütme yollarının arazide yapılan kontrollerinde mevcut olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4). Bu durum, proje aşamasında öngörülen sürütme yolu güzergâhları ile arazi üzerindeki mevcut durum arasında farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuştur.



**Şekil 4.** Diri örtüyle kaplanan sürütme yolu (solda), arazide bulanamayan sürütme yolu (sağda)

Çalışmaya konu 32 adet sürütme yolundan sadece 8 adet sürütme yolu incelenmiş ve hakediş değerlendirmesi bu 8 adet yol için yapılmıştır. Bu 8 yol arasında sistematik bir farklılık olmadığı, aslında bu 8 yolun diğer 24 yolu temsil ettiği düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda sürütme yollarının toplam uzunluğunun 3+611 km, toplam kazı miktarının 10.408 m<sup>3</sup> ve toplam keşif bedelinin 11.058 \$ olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Arazide ölçümü yapılamayan sürütme yollarının dışında kalan ve tespit edilip ölçümü yapılan 8 adet sürütme yolunun geometrik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir. Ölçülen en uzun yol 779 m uzunluğu ile 100/2 kodlu yol iken; en kısa yapımı yapılan yol ise 220 m uzunluğu ile 23/2 kodlu sürütme yoludur. Sürütme yollarının ortalama uzunluğu 451 m, ortalama genişliği 3,20 m ve ortalama boyuna eğim ise %13 bulunmuştur. Ayrıca çalışmaya konu yolların kazı sevi yükseklikleri 0,0-2,7 m arasında değişmektedir.

**Tablo 2. Sürütme yolları hakediş verileri**

| İşletme<br>Müdürlüğü | İşletme<br>Şefliği | Yol Kod<br>No       | Yolun<br>Uzunluğu<br>(km)    | Toplam<br>Metraj<br>(m <sup>3</sup> ) | Hakediş<br>Bedeli (\$) |
|----------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Hendek               | Aksu               | 47/1, 47/2, 47/3    | Diri örtü kaplanmış          |                                       |                        |
|                      |                    | 68/1, 68/2          | Diri örtü kaplanmış          |                                       |                        |
|                      |                    | 85/1                | Aplikasyon arazide bulunmadı |                                       |                        |
|                      |                    | 100/1, 100/2, 100/3 | Diri örtü kaplanmış          |                                       |                        |
|                      |                    | 124/1, 124/2        | Diri örtü kaplanmış          |                                       |                        |
|                      |                    | 126/1, 126/2, 126/3 | Diri örtü kaplanmış          |                                       |                        |
|                      | Çamdağı 1917       | 21/1                | 0+363                        | 2.963,750                             | 3.124,49               |
|                      |                    | 23/1                | 0+505                        | 695,050                               | 761,23                 |
|                      |                    | 23/2                | 0+220                        | 255,800                               | 475,26                 |
|                      |                    | 29/1                | Aplikasyon arazide bulunmadı |                                       |                        |
|                      |                    | 42/1                | 0+496                        | 829,840                               | 942,82                 |
|                      |                    | 43/1                | 0+400                        | 349,400                               | 382,72                 |
|                      |                    | 43/2                | 0+291                        | 711,550                               | 874,22                 |
|                      |                    | 91/1, 91/2          | Aplikasyon arazide bulunmadı |                                       |                        |
|                      |                    | 100/1               | 0+557                        | 1.888,675                             | 1.853,60               |
|                      |                    | 100/2               | 0+779                        | 2.713,545                             | 2.643,11               |
|                      | Karadere           | 28/1                | Aplikasyon arazide bulunmadı |                                       |                        |
|                      |                    | 47/1                | Aplikasyon arazide bulunmadı |                                       |                        |
|                      |                    | 47/2                | Aplikasyon arazide bulunmadı |                                       |                        |
|                      |                    | 48/1                | Diri örtü kaplanmış.         |                                       |                        |
|                      |                    | 48/2                | Diri örtü kaplanmış          |                                       |                        |
|                      |                    | 49/1                | Aplikasyon arazide bulunmadı |                                       |                        |
|                      |                    | 50/1                | Aplikasyon arazide bulunmadı |                                       |                        |
| Toplam               |                    | 32                  | 3+611                        | 10.408                                | 11.058                 |

**Tablo 3. Hakedişe göre sürütme yolların bazı geometrik özellikleri**

| Yol Kod       | Yol Uzunluğu<br>(m) | Ortalama Genişlik<br>(m) | Ortalama Boyuna<br>Eğim (%) |
|---------------|---------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 21/1          | 363                 | 3,10                     | 24                          |
| 23/1          | 505                 | 3,25                     | 26                          |
| 23/2          | 220                 | 3,21                     | 11                          |
| 42/1          | 496                 | 3,09                     | 5                           |
| 43/1          | 400                 | 3,00                     | 17                          |
| 43/2          | 291                 | 3,18                     | 8                           |
| 100/1         | 557                 | 3,45                     | 5                           |
| 100/2         | 779                 | 3,32                     | 5                           |
| <b>Toplam</b> | <b>3611</b>         | <b>-</b>                 | <b>-</b>                    |

Çalışmada arazi ölçümlerinden elde edilen hacimlere ilişkin bulgular 292 sayılı Tebliğ esaslarına göre yapılmıştır. Tebliğ esasları doğrultusunda çalışmaya konu yolların geometrik özellikleri ile zemin klaslarının örtüştüğü tebliğdeki Tablo 3'e göre metraj cetvelleri oluşturulmuştur. Her bir yolun metraj cetvelleri oluşturulurken her bir profil noktasında ölçülen kazı sevi yükseklikleri bu tablolarda karşılık gelen yamaç eğimleri, her bir profil noktası arasındaki zemin

klasları yüzdelik oranları, yolun boyuna eğimi ve her bir profil noktası arasındaki mesafeler etüt karnesinde ilgili yere yazıldı. Orman işletme müdürlüğünden alınan etüt karnesi formüllü MS Excel dosyası olup verilerin girilmesiyle diğer sayfada yer alan metraj cetvelinde zemin klaslarına ilişkin değerler otomatik olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerden de yolların maliyetleri bulunmuştur.

Ölçümleri gerçekleştirilen ve maliyet hesaplamaları yapılan 8 adet sürütme yolunun toplam hakediş maliyeti 11.058 \$ olarak belirlenmiştir. Buna göre, sürütme yollarının birim uzunluk başına ortalama maliyeti 3,11 \$/m olarak hesaplanmıştır (Tablo 4). Toplam 3+611 km uzunluğundaki sürütme yolları içerisinde 21/1 kodlu sürütme yolunun, toplam maliyet içerisindeki %28’lik pay ile en yüksek maliyet oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Tablo 4’e göre birim maliyeti en yüksek sürütme yolu 21/1 kodlu yol olup 1 m sürütme yolunun yapım maliyeti 8,61 \$’dır. Maliyeti en düşük sürütme yolu ise 43/1 kodlu yol olup 1 m sürütme yolunun yapım maliyeti 0,96 \$’dır.

Sürütme yollarına ilişkin bu konuyla ilgili literatürde bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Literatürde sürütme yollarına nazaran yapım maliyeti yüksek olan orman yollarına ilişkin bazı çalışmalar bulunmaktadır. Orman yolları için Türk ve Gümüş (2017) Batı Karadeniz Bölgesi’nde, Karabacak (2010) Göller Bölgesi’nde ve Erbaş (2010) Doğu Karadeniz Bölgesi’nde yapmış oldukları çalışmalarda sırasıyla birim maliyeti 13,23 \$/m, 11,39\$/m, 27,61 \$/m ve birim kazı miktarını 9,83 m<sup>3</sup>/m, 3,91 m<sup>3</sup>/m ve 10,19 m<sup>3</sup>/m olarak bulmuşlardır.

**Tablo 4.** Sürütme yollarının toplam maliyetinin yollara göre dağılımı

| Yol Kod       | Yolun Uzunluğu (m) | Maliyeti (\$) | Maliyet %'si | Birim Maliyet (\$/m) |
|---------------|--------------------|---------------|--------------|----------------------|
| 21/1          | 363                | 3.124,49      | 28           | 8,61                 |
| 23/1          | 505                | 761,23        | 7            | 1,51                 |
| 23/2          | 220                | 475,26        | 4            | 2,16                 |
| 42/1          | 496                | 942,82        | 9            | 1,90                 |
| 43/1          | 400                | 382,72        | 3            | 0,96                 |
| 43/2          | 291                | 874,22        | 8            | 3,00                 |
| 100/1         | 557                | 1.853,60      | 17           | 3,33                 |
| 100/2         | 779                | 2.643,11      | 24           | 3,39                 |
| <b>Toplam</b> | <b>3611</b>        | <b>11.058</b> | <b>100</b>   | <b>3,11</b>          |

Hendek OİM’de gerçekleştirilen sürütme yollarına ait toplam kazı miktarlarının güzergâhlara göre dağılımı incelenmiştir (Tablo 5). Yapılan değerlendirmelerde, sürütme yollarının birim uzunluk başına ortalama kazı miktarı 22,570 m<sup>3</sup>/m olarak hesaplanmıştır. Birim yol uzunluğu başına en yüksek kazı miktarının 8,165 m<sup>3</sup>/m ile 21/1 kodlu sürütme yolunda, en düşük kazı miktarının ise 0,874 m<sup>3</sup>/m ile 43/1 kodlu sürütme yolunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Hakediş kapsamında değerlendirilen sürütme yolları içerisinde

toplam kazı miktarı bakımından en yüksek payın %28 ile 21/1 kodlu sürütme yoluna, en düşük payın ise %2 ile 23/2 kodlu sürütme yoluna ait olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 5.** Sürütme yollarındaki toplam kazı miktarının yollara göre dağılımı

| Yol Kod       | Yolun Uzunluğu (m) | Kazı Miktarı (m <sup>3</sup> ) | Kazı %'si  | Birim Kazı Miktarı (m <sup>3</sup> /m) |
|---------------|--------------------|--------------------------------|------------|----------------------------------------|
| 21/1          | 363                | 2.963,750                      | 28         | 8,165                                  |
| 23/1          | 505                | 695,050                        | 7          | 1,376                                  |
| 23/2          | 220                | 255,800                        | 2          | 1,163                                  |
| 42/1          | 496                | 829,840                        | 8          | 1,673                                  |
| 43/1          | 400                | 349,400                        | 3          | 0,874                                  |
| 43/2          | 291                | 711,550                        | 7          | 2,445                                  |
| 100/1         | 557                | 1.888,675                      | 18         | 3,391                                  |
| 100/2         | 779                | 2.713,545                      | 26         | 3,483                                  |
| <b>TOPLAM</b> | <b>3611</b>        | <b>10.407,610</b>              | <b>100</b> | <b>2,821</b>                           |

Her bir kazı sınıfı için yapılan toplam ödeme miktarı ile beraber o kazı sınıfına ait kazı miktarı, tüm kazı toplamı için ödenen toplam bedel ve toplam kazı miktarı ile ilgili kalemlere ait ortalama birim maliyetler Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'ya göre ortalama 1 m<sup>3</sup> kazının maliyeti 1,12 \$/m<sup>3</sup>, 1 m<sup>3</sup> toprak kazının maliyeti 0,80 \$/m<sup>3</sup>, 1 m<sup>3</sup> küskülük kazının maliyeti 1,21 \$/m<sup>3</sup>, 1 m<sup>3</sup> yumuşak kaya kazısının maliyeti 2,25/m<sup>3</sup>'tür. Hakediş yapılan sürütme yollarında sert kaya kazısı tespit edilememiştir.

**Tablo 6.** Ödeme kalemleri, kazı sınıfları ve ortalama maliyetleri

| Ödeme Adı                                      | Değer (\$) | İşin Adı                             | Miktarı (m <sup>3</sup> ) | Ortalama (\$/m <sup>3</sup> ) |
|------------------------------------------------|------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Hakediş Toprak Kazı ve Kullanma Maliyeti       | 6.782      | Yolun Hakediş Toprak Kazı Miktarı    | 8.440                     | 0,80                          |
| Hakediş Küskülük Kazı ve Kullanma Maliyeti     | 2.214      | Yolun Hakediş Küskülük Kazı Miktarı  | 1.830                     | 1,21                          |
| Hakediş Yumuşak Kaya Kazı ve Kullanma Maliyeti | 309        | Yolun Hakediş Yum. Kaya Kazı Miktarı | 138                       | 2,25                          |
| Hakediş Sert Kaya Kazı ve Kullanma Maliyeti    | 0,00       | Yolun Hakediş Sert Kaya Kazı Miktarı | 0,00                      | 0,00                          |
| Toplam Hakediş Tutarı                          | 9.305      | Yolun Hakediş Toplam Kazı Miktarı    | 10.408                    | 1,12                          |

### 5.3.Yaklaşık Maliyet-Hakediş Verilerinin Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular ve Tartışma

Ölçüm ve tespiti yapılamayan sürütme yolları haricinde 8 adet sürütme yolunda ölçüm ve gözlemler arazide yapılarak hakediş işlemlerinin tespiti gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık maliyet-hakediş verilerinin karşılaştırılması bu 8 yol üzerinden yapılmıştır. Hendek OİM'de 2023-2024 yıllarında yaptırılan 8 adet

sürütme yolunun yaklaşık maliyet (teklif) toplam uzunluğu 3+700 km ve toplam maliyeti (kazı, dolgu ve diğer) 17.935 \$ olup bu yolların yapımı için toplam 13.749 m<sup>3</sup> kazı yapılmıştır. Aynı şekilde 8 yol için hakediş toplam yol uzunluğu, toplam maliyet ve toplam kazı miktarı sırasıyla 3+611 km, 11.058 \$ ve 10.408 m<sup>3</sup> bulunmuştur. Hakediş ve yaklaşık maliyet farkları (h-t) toplam yol uzunluğu, toplam maliyet ve toplam kazı miktarı için azalmış olup sırayla 0+089 km, 6.877 \$ ve 3.341 m<sup>3</sup> bulunmuştur. Kazı ve maliyet farkı, yaklaşık maliyette zemin klaslarının farklı tespitinden ve az da olsa yol uzunluğu farkından dolayı gerçekleşmiştir. Orman yolları için yapılan çalışmalarda; Türk ve Gümüş (2017) yolların maliyetinin hakediş aşamasındaki teklif edilen değerlere göre % 10 azaldığını, kazı miktarları ise % 27 oranında arttığını bulmuştur. Erbaş (2010) yapmış olduğu çalışmada yolların maliyetinin hakediş aşamasındaki teklif edilen değerlere göre % 16,28 azaldığını, kazı miktarları ise % 4,47 oranında arttığını bulmuştur. Başka bir çalışmada Karabacak (2010) yapmış olduğu çalışmada yolların maliyeti hakediş aşamasında teklif edilen değerlere göre % 4,33, kazı miktarlarının ise yaklaşık maliyette yer alan değerlere göre hakediş hazırlanırken % 0,92 oranında arttığını bulmuştur. Diğer bir çalışmada Özer Genç (2025) yapmış olduğu çalışmada yolların toplam kazı miktarlarının ise teklifte yer alan değerlere göre hakediş hazırlanırken % 13 oranında arttığını bulmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerlerin farklı olması sürütme yolunun küçük bütçeli ve yöre farklılığından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmada yapımı gerçekleşen yol uzunluğu, yaklaşık maliyette yapımı planlanan yol uzunluğundan daha az bulunmuştur. Orman yolları için yapılan bazı çalışmalarda da benzer şekilde hakediş yol uzunluğu değerinin daha az olduğu bulunmuştur (Karabacak, 2010; Erbaş, 2010, Türk ve Gümüş, 2017; Özer Genç, 2025). Ancak başka bir çalışmada Gümüş ve ark. (2015) hakediş yol uzunluğu değerini daha fazla bulmuşlardır. Yapılan çalışmalardaki bu farklılık orman yolu projelerinin hazırlanmamasından kaynaklanmaktadır.

Teklif edilen maliyetlerin ve ödenen miktarların zemin klaslarına dağılımı, toplam kazı teklif tutarı, kazı için ödenen toplam tutar ve farkları Tablo 7’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde; küskülük, yumuşak kaya ve sert kaya kazı klasları için teklif edilen bedelden daha az miktarda ödeme yapılırken, teklif edilen miktarın üzerinde ödeme ise toprak klası kazısı için yapılmıştır. Toplam yapılan maliyet hesabında yaklaşık maliyet-hakediş arasında %41,1’lik azalan bir fark oluşmuştur. Bu sonuç; zor kazı iş kalemleri için ihale öncesinde yapılan tespitlerin yeterli olmadığına işaret etmektedir.

**Tablo 7.** Teklif edilen maliyetlerin ve ödenen miktarların zemin klaslarına dağılımı, toplam kazı teklif tutarı, kazı için ödenen toplam tutar ve farkları

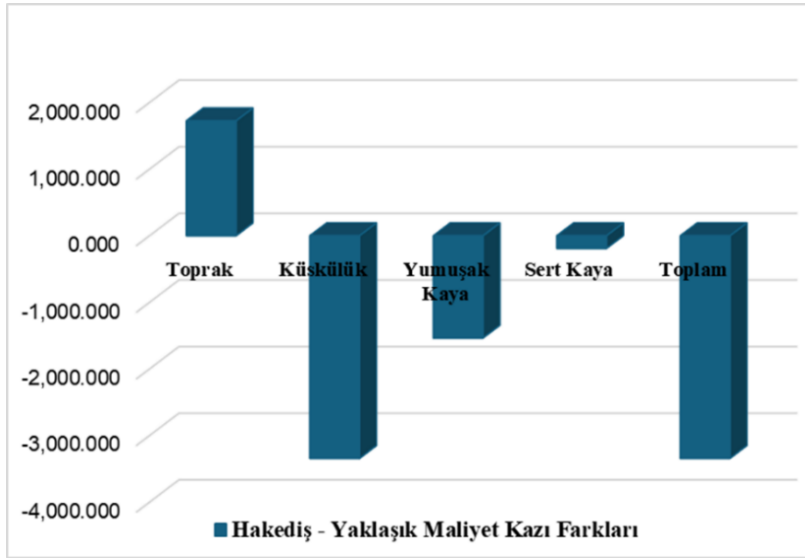
| Maliyet Adı                            | Yaklaşık Maliyet (t) (\$) | Hakediş (h) (\$) | Fark (h-t) | Fark %'si |
|----------------------------------------|---------------------------|------------------|------------|-----------|
| Toprak Kazı ve Kullanma Maliyeti       | 5.366                     | 6.782            | 1.416      | 26,4      |
| Küskülük Kazı ve Kullanma Maliyeti     | 6.191                     | 2.214            | -3.977     | -64,2     |
| Yumuşak Kaya Kazı ve Kullanma Maliyeti | 3.747                     | 309              | -3.438     | -91,7     |
| Sert Kaya Kazı ve Kullanma Maliyeti    | 488                       | 0,00             | -488       | -100,0    |
| Toplam Tutar                           | 15.792                    | 9.305            | -6.487     | -41,1     |

Kazı miktarlarının zemin klaslarına dağılımı, hakediş-yaklaşık maliyet kazı farkları Tablo 8’de verilmiştir. Tabloya göre yol yapımından önce sadece gözlemlere dayalı olarak tespit edilen tüm zemin klaslarına ait değerlerde, hakediş rakamlarına göre pozitif ya da negatif yönde bir değişiklik olmuştur. Bu sonuçlar, incelenen sürütme yollarında yalnızca gözlemsel değerlendirmeye dayalı zemin sınıflandırmasının kazı miktarlarının tahmininde önemli sapmalara yol açabildiğini göstermektedir. Acar vd. (2003)’e göre, jeolojik ve jeofizik metotlarla yol geçkisinin altındaki zemin klasları tahmin edilebilir ve hesaplanabilir. Böylece; yol yapımının gerçek maliyeti önceden belirlenebilecek ve müteahhitlere hak ettikleri ücret ödenebilecektir. Kazı işlemi pahalı olan zemin klaslarında ihale öncesinde tahmin edilen değerden pozitif yönde bir artış olması yol maliyetini çok arttırmaktadır.

Ayrıca Tablo 8’de, en fazla sapma sert kaya kazı miktarında olmuştur. Yaklaşık maliyet değerleri ile hakediş değerleri arasındaki sapma sadece zemin klaslarının tespitinde değil, yol uzunluğunda ve toplam kazı miktarında da olmuştur. Kazı miktarlarında hakediş hazırlanırken küskülük, yumuşak kaya ve sert kaya zemin klaslarında azalış olmuştur. Tablo 8’de belirtilen farklarla ilgili grafik, Şekil 5’te verilmiştir. Yapılan çalışmalarda da yaklaşık maliyet değerleri ile hakediş değerleri arasındaki sapma sadece zemin klaslarının tespitinde değil, toplam kazı miktarında da olmuştur (Karabacak, 2010; Erbaş, 2010; Gümüş ve ark., 2015; Türk ve Gümüş, 2017; Özer Genç, 2025).

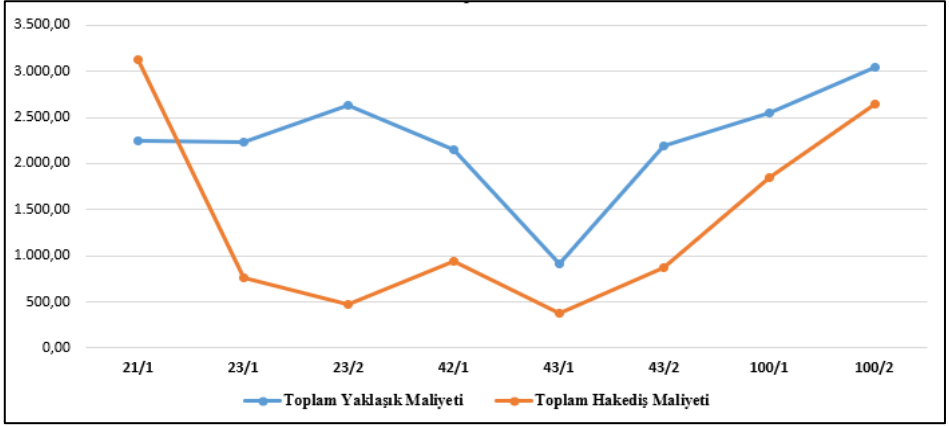
**Tablo 8.** Kazı miktarlarının zemin klaslarına dağılımı, hakediş-yaklaşık maliyet kazı farkları

| İşin Adı                                           | Yaklaşık Maliyet Kazı Miktarı (y) | Hakediş Kazı Miktarı (h) | Fark (h-y) | Fark %'si |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------|-----------|
| Toplam toprak kazı miktarı (m <sup>3</sup> )       | 6.716                             | 8.440                    | 1.724      | 25,7      |
| Toplam küskülük kazı miktarı (m <sup>3</sup> )     | 5.172                             | 1.830                    | -3.341     | -64,6     |
| Toplam yumuşak kaya kazı miktarı (m <sup>3</sup> ) | 1.672                             | 138                      | -1.535     | -91,8     |
| Toplam sert kaya kazı miktarı (m <sup>3</sup> )    | 190                               | 0,000                    | -190       | -100,0    |
| Toplam kazı miktarı (m <sup>3</sup> )              | 13.749                            | 10.408                   | -3.341     | -24,3     |



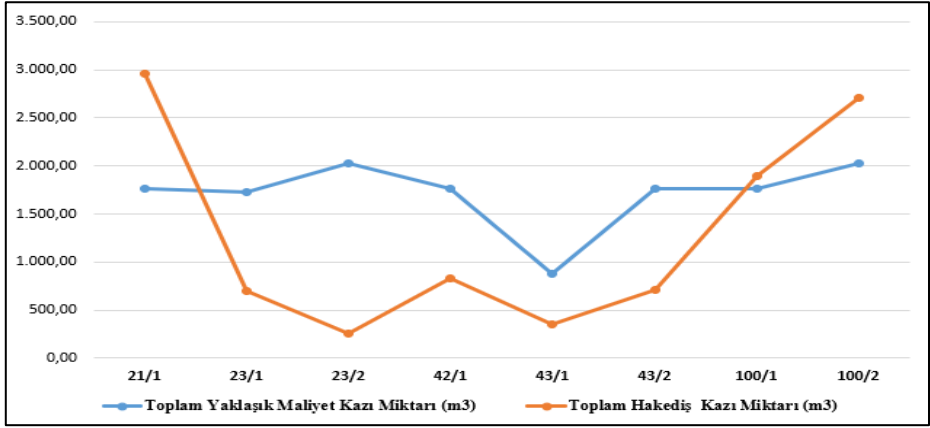
**Şekil 5.** Kazı miktarlarının zemin klaslarına dağılımı, hakediş - yaklaşık maliyet kazı farkları grafiği

Şekil 6'da toplam hakediş maliyeti ve toplam yaklaşık maliyeti fark grafiği incelendiğinde yaklaşık maliyet değerlerinin 21/1 kodlu sürütme yolunda arttığı, diğer yollarda azaldığı görülmektedir. Yaklaşık maliyet ve hakediş arasında en büyük fark ise 23/2 kodlu sürütme yolunda olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 6.** Toplam hakediş maliyeti ve toplam yaklaşık maliyeti fark grafiği

Şekil 7'deki grafik incelendiğinde ise yaklaşık maliyeti oluşturan kazı miktarlarında hakediş yapılan kazı miktarlarındaki artış 21/1, 100/1 ve 100/2 kodlu sürütme yolunda olduğu, diğer yollarda ise hakedişe konu olan kazı miktarının azaldığı görülmektedir. Yaklaşık maliyet ve hakediş arasında en büyük fark ise 23/2 kodlu sürütme yolunda yapılan kazı miktarındaki farkta olduğu tespit edilmiştir.



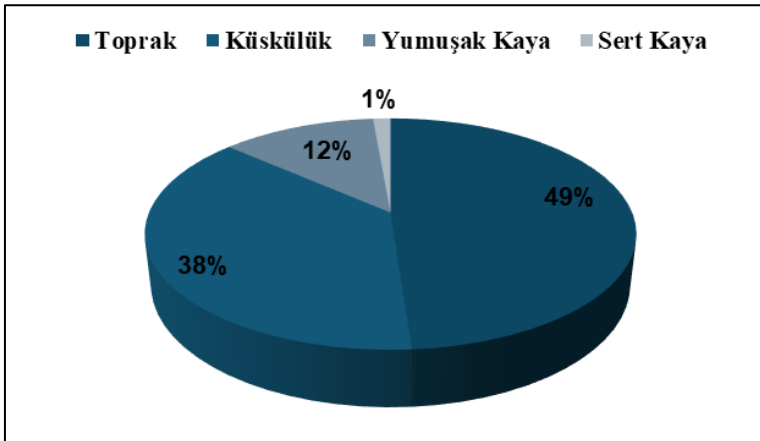
**Şekil 7.** Toplam hakediş kazı miktarı ve toplam yaklaşık maliyet kazı miktarı grafiği

Orman yolu yapım maliyetini arttıran en önemli iş kalemi kazı işleridir. Orman yol projelerinde tesviye işlerinin ve buna ait giderlerin hesabı için önce yol eksenı boyunca alınan enine profiller yardımı ile kazı ve dolgu hacimleri hesaplanır. Orman yolu geçki seçeneklerinin değerlendirilmesinde en düşük kazı

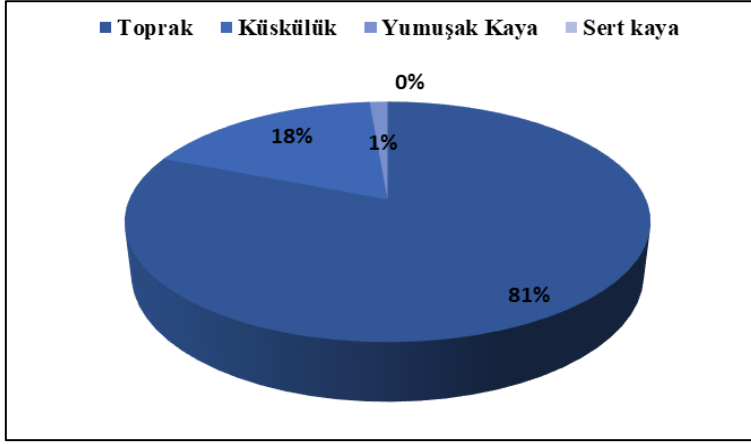
ve dolgu hacmi oluşturan geçki planı aynı zamanda en düşük maliyeti oluşturacağından optimum geçki olarak planlanmalıdır (FAO, 1992). Bu nedenle; yaklaşık maliyet hazırlanırken kazı miktarları titizlikle tespit edilmesi önem taşımaktadır. Yapılan yolların toplam maliyetinin %84'ünü kazı ve dolgu çalışmaları oluşturmaktadır.

Yaklaşık maliyet hesabında yapılan toplam kazı miktarının zemin klaslarına göre dağılımını gösteren Şekil 8 ile hakediş hesabında yapılan toplam kazı miktarının zemin klaslarına göre dağılımını gösteren Şekil 9 grafikleri şöyle bir durumu ortaya koymaktadır. Yaklaşık maliyet sırasında öngörülen %49'luk toprak zemin kazısı, hakediş maliyeti sırasında %81'lik bir toprak zemin kazısına yükselmiştir. Küskülük ve yumuşak kaya zemin klasına sahip kazı miktarları düşüş yaşamış ve sert kaya zemin kazısı ise hiç gerçekleşmemiştir.

Şekil 8 ve Şekil 9'daki grafikler incelendiğinde; miktar ve maliyet olarak toprak kazı miktarının en fazla olduğu görülmektedir. Yol yapımında maliyeti etkileyen en önemli unsurlar kazı miktarları olup bunlar toprak kazısı, küskülük kazısı, yumuşak kaya kazısı, sert kaya kazısı ve çok sert kaya kazısıdır. Bu kazı çeşitlerinden maliyeti etkileyen en önemli kazı kalemi ise birim fiyatı en yüksek olan çok sert kaya kazı miktarıdır. Yaklaşık maliyet ve hakediş maliyetlerinin farkı grafiği ile yaklaşık maliyet ve hakediş maliyet kazı miktarları farkı grafiği karşılaştırılıp incelendiğinde; ihale öncesi hazırlanan yaklaşık maliyet değerlerinin sağlıklı tespit edilemediği anlaşılmaktadır.



**Şekil 8.** Yaklaşık maliyetteki toplam kazı maliyetinin zemin klaslarına dağılımı



**Şekil 9.** Hakedişteki toplam kazı miktarlarının zemin klaslarına dağılımı

Sürütme yollarının yaklaşık maliyet ve hakedişe göre toprak kazı miktarları incelendiğinde; en az değişim 42/1 kodlu sürütme yolunda olup, yaklaşık maliyetteki toprak kazı miktarı 872,676 m<sup>3</sup> iken, %5 azalarak hakediş maliyetindeki toprak kazı miktarı 821,570 m<sup>3</sup> olmuştur. En fazla değişim 100/2 kodlu sürütme yolunda olup yaklaşık maliyetteki toprak kazı miktarı 876,462 m<sup>3</sup> iken, %154 artarak hakediş maliyetindeki toprak kazı miktarı 2.226,695 m<sup>3</sup> olmuştur. İncelenen 8 adet sürütme yolunda; yaklaşık maliyete göre hakedişte toprak kazı miktarı, 3 adet sürütme yolunda artmış ve 5 adet sürütme yolunda ise azalmıştır.

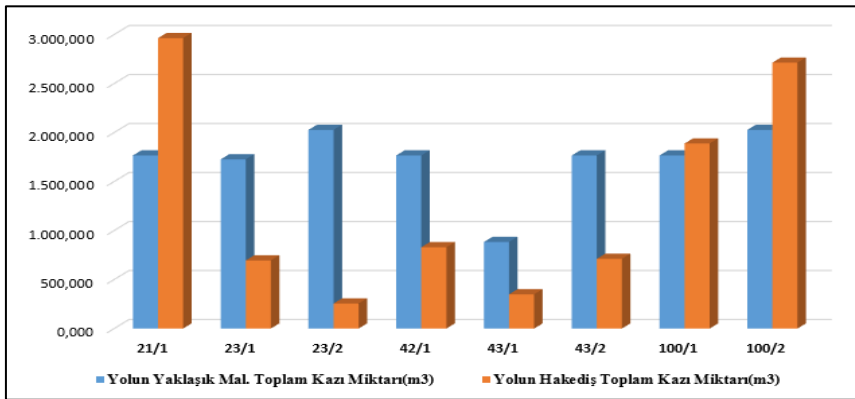
Sürütme yollarının yaklaşık maliyet ve hakedişe göre küskülük kazı miktarları incelendiğinde; en az değişim 21/1 kodlu sürütme yolunda olup yaklaşık maliyetteki küskülük kazı miktarı 805,490 m<sup>3</sup> iken, %4 artarak hakediş maliyetindeki küskülük kazı miktarı 843,470 m<sup>3</sup> olmuştur. En fazla değişim 23/2 kodlu sürütme yolunda olup yaklaşık maliyetteki küskülük kazı miktarı 834,029 m<sup>3</sup> iken, %100 azalarak hakediş maliyetindeki küskülük kazı miktarı 0,000 m<sup>3</sup> olmuştur. Aynı şekilde 43/1 kodlu sürütme yolunda da yaklaşık maliyetteki küskülük kazı miktarı 318,145 m<sup>3</sup> iken, %100 azalarak hakediş maliyetindeki küskülük kazı miktarı 0,000 m<sup>3</sup> olmuştur. Çalışmaya konu 8 adet sürütme yolunda; yaklaşık maliyete göre hakediş maliyetindeki küskülük kazı miktarı 8 yoldan, 1 adedinde pozitif yönde değişmiş ve 5 adedinde azalmıştır. 2 adet sürütme yolunda (23/2 ve 43/1) ise küskülük kazı miktarı hiç yapılmamıştır.

Sürütme yollarının yaklaşık maliyet ve hakedişe göre yumuşak kaya kazı miktarları incelendiğinde; en az değişim 21/1 kodlu sürütme yolunda olup yaklaşık maliyetteki yumuşak kaya kazı miktarı 157,291 m<sup>3</sup> iken, %12 azalarak

hakediş maliyetindeki yumuşak kaya kazı miktarı 137,470 m<sup>3</sup> olmuştur. Diğer yollarda %100 değişim meydana gelmiştir. İncelenen 8 adet sürütme yolunda; yaklaşık maliyete göre hakedişte yumuşak kaya sınıfı kazısı 1 adet yolda negatif yönde değişim göstermiş ve 7 adet yolda yumuşak kaya sınıfı kazı yapılmamıştır.

Sürütme yollarının yaklaşık maliyet ve hakedişe göre sert kaya kazı miktarları incelendiğinde; 100/1 kodlu sürütme yolunun yaklaşık maliyetteki sert kaya kazı miktarı 88,324 m<sup>3</sup> iken, %100 azalarak hakediş maliyetindeki sert kaya kazı miktarı 0,000 m<sup>3</sup> olmuştur. 100/2 kodlu sürütme yolunun yaklaşık maliyetteki sert kaya kazı miktarı 101,360 m<sup>3</sup> iken, %100 azalarak hakediş maliyetindeki sert kaya kazı miktarı 0,000 m<sup>3</sup> olmuştur. 21/1, 23/1, 23/2, 42/1, 43/1, 43/2 kodlu sürütme yollarında toplam yaklaşık maliyet ve toplam hakediş maliyeti bedelleri kapsamında herhangi bir sert kaya zemin sınıfı türünde bir kazı işlemi gerçekleşmemiştir.

Sürütme yollarında yaklaşık maliyet ve hakedişe toplam kazı miktarlarının karşılaştırılması Şekil 10'da verilmiştir. Şekildeki yaklaşık maliyet ve hakediş maliyetini oluşturan toplam kazı miktarları incelendiğinde; en az değişim 100/2 kodlu yolda olup bu yol 500 m planlanırken ve toplam yaklaşık maliyet içerisindeki toplam kazı miktarı 2.027,245 m<sup>3</sup> iken; arazideki yapımı 279 m yol uzunluğu arttırılarak 779 m yol yapılmış ve toplam hakediş maliyeti içerisindeki kazı miktarı %33 artarak 2.713,545 m<sup>3</sup> tespit edilmiştir. En fazla değişim 23/2 kodlu sürütme yolunda olup bu yol 500 m planlanırken ve toplam yaklaşık maliyet içerisindeki toplam kazı miktarı 2.027,245 m<sup>3</sup> iken; arazideki yapımı 280 m yol uzunluğu azaltılarak 220 m yol yapılmış ve toplam hakediş maliyeti içerisindeki kazı miktarı %87 azalarak 255,800 m<sup>3</sup> tespit edilmiştir.



**Şekil 10.** Toplam kazı miktarlarının karşılaştırılması

İncelenen 8 adet sürütme yolunda; yaklaşık maliyeti oluşturan toplam kazı miktarına göre 3 adet sürütme yolunda hakediş maliyetini oluşturan toplam kazıların arttığı, 5 adet sürütme yolunda ise hakediş maliyetini oluşturan toplam kazı miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir.

#### **5.4.İstatistiksel Bulgular**

Veriler normal dağılım göstermediğinden karekök dönüşümü uygulanmıştır. Yaklaşık maliyet ve hakediş verilerine ilişkin farklılık olup olmadığını belirlemek amacı ile yapılan bağımlı iki örnek t-testi sonuçları incelendiğinde; yaklaşık maliyet (teklif) toplam tutarı ile hakediş toplam tutarı arasındaki fark % 95 ( $p=0,024$ ) güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Hakediş kazı miktarları ile yaklaşık maliyet kazı miktarları incelendiğinde ise hakediş küskülük kazı miktarı ile yaklaşık maliyet küskülük kazı miktarı arasındaki fark ( $p=0,010$ ), hakediş yumuşak kaya kazı miktarı ile yaklaşık maliyet yumuşak kaya kazı miktarı arasındaki fark da ( $p=0,002$ ) %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Hakediş toplam kazı miktarı ile yaklaşık maliyet toplam kazı miktarı arasında ( $p=0,140$ ), hakediş toprak kazı miktarı ile yaklaşık maliyet toprak kazı miktarı arasında ( $p=0,691$ ), hakediş sert kaya kazı miktarı ile yaklaşık maliyet sert kaya miktarı arasında ( $p=0,171$ ) ve hakediş yol uzunluğu ile yaklaşık maliyet yol uzunluğu arasında ( $p=0,943$ ) istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık bulunmamıştır. Orman yolları için yapılan çalışmalarda da teklif toplam tutarı ile hakediş toplam tutarı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, ancak toplam kazı miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (Karabacak, 2010; Erbaş, 2010; Türk ve Gümüş, 2017).

Hakediş toplam kazı miktarı ile yaklaşık maliyet toplam kazı miktarı arasında anlamlı farklılık bulunmamasına rağmen, yaklaşık maliyet toplam tutarı ile hakediş toplam tutarı arasında %95 ( $p=0,031$ ) güven düzeyinde anlamlı fark bulunması; kazı maliyeti yüksek zemin klaslarının (küskülük ve yumuşak kaya) kazı miktarları arasındaki farklılıktan kaynaklanmıştır.

Kazı miktarı ile ilgili olarak elde edilen t-testi sonuçları; kazı işlemlerinin zor olduğu zemin klaslarının yani, kazı maliyeti yüksek olan zemin klaslarının yaklaşık maliyet kazı miktarları ile hakediş kazı miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu göstermiştir.

#### **6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada Hendek OİM sınırları içerisinde incelenen sürütme yollarına ilişkin yaklaşık maliyet ve hakediş verileri karşılaştırıldığında, yapım öncesinde yapılan maliyet ve zemin sınıflandırmalarının arazi koşullarını yeterli düzeyde

temsil etmediği görülmektedir. İncelenen 8 adet sürütme yolunda toplam yaklaşık maliyet 17.934,46 \$, toplam hakediş bedeli ise 11.057,47 \$ olarak gerçekleşmiştir. Buna göre gerçekleşen hakediş bedeli, yaklaşık maliyetin %61,65'i düzeyinde kalmış ve iki değer arasında 6.876,99 \$ tutarında, yaklaşık maliyetin %38,35'ine karşılık gelen bir fark meydana gelmiştir. Bu durum, sürütme yollarının yapımından önce hazırlanan yaklaşık maliyetlerin özellikle kazı miktarlarının ve zemin sınıflarının belirlenmesinde daha hassas yöntemlere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Toplam kazı miktarı açısından değerlendirildiğinde de benzer bir farklılık ortaya çıkmıştır. Yaklaşık maliyet hesabında 13.730,68 m<sup>3</sup> olarak öngörülen toplam kazı miktarı, hakediş kayıtlarında 10.407,61 m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Buna göre gerçekleşen toplam kazı miktarı, yaklaşık maliyet hesabında öngörülen miktarın %75,80'i düzeyinde kalmış ve %24,20 oranında azalmıştır. Bu sonuç, yaklaşık maliyet aşamasında öngörülen kazı miktarlarının arazi gerçekliğiyle tam olarak örtüşmediğini göstermektedir.

Zemin sınıfları ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise farklılığın daha belirgin olduğu görülmektedir. Yaklaşık maliyette 6.715,460 m<sup>3</sup> olarak öngörülen toprak kazısı miktarı, hakediş aşamasında 8.439,808 m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiş ve %25,68 oranında artmıştır. Buna karşılık yaklaşık maliyette 5.171,445 m<sup>3</sup> olarak öngörülen küskülük kazısı, hakedişte 1.830,333 m<sup>3</sup>'e düşerek %64,61 oranında azalmıştır. Yumuşak kaya kazısı yaklaşık maliyette 1.672,185 m<sup>3</sup> iken hakedişte 137,470 m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiş ve %91,78 oranında azalmıştır. Sert kaya kazısında ise yaklaşık maliyet aşamasında 189,684 m<sup>3</sup> öngörülmesine rağmen hakediş kayıtlarında herhangi bir yapım gerçekleşmemiştir. Dolayısıyla sert kaya kazısı açısından gerçekleşme oranı %0'dır.

Çalışmaya konu sürütme yollarının yaklaşık maliyetleri ile hakedişleri arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde fark olduğu belirlenmiştir. Yaklaşık maliyet değerlerinden yüzeysel tespit yöntemiyle saptanan zemin klaslarının iş bitiminde tespit edilen gerçek değerler ile tutarlı olmadığı anlaşılmıştır.

Bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, yaklaşık maliyet aşamasında daha yüksek zemin sınıflarına ait kazı miktarlarının önemli ölçüde fazla tahmin edildiği, buna karşılık toprak kazısı miktarının eksik tahmin edildiği anlaşılmaktadır. Başka bir ifadeyle, yüzeysel zemin tespitine dayalı sınıflandırmanın özellikle toprak, küskülük, yumuşak kaya ve sert kaya ayırımında yeterli doğruluk sağlamadığı değerlendirilmektedir. Bu durum yalnızca yaklaşık maliyetin doğruluğunu değil, aynı zamanda iş programının hazırlanmasını, kullanılacak iş makinelerinin belirlenmesini, üretim süresinin tahmin edilmesini ve kaynak planlamasını da doğrudan etkileyebilecek nitelikte olduğunu düşündürmektedir.

Bu nedenle sürütme yollarında yaklaşık maliyet hazırlama sürecinin yalnızca yüzeysel arazi gözlemlerine dayandırılmaması, arazi etüdü, sayısal arazi modeli, jeolojik/zemin bilgileri, deneme amaçlı kazılar ve gerektiğinde sondaj verileriyle desteklenmesi önerilmektedir. Özellikle kazı sınıflarının birbirinden ayrılmasında, yol güzergâhı boyunca belirli aralıklarla yapılacak kontrol noktaları oluşturulmalı ve zemin özellikleri kesintisiz bir güzergâh değerlendirmesi içerisinde ele alınmalıdır.

Çalışmanın en önemli sonuçlarından biri, yüzeysel yöntemle belirlenen zemin sınıfları ile yapım sonunda belirlenen gerçek zemin sınıfları arasında önemli farklılıkların bulunmasıdır. Özellikle yumuşak kaya kazısında %91,78, küskülük kazısında %64,61 ve sert kaya kazısında %100 oranında azalma meydana gelmesi, yüzeysel sınıflandırmanın yüksek kazı sınıflarını olduğundan fazla tahmin edebildiğini göstermektedir. Buna karşılık toprak kazısının %25,68 oranında fazla gerçekleşmesi, gerçek zeminin yaklaşık maliyet aşamasında yeterince doğru tanımlanamadığını ortaya koymaktadır.

Sürütme yolu yapımına başlanmadan önce güzergâhın arazi üzerinde kontrol edilmesi ve hazırlanan proje ile gerçek arazi koşullarının karşılaştırılması önerilmektedir. Özellikle yüksek miktarda kazı gerektiren kesimlerde, uygulama öncesi kontrol yapılmalıdır. Büro kontrolü ile CBS, SYM, mevcut haritalar ve önceki üretim verilerinin incelenmesi gerçekleştirilebilir. Arazi kontrolü ile güzergâhın yerinde incelenmesi, zemin sınıflarının kontrol edilmesi ve kritik kesimlerin belirlenmesi sağlanabilir. Uygulama öncesi son kontrol ile yaklaşık maliyet, kazı miktarı ve zemin sınıflarının son kez değerlendirilmesi işlemleri yapılabilir. Bu sistem sayesinde yanlış güzergâh seçimi ve yanlış zemin sınıflandırmasından kaynaklanan maliyet sapmalarının azaltılması mümkün olacaktır.

Sonuç olarak, sürdürülebilir sürütme yolu planlamasında temel hedef yalnızca en düşük ilk yapım maliyetine sahip yolu oluşturmak olmamalıdır. Bunun yerine; yaşam döngüsü maliyeti düşük, üretim etkinliği yüksek, arazi koşullarına uygun, çevresel etkileri düşük ve gerçekleşen yapımı önceden tahmin edilebilir sürütme yolu sistemlerinin oluşturulması esas alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Acar, H.H., Coşkun, N. & Eker, M. (2003). Köy ve orman yollarının yapımında yol zemininin jeofizik yöntemlerle etüdü: Beklenen çevresel ve ekonomik yararlar. Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Alanda Ulaşım, Yerleşim Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 18–20 Aralık 2003, Trabzon, 68–74.
- Acar, H.H. & Eker, M. (2001). Ormancılıkta karar verme süreçlerinde orman yol ve üretim planlarının değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2(1), 67–74.
- Acar, H. H. (2016). Environmental sensitive road planning and transportation techniques in forest engineering. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 66(2): 710-726. DOI: 10.17099/jffiu.79204.
- Anonim (2014). Hendek Orman İşletme Müdürlüğü amenajman planları. Ankara, Türkiye: Orman Genel Müdürlüğü.
- Eker, M., Acar, H.H. & Çoban, H.O. (2010). Orman yollarının potansiyel ekolojik etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 1(1), 109–125. doi:10.18182/tjf.12468.
- Eker, M. (2020). Sürütme yolları ve yoğunlukları üzerine değerlendirmeler. Turkish Journal of Forestry, 21(4), 396–406. doi:10.18182/tjf.824478.
- Erbaş, F. D. (2010). Dağlık Arazide İnşa Edilen Orman Yollarında Yaklaşık Maliyet ve Hakediş Değerlerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- FAO. (1992). Cost Control in Forest Harvesting and Road Construction. FAO Forestry Paper No. 99. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO & UNEP (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and United Nations Environment Programme (UNEP) (2020) The State of the World's Forests 2020: Forests, biodiversity and people. Rome: FAO. doi: 10.4060/ca8642en.
- Gümüş, S. & Türk, Y. (2016). A new skid trail pattern design for farm tractors using linear programming and geographical information systems. Forests, 7(12), 306. doi:10.3390/f7120306.
- Hasdemir, M. & Demir, M. (2005). Ormancılıktaki gelişmelere bağlı olarak orman yol şebekelerinin fonksiyonel planlama esasları ve orman yol yoğunluğu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 55(2), 1–13. doi:10.17099/jffiu.71160.
- Karabacak, M. (2010). Göller Bölgesi'nde İnşa Edilen Orman Yollarında Yaklaşık Maliyet ve Hakediş Değerlerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

- MTA. (2026). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Yerbilimleri Harita Görüntüleyicisi. Erişim tarihi: 03.09.2026.
- OGM. (2008). 292 Sayılı Tebliğ, Orman Yollarının Planlanması, Yapımı ve Bakımı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM. (2026). Orman Genel Müdürlüğü Hendek Orman İşletme Müdürlüğü. Sakarya Orman Bölge Müdürlüğü. Erişim tarihi: 3 Eylül 2026. Hendek Orman İşletme Müdürlüğü
- Özdamar, K. (2002). Paket programlar ile istatistiksel veri analizi. Eskişehir: Kaan Kitabevi.
- Özer Genç, Ç. (2025). Orman yollarının etüt ve yapım sonrası kazı miktar ve materyallerinin değerlendirilmesi: Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü örneği. International Contemporary Scientific Research Congress-VII, July 1-3, 2025| Istanbul, Türkiye, 400-408.
- Türk, Y. & Gumus, S. (2017). Evaluation of the tender results of forest road constructions: A case study in Bolu Regional Directorate. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 67 (2): 194-202.
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. (2026). Gösterge Niteliğindeki Merkez Bankası Kurları. Erişim tarihi: 04.09.2026. <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tr/tcmb+tr/main+menu/istatistikler/doviz+kurlari/gosterge+niteligindeki+merkez+bankasi+kurlarii>
- Türk, Y. & Gümüş, S. (2015). Tarım traktörleriyle bölmeden çıkarmada meydana gelen toprak ve fidan zararlarının araştırılması. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 16(1), 55–64. doi:10.17474/acuofd.83601.

## 9. Bölüm

### Sert Kabuklu Meyvelerin Yağ Kompozisyonu ve Farklı Kullanım Hedefleri

Mustafa Kenan GEÇER<sup>1</sup>, İlhan SUBAŞI<sup>2</sup>, Yusuf ARSLAN<sup>3</sup>

#### Özet

Sert kabuklu meyveler (ceviz, badem, fındık ve antepfıstığı), yalnızca makro besin ögesi profilleriyle değil, aynı zamanda zengin yağ asidi kompozisyonları ve minör biyoaktif bileşenleriyle fonksiyonel gıda paradigmasının merkezinde yer almaktadır. Her tür, kendine özgü bir kimyasal parmak izi sergilemekte; bu durum oksidatif stabilite, raf ömrü, duyuşsal özellikler ve sağlık etkileri üzerinde belirleyici olmaktadır. Ceviz, %65-70 toplam yağ içeriği ve %65,8'e ulaşan PUFA oranıyla, özellikle  $\alpha$ -linolenik asit (omega-3) bakımından eşsiz bir kaynak oluşturmaktadır; ancak bu zenginlik, onu oksidatif bozulmaya karşı en hassas tür haline getirmektedir. Badem, %54,6-83,3 arasında değişen oleik asit içeriğiyle yüksek MUFA ve düşük SFA profili sunmakta, güçlü oksidatif stabilite ve uzun raf ömrü sergilemektedir. Fındık ise %75-80'e varan MUFA oranı, düşük aterojenik ve trombojenik indeks değerleriyle beslenme açısından en dengeli profil olarak öne çıkmakta;  $\alpha$ -tokoferol zenginliği sayesinde yüksek stabilite göstermektedir. Antepfıstığı, %50-60 MUFA ve %30-35 PUFA içeriğiyle fındık ile ceviz arasında bir konumda yer almakta; klorofil varlığı, fotooksidasyon riski ve antioksidan kapasite açısından benzersiz bir duyuşsal ve teknolojik özellik yaratmaktadır. Minör bileşenler (tokoferoller, fitosteroller, fenolikler) yağ stabilitesine sinerjik katkı sağlamakta; ekstraksiyon yöntemleri (soğuk pres, çözücü, süperkritik CO<sub>2</sub>, enzim destekli) ise yağ asidi profilini büyük ölçüde korurken, biyoaktif bileşen içeriğinde belirgin farklılıklar oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, dört türün dengeli ve çeşitlendirilmiş tüketimi, kardiyovasküler sağlık başta olmak üzere çok yönlü fonksiyonel yararlar sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sert kabuklu meyveler, yağ asidi kompozisyonu, oksidatif stabilite, ekstraksiyon yöntemleri, fonksiyonel gıda

<sup>1</sup> Doç. Dr.; Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu, Türkiye, Sorumlu yazar: mustafakenangeceer@ibu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1959-9909

<sup>2</sup> Doç. Dr.; Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu, Türkiye, ORCID ID: 0000-0001-7237-937X

<sup>3</sup> Prof. Dr.; Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye ORCID ID: 0000-0001-8496-6037

## 1. Giriş

Son yıllarda, beslenme bilimi alanında sert kabuklu meyvelere yönelik akademik ilgi giderek artmıştır. Ceviz, badem, fındık ve antepfıstığı başta olmak üzere bu gıda grubu, zengin yağ asidi kompozisyonları, biyoaktif bileşenleri ve fonksiyonel özellikleriyle hem bilimsel araştırmaların hem de endüstriyel uygulamaların odağında yer almaktadır.

Kardiyovasküler hastalıklar, 2021 yılı itibarıyla küresel çapta 20,5 milyon ölüme neden olarak dünya genelinde önde gelen ölüm sebebi olmayı sürdürmektedir (GBD 2021 Causes of Death Collaborators, 2024). Bu bağlamda, yağlı meyvelerin kardiyovasküler hastalıklar riski üzerindeki koruyucu etkileri yoğun biçimde araştırılmıştır. Mayhew ve ark. (2016) tarafından yürütülen ve 467.389 katılımcıyı kapsayan 20 prospektif kohort çalışmasının meta-analizinde, yüksek oranda sert kabuklu meyve tüketiminin tüm nedenlere bağlı ölüm riskinde %19, kardiyovasküler hastalıklar mortalitesinde %27 ve koroner kalp hastalığı mortalitesinde %30 oranında azalma ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Liu ve ark. (2026), 63 prospektif kohort çalışmasını içeren kapsamlı bir doz-yanıt meta-analizinde, yüksek sert kabuklu meyve tüketiminin koroner kalp hastalığı riskinde %19, inme riskinde %9, kardiyovasküler hastalıklar riskinde %14, kardiyovasküler hastalıklar mortalitesinde %26 ve tüm nedenlere bağlı ölüm riskinde %23 azalma ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

Günümüzde tüketiciler, beslenmenin yalnızca açlığı gidermenin ötesinde, sağlığın korunması ve iyileştirilmesindeki rolünün giderek daha fazla farkına varmaktadır (Marcía-Fuentes ve ark., 2026). Bu bilinç dönüşümü, fonksiyonel gıdalar kavramını beslenme biliminin merkezine taşımıştır. Bu bağlamda sert kabuklu meyveler (kuruyemişler), fonksiyonel gıda paradigmasının en önemli temsilcilerinden biri haline gelmiştir. Sert kabuklu meyvelerin fonksiyonel önemi, yalnızca makro besin ögesi profillerinden değil, aynı zamanda zengin fitokimyasal içeriklerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle fenolik bileşikler, flavonoidler ve polisakkaritler gibi antioksidan kapasitesi yüksek moleküller, sert kabuklu meyveleri oksidatif stresle mücadelede değerli kılmaktadır (Zhou ve ark., 2026).

## 2. Yağ Asidi Kompozisyonları

Yağlı meyvelerin besinsel ve fonksiyonel özelliklerinin temelinde, hiç şüphesiz ki yağ asidi kompozisyonları yatmaktadır. Her bir sert kabuklu meyve türü, kendine özgü yağ asidi profiliyle adeta bir "kimyasal parmak izi" sergilemekte olup, bu eşsiz kompozisyon; oksidatif stabilite, raf ömrü, duyuusal özellikler ve sağlık üzerindeki etkiler gibi kritik parametreleri doğrudan belirlemektedir (Robbins ve ark., 2011; Maestri, 2024). Sert kabuklu meyveler,

yüksek miktarda lipit içerirken tekli ve çoklu doymamış yağ formunda olması bu meyvelerin insan sağlığı için birçok yararlı etkilerini ortaya çıkarmıştır.

### 2.1. Ceviz ve omega-3

Ceviz (*Juglans regia*), sert kabuklu meyveler arasında sahip olduğu eşsiz yağ asidi profiliyle öne çıkmaktadır. Toplam yağ içeriği yaklaşık %65-70 arasında değişen ceviz, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bakımından oldukça zengin bir kompozisyon sergilemektedir. Yapılan analizler, ceviz yağındaki PUFA oranının toplam yağ asitlerinin %65,8'ine kadar ulaştığını göstermektedir. Bu yüksek PUFA içeriğinin yaklaşık %49-50'sini linoleik asit (18:2  $\omega$ -6), yaklaşık %10-15'ini ise  $\alpha$ -linolenik asit (18:3  $\omega$ -3) oluşturmaktadır. Cevizin bu benzersiz omega-3 zenginliği, onu bitkisel kaynaklı  $\alpha$ -linolenik asidin en önemli diyet kaynaklarından biri haline getirmektedir (Savage ve ark., 1999; Şimşek ve Gülsoy, 2016).

Buna karşılık, tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ceviz yağında nispeten daha düşük seviyelerde bulunmaktadır. Literatürdeki araştırmalar, ceviz yağındaki MUFA oranının yaklaşık %19,2 olduğunu ve bu payın büyük kısmını oleik asidin (18:1  $\omega$ -9) oluşturduğunu doğrulamaktadır (Özkan ve Koyuncu, 2005). İnsan sağlığı açısından sınırlandırılması gereken doymuş yağ asitleri (SFA) ise toplam yağ asitlerinin yalnızca %15'i gibi düşük bir oranını temsil etmektedir; bu oranın yaklaşık %10'unu palmitik asit (16:0), %3,5'ini ise stearik asit (18:0) oluşturmaktadır (Savage, 2001; Özkan ve Koyuncu, 2005). Cevizin bu düşük doymuş yağ ve yüksek çoklu doymamış yağ dengesi, onu kardiyovasküler sistem dostu bir besin kılan en temel biyokimyasal özelliğidir.

Cevizin yüksek PUFA içeriği, özellikle de omega-3 yağ asitleri bakımından zenginliği, onu kardiyovasküler sağlık açısından son derece değerli kılmaktadır. Bununla birlikte, bu kimyasal parmak izi aynı zamanda cevizi oksidatif bozulmaya karşı en hassas sert kabuklu meyve türlerinden biri yapmaktadır (Ros, 2010; Bakkalbaş ve ark., 2012).

### 2.2. Badem ve oleik asit

Badem (*Prunus amygdalus*), yağ asidi kompozisyonu açısından cevizden tamamen farklı bir profil sergilemekte olup, tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) baskın olduğu bir yapıya sahiptir. Bademin toplam yağ içeriği 100 gramda yaklaşık 50-55 gram arasında değişmektedir. Badem yağındaki MUFA (oleik asit - 18:1  $\omega$ -9) oranı, genotiplere bağlı olarak %54,6 ile %83,3 arasında değişen değerlerle oldukça yüksektir (Orman, 2026).

Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) açısından değerlendirildiğinde badem, ceviz ile kıyaslandığında oldukça düşük değerler sergilemektedir. Amerika

Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı verilerine göre çiğ bademin 100 gramında yaklaşık 12,3 gram PUFA bulunmakta ve bu bileşimin baskın kısmını linoleik asit (18:2  $\omega$ -6) oluşturmaktadır. Alfa-linolenik asidin (18:3  $\omega$ -3) bademde yalnızca eser miktarda yer alması, bu kuruyemişin omega-6/omega-3 oranının belirgin derecede yüksek çıkmasına yol açmaktadır (USDA, 2024).

Bademin sahip olduğu bu özgün yağ asidi profili, ürünü hem beslenme biyokimyası hem de gıda teknolojisi açısından ayrıcalıklı kılmaktadır. Yüksek orandaki oleik asit bileşimi badem yağına güçlü bir oksidatif stabilite kazandırmakta, bu da serbest radikal oluşumunu geciktirerek cevizle kıyasla daha uzun bir raf ömrü sunmasını sağlamaktadır (Pan ve ark., 2020). Bunun yanı sıra, doymuş yağ asidi oranının son derece düşük olması, bademi kardiyovasküler sistem sağlığının korunmasında ve lipit profilinin dengelenmesinde öncelikli tercih edilen fonksiyonel bir yağ kaynağı haline getirmektedir (Barreca ve ark., 2020)..

### 2.3. Fındık ve tekli doymamış yağ asitleri

Fındık (*Corylus avellana*), tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) bakımından dört tür arasında en yüksek değerlere sahip olmasıyla karakterize edilmektedir. Fındığın toplam yağ içeriği 100 gramda yaklaşık 60-65 gram arasında değişmekte olup, bunun yaklaşık %75-80'ini tekli doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır (Alasalvar ve ark., 2003). Rizvan ve arkadaşları (2025) tarafından yapılan analizlerde, soğuk pres fındık yağında tekli doymamış yağ asitleri oranının %75,40, oleik asit konsantrasyonunun ise %75,00 olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Bu değerler, fındığı oleik asit bakımından en zengin yağlı meyvelerden biri yapmaktadır.

Fındık yağının beslenme indeksleri açısından değerlendirilmesi, onun üstün özelliklerini ortaya koymaktadır. Rizvan ve arkadaşları (2025), fındık yağının düşük aterosjenik indeks ve trombojenik indeks değerlerine sahip olduğunu ve en yüksek hipokolesterol/hiperkolesterol indeks değerini sergilediğini rapor etmiştir. Literatürde, oleik asit yönünden zengin bitkisel lipidlerin bu beslenme indeksleri (AI, TI ve HH) üzerindeki olumlu etkileri ve kardiyovasküler koruyuculuğu da sıklıkla vurgulanmaktadır (Khalili Tilami ve Kouřimská, 2022). Bu bulgular, fındık yağının beslenme açısından dört tür arasında en kabul edilebilir profile sahip olduğunu göstermektedir. Fındığın tekli doymamış yağ asitleri/çoklu doymamış yağ asitleri dengesi, onu hem oksidatif stabilitenin korunması hem de sağlık yararlarının maksimize edilmesi açısından "altın standart" konumuna yükseltmektedir (Alasalvar vd., 2003; Khalili Tilami ve Kouřimská, 2022).

#### 2.4. Antepfıstığındaki oleik asit ve renk uyumu

Antepfıstığı (*Pistacia vera*), yağ asidi kompozisyonu açısından fıındığa benzerlik göstermekle birlikte, kendine özgü bazı farklılıklar sergilemektedir. Toplam yağ içeriğı 100 gramda yaklaşık 45-55 gram arasında değışmekte olup, bu değıer bademle benzer, ceviz ve fıındıktan nispeten dűşűktür (Dreher, 2012; Bulló ve ark., 2015). USDA verilerine göre, antepfıstığındaki baskın yağ asitleri, tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) olup, toplam yağ asitlerinin yaklaşık %50-60'ını oluşturunur. Bu MUFA'nın büyük kısmını (%45-55) oleik asit (18:1  $\omega$ -9) oluşturunurken, palmitoleik asit (16:1) dűşűk miktarlarda bulunur (Dreher, 2012).

Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), antepfıstığındaki toplam yağ asitlerinin yaklaşık %30-35'ini temsil eder. Bunun %25-30'unu linoleik asit (18:2  $\omega$ -6) oluşturunurken,  $\alpha$ -linolenik asit (18:3  $\omega$ -3) oldukça dűşűk seviyelerdedir ( $\leq 0,5$ ). Bu nedenle, antepfıstığının omega-6/omega-3 oranı 30-40:1 gibi yüksek bir değıer sergiler (Bulló ve ark., 2015). Doymuş yağ asitleri (SFA) ise antepfıstığındaki en dűşűk seviyededir; 100 gramda yaklaşık 5-7 gram SFA bulunur.

Antepfıstığına diğıer üç tűrden ayıran en belirgin özellik, yüksek miktarda klorofil içermesidir. Klorofil, bir yağ asidi olmamakla birlikte, yağın oksidatif stabilitesini etkileyen bir faktördür; klorofil fotooksidasyonu tetikleyebileceğı gibi, antioksidan kapasiteye de katkıda bulunabilir (Dreher, 2012). Ayrıca, antepfıstığındaki oleik asit/linoleik asit oranı, çeşide göre 1,5-2,5 arasında değışmekte olup, yüksek oleik asitli çeşitler (örneğin 'Kerman') daha yüksek oksidatif stabilite sergilemektedir (Bulló ve ark., 2015).

Tablo 1' de özetlendiğı gibi her dört tűrde de doymamış yağ asitleri (UFA) doymuş yağ asitlerine (SFA) kıyasla baskın durumdadır. Ceviz, yüksek PUFA içeriğı ve özellikle  $\alpha$ -linolenik asit (omega-3) kaynağı olmasıyla öne çıkarken, oksidatif stabilite açısından en hassas tűrdür. Badem, yüksek MUFA ve dűşűk SFA içeriğıyle kardiyovaskűler sağılık için ideal profile yaklaştırmakta olup, iyi bir oksidatif stabilite sergiler. Fıındık ise en yüksek MUFA/SFA oranına sahip olup, beslenme indeksleri açısından en kabul edilebilir kompozisyonu sunar. Antepfıstığı, yüksek MUFA (%50-60) ve orta düzey PUFA (%30-35) içeriğıyle fıındık ile ceviz arasında bir profil sergilemekte olup, klorofil varlığıyla duyuusal ve antioksidan açıdan benzersiz bir konuma sahiptir (Dreher, 2012; Bulló ve ark., 2015).

**Tablo 1.** Başlıca sert kabuklu meyvelerin yağ asidi kompozisyonu ve karakteristik özellikleri

| Parametre                | Ceviz           | Badem       | Fındık               | Antepfıstığı          |
|--------------------------|-----------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Toplam Yağ (%)</b>    | ~65-70          | ~50-55      | ~60-65               | ~45-55                |
| <b>MUFA (%)</b>          | ~19,2           | %31,6-90,3  | ~75,4                | %50-60                |
| <b>PUFA (%)</b>          | ~65,8           | ~12,3       | ~7,9                 | %30-35                |
| <b>SFA (%)</b>           | ~15,0           | ~3,8-9,7    | ~4,5                 | %8-10                 |
| <b>Baskın Yağ Asidi</b>  | Linoleik asit   | Oleik asit  | Oleik asit           | Oleik asit            |
| <b>Öne Çıkan Özellik</b> | Omega-3 zengini | Yüksek MUFA | En dengeli MUFA/PUFA | Klorofil (yeşil renk) |

### 3. Minör Biyoaktif Bileşenler

Sert kabuklu meyvelerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri yalnızca makro düzeydeki yağ asidi profilleriyle sınırlı değildir. Triaçilgliserollerin yanı sıra, sert kabuklu meyvelerin lipit fraksiyonu içerisinde minör bileşenler olarak adlandırılan ve miktarları genellikle %0,1-2 arasında değişen biyoaktif moleküller de bulunmaktadır (Alasalvar ve ark., 2020). Bu bileşenler, tokoferoller, tokotrienoller, fitosteroller, skualen, karotenoidler ve fenolik bileşikler gibi oldukça çeşitli bir kimyasal yelpazeyi kapsamakta olup, her bir türün kendine özgü minör bileşen profili bulunmaktadır (Kulik ve Waszkiewicz-Robak, 2025).

#### 3.1. Tokoferoller (E vitamini izomerleri)

Tokoferoller, E vitamini ailesinin doğal üyeleri olup yağda çözünen önemli antioksidan bileşikler arasında yer alır. Sert kabuklu meyveler, doğal E vitamini kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir. Fındık, tokoferol profili açısından en dikkat çekici türdür. Fındık yağında baskın izomer  $\alpha$ -tokoferol'dür ve toplam tokoferol miktarının yaklaşık %90-95'ini oluşturur. Yapılan analizler, fındık yağındaki  $\alpha$ -tokoferol konsantrasyonunun 100 gram yağda 30-40 mg arasında değiştiğini göstermektedir (Crews ve ark., 2005). Fındıkta bulunan özellikle  $\alpha$ -tokoferoller ve polifenoller, fındığın antioksidan kapasitesinden sorumludurlar (Tablo 2).

Ceviz ise fındıktan tamamen farklı bir tokoferol profili sergiler. Ceviz yağında baskın izomer  $\gamma$ -tokoferol'dür ve bu bileşen, toplam tokoferollerin yaklaşık %85-90'ını oluşturur (Alasalvar ve ark., 2020). Cevizdeki  $\gamma$ -tokoferol konsantrasyonu 100 gram yağda 20-30 mg civarında olup,  $\alpha$ -tokoferol miktarı ise 3-5 mg gibi nispeten düşük değerlerdedir.  $\gamma$ -Tokoferol,  $\alpha$ -tokoferole kıyasla daha düşük vitamin E aktivitesine sahip olmakla birlikte, daha güçlü bir nitrojen radikal süpürücü aktivite gösterir. Bu özellik, cevizin yüksek PUFA içeriğine rağmen belirli bir oksidatif stabilite sergilemesine katkıda bulunur (Kulik ve Waszkiewicz-Robak, 2025).

Badem, tokoferol profili bakımından fındığa benzerlik gösterir; ancak  $\alpha$ -tokoferol konsantrasyonu fındığa kıyasla daha yüksek olabilir. 2019 USDA verilerine göre, 100 gram bademde yaklaşık 25 mg  $\alpha$ -tokoferol bulunmaktadır (Kulik ve Waszkiewicz-Robak, 2025). Antepfıstığı, tokoferol profili açısından cevizle benzerlik göstermekte olup, baskın izomer  $\gamma$ -tokoferol'dür. Yapılan analizler, antepfıstığı yağındaki toplam tokoferol miktarının 100 gram yağda 15-25 mg arasında değiştiğini ve bunun yaklaşık %80-85'ini  $\gamma$ -tokoferol, %10-15'ini  $\alpha$ -tokoferol oluşturduğunu göstermektedir (Bulló ve ark., 2015; Dreher, 2012).

**Tablo 2.** Başlıca sert kabuklu meyvelerdeki tokoferol izomer dağılımı

| Tür          | Baskın İzomer       | Konsantrasyon (mg/100g yağ) | Biyolojik Rol                  |
|--------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Ceviz        | $\gamma$ -Tokoferol | 20-30                       | Nitrojen radikal süpürücü      |
| Badem        | $\alpha$ -Tokoferol | ~25                         | Membran koruyucu               |
| Fındık       | $\alpha$ -Tokoferol | 30-40                       | En yüksek vitamin E aktivitesi |
| Antepfıstığı | $\gamma$ -Tokoferol | 15-25                       | Antioksidan savunma            |

### 3.2. Fitosteroller

Fitosteroller, bitkisel yağların saponifiye olmayan fraksiyonunda bulunan, kolesterole yapısal olarak benzeyen ancak hayvansal kaynaklı kolesterolden farklı yan zincirlere sahip biyoaktif moleküllerdir. Yağlı meyveler, özellikle  $\beta$ -sitosterol, kampesterol ve stigmasterol olmak üzere çeşitli fitosterol bileşikleri açısından zengin kaynaklardır (Alasalvar ve ark., 2020; Kulik ve Waszkiewicz-

Robak, 2025). Fitosterollerin en iyi bilinen sağlık etkisi, bağırsakta kolesterol emilimini rekabetçi bir şekilde inhibe ederek serum total ve LDL kolesterol seviyelerini düşürmeleridir (Alasalvar ve ark., 2020).

Fındık, fitosterol içeriği açısından genellikle yüksek değerlere sahiptir. Yapılan analizler, 100 gram fındık çekirdeğinde 100-130 mg arasında toplam fitosterol bulunduğunu göstermektedir. Bu fitosterollerin yaklaşık %80-85'ini  $\beta$ -sitosterol oluştururken, kampesterol %8-10, stigmasterol ise %3-5 oranında bulunur (Crews ve ark., 2005). Ceviz, fitosterol içeriği bakımından fındığa yakın değerler sergiler. 100 gram ceviz çekirdeğinde yaklaşık 90-120 mg toplam fitosterol tespit edilmiştir (Crews ve ark., 2005). Badem, fitosterol konsantrasyonu açısından fındık ve cevizin gerisinde kalır. USDA (2019) verilerine göre, 100 gram bademde yaklaşık 50-70 mg toplam fitosterol bulunmaktadır (Kulik ve Waszkiewicz-Robak, 2025). Antepfıstığı, fitosterol içeriği açısından dört tür arasında önemli bir konuma sahiptir. Yapılan analizler, 100 gram antepfıstığı çekirdeğinde 100-150 mg arasında toplam fitosterol bulunduğunu göstermektedir (Bulló ve ark., 2015) (Tablo 3).

**Tablo 3.** Başlıca sert kabuklu meyvelerde fitosterol içeriği ve dağılımı

| Tür          | Toplam Fitosterol (mg/100g) | Baskın Fitosterol   | Diğer Fitosteroller                                |
|--------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------------------------------|
| Ceviz        | 90-120                      | $\beta$ -Sitosterol | Kampesterol, Stigmasterol                          |
| Badem        | 50-70                       | $\beta$ -Sitosterol | Kampesterol, Stigmasterol                          |
| Fındık       | 100-130                     | $\beta$ -Sitosterol | Kampesterol, Stigmasterol                          |
| Antepfıstığı | 100-150                     | $\beta$ -Sitosterol | Kampesterol, Stigmasterol, $\Delta^5$ -Avenasterol |

### 3.3. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler, bitkilerin ikincil metabolitleri arasında yer alan doğal maddelerdir. Sert kabuklu meyveler fenolik bileşikler açısından zengin doğal kaynaklardır; ancak fenolik kompozisyon ve miktar türden türe önemli ölçüde değişir. Ceviz, dört tür arasında en yüksek toplam polifenol içeriğine sahiptir. Yapılan analizler, cevizdeki toplam fenolik içeriğin 100 gramda 1500-2000 mg galik asit eşdeğeri (GAE) gibi oldukça yüksek değerlere ulaşabildiğini

göstermektedir (Wojdyło ve ark., 2022). Cevizdeki baskın polifenol grupları, ellagitanninler (özellikle pedunculagin ve tellimagrandin), hidrolize edilebilen tanenler ve flavonol glikozitlerdir. Ellagitanninler, bağırsak florası tarafından urolitinlere metabolize edilmekte olup, bu metabolitlerin güçlü anti-inflamatuar ve antioksidan etkileri olduğu gösterilmiştir (Alasalvar ve ark., 2020).

Fındık, polifenol içeriği bakımından cevizin ardından gelir. Fındıktaki toplam fenolik içerik 100 gramda 500-800 mg GAE arasında değişmekte olup, cevizle kıyasla daha düşük değerler sergiler (Wojdyło ve ark., 2022). Fındıkta baskın polifenolik bileşikler, flavan-3-oller (kateşin, epikateşin), proantosiyanidinler ve fenolik asitleri (özellikle kafeik, p-kumarik ve ferulik asit) içermektedir. Badem, polifenol içeriği açısından dört tür arasında en düşük değerlere sahiptir. Bademde toplam fenolik içerik 100 gramda 200-400 mg GAE arasında değişmektedir (Wojdyło ve ark., 2022). Antepfıstığı, diğer sert kabuklu meyvelerden farklı olarak, antosiyaninler (kırmızı-mor pigmentler) ve kateşinler gibi benzersiz polifenolik bileşiklere sahiptir. Toplam polifenol içeriği 100 gramda 400-800 mg gallik asit eşdeğeri (GAE) arasında değişmekte olup, bu değer bademden yüksek, cevizden düşüktür (Bulló ve ark., 2015; Dreher, 2012) (Tablo 4).

### 3.4. Minor bileşenlerin yağ stabilitesindeki rolü

Minör bileşenlerin en kritik teknolojik işlevlerinden biri, yağın oksidatif stabilitesine katkıda bulunmalarıdır. Tokoferoller, polifenoller ve fitosteroller, sinerjik etkileşimlerle yağ asitlerini otooksidasyon, fotooksidasyon ve termal oksidasyon gibi bozulma reaksiyonlarına karşı korumaktadır (Alasalvar ve ark., 2020; Kulik ve Waszkiewicz-Robak, 2025).

**Tablo 4.** Başlıca sert kabuklu meyvelerde toplam fenolik içerik ve baskın polifenoller

| Tür          | Toplam Fenolik (mg GAE/100g) | Baskın Polifenoller                 |
|--------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Ceviz        | 1500-2000                    | Ellagitanninler, hidrolize tanenler |
| Badem        | 200-400                      | Flavonoller, fenolik asitler        |
| Fındık       | 500-800                      | Flavan-3-oller, proantosiyanidinler |
| Antepfıstığı | 400-800                      | Antosiyaninler, kateşinler          |

Tokoferoller, yağ stabilitesi söz konusu olduğunda en etkili doğal antioksidanlardır. Peroksil radikallerine hidrojen atomu donarak lipit peroksidasyon zincir reaksiyonunu kırarlar.  $\alpha$ -Tokoferol, membran ortamında en yüksek aktiviteyi gösterirken;  $\gamma$ -tokoferol, özellikle nitrojen bazlı radikallere karşı üstün aktivite sergiler (Kulik ve Waszkiewicz-Robak, 2025). Fındık ve bademin yüksek  $\alpha$ -tokoferol içeriği, bu yağların nispeten uzun raf ömrüne sahip olmasının başlıca nedenidir. Ceviz ve antepfıstığında ise, yüksek PUFA oranına rağmen  $\gamma$ -tokoferolün varlığı, beklenenden daha iyi bir stabilite sağlamakla birlikte, fındık ve badem kadar dayanıklı değildir.

Polifenoller, özellikle metal şelatlama yetenekleri sayesinde yağ stabilitesine katkıda bulunurlar. Geçiş metalleri (özellikle  $Fe^{2+}$  ve  $Cu^{2+}$ ), lipid oksidasyonunda pro-oksidan etki göstererek hidroperoksitlerin ayrışmasını hızlandırır. Polifenoller, bu metal iyonlarını bağlayarak Fenton reaksiyonlarını engeller ve böylece oksidasyonun başlatılmasını önler (Alasalvar ve ark., 2020). Cevizin yüksek polifenol içeriği, yüksek PUFA içeriğinden kaynaklanan oksidatif riski dengeleyen en önemli unsurdur.

Antepfıstığı yağının oksidatif stabilitesi,  $\gamma$ -tokoferol (birincil antioksidan), polifenoller (metal şelatör ve serbest radikal süpürücü) ve klorofilin (hem pro-oksidan hem antioksidan potansiyel) karmaşık etkileşimiyle belirlenmektedir. Klorofil, ışık varlığında singlet oksijen üreterek fotooksidasyonu tetikleyebileceği gibi, karanlık koşullarda antioksidan etki de gösterebilir (Dreher, 2012). Bu nedenle, antepfıstığı yağının depolanması sırasında ışıktan korunması, fotooksidasyonu önlemek açısından kritik öneme sahiptir.

#### 4. Oksidatif Stabilite ve Raf Ömrü

Sert kabuklu meyveler ve bunlardan elde edilen yağlar, zengin doymamış yağ asidi içerikleri nedeniyle oksidatif bozulmaya karşı hassastırlar. Oksidasyon, ürünün duyuusal özelliklerini bozmakla kalmaz, aynı zamanda besin değerinde kayıplara ve potansiyel olarak toksik bileşiklerin oluşumuna yol açar (Choe ve Min, 2006; Shahidi ve Zhong, 2010).

##### 4.1. Oksidasyon mekanizması

Lipid oksidasyonu, doymamış yağ asitlerinin çift bağlarındaki elektronların oksijen, ışık, ısı veya metal iyonları gibi pro-oksidan faktörler tarafından saldırıya uğraması sonucu başlayan karmaşık bir serbest radikal zincir reaksiyonudur (Choe ve Min, 2006). Üç ana mekanizma ayırt edilmektedir:

**Otooksidasyon:** En yaygın görülen oksidasyon tipidir. Serbest radikallerin varlığında başlayan bu reaksiyon üç aşamadan oluşur: başlangıç, yayılma ve sonlanma (Frankel, 2005).

**Fotooksidasyon:** Işık, özellikle UV ve mavi ışık, fotooksidasyonu tetikler. Bu mekanizmada, ışık enerjisi, triplet oksijeni ( $^3O_2$ ) singlet oksijene ( $^1O_2$ ) dönüştüren bir fotosensitizer (klorofil, riboflavin vb.) tarafından emilir. Singlet oksijen, doymamış yağ asitlerinin çift bağları ile doğrudan reaksiyona girerek hidroperoksit oluşturur; bu reaksiyon otooksidasyona kıyasla çok daha hızlıdır (Choe ve Min, 2006). Fotooksidasyon, özellikle açık renkli ve berrak şişelerde depolanan yağlarda ciddi bir sorundur. Antepfıstığındaki klorofil, fotosensitizer olarak işlev görebileceği için, antepfıstığı yağının ışıktan korunması ekstra önem taşır.

**Termal Oksidasyon:** Yüksek sıcaklıkta meydana gelen oksidasyon tipidir. Otooksidasyon ve fotooksidasyonun aksine, termal oksidasyon hem serbest radikal mekanizmaları hem de termal ayrışma reaksiyonlarını içerir. Yüksek sıcaklıkta hidroperoksitler hızla ayrışarak aldehitler, ketonlar, alkoller, hidrokarbonlar, epoksitler, dimerler ve polimerler gibi ikincil ve üçüncül oksidasyon ürünlerini oluşturur (Shahidi ve Zhong, 2010).

Sert kabuklu meyve yağlarının oksidatif stabilitesi üzerine yapılan kapsamlı bir çalışmada, antepfıstığı ve pıkan cevizi yağlarının en stabil, çam fıstığı ve ceviz yağlarının ise en az stabil olduğu gösterilmiştir.

#### 4.2. Ceviz yağının oksidatif hassasiyeti

Ceviz yağı, dört tür arasında en yüksek PUFA içeriğine sahip olması nedeniyle oksidatif bozulmaya karşı en hassas yağdır (Alasalvar ve ark., 2020; Bakkalbaşı ve ark., 2012). Bu hassasiyetin kimyasal temeli, çoklu doymamış yağ asitlerindeki bis-allilik hidrojen atomlarıdır (Frankel, 2005). Bir çift bağın yanındaki metilen grubunda bulunan bu hidrojenler, diğer hidrojenlere kıyasla çok daha düşük bağ enerjisine sahiptir ve serbest radikaller tarafından kolayca koparılırlar (Choe ve Min, 2006).

Yapılan hızlandırılmış raf ömrü çalışmaları, soğuk pres ceviz yağının oda sıcaklığında (20-25°C) karanlık ortamda maksimum 6-9 ay, buzdolabında (4°C) ise 12-18 ay dayandığını göstermektedir (Bakkalbaşı ve ark., 2012).

#### 4.3. Fındık yağının stabilitesi

Fındık yağı, yüksek MUFA içeriği sayesinde nispeten yüksek oksidatif stabilite sergilemektedir. Fındık yağının termal oksidasyon davranışını inceleyen bir çalışmada, 210°C'de 10 dakika ısıtma sonrasında toplam polar bileşik içeriğinin %24'ü aştığı, bunun da fındık yağının yüksek sıcaklıkta uzun süreli ısıtmaya uygun olmadığını gösterdiği rapor edilmiştir. Fındık yağının raf ömrü, uygun depolama koşullarında (karanlık, serin, havasız) 12-18 ay arasında değişebilmektedir (Bakkalbaşı ve ark., 2012).

#### **4.4. Antepfıstığı yağının stabilitesi**

Antepfıstığı yağı, yüksek MUFA ve orta düzey PUFA içeriği sayesinde oksidatif stabilite açısından ceviz yağından daha dayanıklıdır (Dreher, 2012). Antepfıstığı yağının oksidatif stabilitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri klorofil içeriğidir. Klorofil, ışık varlığında singlet oksijen üreterek fotooksidasyonu hızlandırabileceği gibi, karanlık koşullarda antioksidan etki de gösterebilir (Dreher, 2012). Bu nedenle, antepfıstığı yağının depolanması sırasında ışıktan korunması kritik öneme sahiptir.

#### **4.5. Raf ömrü ve depolama önerileri**

Sert kabuklu meyve yağlarının oksidatif stabilitesi ve raf ömrü, büyük ölçüde yağ asidi kompozisyonlarına ve minör antioksidan içeriklerine bağlı olarak türden türe belirgin farklılıklar sergilemektedir. Ceviz, %65-70'e ulaşan PUFA içeriği nedeniyle oksidatif bozulmaya en hassas tür olup, oda sıcaklığında raf ömrü 6-9 ay ile sınırlıdır; bu nedenle soğuk zincir ve ışıktan korunma zorunludur. Yapılan bir çalışmada, ceviz yağının 5°C'de depolanmasının 23°C'ye kıyasla tokoferol kaybını önemli ölçüde azalttığı ve oksidatif stabiliteyi koruduğu gösterilmiştir (Ampofo ve ark., 2022).

Badem ve fındık, yüksek MUFA içerikleri sayesinde 12-20 ay arasında değişen raf ömrüyle en stabil türlerdir. Fındık yağı üzerine yapılan güncel bir çalışma, organik fındık yağlarının konvansiyonel yağlara kıyasla daha düşük oksidatif stabilite sergilediğini ve uzun süreli oksidasyona maruz bırakılmadan tüketilmesi gerektiğini ortaya koymuştur (Şahin ve Topçu, 2025). Antepfıstığı ise yüksek MUFA ve orta düzey PUFA içeriğiyle fındık ve bademe yakın bir stabilite sergilemekle birlikte, klorofil varlığı nedeniyle fotooksidasyona duyarlıdır ve karanlık koşullarda depolanması kritik önem taşır. Antepfıstığı çekirdeklerinin 14 aya kadar depolanması üzerine yapılan bir çalışmada, 37°C'de klorofil a'nın yaklaşık %62, klorofil b'nin %44 ve luteinin %57,5 oranında bozulduğu; buna karşılık 10°C ve 25°C'de bu kayıpların daha sınırlı kaldığı rapor edilmiştir (Bellomo ve ark., 2009). Tablo 5'te her tür için önerilen depolama şartları türün kendine özgü oksidatif hassasiyeti dikkate alınarak belirlenmiştir.

**Tablo 5.** Başlıca sert kabuklu meyve yağlarının oksidatif stabilite ve raf ömrü karşılaştırması

| <b>Tür</b>          | <b>Oksidatif Stabilite</b> | <b>Raf Ömrü (Oda Sıcaklığı)</b> | <b>Kritik Depolama Faktörü</b>  |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Ceviz</b>        | En düşük                   | 6-9 ay                          | Işık, sıcaklık, oksijen         |
| <b>Badem</b>        | Orta-yüksek                | 12-20 ay                        | Nem, oksijen                    |
| <b>Fındık</b>       | Yüksek                     | 12-18 ay                        | Sıcaklık (>210°C riskli)        |
| <b>Antepfıstığı</b> | Yüksek                     | 10-14 ay                        | Işık (klorofil fotooksidasyonu) |

### **5. Ekstraksiyon Yöntemleri ve Kalite Üzerine Etkileri**

Sert kabuklu meyvelerden yağ elde edilmesi süreci, nihai ürünün kimyasal kompozisyonu, besinsel kalitesi, duyuşal özellikleri ve raf ömrü üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Seçilen ekstraksiyon yöntemi, yalnızca yağ verimini değil, aynı zamanda tokoferoller, polifenoller ve fitosteroller gibi minör biyoaktif bileşenlerin korunma düzeyini de doğrudan etkilemektedir (Kumar ve ark., 2021; Savoie ve ark., 2012).

#### **5.1. Soğuk pres (Natürel yağ üretimi)**

Soğuk pres, yağlı tohumlardan mekanik basınç uygulayarak yağın fiziksel olarak ayrıştırılmasına dayanan en eski ve en doğal ekstraksiyon yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde, ekstraksiyon sırasında sıcaklık genellikle 40-50°C'nin altında tutulduğu için "soğuk" terimi kullanılmaktadır (Savoie ve ark., 2012). Soğuk presin en büyük avantajı, termal ve kimyasal işlemlerin olmaması sayesinde biyoaktif bileşenlerin (tokoferoller, polifenoller, fitosteroller) maksimum düzeyde korunmasıdır (Kumar ve ark., 2021). Soğuk presin en önemli dezavantajı ise düşük ekstraksiyon verimidir (%50-70 arasında).

#### **5.2. Çözücü ekstraksiyonu**

Çözücü ekstraksiyonu, özellikle endüstriyel ölçekte yağ üretiminde en yaygın kullanılan yöntem olup, dünya genelinde üretilen bitkisel yağların yaklaşık %80-85'i bu yöntemle elde edilmektedir (Kumar ve ark., 2021). Bu yöntemin en büyük avantajı, çok yüksek ekstraksiyon verimidir (%95-99). Ancak, minör biyoaktif bileşenlerde ciddi kayıplara neden olması ve çözücü kalıntısı riski taşıması dezavantajları arasındadır (Savoie ve ark., 2012).

### 5.3. Süperkritik CO<sub>2</sub> ekstraksiyonu

Süperkritik CO<sub>2</sub> ekstraksiyonu, düşük işlem sıcaklığı (40-60°C) sayesinde termolabil biyoaktif bileşenlerin korunmasını sağlayan "yeşil" bir teknolojidir (Özkal ve ark., 2005; Dhara ve ark., 2022). Bu yöntemin en büyük dezavantajı, çok yüksek yatırım ve işletme maliyetidir.

### 5.4. Enzim destekli ekstraksiyon

Enzim destekli ekstraksiyon (EAE), bitki hücre duvarını oluşturan yapısal polimerlerin spesifik enzimler (selüloz, pektinaz, proteaz) ile hidroliz edilerek hücre içindeki yağın serbestleştirilmesine dayanan yenilikçi bir "yeşil" ekstraksiyon yöntemidir (Savoire ve ark., 2012; Kumar ve ark., 2021). Bu yöntem, soğuk pres verimini %10-30 oranında artırabilir ve biyoaktif bileşenlerin korunmasına olanak tanır (Kumar ve ark., 2021).

### 5.5. Farklı yöntemlerin yağ kompozisyonuna etkileri

Seçilen ekstraksiyon yöntemi, nihai yağın yağ asidi profili, minör bileşen içeriği, duyuusal özellikleri ve oksidatif stabilitesi üzerinde belirgin farklılıklara yol açmaktadır (Özkal ve ark., 2005; Savoire ve ark., 2012; Kumar ve ark., 2021; Dhara ve ark., 2022). Tablo 6'da her bir yöntemin ceviz, badem, fındık ve antepfıstığı yağlarının kompozisyonu üzerindeki etkileri özetlenmiştir.

Literatürdeki karşılaştırmalı çalışmalar, soğuk presin yağ asidi profilini koruduğunu, ancak minör bileşen koruma düzeyinin yöntemle göre değiştiğini göstermektedir. Örneğin, badem yağı üzerinde yapılan bir çalışmada, soğuk pres ile Soxhlet ekstraksiyonu karşılaştırılmış; soğuk pres yağındaki oleik asit oranının (%73,56-76,59) Soxhlet yağına (%71,86-75,63) kıyasla daha yüksek olduğu, ayrıca soğuk pres yağının  $\alpha$ - tokoferol ve  $\beta$ -sitosterol içeriğinin de daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde, sekiz farklı kuruyemiş yağı üzerinde yapılan bir karşılaştırmada, soğuk pres yağlarının antioksidan aktivitesinin Soxhlet ile ekstrakte edilen yağlara kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur (Al Juhaimi ve ark., 2018).

Süperkritik CO<sub>2</sub> ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmalar, bu yöntemin yağ asidi profilini koruduğunu ve özellikle termolabil bileşenler açısından soğuk prese benzer veya daha yüksek kalitede ürün sağladığını göstermektedir (Özkal ve ark., 2005; Dhara ve ark., 2022). Enzim destekli ekstraksiyon ise soğuk pres verimini artırırken kaliteyi koruyan bir ara seçenek olarak öne çıkmakta; argan yağı üzerinde yapılan bir çalışmada, enzim destekli ekstraksiyonun en yüksek verimi (%66,37) sağladığı ve elde edilen yağın oksidatif stabilite parametrelerinin (asit değeri 0,4-0,6 mg/g; peroksit değeri <1,5 meq/kg) kabul edilebilir sınırlarda kaldığı rapor edilmiştir (Mechqoq ve ark., 2021).

**Tablo 6.** Ekstraksiyon yöntemlerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi

| Parametre                      | Soğuk Pres           | Çözücü Ekstraksiyonu | Süperkritik CO <sub>2</sub> | Enzim Destekli          |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| <b>Yağ asidi profili</b>       | Korunur              | Korunur              | Korunur                     | Korunur                 |
| <b>Tokoferoller</b>            | Yüksek koruma (~90%) | Ciddi kayıp (%30-50) | Çok yüksek koruma (>95%)    | Yüksek koruma (~85-90%) |
| <b>Polifenoller</b>            | Orta-yüksek          | Düşük (%20-40)       | Yüksek                      | Yüksek (~85%)           |
| <b>Klorofil (Antepfıstığı)</b> | Korunur              | Büyük ölçüde kayıp   | Korunur                     | Korunur                 |
| <b>Duyusal kalite</b>          | Mükemmel             | Zayıf                | Mükemmel                    | İyi-çok iyi             |
| <b>Verim</b>                   | %50-70               | %95-99               | Yüksek                      | %70-90                  |
| <b>Maliyet</b>                 | Düşük                | Orta                 | Çok yüksek                  | Yüksek                  |

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, ekstraksiyon yönteminin yağ asidi profilini genel olarak koruduğu, ancak minör biyoaktif bileşenler (tokoferoller, fitosteroller, polifenoller) ve oksidatif stabilite açısından belirgin farklılıklar yarattığı görülmektedir. Soğuk pres ve süperkritik CO<sub>2</sub> ekstraksiyonu kalite odaklı üretim için öne çıkarken; çözücü ekstraksiyonu verim odaklı endüstriyel uygulamalar için tercih edilmekte, enzim destekli ekstraksiyon ise "yeşil" teknoloji olarak umut vadeden bir ara seçenek olarak değerlendirilmektedir.

## 6. Yağların Kullanım Yerleri

Ceviz, badem, fındık ve antepfıstığı yağları ile bu yağlı meyvelerin kendileri, sahip oldukları zengin yağ asidi profilleri, biyoaktif minör bileşenleri ve duysal özellikleri sayesinde, gastronomiden endüstriyel gıda üretimine, kozmetikten farmasötik ve nutrasötik uygulamalara kadar oldukça geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir (Alasalvar ve ark., 2020; Kulik ve Waszkiewicz-Robak, 2025).

### **6.1. Gastronomik kullanım**

Sert kabuklu meyveler ve bunlardan elde edilen yağlar, dünya mutfaklarında binlerce yıldır kullanılmakla birlikte, son yıllarda gurme mutfağın ve ev tipi sağlıklı beslenme trendlerinin yükselişiyle birlikte gastronomideki önemi daha da artmıştır (Alasalvar ve ark., 2020; Kulik ve Waszkiewicz-Robak, 2025). Salata sosları ve soğuk mutfakta, ceviz yağı karakteristik "cevizimsi" ve hafif acı aromasıyla roka, hindiba, armut, mavi peynir ve ceviz içeren salatalarla mükemmel uyum sağlar. Fırıncılık ve pastacılıkta, fındık çikolata ile sinerjik uyumu nedeniyle en çok tercih edilen türdür. Antepfıstığının karakteristik yeşil rengi ve tatlımsı-fındığımsı aroması, onu özellikle pastacılık ve şekerleme sektöründe vazgeçilmez kılmaktadır (Dreher, 2012).

### **6.2. Endüstriyel gıda uygulamaları**

Endüstriyel ölçekte, bu yağlar ve işlenmiş formları (ezme, un, protein izolatu), gıda formülasyonlarında fonksiyonel bileşenler olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır. Fındık yağı, yüksek oleik asit içeriği sayesinde, trans yağ içermeyen margarin formülasyonlarında ideal bir bileşendir. Bitki bazlı ürünler pazarının patlama yapmasıyla birlikte, badem, fındık, ceviz ve antepfıstığı, bitkisel süt, yoğurt, peynir ve et alternatiflerinin formülasyonunda ana bileşen haline gelmiştir (Dutta, 2025; Zhou ve ark., 2026).

### **6.3. Kozmetik sanayi**

Sert kabuklu meyve yağları; içerdikleri doymamış yağ asitleri, tokoferoller ve fitosteroller sayesinde kozmetik ve kişisel bakım endüstrisinde fonksiyonel ham maddeler olarak önemli bir yere sahiptir (Dreher, 2012). Bu yağlar arasında yer alan tatlı badem yağı, epidermal bariyer fonksiyonunu destekleyen zengin oleik ve linoleik asit profili sayesinde yüksek emoliyan özellik gösterir (Blaak ve Staib, 2022). Klinik çalışmalarda iritan ve sensitize edici olmayan (hipoalerjenik) yapısı kanıtlanan badem yağı, özellikle bebek bakımı ve hassas cilt formülasyonlarında güvenle tercih edilmektedir (Ahmad, 2010). Diğer taraftan, fındık yağı (*Corylus avellana*) lipofilik biyoaktif bileşenler, yüksek tokoferol ve sterol içeriği ile cildin lipid bariyerini restore ederken yağlı his bırakmayan hızlı emilim performansı sayesinde kozmetik emülsiyonlarında sebum dengeleyici bir faz olarak işlev görür (Karabulut ve ark., 2005).

Benzer şekilde, ceviz yağı bünyesindeki alfa-linolenik asit (ALA) ve omega-3 yağ asitleri sayesinde güçlü anti-inflamatuar ve anti-tyrosinase özellikler sergilemekte; transepidermal su kaybını (TEWL) önleyerek atopik dermatit gibi bariyer hasarı içeren durumlarda ve leke karşıtı (anti-whitening) formülasyonlarda etkinlik göstermektedir (Adamovic ve ark., 2024). Son olarak

antepfıstığı yağı, bileşimindeki yüksek  $\gamma$ -tokoferol, polifenoller ve klorofil gibi biyoaktif bileşenler sayesinde hücresel düzeyde lipid peroksidasyonunu önlemekte ve kozmetik sektöründe özellikle 'anti-aging' ile 'detoks' etkili ürünlerin formülasyonunda anahtar bileşen olarak konumlandırılmaktadır (Dreher, 2012).

#### **6.4. Farmasötik ve nutrasötik potansiyel**

Sert kabuklu meyveler ve bunlardan elde edilen yağlar, son yıllarda nutrasötik ve farmasötik sektöründe de önemli bir araştırma ve geliştirme alanı haline gelmiştir (Maestri, 2024; Zhou ve ark., 2026). Bitkisel kaynaklı omega-3 yağ asidi olan alfa-linolenik asit (ALA), özellikle ceviz yağında yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Vejetaryen ve vegan bireyler, balık yağı kaynaklı EPA/DHA'ya alternatif olarak ceviz yağı kapsüllerine veya sıvı ceviz yağı takviyelerine yönelmektedir (Maestri, 2024). Yapılan klinik çalışmalar, antepfıstığı tüketiminin kolesterol düşürücü etki (total kolesterolü %6, LDL kolesterolü %8 azaltma), antioksidan ve anti-inflamatuar etki (MDA, F2-izoprostanlar, IL-6, TNF- $\alpha$  baskılanması) ve kan şekeri regülasyonu sağladığını göstermiştir (Hernández-Alonso ve ark., 2016; Bulló ve ark., 2015; Dreher, 2012).

#### **7. Gelecek Perspektifleri**

Ceviz, badem, fındık ve antepfıstığı gibi yağlı meyvelere olan küresel talep, artan nüfus, değişen beslenme alışkanlıkları ve fonksiyonel gıdalara olan ilginin yükselmesiyle birlikte önümüzdeki on yıllarda da artmaya devam edecektir (Dutta, 2025). Geleceğin sert kabuklu meyve endüstrisi, dört ana eksenle şekillenecektir. Bunlar: moleküler ıslah ve genetik mühendisliği ile yağ profili iyileştirilmiş yeni çeşitlerin geliştirilmesi, nanoemülsiyon ve mikrokapsülasyon gibi ileri taşıyıcı sistemlerle biyoaktif bileşenlerin biyoyararlanımının artırılması, döngüsel ekonomi prensipleriyle yan ürünlerin değerlendirilmesi ve son olarak da yapay zeka ve sensör teknolojileriyle kalite tahminlemesi ve optimizasyonu (Zhou ve ark., 2026; Maestri, 2024).

#### **8. Sonuç ve Değerlendirme**

Bu bölümde, ceviz, badem, fındık ve antepfıstığının yağ kompozisyonları, biyoaktif minör bileşenleri, oksidatif stabilite özellikleri, ekstraksiyon yöntemleri ve farklı kullanım stratejileri kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Her dört türün de fonksiyonel gıdalar çağında stratejik öneme sahip olduğu, ancak kimyasal parmak izlerindeki farklılıklar nedeniyle farklı güçlü ve zayıf yönler sergiledikleri ortaya konulmuştur.

Ceviz, yüksek PUFA içeriği ve özellikle  $\alpha$ -linolenik asit (omega-3) kaynağı olmasıyla beslenme açısından eşsiz bir konuma sahiptir. Düşük omega-6/omega-3 oranı (4:1-5:1), cevizi kardiyovasküler sağlık için ideal kılmaktadır. Bununla birlikte, bu zengin PUFA profili, cevizi oksidatif bozulmaya karşı dört tür arasında en hassas olanı yapmakta; raf ömrü soğuk pres yağda 6-9 ay ile sınırlı kalmaktadır.

Badem, en yüksek tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve en düşük doymuş yağ asidi (SFA) içeriğine sahip olup, oksidatif stabilitesi yüksek, raf ömrü uzun (12-20 ay) bir yağ profilindedir.  $\alpha$ -Tokoferol zenginliği (E vitamini) ve nötr aroması, badem yağını hem gıda hem de kozmetik uygulamalarında en çok tercih edilen türlerden biri yapmaktadır.

Fındık, dört tür arasında en yüksek MUFA/SFA oranına ve en düşük aterosjenik (AI) ve trombojenik (TI) indeks değerlerine sahip olarak beslenme açısından en dengeli profili sunmaktadır. %75-80 oleik asit içeriği ve  $\alpha$ -tokoferol zenginliği, fındık yağına yüksek oksidatif stabilite ve uzun raf ömrü (12-18 ay) kazandırmaktadır.

Antepfıstığı ise, klorofil kaynaklı eşsiz yeşil rengi, antosiyanin zengini kırmızı-mor testası ve  $\gamma$ -tokoferol içeriğiyle diğer üç türden ayrılmaktadır. Yüksek MUFA (%50-60) ve orta düzey PUFA (%30-35) profili, antepfıstığını oksidatif stabilite açısından fındık ile ceviz arasında bir konuma yerleştirmektedir.

Sonuç olarak, ceviz, badem, fındık ve antepfıstığı; yağ asidi kompozisyonları ve biyoaktif içerikleri bakımından birbirini tamamlayan besinsel profillere sahiptir. Cevizin omega-3 zenginliği, fındık ve bademin yüksek oleik asit içeriği ile antepfıstığının dengeli profili, bu türlerin beslenmede farklı işlevler üstlendiğini göstermektedir. Bu nedenle, dengeli ve çeşitlendirilmiş bir beslenme düzeninde dört türün birlikte tüketilmesi ve beslenme stratejilerinde fonksiyonel besin grubu olarak konumlandırılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adamovic, M., Adamovic, A., Andjic, M., Dimitrijevic, J., Zdravkovic, N., Kostic, O., Pecarski, D., Pecarski, T., Obradovic, D., & Tomovic, M. (2024). The Botany, Phytochemistry and the Effects of the *Juglans regia* on Healthy and Diseased Skin. *Cosmetics*, 11(5), 163. <https://doi.org/10.3390/cosmetics11050163>
- Ahmed, Z. (2010). The uses and properties of almond oil. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 16(1), 10–12. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2009.06.015>
- Al Juhaimi, F., Özcan, M. M., Ghafoor, K., Babiker, E. E., & Hussain, S. (2018). Comparison of cold-pressing and soxhlet extraction systems for bioactive compounds, antioxidant properties, polyphenols, fatty acids and tocopherols in eight nut oils. *Journal of food science and technology*, 55(8), 3163–3173. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3244-5>
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Ohshima, T., Wanasundara, U., Yurttas, H. C., Liyanapathirana, C. M., & Rodrigues, F. B. (2003). Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.). 2. Lipid characteristics and oxidative stability. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(13), 3797–3805. <https://doi.org/10.1021/jf021239x>
- Alasalvar, C., Salvadó, J. S., & Ros, E. (2020). Bioactives and health benefits of nuts and dried fruits. *Food chemistry*, 314, 126192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126192>.
- Ampofo, J., Grilo, F. S., Langstaff, S., & Wang, S. C. (2022). Oxidative Stability of Walnut Kernel and Oil: Chemical Compositions and Sensory Aroma Compounds. *Foods*, 11(19), 3151. <https://doi.org/10.3390/foods11193151>
- Bakkalbaşı, E., Yılmaz, Ö. M., Javidipour, I., & Artık, N. (2012). Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 203-209. Doi: 10.1016/j.lwt.2011.10.006
- Barreca, D., Nabavi, S. M., Sureda, A., Rasekhian, M., Raciti, R., Silva, A. S., Annunziata, G., Arnone, A., Tenore, G. C., Süntar, İ., & Mandalari, G. (2020). Almonds (*Prunus Dulcis* Mill. D. A. Webb): A Source of Nutrients and Health-Promoting Compounds. *Nutrients*, 12(3), 672. <https://doi.org/10.3390/nu12030672>
- Bellomo, M. G., Fallico, B., & Muratore, G. (2009). Stability of pigments and oil in pistachio kernels during storage. *International journal of food Science and Technology*, 44(12), 2358-2364, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01642.x>

- Blaak, J., & Staib, P. (2022). An updated review on efficacy and benefits of sweet almond, evening primrose and jojoba oils in skin care applications. *International journal of cosmetic science*, 44(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/ics.12758>
- Bulló, M., Juanola-Falgarona, M., Hernández-Alonso, P., Salas-Salvadó, J. (2015). Nutrition attributes and health effects of pistachio nuts, *British Journal of Nutrition* (2015), 113. 879-893. Doi:10.1017/S00007114514003250
- Choe, E. & Min, D.B. (2006), Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5: 169-186. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x>
- Crews, C., Hough, P., Godward, J., Brereton, P., Lees, M., Guiet, S., & Winkelman, W. (2005). Study of the main constituents of some authentic hazelnut oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(12), 4843–4852. <https://doi.org/10.1021/jf047836w>.
- Dhara, O., Rani, K.N.P., Chakrabarti, P.P. (2022). Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Vegetable Oils: Retrospective and Prospects. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2022, 124, 2200006. <https://doi.org/10.1002/ejlt.202200006>
- Dreher, M. L. (2012). Pistachio nuts: composition and potential health benefits, *Nutrition Reviews*, Volume 70(4), 234-240, <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00467.x>
- Dutta, S. (2025). Global edible nuts market (2025-2031): Trends, outlook & forecast. 6Wresearch. [6wresearch.com](https://www.6wresearch.com)
- Frankel, E. N. (2005). *Lipid oxidation* (2nd ed.). Woodhead Publishing. <https://shop.elsevier.com/books/lipid-oxidation/frankel/978-0-9531949-8-8>
- GBD 2021 Causes of Death Collaborators (2024). Global burden of 288 causes of death and life expectancy decomposition in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet* (London, England), 403(10440), 2100–2132. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00367-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00367-2).
- Hernández-Alonso, P., Bulló, M., & Salas-Salvadó, J. (2016). Pistachios for Health: What Do We Know About This Multifaceted Nut?. *Nutrition today*, 51(3), 133–138. <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000160>
- Karabulut, I., Topcu, A., Yorulmaz, A., Şahin, A., & Tekin, A. (2005). Effects of the industrial refining process on some properties of hazelnut oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107(7-8), 476–480. DOI 10.1002/ejlt.200501147

- Kulik, K., & Waszkiewicz-Robak, B. (2025). The Effect of Roasting on the Health-Promoting Components of Nuts Determined on the Basis of Fatty Acids, Polyphenol Compounds, and Antioxidant Capacity. *Molecules* (Basel, Switzerland), 30(23), 4594. <https://doi.org/10.3390/molecules30234594>
- Kumar, M., Tomar, M., Potkule, J., Verma, R., Punia, S., Mahapatra, A., Belwal, T., Dahuja, A., Joshi, S., Berwal, M.K., Satankar, V., Bhoite, A.G., Amarowicz, R., Kaur, C., & Kennedy, J.F. (2021). Advances in the plant protein extraction: Mechanism and recommendations. *Food Hydrocolloids*, 115, 106595. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106595>
- Liu, M., Wang, M., Fu, X., He, X., Wang, M., Su, Y., Liu, G., Hu, F., Zhang, M., Zhao, Y., & Hu, D. (2026). Nut consumption and risk of cardiovascular disease events and all-cause mortality: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Archives of cardiovascular diseases*, 119(3), 216–232. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2025.08.010>
- Maestri D. (2024). Groundnut and tree nuts: a comprehensive review on their lipid components, phytochemicals, and nutraceutical properties. *Critical reviews in food science and nutrition*, 64(21), 7426–7450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2185202>
- Marcía-Fuentes, J. A., Aleman, R. S., Areche, F. O., Flores, D. C., Roman, A. V., Martín-Vertedor, D., & Montero-Fernández, I. (2026). Functional foods: A review of foods ingredient and their health benefits. *Food and Humanity*, 6, <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100953>
- Mayhew, A. J., de Souza, R. J., Meyre, D., Anand, S. S., & Mente, A. (2016). A systematic review and meta-analysis of nut consumption and incident risk of CVD and all-cause mortality. *The British journal of nutrition*, 115(2), 212–225. <https://doi.org/10.1017/S0007114515004316>
- Mechqoq, H., El Yaagoubi, M., Momchilova, S., Msanda, F., & El Aouad, N. (2021). Comparative study on yields and quality parameters of argan oils extracted by conventional and green extraction techniques. *Grain & Oil Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2021.08.002>
- Orman, E. (2026). Statistical Characterization of Fatty Acid and Nutrient Content of Almond Genotype Fruits and the Relationships Between These Compounds Using a Multivariate Approach. *Bahçe*, 55(2). <https://doi.org/10.53471/bahce.1942991>

- Özkal, S.G., Salgın, U., & Yener, M.E. (2005). Supercritical carbon dioxide extraction of hazelnut oil, *Journal of Food Engineering*, 69(2), 217-223. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.07.020>.
- Özkan, G. & Koyuncu, M.A. (2005) Physical and Chemical Comparison of Some Walnut (*Juglans regia* L.) Genotypes Grown in Turkey. *Grasas y Aceites*, 56, 142-146. <https://doi.org/10.3989/gya.2005.v56.i2.122>
- Pan, F., Wang, X., Wen, B., Wang, C., Xu, Y., Dang, W., & M. (2020). Development of walnut oil and almond oil blends for improvements in nutritional and oxidative stability. *Grasas Y Aceites*, 71(4), e381. <https://doi.org/10.3989/gya.0920192>
- Rizvan, A., Čorbo, S., & Begić, M. (2025). Ispitivanje kvalitete ulja različitih orašastih plodova, *Kem. Ind.* 74 (7-8): 287–294 <https://doi.org/10.15255/KUI.2024.054>.
- Robbins, K. S., Shin, E. C., Shewfelt, R. L., Eitenmiller, R. R., & Pegg, R. B. (2011). Update on the healthful lipid constituents of commercially important tree nuts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(22), 12083–12092. <https://doi.org/10.1021/jf203187v>.
- Ros, E. (2010). Health Benefits of Nut Consumption. *Nutrients*, 2(7), 652-682. <https://doi.org/10.3390/nu2070652>
- Savage, G.P., Dutta, P.C. and McNeil, D.L. (1999), Fatty acid and tocopherol contents and oxidative stability of walnut oils. *J Am Oil Chem Soc*, 76: 1059-1063. <https://doi.org/10.1007/s11746-999-0204-2>
- Savage G. P. (2001). Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand. *Plant foods for human nutrition* (Dordrecht, Netherlands), 56(1), 75–82. <https://doi.org/10.1023/a:1008175606698>
- Savoire, R., Lanoisellé, J., & Vorobiev, E. (2012). Mechanical Continuous Oil Expression from Oilseeds: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0947-x>
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society reviews*, 39(11), 4067–4079. <https://doi.org/10.1039/b922183m>
- Şahin, S., & Topçu, C. Ü. (2025). Evaluation of Oxidation Stability of Organic and Conventional Hazelnut Oils. *Journal of Agricultural Sciences*, 31(1), 126-136. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.1458732>
- Şimşek, M., & Gülsoy, E. (2016). The Important in Terms of Human Health of the Walnut and the Fatty Acids and Some Studies on This Subject. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 6(4), 9-15. <https://izlik.org/JA64XU53GG>

- Khalili Tilami, S., & Kouřimská, L. (2022). Assessment of the Nutritional Quality of Plant Lipids Using Atherogenicity and Thrombogenicity Indices. *Nutrients*, 14(18), 3795. <https://doi.org/10.3390/nu14183795>
- USDA-U.S. Department of Agriculture. (2019). FoodData Central: Almonds, raw (FDC ID: 170567). <https://usda.gov>
- USDA-U.S. Department of Agriculture (2024). Pistachio nuts, raw (FoodData Central ID: 170184). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. [usda.gov](https://usda.gov)
- Wojdyło, A., Turkiewicz, I. P., Tkacz, K., Nowicka, P., & Bobak, Ł. (2022). Nuts as functional foods: Variation of nutritional and phytochemical profiles and their in vitro bioactive properties. *Food chemistry: X*, 15, 100418. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100418>.
- Zhou Y, Fan Y, Yang Z, Han X, Li Y, Liu T, Sun N, Chen T and Meng L (2026) The value-added challenge of nuts: antioxidant components, functions and applications in nut by-products. *Front. Nutr.* 13:1789610. doi: 10.3389/fnut.2026.1789610