

EDİTÖRLER

Doç. Dr. İlyas BOLAT

Doç. Dr. Ümit AYATA

Doç. Dr. Göksel ULAY

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ

Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler

ARALIK
2024

İmtiyaz Sahibi / Yaşar Hız
Yayına Hazırlayan / Gece Kitaplığı
Birinci Basım / Aralık 2024 - Ankara
ISBN / 978-625-388-101-6

© copyright

2024, Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir
yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
0312 384 80 40
www.gecekitapligi.com / gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt

Bizim Büro
Sertifika No: 42488

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ
ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE
DEĞERLENDİRMELER

EDİTÖRLER

Doç. Dr. İlyas BOLAT
Doç. Dr. Ümit AYATA
Doç. Dr. Göksel ULAY

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

ZONGULDAK İLİ İKLİMİNİN KÖPPEN VE THORNTHWAITTE YÖNTEMLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Eren BAŞ - Şahin PALTA 7

BÖLÜM 2

KURAKLIĞA GİRİŞ

Hurem DUTAL 29

BÖLÜM 3

PODOCARPUS MACROPHYLLUS VAR. *MAKİ* SIEBOLD & ZUCC. ÇELİKLERİNİN KÖKLENDİRİLMESİNDE FARKLI ORTAM SICAKLIKLARI İLE FİTOHORMON UYGULAMALARININ ETKİLERİ

Deniz GÜNEY, Ali BAYRAKTAR, İbrahim TURNA 51

BÖLÜM 4

KARAIŞALI YÖRESİNDE YAPILAN KIZILÇAM (PINUS BRUTIA) ENDÜSTRİYEL AĞAÇLANDIRMA ÇALIŞMALARI

Zafer ÖLMEZ, Atıf YAĞMUR 65

”

BÖLÜM 1

ZONGULDAK İLİ İKLİMİNİN KÖPPEN VE THORNTHWAITE YÖNTEMLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Eren BAŞ¹ - Şahin PALTA²

1 (Arş. Gör.), Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Havza Amenajmanı ABD, Bartın Orcid: 0000-0002-0260-7485

2 (Doç. Dr.), Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Havza Amenajmanı ABD, Bartın, Orcid: 0000-0002-0223-6215

1. GİRİŞ

İklim, bölgelerin coğrafik özelliklerini, ormanlarını ve tarımsal faaliyetlerini etkileyen, havanın değişimini ve atmosfer koşullarındaki değerlerinin ortalamasını uzun vadede tanımlayan meteorolojik bir olay olarak tanımlanmaktadır (Özyuvacı, 1999; O'Brien vd., 2004; Rolim vd., 2007; Jylhä vd., 2010; Türkeş, 2010). Bölgelerin, mevsimlere göre iklim tiplerinin karakterize edilmesi ve tanımlanmasında ise iklim sınıflandırmaları kullanılmaktadır (De Castro vd., 2007; Jacobeit, 2010; Bieniek vd., 2012; Gallardo vd., 2013). Klimatoloji konularının başında gelen iklim sınıflandırmalarındaki temel amaç, farklı iklim tiplerini sistematik olarak sınıflandırmak ve bu sınıflandırmanın yayılış alanlarını belirlemektir (Özyuvacı, 1999).

Dünyada iklimsel sınıflandırmalarda kullanılan yöntemler bulunmaktadır. Bu sınıflandırma yöntemlerinin başında ise Köppen ve Geiger (1928) ve Thornthwaite (1948) sınıflandırmaları gelmektedir (Spinoni vd., 2014). Aylık ve yıllık olarak ölçülen hem sıcaklık hem de yağış verilerine dayanarak hesaplanan Köppen iklim sınıflandırma yöntemi; doğruluğu denetlenmiş, güvenilir ve farklı harfler ile sembolize edilen bir sınıflandırma metodudur (Türkeş, 2010; Hess ve Tasa, 2011; Öztürk vd., 2017). Köppen sınıflandırma yöntemi; meteorolojik verilerin kullanımı ile iklimsel değişiklikler, iklim bilimi, iklim modellenmesi ve tarımsal üretimlerin yapıldığı alanların iklim özellikleri konularında aktif olarak kullanılmaktadır (Stern vd., 2005; Beck vd., 2006; Rolim vd., 2007; Rohli ve Vega, 2012; Alvares vd., 2013; Chen ve Chen, 2013; Larson ve Lohrengel, 2014; Spinoni vd., 2014; Aparecido vd., 2016). Sıcaklık ve yağış gibi az sayıda verinin kullanıldığı bu sınıflandırma yöntemiyle, tarımsal ürünler ile iklimsel veriler arasındaki bağlantıların kurulmasının basitleştirildiği belirtilmiştir (Burgos, 1958).

Thornthwaite sınıflandırma yönteminde, aylık ve yıllık ölçülen sıcaklık ve yağış verilerinin yanında potansiyel evapotranspirasyon hesabı da yapılmaktadır (Elguindi vd., 2014). Bu nedenle Köppen sınıflandırma yöntemine kıyasla daha karmaşık bir sisteme sahiptir (Ács vd., 2014). Thornthwaite yöntemi, bitkilerin su ihtiyaçlarına göre iklimi kurak veya nemli olarak tanımlamaktadır (Feddema vd., 2005; Rolim ve Aparecido, 2016). Bu sistemde bitkiler, topraktan alınan suyu fizyolojik olarak tekrardan atmosfere döndüren fiziksel bir ortam olarak görülmektedir (Elguindi vd., 2014). Brezilya'da yapılan bir çalışmaya göre, Thornthwaite sınıflandırmasının tarım yapılan bölgelerin iklimsel özelliklerinde kullanıldığı, aynı zamanda Thornthwaite sınıflandırmasının mezo ölçekte, Köppen sınıflandırmasının ise makro ölçekte etkili olduğu belirtilmiştir (Rolim vd., 2007).

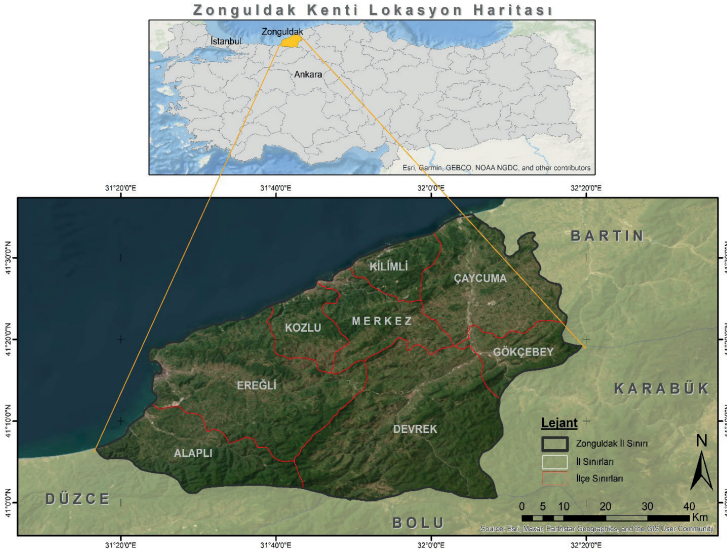
Orta enlemin ılıman iklim kuşağında yer alan Türkiye, farklı coğrafik özelliklere sahip olması ve genel atmosfer özelliklerinin farklı oluşu sebebiyle çeşitli iklimsel özellikler göstermektedir (Erinç, 1996; Koçman, 1993; Yılmaz ve Çiçek, 2016; Öztürk vd., 2017). Bir yere veya coğrafyaya ait iklimsel özelliklerin belirlenmesinde, yalnızca sıcaklık, yağış, rüzgâr ve nem gibi bilgiler yetersiz kalmaktadır. İklim tiplerinin farklılıkları yükseltiye, enlem derecesine ve coğrafik özelliklerin dağılımına göre değişmektedir. Bu nedenle iklim tiplerinin belirlenmesinde, iklimsel sınıflandırma yöntemleri yaygınlaşmıştır (Birsoy ve Ölgün, 1992). Ayrıca, bir bölgede veya coğrafyada iklim özelliklerinin veya tiplerinin belirlenmesinde, farklı yöntemler kullanılarak karşılaştırma yapılması, mevcut durumun daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayabilmektedir (Geng vd., 2014).

Dünyada, herhangi bir bölgenin iklim özelliklerinin belirlenmesinde diğer sistemlere göre Thornthwaite ve Köppen sınıflandırma sistemleri daha fazla tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır (Spinoni vd., 2014). Genel olarak yapılan incelemeler sonucunda, Zonguldak iline ait yakın zaman aralığında çalışmaların yapılmadığı, yapılan çalışmaların ise 30 yıllık ortalama veriler üzerinden hesaplandığı görülmüştür. Bu çalışmada, Zonguldak ilinin 1984-2023 yılları arasındaki iklimsel sınıflandırmalarının Köppen ve Thornthwaite yöntemlerine göre yapılması amaçlanmıştır. Bu sınıflandırma ile birlikte hem iklimsel bir değişikliğin olup olmadığı hem de son yıllardaki mevcut iklimin nasıl ilerlediği ortaya koyulacaktır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Araştırma, Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Zonguldak ilinin merkez sınırlarını kapsamaktadır (Şekil 2.1). Araştırmada, 31° 46' 37" doğu boylamı ile 41° 26' 57" kuzey enlemi arasında yer alan ve 126 m yükseklikte bulunan Zonguldak Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün kaydettiği 40 yıllık ortalama sıcaklık ve ortalama yağış verileri kullanılmıştır. Meteorolojiden elde edilen 40 yıllık veriler ise beşer yıllık dönemler halinde analiz edilmiştir. Bu kapsamda, 1984-1988, 1989-1993, 1994-1998, 1999-2003, 2004-2008, 2009-2013, 2014-2018, 2019-2023 yılları arasındaki ortalama veriler üzerinden Köppen ve Thornthwaite iklim sınıflandırmaları belirlenmiştir. Bunun sonucunda ise iklim sınıflandırmasında yıllara göre herhangi bir değişikliğin olup olmadığı incelenmiştir. Ayrıca yıllık ortalama sıcaklığın ve yıllık ortalama toplam yağışın yıllara göre değişimleri de araştırılmıştır. Bu değişimin incelenmesinde ise basit doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır.



Şekil 2.1: Araştırma alanının harita üzerindeki görüntüsü.

2.2 Metot

2.2.1 Thornthwaite İklim Sınıflandırması

Sistem, bitkilerin topraktan aldığı suyu fizyolojik süreçlerle buharlaştırarak atmosfere geri verdiği bir fiziksel ortam olarak tanımlanmaktadır (Elguindi vd., 2014). Daha genel bir ifadeyle, yağışla toprağa ulaşan suyun buharlaşarak yeniden atmosfere karıştığı bir süreç olarak da değerlendirilebilir (Aparecida vd., 2016). Yöntemde, iklim sınıflandırması yapılacak bölgenin enlem derecesine bağlı olarak sıcaklık ve yağış verileriyle hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. Ayrıca yöntemde potansiyel evapotranspirasyon (PET) hesabı da yapılmaktadır. PET belirlenmesi için ortalama aylık sıcaklık, sıcaklık indisi ve enlem düzeltme katsayısı gibi parametrelerden yararlanılmaktadır. PET için elde edilen veriler, eşitlik 2.1'e göre analiz edilmektedir.

$$PET = 16 \times \left(\frac{10 \times t}{I} \right)^\alpha \times G \quad (2.1)$$

PET: Potansiyel evapotranspirasyon

t: Ortalama aylık sıcaklık

I: Toplam sıcaklık indisi (Yıllık)

G: Düzeltilmiş enlem katsayısı

$$\alpha = 6.7510 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.7110 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.791210 \times 10^{-2} \times I + 0.49239$$

PET hesaplanmasının ardından, yıllık olarak su fazlası (s) ve su eksiği (d) değerleri ile kuraklık (Ia), nemlilik (Ih) ve yağış etkenliği (Im) hesaplamaları yapılmaktadır (Eşitlik 2.2-2.3-2.4).

$$I_m = \frac{100s - 60d}{n} \quad (2.2)$$

$$I_a = \frac{100d}{n} \quad (2.3)$$

$$I_a = \frac{100d}{n} \quad (2.4)$$

Thorntwaite iklim sınıflandırma sistemi, belirli sembollerle ifade edilen bir metodolojiye sahiptir. Bu sistemde; birinci sembol, yağış etkenliği indisini temsil etmekte olup Tablo 2.1'e göre yapılmaktadır.

Tablo 2.1: Yağış etkenliği indisinin tanımları

Tanım	Simge	Yağış Etkenliği (Im)
Kurak	E	$-60 \leq I_m < -40$
Yarı Kurak	D	$-40 \leq I_m < -20$
Kurak – Az Nemli	C1	$-20 \leq I_m < 0$
Yarı Nemli	C2	$0 \leq I_m < 20$
Nemli	B1	$20 \leq I_m < 40$
	B2	$40 \leq I_m < 60$
	B3	$60 \leq I_m < 80$
	B4	$80 \leq I_m < 100$
Çok Nemli	A	$100 \leq I_m$

İkinci sembol, sıcaklık etkenliği indisi olarak adlandırılır ve bu indis, yıllık potansiyel evapotranspirasyon değerlerine göre hesaplanır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Sıcaklık etkenliği indisinin tanımları

İklim Tipi	Simge	Yıllık PET (mm)
Don (Çok Düşük Sıcaklıktaki İklimler)	E	$PET \leq 142$
Tundra	D	$142 \leq PET < 285$
1. Derece Mezotermal (Düşük Sıcaklıktaki İklimler)	C1	$285 \leq PET < 427$
1. Derece Mezotermal	C2	$427 \leq PET < 570$
1. Derece Mezotermal (Orta Sıcaklıktaki İklimler)	B'1	$570 \leq PET < 712$
2. Derece Mezotermal	B'2	$712 \leq PET < 885$
3. Derece Mezotermal	B'3	$885 \leq PET < 998$
4. Derece Mezotermal	B'4	$998 \leq PET < 1141$
Yüksek sıcaklıktaki iklimler	A	$1141 \leq PET$

Üçüncü sembol, yağış rejimine bağlı olarak kuraklık ve nemlilik indisini ifade eder ve bu değerler Tablo 2.3'te tanımlanmıştır.

Tablo 2.3: Yağış rejimi indisinin tanımları

Kurak iklimlerin (C1, D ve E) nemlilik indisi			
Açıklama	Simge	Koşul	Nemlilik İndisi (Ih)
Yaz aylarında oluşan çok kuvvetli su fazlası	w2	$SF_v < SF_k$	$20 \leq I_h$
Kış aylarında oluşan çok kuvvetli su fazlası	s2	$SF_v > SF_k$	
Yaz aylarında oluşan orta derecede su fazlası	w	$SF_v < SF_k$	$10 \leq I_h < 20$
Kış aylarında oluşan orta derecede su fazlası	s	$SF_v > SF_k$	
Su fazlasının olmadığı veya pek az olduğu	d		$0 \leq I_h < 10$
Yağışlı iklimlerin (A, B ve C2) kuraklık indisi			
Açıklama	Simge	Koşul	Kuraklık İndisi (Ia)
Kış aylarında oluşan çok kuvvetli su açığı	w2	$SE_v < SE_k$	$33.3 \leq I_a$
Yaz aylarında oluşan çok kuvvetli su açığı	s2	$SE_v > SE_k$	
Kış aylarında oluşan orta derecede su açığı	w	$SE_v < SE_k$	$16.7 \leq I_a < 33.3$
Yaz aylarında oluşan orta derecede su açığı	s	$SE_v > SE_k$	
Su açığının olmadığı veya pek az olduğu	r		$0 \leq I_a < 16.7$

SE_v: su eksiği (yazın), SE_k: su eksiği (kışın), SF_v: su fazlası (yazın), SF_k: su fazlası (kışın)

Son sembol ise yaz mevsimine ait düzeltilmiş PET değerlerinin, yıllık düzeltilmiş PET değerine oranı olarak hesaplanır (Tablo 2.4).

Tablo 2.4: Yaz ayının düzeltilmiş PE değerinin yıllık düzeltilmiş PE değerine oranı indisi

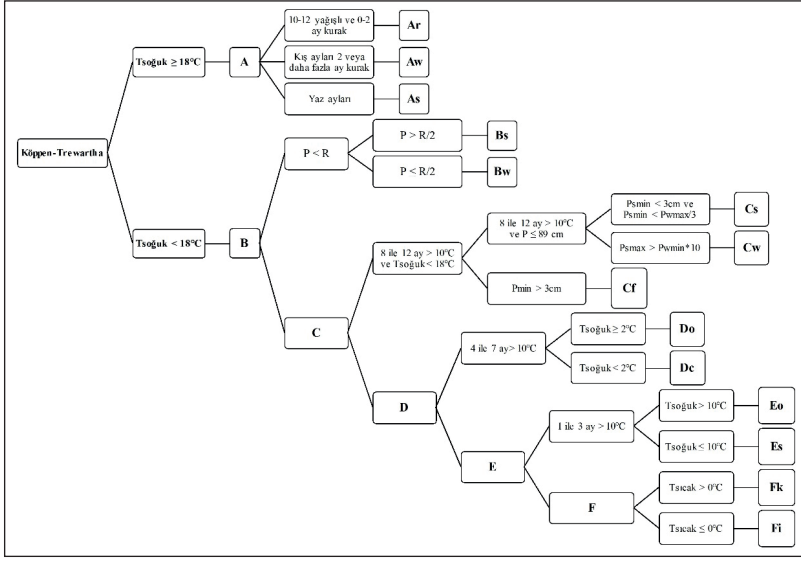
İklim Tipi	Simge	Düzeltilmiş PE Üç Yaz Ayına Oranı (%)
Tam Karasal İklim Koşulları	d'	$88 \leq DPE\ddot{U}Y$
Karasal İklim Etkisine Yakın Koşullar	c'2	$76.3 \leq DPE\ddot{U}Y < 88$
	c'1	$68 \leq DPE\ddot{U}Y < 76.3$
Okyanusal İklim Etkisine Yakın Koşullar	b'1	$61.6 \leq DPE\ddot{U}Y < 68$
	b'2	$56.3 \leq DPE\ddot{U}Y < 61.6$
	b'3	$51.9 \leq DPE\ddot{U}Y < 56.3$
	b'4	$48 \leq DPE\ddot{U}Y < 51.9$
Tam Okyanusal İklim Koşulları	a'	$DPE\ddot{U}Y < 48$

Bu semboller, iklim sınıflandırmasını ayrıntılı bir şekilde tanımlayarak, iklimsel özelliklerin karşılaştırılmasını ve analizini kolaylaştırmaktadır.

2.2.2 Köppen İklim Sınıflandırması

Aylık ve yıllık sıcaklık ile yağış verilerine dayanılarak hesaplanan Köppen iklim sınıflandırma sistemi, dünya genelinde yaygın olarak kullanılan sınıflandırma sistemlerindedir (Aparecido vd., 2016). İlk Köppen (1900) tarafından geliştirilmiş olan bu sistem, daha sonraki yıllarda Köppen (1936) ve Geiger (1954) tarafından revize edilmiştir. Sistem, Trewartha (1954) tarafından son haliyle yeniden düzenlenmiş ve bundan dolayı Köppen-Trewartha (K-T) olarak adlandırılmıştır.

K-T sisteminde, iklimleri tanımlamak için 6 ana iklim grubu belirlenir ve bu iklim grupları, iki veya üç harften oluşan sembollerle ifade edilir. Birinci harf, yağış ve hava sıcaklığı koşullarını temel alarak bölgeyi tanımlar, ikinci harf ise bölgeye düşen yağışın mevsimsel dağılımına göre belirlenir (Şekil 2.2). Bu sistem, iklim bölgelerini net ve anlaşılır bir şekilde tanımlayarak klimatolojik çalışmalar için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.



Şekil 2.2: K-T kuralları (Köppen ve Geiger, 1928; Trewartha, 1954); ortalama en soğuk ayın sıcaklık değeri (Tsoguk), ortalama en sıcak ayın sıcaklık değeri (Tsıcak), yıllık ortalama sıcaklık (T), yıllık toplam yağış (P), nisan-eylül arasındaki yaz ayı yağışı (Ps), ekim-mart arasındaki kış ayı yağışı (Pw), en düşük yaz ayı yağışı (Pmin); en düşük kış ayı yağışı (Pwmin), en yüksek yaz ayı yağışı (Psmax), en yüksek kış ayı yağışı (Pwmax), en kurak ayın yağış değeri (Pmin), limit değeri (R)

K-T sınıflandırma yönteminde, B harfinin tanımlanması için limit değeri (R) hesaplanmaktadır (Eşitlik 2.5). Bu hesaplama kapsamında, yıllık toplam yağış miktarının (P), limit değeri (R) ile karşılaştırılması yapılır. Eğer yıllık toplam yağış miktarı, limit değerden küçükse, ilgili bölge B sınıfını temsil etmektedir.

$$R = 2.3 \times T - 0.64 \times Pw + 41 \quad (2.5)$$

R: Limit değeri

T: ortalama yıllık sıcaklık

Pw: Yıllık yağışın kış aylarında meydana gelme yüzdesi

K-T sınıflandırmasında, büyük harfler bir ana iklim grubunu tanımlamaktadır. Bu gruplara ait harflerin tanımları ve açıklamaları ise Tablo 2.5'e göre yapılmaktadır.

Tablo 2.5: *K-T sınıflandırma sisteminin tanımları ve sembolleri*

Tanım	İklim Sınıfı	Türü
Buz iklimi	F	Fi
Tundra iklimi		Ft
Kutup altı karasal iklim	E	Ec
Kutup altı denizsel iklim		Eo
Ilıman karasal iklim	D	Dc
Ilıman denizsel iklim		Do
Subtropikal nemli iklim	C	Cf
Subtropikal kuru kış iklimi		Cw
Subtropikal kuru yaz iklimi, Akdeniz iklimi		Cs
Kurak veya çöl iklimi	B	Bw
Yarı kurak – step iklim		Bs
Tropikal savan iklimi	A	As
Tropikal savan iklimi		Aw
Tropikal, yağmur ormanı iklimi		Ar

K-T sınıflandırma sisteminde, evrensel sıcaklık ölçeğine göre, üçüncü ve dördüncü harflerin sınıflandırması yapılmaktadır. Bu sınıflandırma, özellikle kış ve yaz aylarına ait sıcaklık ortalamaları dikkate alınarak yapılmaktadır (MGM, 2023b) (Tablo 2.6).

Tablo 2.6: *K-T sınıflandırma sisteminin evrensel sıcaklık ölçeğine göre sembolleri*

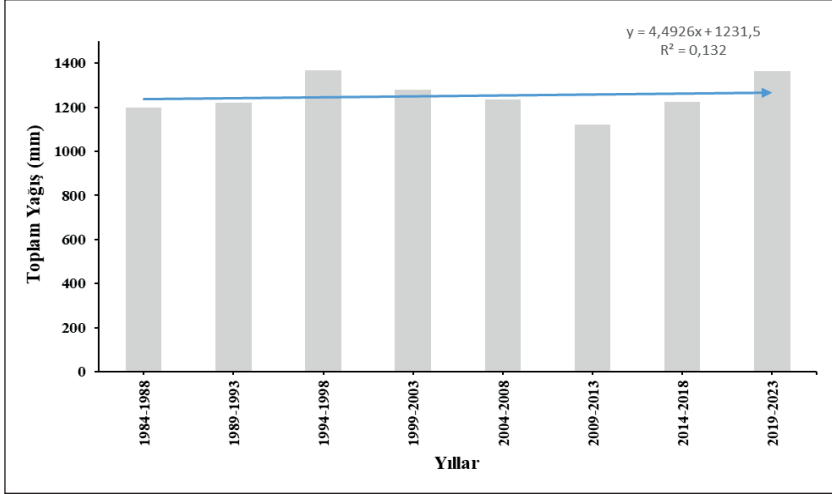
İklim Özelliği	Sembol	Aylık Ortalama Sıcaklık
Aşırı soğuk	e	$T \leq -40^{\circ}\text{C}$
Şiddetli soğuk	d	$-40^{\circ}\text{C} < T \leq -25^{\circ}\text{C}$
Çok soğuk	c	$-25^{\circ}\text{C} < T \leq -10^{\circ}\text{C}$
Soğuk	o	$-10^{\circ}\text{C} < T \leq 0^{\circ}\text{C}$
Serin	k	$0^{\circ}\text{C} < T < 10^{\circ}\text{C}$
Ilıman	l	$10^{\circ}\text{C} \leq T < 18^{\circ}\text{C}$
Ilık	b	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 23^{\circ}\text{C}$
Sıcak	a	$23^{\circ}\text{C} \leq T < 28^{\circ}\text{C}$
Çok sıcak	h	$28^{\circ}\text{C} \leq T < 35^{\circ}\text{C}$
Şiddetli sıcak	i	$35^{\circ}\text{C} \leq T$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Yağış ve Sıcaklık Değerlerine ait Bulgular ve Tartışma

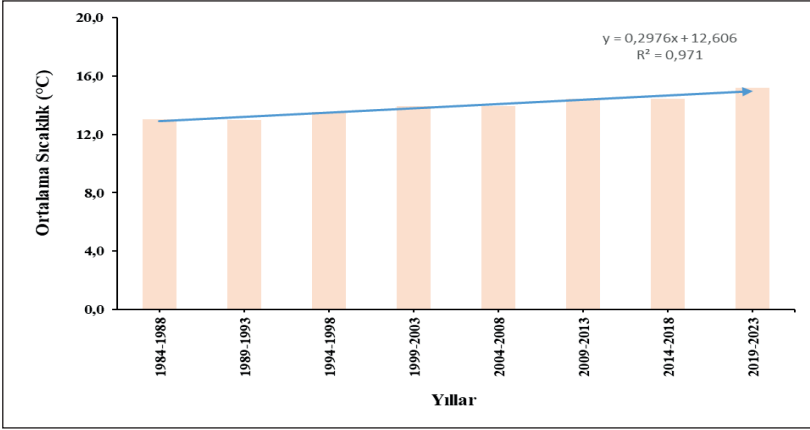
Zonguldak ili için 1984-2023 yılları arasında yapılan 40 yıllık değerlendirmelere göre, Zonguldak ilinin de ortalama toplam yıllık yağış miktarı 1251.7 mm'dir. Zonguldak ilinde, zamana bağlı olarak son 10 yılın yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin, son 40 yılın yıllık ortalama toplam yağış değerlerinin üzerinde yer aldığı tespit edilmiştir. Bu durum ise son 10 yılda Zonguldak ili için ortalama yıllık toplam yağış değerlerinde bir artış olduğunu göstermektedir. Ayrıca 40 yılın ortalama aylık yağış verilerine

göre, en yüksek yağışın aralık ayında olduğu ve bunu takip eden diğer ayın ise ekim ayı olduğu belirlenmiştir. Yapılan basit doğrusal regresyon analizi sonucuna göre ise yıllara göre ortalama yıllık toplam yağış ($r=0.132$) değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Zonguldak ilinin ortalama yıllık toplam yağış miktarlarının yıllara göre değişimi

Zonguldak ili için son 40 yıllık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde, ortalama sıcaklığın 13.9°C olduğu tespit edilmiştir. Yapılan beşer dönemlik analizler sonucunda ise ortalama sıcaklıkta 2004 yılından itibaren sayısal olarak bir artış söz konusu olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 40 yılın ortalama aylık sıcaklık verine göre ise en yüksek sıcaklığın temmuz ve ağustos aylarında olduğu, en düşük sıcaklığın ise ocak ve şubat aylarında olduğu tespit edilmiştir. Basit doğrusal regresyon analizine göre ise yıllara göre ortalama sıcaklık ($r=0.971$) değerlerinde artış eğilimi olduğu görülmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Zonguldak ilinin ortalama sıcaklık değerlerinin yıllara göre değişimi

Zonguldak ili için yapılan değerlendirmeler sonucunda yıllara göre hem toplam yağış değerlerinde hem de ortalama sıcaklık değerlerinde bir artış eğilimi söz konusudur. Bolat vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, 1980-1999 ve 2000-2015 yılları arasındaki Zonguldak ilinin iklim verileri değerlendirilmiş ve yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde bir artış olduğu, yaz ayları bakımından ise ortalama sıcaklık değerlerinde artış, ortalama yağış değerlerinde ise azalış olduğu belirtilmiştir. Bolat ve Şensoy (2023a) tarafından Zonguldak ili için yapılan diğer bir çalışmada, 2012-2021 yılları arasındaki iklimsel veriler incelenmiş ve bunun sonucunda ortalama sıcaklık ve ortalama toplam yağış değerlerinde artış eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde ise mevcut literatürün çalışmalarla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Zonguldak iline benzer iklim özellikleri taşıyan diğer illerde de farklı yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Şensoy ve Ateşoğlu (2018) tarafından Bartın ilinde yapılmış çalışmada, 1965-2014 yılları arasındaki iklim verilerine bakılmış ve 1980 yılından itibaren yaz aylarındaki ortalama sıcaklığın artış gösterdiği, ayrıca 1995 yılından itibaren ortalama yağış miktarlarında artış olduğu belirtilmiştir. Turoğlu (2014) ise Bartın Çayı Havzasında yürüttüğü çalışmada, 1965-2012 yılları arasındaki iklimsel değişikliğin saptanması üzerine araştırmalarda bulunmuş ve iklim parametrelerinin son yıllarda değiştiğini tespit etmiştir. Bolat ve Şensoy (2023b) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise Sinop ve Kastamonu illerinin iklimsel verileri incelenmiş ve bunun sonucunda ise her iki ilde de ortalama sıcaklık değerlerinde artış eğilimi olduğu, ortalama toplam yağış değerlerinde ise azalış eğilimi olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde Batı Karadeniz bölgesinde bulunan iller için yağış rejimi ve dağılımlarında değişikliklerin olduğu görülmektedir (Bolat vd., 2018; Bolat ve Şensoy, 2023a; Bolat ve Şensoy, 2023b; Baş vd., 2024). Hansen

vd. (2006)'e göre Dünya genelinde ortalama sıcaklığın 1900 yılından itibaren 0.8°C arttığı bildirilmiştir. Yapılan bu çalışma ve diğer çalışmalarda incelendiğinde durumun ne kadar kritik olduğu ve alınacak önlemlerin artırılması gerektiği düşünülmektedir.

3.2 Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına ait Bulgular ve Tartışma

Zonguldak için yapılan Thornthwaite sınıflandırmasına göre 1984-2023 yılları arasındaki potansiyel evapotranspirasyon, su fazlası ve açığı hesaplamaları yapılmıştır. Zonguldak ili için potansiyel evapotranspirasyon değerlerinde yıllara göre bir artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 1984-2023 yılları arasında yapılan analiz sonuçlarına göre alanda çok az derecede su açığı meydana gelmektedir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Zonguldak ilinin yağış (P), potansiyel evapotranspirasyon (PET), su açığı (SA) ve su fazlası (SF) verilerine ilişkin hesaplanan değerler

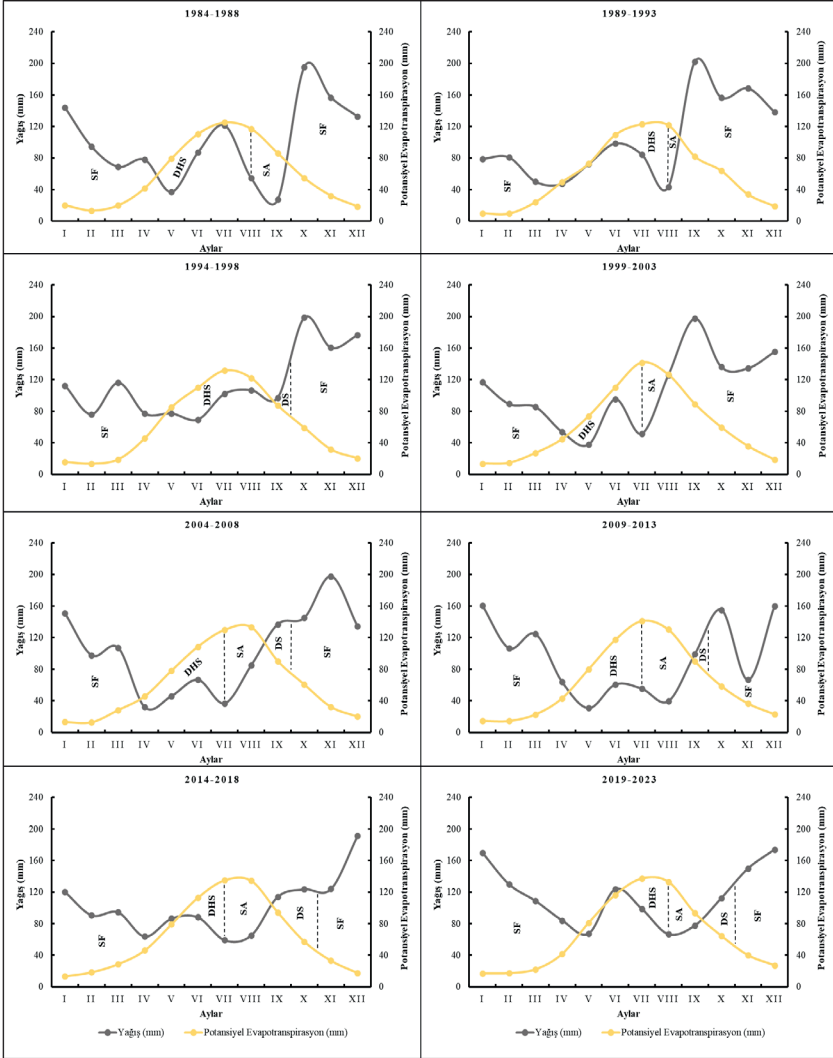
Yıllar	PET (mm)	P (mm)	SA (mm)	SF (mm)
1984-1988	719,5	1198,6	89,5	568,6
1989-1993	720,3	1221,7	30,5	529,4
1994-1998	739,4	1369,2	0,0	623,1
1999-2003	753,6	1279,2	40,9	566,5
2004-2008	753,0	1235,6	129,1	611,6
2009-2013	771,0	1122,9	176,6	534,2
2014-2018	771,4	1223,1	69,4	521,1
2019-2023	791,9	1363,3	11,4	598,6
1994-2023 (Son 30 yıl)	762,9	1265,6	67,2	569,9

Zonguldak ili iklim tipinin belirlenmesi için, yağış (Im) ve sıcaklık etkenliği (PET), yağış rejimi (Ia) ve potansiyel evapotranspirasyonun üç yaz ayına oranı indislerinin hesaplamaları yapılmış ve tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2: Zonguldak iline ait hesaplanan indis değerleri

Yıllar	Ia	Im	DPEÜY	PET
1984-1988	12,4	71,6	49,0	719,5
1989-1993	4,2	71,0	49,1	720,3
1994-1998	0,0	84,3	49,2	739,4
1999-2003	5,4	71,9	50,1	753,6
2004-2008	17,1	70,9	49,3	753,0
2009-2013	22,9	55,5	50,4	771,0
2014-2018	9,0	62,2	49,6	771,4
2019-2023	1,4	74,7	48,8	791,9
1994-2023 (Son 30 yıl)	8,8	69,4	49,6	762,9

Zonguldak ilinin su bilançosuna bakıldığında ise alanda su açığının genellikle temmuz ve ağustos aylarında olduğu ve bunun çok az miktarda gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca suyun genellikle eylül ayında depolanmaya başladığı ve genellikle ekim ayından itibaren diğer yılın nisan ayına kadar alanda su fazlalığının olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Zonguldak ilinin yıllara göre değişen su bilançosu; depolanan su (DS), depodan giden su (DHS), su açığı (SA), su fazlası (SF)

Yapılan hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucunda Zonguldak ilinin Thornthwaite sınıflandırmasına göre 1984-2023 yılları arasında toplamda 4 sınıfı bulunmaktadır (Tablo 3.3). Yapılan beşer dönemlik analizle-

re göre Zonguldak ili 1994-1998 yılları arasında B4 sınıfında, 2009-2013 yılları arasında ise B2 sınıfın olduğu, diğer yıl aralıklarında ve son 30 yıllık aralıkta ise B3 sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Tüm yıllar ve son 30 yıllık veriler dikkate alındığında ise Zonguldak ilinin B3 sınıfında veya nemli iklim sınıfında olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca Yağış rejimine göre “r” sınıfında, sıcaklık etkenliğine göre B2 sınıfında, potansiyel evapotranspirasyonun üç yaz ayına oranına göre ise “b4” sınıfında olduğu görülmektedir.

Tablo 3.3: Zonguldak ilinin Thornthwaite sınıflandırma sembolleri ile gösterimi

Yıllar	İklim Sınıfı	Açıklama
1984-1988	B3rB2'b4	Nemli, su açığı yok, 2.derecede mezotermal, okyanusal iklim etkisine yakın
1989-1993	B3rB2'b4'	Nemli, su açığı yok, 2.derecede mezotermal, okyanusal iklim etkisine yakın
1994-1998	B4rB2'b4'	Nemli, su açığı yok, 2.derecede mezotermal, okyanusal iklim etkisine yakın
1999-2003	B3rB2'b4'	Nemli, su açığı yok, 2.derecede mezotermal, okyanusal iklim etkisine yakın
2004-2008	B3sB2'b4'	Nemli, yazın su açığı, 2.derecede mezotermal, okyanusal iklim etkisine yakın
2009-2013	B2sB2'b4'	Nemli, yazın su açığı, 2.derecede mezotermal, okyanusal iklim etkisine yakın
2014-2018	B3rB2'b4'	Nemli, su açığı yok, 2.derecede mezotermal, okyanusal iklim etkisine yakın
2019-2023	B3rB2'b4'	Nemli, su açığı yok, 2.derecede mezotermal, okyanusal iklim etkisine yakın
1994-2023	B3rB2'b4'	Nemli, su açığı yok, 2.derecede mezotermal, okyanusal iklim etkisine yakın

İklim sınıflandırmaları, bölgelere ait iklim tiplerinin tanımlanmasında kullanılan yöntemlerdir (De Castro vd., 2007; Jacobeit, 2010; Bieniek vd., 2012; Gallardo vd., 2013). Aslında buradaki temel amaç iklim tiplerinin sistematik olarak sınıflandırılması ve yayılış alanlarının belirlenmesi üzerinedir (Özyuvacı, 1999). İklim sınıflandırmaları iklim değişikliği (Mahls-tein vd., 2013), iklim modellemesi (Jylhä vd., 2014) gibi konularda kullanılan yöntemlerdir. Bölgelerin iklim sınıflarındaki zamansal değişimlerin incelenmesi ve özellikle son yıllardaki değişimlerin analizi, iklimsel dönüşüm dinamiklerinin tespiti için önemli bir veri kaynağıdır. Bu bağlamda, iklim sınıflandırmalarının bölgesel düzeydeki değişimlerinin araştırılması ve güncel durumlarının bilimsel olarak değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Mevcut literatüre bakıldığında daha önceden Zonguldak ili için meteoroloji genel müdürlüğü tarafından yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Thornthwaite sınıflandırmasına göre 1991-2020 yılları arasındaki 30 yıllık verilerle yapılan bir araştırmada, Zonguldak ilinin B3 iklim grubun-

da olduğu ortaya koyulmuştur. Aynı çalışmada 30 yıllık verilere göre Zonguldak ilinin B3rB2'b4' sembolleri ile gösterildiği belirtilmiştir (MGM, 2023a). Yapılan şu an ki çalışmada da 1994-2023 yılları arasındaki iklim sınıfının benzer olan B3rB2'b4' sembolleri ile gösterildiği tespit edilmiştir. Bu ise Zonguldak ilinin nemli, su açığı olmayan, 2.derece mezotermal ve okyanusal iklim etkisine yakın olduğunu göstermektedir. Zonguldak ili için genellikle temmuz ayında az da olsa bir su açığının olduğu görülmektedir. Ancak son 5 yıllık verilere bakıldığında ise temmuz ayında herhangi bir su açığının olmadığı hatta suyun bir miktarının depodan harcandığı ve daha sonra tekrardan alanda kısa süreliğine bir su fazlalığının olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun yağışların mevsimler arasındaki dağılımının düzensizliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu durum önceden yapılmış bazı çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Şensoy ve Ateşoğlu, 2018; Baş vd., 2024; Baş ve Palta, 2024).

3.3 Köppen-Trewartha İklim Sınıflandırmasına ait Bulgular ve Tartışma

Zonguldak ili için K-T sınıflandırmasına göre yapılan incelemeler sonucunda 1984-2023 yılları arasında sadece tek grup ve tek iklim sınıfı tespit edilmiştir (Tablo 3.4). Tüm yıllarda en baskın iklim sınıfı olan Cf sınıfı hâkim gelmektedir. Evrensel sıcaklık ölçeğine göre ise üçüncü ve dördüncü harflerinde en baskın olarak a ve k olduğu belirlenmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken durum ise evrensel sıcaklık ölçeğine göre son 25 yıllık verilerde baskın olan a harfi, son 30 yıllık veriler incelendiğinde tekrardan b harfine dönmektedir. Ancak yapılan bu çalışmada görüldüğü üzere önümüzdeki 5 yıllık süreçte bu harfin 30 yıllık ortalamadaki b harfini değiştirebileceği düşünülmektedir. Yapılan yıllar arasındaki değerlendirme ve son 30 yıllık değerlendirmelere göre Zonguldak ilinin subtropikal nemli iklim sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.4: Zonguldak ilinin Köppen-Trewartha sınıflandırmasına göre sembollerle gösterimi

Yıllar	KT evrensel sıcaklık ölçeği	Açıklama
1984-1988	Cfbk	Kışın serin, yazın ılık, Subtropikal nemli
1989-1993	Cfbk	Kışın serin, yazın ılık, Subtropikal nemli
1994-1998	Cfbk	Kışın serin, yazın ılık, Subtropikal nemli
1999-2003	Cfak	Kışın serin, yazın sıcak, Subtropikal nemli
2004-2008	Cfak	Kışın serin, yazın sıcak, Subtropikal nemli
2009-2013	Cfak	Kışın serin, yazın sıcak, Subtropikal nemli
2014-2018	Cfak	Kışın serin, yazın sıcak, Subtropikal nemli
2019-2023	Cfak	Kışın serin, yazın sıcak, Subtropikal nemli
1994-2023 (Son 30 yıl)	Cfbk	Kışın serin, yazın ılık, Subtropikal nemli

Köppen sınıflandırması küresel olarak çok yaygın kullanılan bir yöntemdir (Spinoni vd., 2014). Farklı harfler ile sembolize edilerek bölgelerin benzer iklimsel özelliklerini ortaya koyan bu yöntem de Thornthwaite veya başka sınıflandırma yöntemleri gibi önemli veri kaynaklarını oluşturmaktadırlar. Bu yöntemde zamansal değişimlerin incelenmesi, son yıllardaki değişimlerin analizleri ve güncel durumun bilimsel olarak yorumlanması açısından önem taşımaktadır. Yapılan bir çalışmada, Cfa sınıfının nemli ılıman ve yazları sıcak iklimlerde, Cfb sınıfının ise nemli ılıman ve orta derece sıcaklığı olan iklimlerde olduğu ve bu sınıfların kurak mevsimi olmayan sınıflar olduğu bildirilmiştir (Sparovek vd., 2007). Bu kapsamda, Zonguldak ilinin kurak mevsimi olmayan sınıfta olduğunu söyleyebiliriz. MGM (2023b) tarafından yapılan çalışmada, Zonguldak ilinin 1991-2020 yılları arasında Cf sınıfında olduğu bildirilmiştir. Evrensel sıcaklık ölçeğine göre ise Cfbk olarak sembolize edildiği belirtilmiştir. Bu durum yapılan şu an ki çalışma ile benzerlik göstermektedir. 1994-2023 yılları arasındaki 30 yıllık verilere bakıldığında da Zonguldak ilinin yine Cfbk olarak sembolize edildiği görülmektedir. Ancak son 25 yıllık verilere bakıldığında ise önümüzde 5 yıl içerisinde bu sınıfın Cfa olarak değişeceği öngörülmektedir. Ancak yapılan genel değerlendirmeler sonucunda, Köppen-Trewartha sınıflandırmasına göre, Zonguldak ilinin kışları serin, yazları ılık veya sıcak olan, subtropikal nemli bir iklim özelliği taşıdığı görülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zonguldak ili için 1984-2023 yılları arasındaki 40 yıllık iklimsel veriler incelendiğinde, yıllık ortalama toplam yağışın 1251.7 mm olduğu, ortalama sıcaklığın ise 13.9°C olduğu belirlenmiştir. Beşer dönemlik analizler sonucunda ise ortalama sıcaklıkta 2004 yılından itibaren bir artış olduğu, son 10 yılın ortalama toplam yağış verilerinin ise genel ortalamayı artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan basit doğrusal regresyon analizi göre hem ortalama toplam yıllık yağış verilerinde hem de ortalama sıcaklıkta yıllara göre artış eğilimi olduğu görülmüştür. Yapılan iklim sınıflandırmalarına bakıldığında, Köppen-Trewartha sınıflandırmasının ve Thornthwaite sınıflandırmasının yıllara göre önemli düzeyde değişmediği tespit edilmiştir. 1994-2023 yılları arasındaki son 30 yıllık veriler baz alındığında, Köppen-Trewartha sınıflandırmasına göre Zonguldak ilinin Cfbk sınıfında olduğu ve kışları serin, yazları ılık, subtropikal nemli özellik taşıdığı, Thornthwaite sınıflandırmasına göre ise B3rB2'b4' sınıfında ve nemli, su açığı olmayan, 2.derece mezotermal ve okyanusal iklim etkisine yakın olduğu belirlenmiştir. Zonguldak ili için genel bir değerlendirme yapılacak olursa, son yıllarda yağış ve sıcaklıkların değişimi ile yağışın mevsimler arasındaki dağılımının değişimi de iklimsel parametrelerdeki değişiklikleri göstermektedir. Bu durum ise önümüzdeki dönemlerde farklı riskleri oluşturabilecek potansiyeldedir. Günümüzde var olan ve gelecekte artması

öngörölen arazi kullanım değişiklikleri, doğal kaynakların tükenmesi ve biyolojik çeşitliliğin azalması bu risklerden bir kaçıdır. Bu nedenle arazi kullanımlarının bilinçli bir şekilde yönetilmesi, ormanların korunması ve şehir merkezlerindeki yeşil alan projelerinin artırılması gibi tedbirlerin alınması öngörölen risklerin azaltılmasında önemli rol oynayabilir.

KAYNAKLAR

- Ács, F., Breuer, H. ve Skarbit, N. (2015). Climate of Hungary in the twentieth century according to Feddema. *Theoretical and applied climatology* 119, 161-169. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1103-5>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., ve Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift* 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Aparecido, L. E. O., Rolim, G. D. S., Richetti, J., Souza, P. S. D. ve Johann, J. A. (2016). Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia* 40, 405-417. <https://doi.org/10.1590/1413-70542016404003916>
- Baş, E. ve Palta, Ş. (2024). Determination of Climatic Changes in Düzce Province Using Three Different Climate Classification Methods. *Düzce University Faculty of Forestry Journal of Forestry*, 20(2).
- Baş, E., Palta, Ş. ve İpek, İ. C. (2024) Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde Yer Alan Bartın İlinin Thornthwaite ve Köppen Yöntemlerine Göre İklim Sınıflandırması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 26(4).
- Beck, C., Grieser, J., Kottek, M., Rubel, F. ve Rudolf, B. (2006). Characterizing global climate change by means of Köppen climate classification. *Klimastatusbericht*, 51, 139-149.
- Bieniek, P. A., Bhatt, U. S., Thoman, R. L., Angeloff, H., Partain, J., Papineau, J., Fritsch, F., Hlloway, E., Walsh, J.E., Daly, C., Shulski, M., Hufford, G., Hill, D.F., Calos, S. ve Gens, R. (2012). Climate divisions for Alaska based on objective methods. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 51(7), 1276-1289.
- Birsoy, Y ve Ölgen, M. K. (1992). Thornthwaite yöntemi ile su bilançosunun ve iklim tipinin belirlenmesinde bilgisayar kullanımı. *Ege Coğrafya Dergisi*, 6(1), 153-178.
- Bolat, İ. ve Şensoy, H. (2023a). Analysis of some meteorological data and their variation trends in three provinces of the Western Black Sea Region between 2012 and 2021. *Forestist* 73(3), 220-230. <https://doi.org/10.5152/forestist.2023.23005>
- Bolat, İ. ve Şensoy, H. (2023b). 2012–2021 yılları arasındaki bazı meteorolojik verilerin analizi ve değişim eğiliminin irdelenmesi: Sinop ve Kastamonu illeri örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*,

9(2), 1-9.

- Bolat, İ., Kara, Ö. ve Tok, E. (2018). Global warming and climate change: a practical study on Bartın, Zonguldak and Düzce. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1), 116-127.
- Burgos, J. J. (1958). Agroclimatic classifications and representations: report of the applications value of climatic and agroclimatic classification for agricultural purposes. Varsovia: WMO.
- Chen, D. ve Chen, H. W. (2013). Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. *Environmental Development* 6, 69-79.
- De Castro, M., Gallardo, C., Jylha, K. ve Tuomenvirta, H. (2007). The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models. *Climatic Change* 81, 329-341. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9224-1>
- Elguindi, N., Grundstein, A., Bernardes, S., Turuncoglu, U. ve Feddema, J. (2014). Assessment of CMIP5 global model simulations and climate change projections for the 21 st century using a modified Thornthwaite climate classification. *Climatic change* 122, 523-538. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-1020-0>
- Erinç, S. (1996). *Klimatoloji ve metodları* (4. Baskı). İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Feddema, J. J., Oleson, K. W., Bonan, G. B., Mearns, L. O., Buja, L. E., Meehl, G. A. ve Washington, W. M. (2005). The importance of land-cover change in simulating future climates. *Science* 310(5754), 1674-1678.
- Gallardo, C., Gil, V., Hagel, E., Tejada, C. ve de Castro, M. (2013). Assessment of climate change in Europe from an ensemble of regional climate models by the use of Köppen–Trewartha classification. *International Journal of Climatology* 33(9), 2157-2166. <https://doi.org/10.1002/joc.3580>
- Geiger, R. (1954). Klassifikation der klimate nach W. Köppen. Landolt-Börnstein–Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie. *Berlin Springer* 3, 603-607.
- Geng, Q., Wu, P., Zhao, X. ve Wang, Y. (2014). Comparison of classification methods for the divisions of wet/dry climate regions in Northwest China. *International Journal of Climatology* 34(7), 2163-2174.
- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M. ve Lo, K. (2005). GISS surface tempe-

ature analysis global temperature trends: 2005 summation. NASA Goddard Institute for Space Studies, New York, NY. See <http://data.giss.nasa.gov/gistemp>.

Hess, D. ve Tasa, D. (2014). McKnight's physical geography: a landscape appreciation (p. 688). New York: Pearson.

Jacobeit, J. (2010). Classifications in climate research. *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, 35(9-12), 411-421. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2009.11.010>

Jylhä, K., Tuomenvirta, H., Ruosteenoja, K., Niemi-Hugaerts, H., Keisu, K. ve Karhu, J. A. (2010). Observed and projected future shifts of climatic zones in Europe and their use to visualize climate change information. *Weather, Climate, and Society* 2(2), 148-167. <https://doi.org/10.1175/2010WCAS1010.1>

Koçman, A. (1993). Türkiye iklimi. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.

Köppen, W. (1900). Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geographische Zeitschrift*, 6(11. H), 593-611.

Köppen, W. (1936). Das Geographische System der Klimatologie. Berlin, 44 p.

Köppen, W. ve Geiger, R. (1928). Klimate der Erde, Justus Perthes, Gotha.

Larson, P. R. ve Lohrengel, C. F. (2014). An addendum to "A new tool for climatic analysis using Köppen climate classification". *Journal of Geography*, 113(1), 35-38.

Mahlstein, I., Daniel, J.S. ve Solomon, S. (2013). Pace of shifts in climate regions increases with global temperature. *Nature Climate Change*, 3(8), 739-743. <https://doi.org/10.1038/nclimate1876>

MGM, (2023a), Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Thornthwaite.pdf [Erişim 01 Aralık 2024].

MGM, (2023b), Köppen-Trewartha İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/K%C3%B6ppen-Trewatha.pdf [Erişim 01 Aralık 2024].

O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard, L. ve West, J. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in In-

- dia. *Global environmental change*, 14(4), 303-313.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G. ve Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, (35), 17-27.
- Özyuvacı, N. (1999). Meteoroloji ve Klimatoloji. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul. 369s.
- Rohli, R. V. ve Vega, A. J. (2012). *Climatology*. 2nd ed. - Jones & Bartlett Learning, Sudbury, 425p.
- Rolim, G. D. S. ve Aparecido, L. E. (2016). Camargo, Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatological regions of the state of São Paulo, Brazil. *International Journal of Climatology*, 36(2), 636-643. <https://doi.org/10.1002/joc.4372>
- Rolim, G. D. S., Camargo, M. B. P. D., Lania, D. G. ve Moraes, J. F. L. D. (2007). Climatic classification of Köppen and Thornthwaite systems and their applicability in the determination of agroclimatic zoning for the state of São Paulo, Brazil. *Bragantia*, 66, 711-720. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>
- Sparovek, G., De Jong Van Lier, Q. ve Dourado Neto, D. (2007). Computer assisted Köppen climate classification: a case study for Brazil. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(2), 257-266. <https://doi.org/10.1002/joc.1384>
- Spinoni, J., Vogt, J., Naumann, G., Carrao, H. ve Barbosa, P. (2015). Towards identifying areas at climatological risk of desertification using the Köppen-Geiger classification and FAO aridity index. *International Journal of Climatology*, 35(9), 2210-2222. <https://doi.org/10.1002/joc.4124>
- Stern, H., De Hoedt, G. ve Ernst, J. (2000). Objective classification of Australian climates. *Australian Meteorological Magazine*, 49(2), 87-96.
- Şensoy, H. ve Ateşoğlu, A. (2018). Bartın Yöresinde İklim Tipi Değişikliğine Yönelik Bir Değerlendirme. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 576-582.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, 55-94.
- Trewartha, G. T. (1954). *An Introduction to Climate*. New York: McGraw-Hill. 402p.
- Turoğlu, H. (2014). İklim değişikliği ve Bartın Çayı havza yönetimi muhtemel sorunları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(1), 1-22.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*, Kriter Yayınevi, İstanbul, 650ss
- Yılmaz, E. ve Çiçek, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973-3994.

”

BÖLÜM 2

KURAKLIĞA GİRİŞ

*Hurem DUTAL*¹

¹ Doç. Dr., Orman Fakültesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye. E-Mail: huremdutal@ksu.edu.tr, Phone: +90 344 1751, Fax: +90 344 1751 Orcid ID: 0000-0002-0944-6872

1. Giriş

Kuraklık, diğer doğal afetlerle karşılaştırıldığında, etkilenen insan sayısı açısından ilk sırada yer almaktadır (Bryant, 1991; CRED ve UNISDR, 2018). Doğal bir afet olmasına rağmen onu diğer doğal afetlerden ayıran birkaç özelliğe sahiptir. Bunlardan ilki, kuraklığın başlangıcının ve sonunun belirlenmesinin çok zor oluşudur (Mishra ve Singh, 2011). Kuraklığın etkileri yavaşça artmakta, önemli bir süre boyunca birikmekte ve sona erdikten sonra bile yıllarca sürebilmektedir. Bundan dolayı kuraklık genellikle sinsi bir olgu olarak adlandırılmaktadır (Tannehill, 1947). Diğer bir özelliği ise kuraklığın tanımlanmasının zor olmasıdır (Wilhite ve Glantz, 1985; Lloyd-Hughes, 2014). Kuraklığın evrensel bir tanımının olmaması kuraklıkla ilgili çalışma ve planlamalarda karışıklığa yol açmaktadır. Kuraklığın etkilerinin yapısal olmaması ve diğer doğal afetlerden kaynaklanabilecek hasarlara göre daha geniş coğrafi alanlara yayılabilmesi onu diğer afetlerden ayıran bir başka özelliğidir (Ahmadi ve Moradkhani, 2019). Sel, kasırga, deprem ve hortumların aksine, kuraklıklar su depolamak için inşa edilen yapılardaki su kütlelerini etkilemekte ve bu yapıların kendisinde nadiren hasara neden olmaktadır. Bu nedenle, kuraklık sonucunda meydana gelen etkilerin nicel olarak belirlenmesi ve buna bağlı olarak gerekli yardımların sağlanması diğer doğal afetlere göre çok daha zor olmaktadır (Wilhite, 2000a). Son olarak, diğer doğal afetlerin aksine, toprağın suyu emme ve tutma yeteneğini olumsuz yönde etkileyen aşırı çiftçilik faaliyetleri, aşırı sulama, ormansızlaşma, mevcut suyun aşırı kullanımı ve erozyon gibi insan faaliyetleri kuraklığı direkt olarak tetikleyebilmektedir (Staal vd., 2020).

Kuraklıklar, ekonomi de dâhil olmak üzere birçok sektörü kapsayan karmaşık bir etki ağına yol açmakta ve bu etkiler kuraklık yaşayan bölgelerin çok ötesine ulaşabilmektedir (Kallis, 2008; Öz ve Göl, 2021; Aydın ve Demirci, 2024). Dünyadaki kara alanlarının yaklaşık yarısının kuraklığa duyarlı olması, kuraklığı yaygın bir olgu haline getirmektedir (Kogan, 1997). Buna ek olarak geniş tarım arazilerinin neredeyse tamamı da bu duyarlı alanlarda bulunmaktadır (USDA, 1994). Dolayısıyla 20. yüzyılda kuraklıklar tüm doğal afetler arasında en büyük zararlı etkiye sahip olan afet olmuştur (Bryant, 1991). Kuraklıklar ürün kaybına, mera verimliliğinin azalmasına, elektrik üretiminin azalmasına, kıyı habitatlarının bozulmasına ve rekreasyon faaliyetlerinin aksamasına yol açabilmektedir (Woodhouse ve Overpeck, 1998; Wilhite ve Vanyarkho, 2000). Kuraklık dönemlerinde yüzeysel akıslarda da azalma görüldüğü için sediment, organik madde ve besleyici taşınımı da azalmakta ve bu durum sucul ekosistemleri etkilemektedir (Giakoumakis ve Tsakiris, 1997; Allen vd., 2011). Kuraklıklar hem yüzey hem de yeraltı su kaynaklarını etkilemekte ve su temininin azalmasına neden olmaktadır. İklimdeki orta düzeydeki dalgalanmalar su kaynaklarının kimyasal özellikleri üzerinde önemli etkileri

olan hidrolojik rejimleri değiştirdiğinden kuraklıklar su kalitesini de etkilemektedir (Mishra ve Singh, 2010). Kuraklığın dağlık alanlar

1950'lerden bu yana dünyanın bazı bölgeleri daha uzun ve daha şiddetli kuraklıklar yaşamıştır (örn. Güney Avrupa ve Batı Afrika). Bununla birlikte 21. yüzyılda iklim değişikliğinin dünyanın birçok bölgesinde kuraklık sıklığında ve şiddetinde artışa neden olacağı öngörülmektedir (Van Loon vd., 2013). Gerekli önlemler alınmadığında bu durumun başta su kaynakları üzerinde olmak üzere çeşitli etkilere yol açacağı açıktır.

Su gezegenimizin %70'ini kaplamaktadır. Dolayısıyla her zaman bol olacağı ve istenildiği her an ona erişilebileceği düşünülmektedir. Ancak içtiğimiz ve günlük yaşantımızda kullandığımız tatlı su inanılmaz derecede nadirdir. Dünyadaki suyun yalnızca %3'ü tatlı sudur ve bunun üçte ikisi buzullarda tutulmaktadır. Bu koşullar altında dünya çapında yaklaşık 1,1 milyar insan suya erişememekte ve toplam 2,7 milyar insan yılın en az bir ayı boyunca su kıtlığı çekmektedir. Kirlenmiş sular ise 2,4 milyar insan için bir sorun teşkil etmekte ve çoğu insan kolera, tifo ve diğer su kaynaklı hastalıklara maruz kalmaktadır. Büyük bir kısmını çocukların oluşturduğu iki milyon insan ise her yıl sadece ishalleri hastalıklardan ölmektedir (URL-1). Bununla birlikte artan nüfus, tarımsal üretimde düşük verimle kullanılan su, suları kirleten endüstriyel faaliyetler bu nadir kaynak üzerindeki baskıyı giderek artırmaktadır (Schewe vd., 2014; Greve vd., 2018; Liu vd., 2019). Diğer taraftan iklim değişikliği sonucunda daha sık meydana gelmesi beklenen kuraklık koşullarından dolayı durumun daha da kötüleşeceği tahmin edilmektedir (Gao vd., 2018; Pacheco-Treviño ve Manzano-Camarillo, 2024). Hem kuraklık koşulları hem de su kaynakları üzerindeki baskılara yönelik beklentiler göz önünde bulundurulduğunda, su kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesi bir zaruriyet haline gelmektedir (Zhang vd., 2024). Bu durum ise su kıtlığını yönlendiren faktörlerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini gerektirmektedir (Huang vd., 2021). Bu faktörlerden biri olarak, kuraklık su kaynaklarının planlaması ve yönetiminde önemli bir yere sahiptir (Rodell ve Li, 2023). Dolayısıyla etkin bir planlama için kuraklık kavramını çok iyi bir şekilde anlamamız gerekmektedir. Bu bağlamda bu bölümde kuraklık kavramının detaylı bir şekilde ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Kuraklık Nedir?

Kuraklık çoğunlukla sadece bir su açığı olarak düşünülmektedir. Bu bakış açısı kuraklığı önemsiz bir olguymuş gibi tahayyül etmemize yol açmaktadır. Ancak gerçekte durumun böyle olmadığını ve kuraklığın hiç de hafife alınmaması gereken bir tehlike olduğunu anlamak ve onun etkilerinin neler olabileceğini idrak edebilmek için geçmişte yaşanmış kuraklık olaylarına bir göz atmak yeterli olacaktır.

Profesör Harvey Weiss tarafından yürütülen kazı çalışmaları sonucunda dünyanın bilinen ilk imparatorluğu Akadların yaklaşık 4200 yıl önce yıllarca süren bir kuraklık sonucunda yıkıldığı keşfedilmiştir. Üstelik bu kuraklık olayı tarımsal üretim ve verimliliğinin son derece yüksek olduğu bereketli hilal olarak adlandırılan bölgede meydana gelmiştir. Kuraklık öncesince var olan bolluk dönemi kuraklık döneminde yiyecek ve içeceğin karneye bağlandığı bir döneme dönüşmüştür. Bu durum yerel halkın bölgeyi terk etmesine ve imparatorluğun çöküşüne neden olmuştur (Weiss vd., 1993; Şahin ve Kurnaz, 2014).

Suriye’de 2006-2007 kışında başlayan ve yaklaşık 3 yıl süren kuraklık, ülkedeki en şiddetli kuraklık olarak kayıtlara geçmiştir. Ancak bu olayda sadece kuraklığın içsel karakteristikleri değil, kuraklık öncesinde hükümetin ülkenin kısıtlı toprak ve su kaynaklarını sürdürülebilirliği dikkate almadan tüketerek su güvenliğini tehlikeye atan yanlış tarım politikaları da etkili olmuştur. Artan su kıtlığına ve sık sık yaşanan kuraklıklara rağmen, hükümet arazi dağılımını yeniden şekillendirerek yeni sulama projeleri, kota uygulamaları ve çiftçilere yönelik akaryakıt desteği gibi tarımsal üretimi daha da artırmaya yönelik politikalar başlatmıştır. Bu sürdürülemez politikaların bir sonucu olarak yeraltı suları da azalmıştır. Suriye’de yağışlar genellikle ülkenin Akdeniz kıyısı ile kuzey ve kuzeydoğudaki ana tarım bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Suriye’deki ekili arazinin üçte ikisinde kuru tarım yapıldığından tarımsal üretim büyük ölçüde yıllık yağışa bağımlıdır. Bununla birlikte geri kalan arazilerde genellikle yer altı sularından faydalanılan sulu tarım yapılmaktadır. Bu alanlarda sulamada kullanılan suyun yarısından fazlası yeraltı sularından çekilmektedir. Hükümetin yeraltı sularını korumaya yönelik adımları tam olarak uygulamaması yeraltı sularının aşırı derecede sömürülmesi ile sonuçlanmış ve bazı akarsuların kurummasına yol açmıştır. Dolayısıyla hem yerüstü hem de yeraltı su kaynaklarının azalması Suriye’yi kuraklığa karşı savunmasız bir hale getirmiştir. 2006-2007’de şiddetli kuraklık koşulları hissedilmeye başlandığında ülkenin tarımsal üretiminin üçte ikisinden fazlasını karşılayan kuzeydoğu bölgesinde tarım sistemi çökmüştür. Kuraklıktan önce Suriye gayri safi yurtiçi hasılasının %25’ini oluşturan tarım sektörü 2008’de %17’ye düşmüştür. Küçük ve orta ölçekli çiftçiler sıfır veya sıfıra yakın üretim gerçekleştirirken hayvan sürülerinin neredeyse tamamı yok olmuştur. Hükümet 2007-2008 yılları arasında buğday, pirinç ve yem fiyatlarında benzeri görülmemiş artışın (2 kattan fazla) arkasındaki ana nedenin kuraklık olduğunu belirtmiştir. 2010 Şubat ayına gelindiğinde, hayvan yemi fiyatları %75 artmış ve kuraklık neredeyse tüm sürüleri yok etmiştir. Kuzeydoğudaki illerde, çocuklarda beslenmeyle ilgili hastalıklarda önemli bir artış görülmüştür. Ailelerin çoğu bölgeyi terk ettiğinden okullara kayıt oranı %80’e kadar düşmüştür. 2000 yılında babasının yerine geçen Be-

şar Esad, birçok Suriyelinin bağımlı hale geldiği yakıt ve gıda sübvansiyonlarını keserek serbest ekonomiye yönelmiştir. Bu durum kuraklıktan etkilenenlerin hayatlarını daha da istikrarsızlaştırmıştır. Suriye'nin kırsal kesiminin tarımsal üretime olan yoğun bağımlılığı ve uzun süren şiddetli kuraklığa dayanamaması sonucunda kırsal kesimdeki çiftçi aileleri kitle-sel olarak kentsel alanlara göç etmiştir. Kuraklık nedeniyle 1,5 milyon insanın ülke içinde yer değiştirdiği tahmin edilmiştir. Bunların çoğu nüfus artışının yüksek olduğu ve 2003-2007 yılları arasında Suriye'ye gelen ve kuraklık sürecinde de kalan tahmini 1,2-1,5 milyon Iraklı mültecinin bulunduğu şehirlerin çeperlerine yerleşmişlerdir. 2010 yılına gelindiğinde, ülke içinde yerinden edilmiş kişiler ve Iraklı mülteciler Suriye'nin kentsel nüfusunun yaklaşık %20'sini oluşturmuşlardır. Suriye'nin toplam kentsel nüfusu 2002'de 8,9 milyon iken, 2010'un sonunda 13,8 milyona ulaşmıştır. Sadece 8 yılda meydana gelen %50'den fazla bu artış sonucunda şehirler Suriye'nin toplam nüfusundan çok daha fazla insana ev sahipliği yapar hale gelmiştir. Şehirlerdeki bu ani nüfus artışı kaynaklar üzerindeki baskıyı aşırı derecede artırmıştır. Hızla büyüyen bu şehirlerde yasadışı yerleşimler, yetersiz altyapı, işsizlik ve suç oranlarının artışı hükümet tarafından göz ardı edildiğinden bu alanlar huzursuzluğun ve istikrarsızlığın merkezi haline dönüşmüştür. Bu istikrarsız koşullar Suriye'de iç çatışmalara yol açmıştır. Elbette bu çatışmaların tek bir nedeninin olduğu söylenemez ancak kuraklığın bu süreçte çok önemli bir tetikleyici olduğu da inkâr edilemez. Konuyla ilgili yapılan bir röportajda, yerinden edilmiş bir Suriyeli çiftçinin "Kuraklık ve işsizlik, insanları devrime itmede önemliydi. Kuraklık olduğunda, iki yıl boyunca bununla başa çıkabildik ve sonra 'Yeter' dedik." şeklindeki açıklaması kuraklığın bu çatışma üzerinde çok etkili olduğunu savunanları desteklemektedir (Kelley vd., 2015).



Şekil 1. Kansas, Rolla'ya yaklaşan bir toz fırtınası, 1935 (URL-2)

1930 yılında başlayan ve toz çanağı (Dust Bowl) olarak adlandırılan kuraklık olayı, Amerika Birleşik Devletlerinin Büyük Ovalar (Great Plains) bölgesinde çok büyük hasarlara yol açmıştır (Şekil 1). Bu olay tek bir kuraklık gibi görünse de aslında art arda gerçekleşen en az 4 kuraklık (1930-31, 1934, 1936 ve 1939-40) olayını içermektedir. Bu olayların çok hızlı bir şekilde gerçekleşmesi etkilenen bölgelerin yeni bir kuraklık başlamadan önce yeterince toparlanmasına imkân tanımamıştır. Bu olaya kuraklıktan önceki zamanlarda gerçekleştirilen bir dizi yanlış arazi yönetim uygulamaları, bölgedeki nüfusu artırmaya yönelik federal arazi politikaları, bölgesel hava koşullarındaki değişkenlikler ve kültürel faktörler zemin hazırlamıştır. Bölge yanıltıcı bilgiler ve bir dizi yasal teşvik sonucunda, çiftçilik deneyimleri Amerika Birleşik Devletleri'nin daha nemli iklim koşullarına dayanan birçok çiftçinin akımına uğramıştır. Bu bölgeye ilk olarak yerleşen çiftçiler genellikle bölge için uygun olmayan ürün ve yetiştirme uygulamalarını tercih etmişlerdir. Buna rağmen bölgede nemli bir döngü hâkim olduğundan ilk ürünlerin gelişmesinde herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır. Bu durum çiftçileri daha sonra terk etmek zorunda kalacakları uygulamaları sürdürmeye teşvik etmiştir. Kuraklıklar ve sert kışlar başladığında ekonomik zorluklar ve sıkıntılı süreçler yaşansa da yağmurlar yeniden geri döndüğünde bu olaylar unutulmuştur. Bu olumsuz koşullar birçok yerleşimciyi geldikleri yere geri dönmeye zorlasa da, gidenlerden daha fazlası bu bölgeye gelmeye devam etmiştir. Bölgede tekrarlanan kuraklık olayları yerleşimcileri ve yerel hükümetleri test etmesine rağmen bol yağışlı dönemlerin tekrarı, ekim ve arazi kullanım uygulamalarında değişiklik yapılması gerekliliğinin kabul edilmesini geciktirmiştir. Bununla birlikte 1920'lerdeki düşük ürün fiyatları ve yüksek ekipman maliyetleri, çiftçilerin gerekli ödemeleri karşılamak için daha fazla arazi ekmelerine neden olmuştur. Tarım için en uygun alanların çoğu hâlihazırda kullanıldığından tarımsal üretim için daha verimsiz alanlar giderek artan bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bunun bir sonucu olarak bu arazilerde genellikle besleyici maddelerin yıkanması ve toprak erozyonu gibi olumsuz durumlar ortaya çıkmıştır. Bu durum bölgede ürün kıtlığı olasılığını artırmış ve dolayısıyla bölgeyi kuraklığa karşı daha savunmasız bir hale getirmiştir. 1930'lu yıllara gelindiğinde kuraklık neredeyse on yıl boyunca tüm bölgeye yayılmıştır. Kuraklığın çeşitli etkileri olsa da, bu etkiler direkt ve çoğunlukla tarımsal üretim üzerinde yoğunlaşmıştır. Birçok ürün yetersiz yağış, yüksek sıcaklık ve sert rüzgâr koşullarına eşlik eden böcek istilaları ve toz fırtınaları nedeniyle zarar görmüştür. Kuraklık sonucu ortaya çıkan bu tarımsal durgunluk, Büyük buhranın yarattığı zorlu koşulların daha da şiddetlenmesine neden olmuştur. Bu ekonomik zararların yanı sıra, evsel ihtiyaçlar için gerekli suya erişimi de kısıtlamıştır. Ayrıca kuraklık koşulları fauna ve flora üzerinde de etkili olmuştur. Kuraklığın etkileri ülke genelinde sosyal dalgalanmalara da yol açmıştır. Örneğin, milyonlarca insan

kuraklığın yaşandığı bölgelerden göç etmiş ve çoğunlukla batıya giderek iş aramışlardır. Bu durum iş için yerel halk ve kuraklıktan etkilenenler arasında bir rekabete neden olmuş ve bu gruplar arasında çatışmalara yol açmıştır. Bununla birlikte göçmenler yardım ve sağlık kuruluşlarının iş yükünü aşırı derecede artırmıştır. Kuraklığın geniş etkileri, olayın Büyük Buhan ile yakın ilişkisi, II. Dünya Savaşı'nın başlamasıyla ekonominin hızla canlanması ve o dönemde kayıpları değerlendirmek için yeterli ekonomik modellerin olmaması bu kuraklık dönemiyle ilişkili doğrudan ve dolaylı maliyetlerin belirlenmesini oldukça zorlaştırmıştır. Ancak Warrick vd. (1980) tarafından yapılan hesaplama ve tahminler kuraklık için hükümetten gelen mali yardımın yaklaşık 1 milyar dolar (1930'ların doları cinsinden) olduğunu göstermiştir (Egan, 2006; URL-3; URL-4).

3. Kuraklığın Tanımlanması

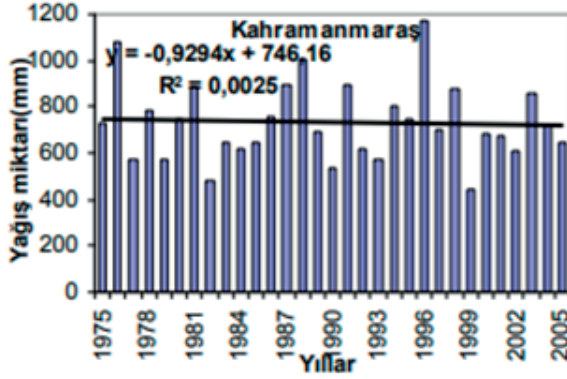
Kuraklığın tanımına geçmeden önce hem kuraklığı daha iyi anlamamıza hem de kuraklığı iklim değişikliği ile ilişkilendirmemize yardımcı olacak bazı terimlerden bahsetmek gerekir. Bunlardan ilki iklimle ilgili tüm süreçleri -ki buna kuraklık da dâhil- içeren atmosferdir. Atmosfer, hem yatay hem de dikey olarak hareket eden ve böylece hava ve iklimde değişikliklere neden olan dünyayı çevreleyen hava örtüsüdür. Güneşten gelen enerjiyi tutmakta, su ve diğer kimyasalların döngüsünü sağlamakta ve ılıman bir iklim sağlamak için elektriksel ve manyetik kuvvetleri kullanmaktadır. Atmosfer ayrıca dünyayı yüksek enerjili radyasyondan da korumaktadır (Ramamasy ve Baas, 2007). Bunlara ek olarak karalar ve atmosfer arasındaki etkileşim kuraklık koşulları üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Qing vd., 2023).

Hava durumu ise belirli bir yerdeki mevcut atmosfer koşuludur. Sıcaklık, yağış, rüzgâr veya nem gibi değişkenleri içermektedir. Dışarıya bakan herkes yağmurlu, rüzgârlı, güneşli veya bulutlu olup olmadığını görebilmekte ve bir termometreye bakarak veya sadece hissederek ne kadar sıcak olduğunu öğrenebilmektedir. Hava durumu, şu anda olan veya yarın veya çok yakın bir gelecekte olması muhtemel olan şeydir (Ramamasy ve Baas, 2007).

İklime geldiğimizde ise, belirli bir yer veya bölge için "ortalama" hava durumudur. Uzun vadeli ortalamalara dayalı olarak belirli bir alan için tipik hava koşullarını tanımlamaktadır (Ramamasy ve Baas, 2007). Örneğin, yıllık sapmalarla birlikte ortalama olarak Kahramanmaraş'ın Temmuz ayında güneşli, Aralık ayında yağmurlu ve Ocak ayında soğuk olması beklenmektedir (MGM, 2024). Bir bölgenin iklim özelliklerini doğru bir şekilde temsil etmek için bir yeri veya bölgeyi tanımlamaya yardımcı olan 30 yıl veya daha fazla zaman diliminde ölçülmüş tüm istatistiksel hava durumu bilgilerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bir böl-

genin iklimi daima değişiyor olsa da, bu değişiklikler genellikle kendini hemen belirginleştirecek bir zaman ölçeğinde gerçekleşmemektedir. Havanın günden güne nasıl değiştiği gözlemlenebilirken, iklimdeki değişiklikler kolayca tespit edilemezler. Bununla birlikte hava durumu ve iklim benzer parametreleri hesaba katmaktadır. Sıcaklık, nem, bulutluluk, yağış türü ve miktarı, hava basıncı, rüzgâr hızı ve yönü bunlardan en önemlileridir. Hava durumu parametrelerinin birinde meydana gelen değişiklik bölgesel iklimde değişikliklere yol açabilmektedir. Örneğin, ortalama bölgesel sıcaklık önemli ölçüde artarsa, bulutluluk miktarını ve meydana gelen yağışın türünü ve miktarını etkileyebilir. Bu değişiklikler uzun süreler boyunca meydana gelirse, bu parametreler için ortalama iklim değerleri de etkilenecektir. Kısacası bir parametredeki değişiklik diğer parametrelerde değişikliğe neden olmakta ve tüm bu değişiklikler de iklimin değişmesine yol açmaktadır (Ramamasy ve Baas, 2007).

Kuraklığı anlamamız için belki de ilk olarak iklim değişkenliği ve iklim değişikliği arasındaki farkı anlamamız gerekmektedir. İklım değişkenliği, bir bölgedeki herhangi bir iklim parametresinin uzun vadeli ortalamasından farklılaşması anlamına gelmektedir. Bir yerin belirli bir zaman dilimindeki her yıl için iklimi farklıdır. Bazı yıllarda ortalamanın altında yağış olurken, bazılarında ortalama veya ortalamanın üzerinde yağış olmaktadır (Ramamasy ve Baas, 2007). Örneğin, Kahramanmaraş'ın ortalama yıllık yağışı 721,6 mm'dir (MGM, 2024). Ancak bu her yıl bu kadar miktarda yağış meydana geleceği anlamına gelmemektedir. Bu ortalama değerden farklı olarak gerçekleşen yağışlar kuraklık ve taşkın koşullarını temsil etmektedir. Şekil 2 1975'ten 2005'e kadar olan dönemde Kahramanmaraş merkezdeki yıllık yağış miktarlarını göstermektedir (Karabulut ve Cosun, 2009). 721,6 mm'yi ortalama değer olarak ele aldığımızda 1996 yılında ortalamadan çok fazla yağış meydana gelirken, 1999 yılında ise ortalamadan çok düşük miktarda yağış meydana geldiği görülmektedir. İşte yağış miktarındaki bu değişkenlik 1996 yılında taşkın duyarlılığı artarken, 1999 yılında ise kuraklık duyarlılığının arttığı şeklinde yorumlanabilir. Gereкли önlemler alınmamış ise Kahramanmaraş'ta 1999 yılında şiddetli bir kuraklık yaşandığı söylenebilir.

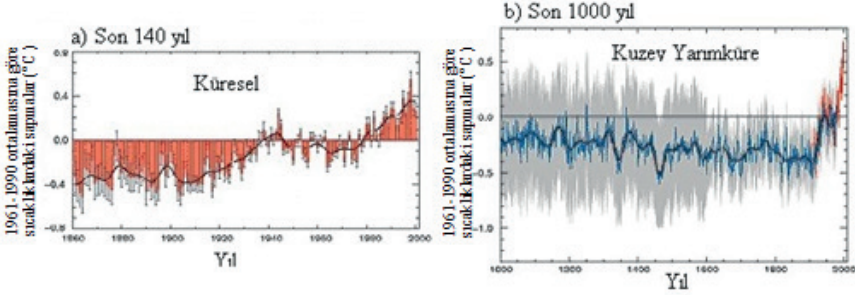


Şekil 2. Kahramanmaraş istasyonuna ait yıllık yağışlar (Karabulut ve Cosun, (2009)'dan alınmıştır)

Bu değişimler, çoğunlukla dünyaya güneşten gelen ısının farklılaşmasının neden olduğu atmosfer ve okyanustaki sirkülasyonlardan kaynaklanmaktadır. Atmosfer ve okyanus dolaşımı üç boyutludur ve her biri diğerini etkilemektedir. Atmosfer okyanustan daha hızlı hareket etmekte, ancak okyanus büyük miktarda ısıyı depolayabilmekte ve bu ısıyı uzun süreler boyunca yavaşça serbest bırakmaktadır. Bu nedenle okyanus bu sirkülasyonda bir hafıza görevi görmektedir. Bu atmosfer-okyanus sirkülasyonları, iklimin mevsimden mevsime veya yıldan yıla değişkenlik göstermesine neden olmaktadır (Ramamasy ve Baas, 2007).

İklim değişikliği, özellikle sıcaklıklarda ve hava durumu desenlerinde uzun vadeli değişimler olarak tanımlanabilir (Ramamasy ve Baas, 2007). Bu değişimler, güneşin aktivitesindeki değişiklikler veya büyük volkanik patlamalar gibi doğal olaylardan kaynaklanabilir (Ramamasy ve Baas, 2007). Ancak 1800'lerden itibaren, insan faaliyetleri, özellikle fosil yakıtların kullanımı, iklim değişikliğinin ana nedeni haline gelmiştir. Yirminci yüzyılda Kuzey yarımkürede yüzey sıcaklığındaki artışın, son 1000 yıldaki herhangi bir yüzyıldan daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 3a ve 3b). İstatistikler küresel ortalama yüzey sıcaklığının $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ arttığını, bir yıldaki sıcak gün sayısının birçok yerde arttığını ve soğuk gün sayısının neredeyse tüm kara alanlarında azaldığını göstermektedir (IPCC, 2001). Sıcaklık değerlerinde meydana gelen bu artış artık yeni ve daha yüksek bir sıcaklık ortalamasının olduğu döneme geçildiğine ve dolayısıyla iklimin değiştiğine işaret etmektedir.

Anlaşıldığı üzere iklim değişikliği ile sıcaklık ortalamasının daha yüksek olduğu yeni normal koşullar oluşmaktadır. İklim değişkenliğinde ise ortalamanın değişmediği, ortalamadan sapma değerinin değiştiği unutulmamalıdır.



Şekil 3. Dünya yüzey sıcaklığındaki değişimler (URL-5)

Tüm bu ön bilgilerden sonra kuraklığın tanımına gelecek olursak kesin olan bir şey varsa o da kuraklığın evrensel bir tanımının olmayışıdır. Bu durumun çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Kuraklık çok sayıda ekonomik sektörü ve sosyal koşulları etkilediğinden çeşitli disiplinler tarafından çok sayıda tanım geliştirilmiştir. Bununla birlikte, kuraklık dünyanın neredeyse tüm bölgelerinde, her türlü ekonomik sistemde ve tüm gelişmişlik düzeylerinde meydana geldiğinden kuraklığı tanımlamak için benimsenen yaklaşımlar bölgesel ve subjektif farklılıklar içermektedir (Wilhite 1992). Ayrıca kuraklığın etkileri toplumların farkındalık düzeylerine bağlı olarak mekânsal ve zamansal olarak da farklılık göstermektedir. Kuraklığın büyük ölçüde iklim rejiminin bir parçası olması, zaten bölgesel olarak farklı tanımlanmasını da gerektirmektedir (Wilhite ve Glantz, 1985).

Kuraklık tanımlarını genel olarak kavramsal ve operasyonel olarak iki grup altında toplamak mümkündür (Wilhite ve Glantz 1985). Kavramsal tanımlar sözlük işlevine sahip olup, kuraklık kavramının sınırlarını tanımladıkları için genel bir çerçeve çizmektedirler. Örneğin, İklim ve Hava Durumu Ansiklopedisi'nde kuraklık, bir bölgenin istatistiksel olarak uzun dönemli ortalamasına göre yetersiz yağışın olduğu bir dönem, bir mevsim, bir veya birkaç yıl olarak tanımlanmaktadır (Schneider, 1996). Tannehill (1947) kuraklığın temel unsurlarını içeren başka bir tanım kullanmaktadır. Kuraklığı bir mevsim veya daha uzun bir zaman dilimine yayıldığında insan faaliyetlerinin taleplerini karşılamaya yetmeyerek ekonomik, sosyal ve çevresel etkilere neden olan beklenen veya normalden eksik yağış koşulları olarak tanımlamaktadır. Dünya meteoroloji örgütü (WMO) kuraklığı yağış eksikliğinin geniş bir alanda ve bir aydan daha fazla bir zaman periyodunda belirli bir eşik değerinin altında seyretmesi ile karakterize edilen anormal derecede kuru bir hava dönemi olarak tanımlamaktadır (WMO, 2020). Dünya sağlık örgütüne (WHO) göre ise kuraklık, dünyanın herhangi bir yerinde doğal iklim döngüsünde meydana gelebilecek uzun süreli yağışsız bir dönemdir (URL-6). Dünya gıda ve tarım örgütüne (FAO) baktığımızda, kuraklığın bir bölgedeki yağışın uzun yıllık ortalamasına

kıyasla yetersiz olması ile bazı etkinlikler, gruplar veya çevre için su sıkıntısına neden olduğu bir mevsim, bir yıl veya birkaç yıl gibi uzun bir dönem şeklinde tanımlandığı görülmektedir (FAO, 2003; FAO,2018). Hükümetlere arası iklim değişikliği paneline göre kuraklık ciddi bir hidrolojik dengesizliğe yol açacak kadar uzun süren anormal derecede kuru hava dönemidir (IPCC, 2012). Bunlara ek olarak kuraklık Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Mücadele Sözleşmesi'nde (BMÇSS) “yağışın ortalama düzeyinin oldukça altında olduğunda ortaya çıkan ve arazi kaynakları üretim sistemlerini olumsuz biçimde etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal oluşumlu bir olay” şeklinde tanımlanmaktadır (UNCCD, 1995; Türkes, 2012). Kuraklığın tanımı sadece kurum ve kuruluşlara göre farklılıklar göstermemekte aynı zamanda insanların olaya bakış açlarına göre de çeşitlilik göstermektedir.

Bir çiftçi için kuraklık, yetiştirdiği ürünleri etkileyen bir nem eksikliği dönemidir. Çünkü iki hafta boyunca yağış olmaması bile büyüme döngüsünün belirli dönemlerinde birçok ürünü strese sokabilir. Bir meteorolog için kuraklık sadece yağışın normalden az olduğu uzun bir dönemdir. Su kaynakları ile ilgili bir yönetici için kuraklık, suya erişimi ve su kalitesi üzerinde etkili olan su teminindeki bir eksikliklerdir. Bir su bilimci için ise yağış ve akışlardaki uzun süreli bir azalma dönemidir (URL-7). Anlaşıldığı üzere tüm bu kavramsal tanımlar kuraklık hakkında genel bir fikir sunmaktadırlar. Bununla birlikte, kavramsal tanımlar kuraklık politikalarının oluşturulmasında da önemli olabilmektedir. Örneğin Avustralya'da kuraklık politikası kuraklık tanımına normal iklim değişkenliği anlayışını dâhil etmektedir. Böylece çiftçilere sadece, kuraklık koşulları normal risk yönetiminin bir parçası olarak kabul edilebilecek koşulların ötesine geçtiği istisnai kuraklık koşulları altında mali yardım sağlanmaktadır. Bu istisnai kuraklık koşullarının oluşup oluşmadığı bilim odaklı değerlendirmelere göre belirlenmektedir. Bu politika ile daha önceki eksik ve çiftçiler tarafından daha az anlaşılabilir olan kuraklık politikası nedeniyle yarı kurak Avustralya iklimindeki bazı çiftçilerin her birkaç yılda bir kuraklık yardımı talep etmelerinin önüne geçilmiştir (URL-8).

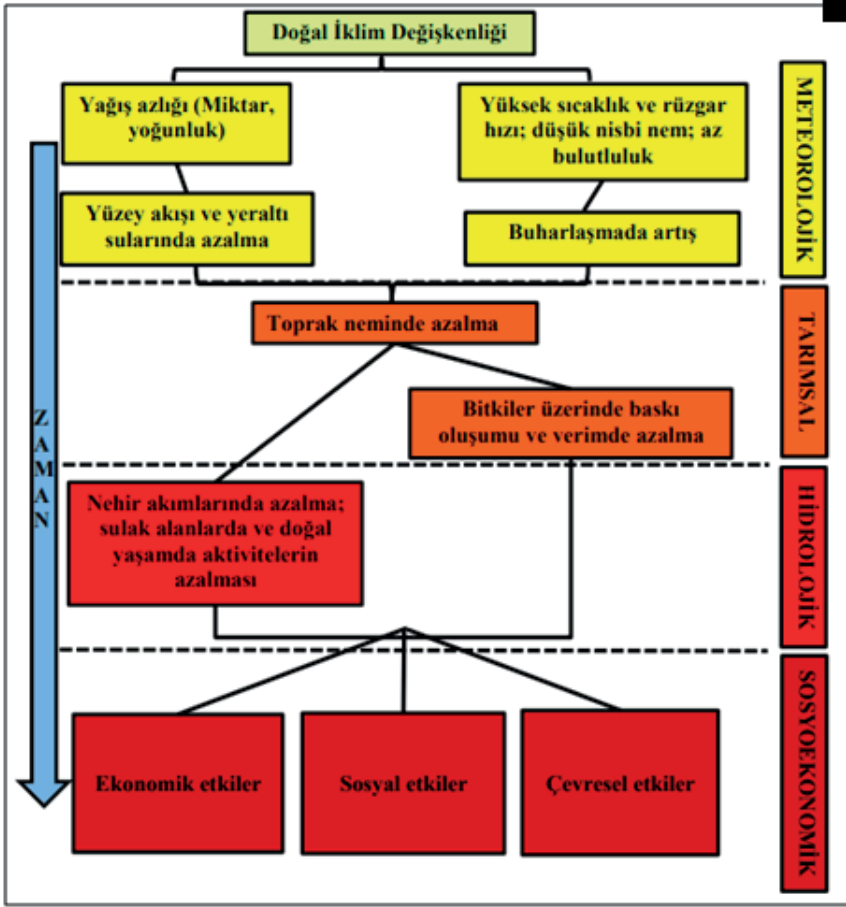
Diğer taraftan, operasyonel tanımlar kuraklıkların başlangıcını, şiddetini, sonunu ve kuraklığın nasıl işlediğini tanımlamaya yardımcı olmaktadır. Kuraklığın tüm koşullara uygulanabilen tek bir operasyonel tanımı yoktur. Politikacıların, kaynak planlama sorumlularının ve diğer ilgililerin diğer doğal afetlere göre kuraklığı tanıma ve planlama konusunda daha fazla sorun yaşamaları bu durumdan kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte artık çoğu kuraklık yöneticisi su tasarrufu ve diğer müdahalelerini ne zaman devreye sokacaklarını belirlemek için matematiksel indislerden faydalanmaktadır. Operasyonel tanımlar kuraklığın başlangıcını belirlemek için belirli bir zaman dilimindeki yağış ortalamasından veya başka bir ik-

lim değışkeninden sapma derecesini belirtmektedir. Bu genellikle mevcut durumun uzun yıllık tarihsel ortalamayla -ki genellikle 30 yıllık bir kayıt dönemi- karşılaştırılmasıyla belirlenmektedir. Bir kuraklığın başlangıcı olarak tanımlanan eşik (örneğin, belirli bir zaman dilimindeki ortalama yağışın %75'i) genellikle bu eşik ile kuraklığın belirli etkileri arasındaki kesin ilişkilere dayanarak değil, biraz keyfi olarak belirlenmektedir. Tarımsal kuraklığın operasyonel bir tanımı, toprak suyundaki azalma oranını belirlemek için günlük yağışı buharlaşma-terleme oranlarıyla karşılaştıran ve ardından bu ilişkileri kuraklığın çeşitli fenolojik gelişim aşamalarında bitki davranışı üzerindeki etkileri açısından ifade eden bir tanım olabilir. Bu tür bir tanım, büyüme mevsimi boyunca meteorolojik değışkenleri, toprak nemini ve ürün koşullarını izleyerek kuraklık şiddetinin ve etkilerinin operasyonel bir değerlendirmesinde kullanılabilir ve bu koşulların nihai verim üzerindeki potansiyel etkisi sürekli olarak yeniden değerlendirilebilir (Wilhite, 2000b).

Operasyonel tanımlar, belirli bir dönem için kuraklık sıklığını, şiddetini ve süresini analiz etmek için de kullanılabilir. Ancak bu tür tanımlar, göz önünde bulundurulmuş tanımın niteliğine bağlı olarak saatlik, günlük, aylık veya diğer zaman ölçeklerinde hava durumu verileri ve kuraklığın etkilerine ilişkin verileri (örneğin, ürün verimi) gerektirmektedir. Bir bölge için kuraklığın iklimsel davranışını belirlemek kuraklığın karakteristiklerini ve çeşitli şiddet seviyelerindeki tekrarlanma olasılıklarını daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır. Bu tür bilgiler, kuraklığa karşı verilecek tepki ve zarar azaltma stratejilerinin ve kuraklığa karşı hazırlıklı olmak için yapılacak planların geliştirilmesinde son derece faydalıdır (URL-8).

4. Kuraklık Türleri

Kuraklık en yaygın olarak kullanılan sınıflandırmaya göre 4 türe ayrılmaktadır (Şekil 4). Bunlar meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak adlandırılmaktadır (Wilhite ve Glantz, 1985; Dursun ve Babalık, 2021).



Şekil 4. Kuraklık türleri

Meteorolojik kuraklık genellikle belirli bir zaman diliminde meydana gelen ortalama yağışın aynı zaman dilimine ait uzun vadeli istatistiksel ortalamadan sapması olarak ifade edilmektedir. Bu kuraklığın ilk göstergeleri meteorolojik ölçümlerdir.

Tarımsal kuraklık, belirli bir zamanda belirli bir ürünün ihtiyaçlarını karşılayacak kadar toprak nemi olmadığında ortaya çıkmaktadır (Wilhite, 2000; FAO, 2017). Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklık ile hidrolojik kuraklık dönemleri arasında meydana gelmektedir. Tarım genellikle kuraklıktan etkilenen ilk ekonomik sektör olmaktadır. Sulama birlikleri ve çiftçiler, tarımsal kuraklığın etkilerine önemli ölçüde maruz kalmaktadırlar. Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklığın tarımsal üretimi de etkileyen çeşitli özellikleri ile ilişkilendirilebilmektedir. Yağış azlığı, potansiyel buharlaşma, toprak su açığı, azalan yeraltı suyu veya rezervuar seviyeleri

tarımsal kuraklığa neden olan bu özelliklerden bazılarıdır. Bunlara ek olarak bitki su isteği hâkim hava koşullarına, bitkilerin biyolojik özelliklerine, büyüme aşamasına ve toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerine de bağlıdır ve bu özellikler de tarımsal kuraklık üzerinde etkilidir (Wilhite, 2000; FAO, 2017).

Hidrolojik kuraklık, yüzey ve yeraltı su kaynaklarındaki eksilmeleri ifade etmektedir. Hidrolojik kuraklığı ölçmek için akarsuların akım değerleri veya göl, rezervuar ve yeraltı suyu seviyeleri dikkate alınmaktadır. Yağışlarda meydana gelen azalma ile akarsular, nehirler, göller ve rezervuarlardaki suyun azalması aynı zamanda gerçekleşmemektedir. Bir gecikme söz konusudur. Bu nedenle meteorolojik ölçümler hidrolojik kuraklığın ilksel göstergeleri olamazlar. Yağış ancak uzun bir süre boyunca azaldığında veya eksik olduğunda bu durum yüzey ve yeraltı su seviyelerine yansımaktadır. Hidrolojik kuraklık doğal bir olgudur, ancak insan faaliyetleri tarafından daha da şiddetlendirilebilmektedir. Arazi kullanımındaki değişiklikler ve arazi bozunumu gibi faktörler hidrolojik kuraklıkların büyüklüğünü ve sıklığını etkileyebilmektedir (Wilhite, 2000; FAO, 2017).

Sosyoekonomik kuraklık fiziksel su kıtlığının insanları bireysel ve toplu olarak etkilemeye başladığında ortaya çıkmaktadır. Sosyoekonomik kuraklık tanımları meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık unsurlarıyla ve bazı ürün ve hizmetlerin arz ve talebiyle ilişkilidir. Sosyoekonomik kuraklık diğer kuraklık türlerinden farklıdır. Çünkü bu kuraklığın oluşumu arz ve talep süreçlerine ve dolayısıyla insan faaliyetlerine de bağlıdır. Sosyoekonomik kuraklık su, yem, tahıl, su ürünleri ve hidroelektrik enerjisi gibi ekonomik bir mala olan talebin, su temininde hava durumu ile ilgili bir eksiklik sonucunda karşılanamaması ve bunun bir sonucu olarak sosyal ve ekonomik etkilere yol açması durumunda oluşmaktadır (Wilhite, 2000; FAO, 2017).

Genel olarak bu dört kuraklık tipinden bahsedilmesine rağmen, yeraltı suyu kuraklığı da ayrı bir kuraklık tipi olarak düşünülmektedir. Bu nedenle yer altı suyu kuraklığından da kısaca bahsetmek gerekir. Yeraltı suyu sistemleri kuraklıktan etkilendiğinde, önce yeraltı suyuna olan akış azalmakta ve daha sonra yeraltı suyu seviyeleri ve yeraltı suyu akış miktarları düşmektedir. Bu tür kuraklıklara yeraltı suyu kuraklığı denilmekte ve meydana gelmesi genellikle aylar veya yıllar almaktadır. Yeraltı suyu için kullanılabilir toplam su miktarını belirlemek zordur. Ancak yeraltı suyunun tamamı tükenmeden çok zaman önce azalmanın etkileri hissedilebilmektedir. Bu nedenle, yeraltı suyu kuraklığı çoğu zaman yeraltı suyu seviyesindeki düşüşle belirlenebilmektedir. Bununla birlikte yer altı suyu kuraklığını belirlemek için yeraltı suyu miktarı, yeraltı suyuna akış veya yer altı suyu akışı gibi parametreler kullanılabilir. Diğer kuraklık türleri gibi, yeraltı suyu kuraklığı da yüksek buharlaşma ile birlikte düşük

yağıştan kaynaklanmaktadır. Yağış eksikliği toprak nemliliğinin düşmesine neden olmakta ve bu da yer altı suyunu besleyen akışların azalmasına yol açmaktadır. Yağıştaki bu eksiklik hidrolojik sistem boyunca yayılarak hidrolojik sistemin farklı bölümlerinde kuraklığa neden olmaktadır. Bu durum ise yeraltı suyu sistemlerinin kuraklıklara karşı vereceği tepkileri ve kuraklık koşulları altındaki işlevlerini giderek daha önemli hale getirmektedir. Yeraltı suyu kuraklığının bir diğer nedeni de doğal olarak oluşan kuraklık koşulları altında yeraltı sularının kullanımı veya yer altı sularının aşırı tüketilmesidir. Yeraltı suyu kuraklığının çeşitli sonuçları bulunmaktadır. Direkt sonuçlarından en başta geleni yeraltı suyu azaldığından su basıncının azalması ve dolayısıyla yeraltı sularından dere kenarı alanlarına (riperian zones), kaynak sularına ve akarsulara olan akışın azalmasıdır. Yüzeye daha yakın yer altı sularının bulunduğu alanlarda ise kapılar yükselme azalabilmekte ve bu durum sulak alanları ve bitki örtüsünü olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Ayrıca su kuyularının verimi azalabilmekte ve hatta sığ kuyular kuruyabilmektedir (Mishra ve Singh, 2010).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin altıncı değerlendirme raporunda yeni bir kuraklık türü olarak ekolojik kuraklıktan söz edilmektedir. Crausbay vd. (2017) kuraklığın ekosistemler üzerindeki etkilerini ekolojik kuraklık olarak adlandırmış ve onu ekosistemleri kırılganlık eşiklerinin ötesine taşıyan, ekosistem hizmetlerini etkileyen ve doğal veya insani sistemler üzerinde olumsuz geri dönüşleri olan belirli bir bölgedeki su mevcudiyetindeki dönemsel bir azalma olarak tanımlamışlardır (Raheem vd., 2019). Sürekli toprak nem açığı koşullarından kaynaklanan tarımsal kuraklıklardan farklı olarak, ekolojik kuraklıklar ekosistemlerdeki su kıtlığına odaklanmaktadır. Tarımsal kuraklıkta belirli bir mahsul (mısır veya buğday) için büyüme dönemindeki su eksikliği olgusuna değinilirken, ekolojik kuraklıkta ise ekosistemdeki olumsuz geri bildirimlerden kaynaklanan bitki örtüsündeki kısıtlanmış büyüme ve gelişmeye değinilmektedir (Wang vd., 2023). Ekolojik kuraklık, kuraklığın ekolojik, iklimsel, hidrolojik, sosyoekonomik ve kültürel boyutlarını bütünleştirmektedir (Crausbay vd., 2017). Ekolojik kuraklığın etkilerine örnek olarak şunlar verilebilir:

- Bir mevsim boyunca veya kalıcı olarak bitki büyümesinin azalması.
- Yerel türlerin azalması veya yok olması.
- Ormanların diğer arazi kullanımlarına dönüşümü gibi toprağın su tutma kapasitesini azaltabilecek arazi kullanımı değişimleri.
- Tatlı su ekosistemlerinin akış rejimlerindeki, su sıcaklığındaki ve su kalitesindeki değişimler sonucu balık ölümleri, rekreasyon potansiyelinin azalması ve hidroelektrik üretiminin azalması (URL-9).

Bunlara ek olarak, kuraklıklar sürelerine göre de gruplara ayrılabilir. Bu durumda kalıcı, mevsimsel ve rastlantısal kuraklıktan bahsedilmektedir. Kalıcı kuraklık, tarımsal üretimin tüm ekim sezonu boyunca yalnızca sulama ile gerçekleştirilebildiği çöl ikliminin bir özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte mevsimsel kuraklık yağmurlu ve kuru dönemlerin yaşandığı kurak ve yarı kurak iklimlerde görülürken, rastlantısal kuraklık nemli veya yarı nemli iklime sahip çoğu bölgede meydana gelebilmektedir. Rastlantısal kuraklık genellikle kısa ve düzensiz bir anormal yağış eksikliğinin sonucudur ve çoğu zaman yalnızca küçük bir alanı etkilemektedir (FAO, 2018).

Kuraklık türlerinin başlama ve gelişme aşamalarında görülen farklılıklar kuraklığın sonlanma aşamasında da görülmektedir. Kuraklık başlangıcında, tarım genellikle kuraklığı deneyimleyen ilk sektör olmaktadır. Çünkü normal koşullarda hidrolojik sistemin ilk etkilenen bileşeni toprak nemi olmaktadır. Ancak yağmurlar geri döndüğünde, toprak nem seviyeleri önemli ölçüde iyileşebilmekte ve bu kısa bir zaman diliminde gerçekleşmektedir. Bu nedenle, özellikle yağmurla beslenen tarım arazilerinde tarımsal kuraklık aniden sona erebilmektedir. Bununla birlikte, potansiyel ürün verimlerinin eski haline dönebilmesinin yağmurların geri dönüş zamanına da bağlı olduğu unutulmamalıdır. Rezervuarların ve yeraltı suyunun yeniden beslenmesi uzun bir süreç olduğundan hidrolojik kuraklığın sona ermesi aylarca veya yıllarca sürebilir. Örneğin, Missouri Nehri havzasında 1987 ile 1992 yılları arasında yaşanan bir dizi şiddetli kuraklık yılını takiben rezervuarların yeniden normal seviyelere gelebilmesi için havzada dört ila beş yıl boyunca normal yağış koşullarının olması gerektiği tahmin edilmiştir (Wilhite, 2000b).

5. Kuraklık Karakteristikleri

Kuraklıklar üç temel özellikleri bakımından birbirilerinden farklılaşmaktadır. Bu özellikler yoğunluk, süre ve mekânsal kapsamdır (etki alanı). Yoğunluk, yağış eksikliğinin derecesini ve/veya eksiklikle ilişkili etkilerin şiddetini ifade etmektedir. Yoğunluk, genellikle bir iklim indisinin normalden sapmasıyla ölçülür ve kuraklığın etkisinin belirlenmesinde süreyle yakından ilişkilidir. Bu normalden sapmayı belirlemek için çeşitli indisler bulunmakla birlikte, kuraklığın yoğunluğunu hesaplamak için yaygın olarak kullanılan en basit indis normalin yüzdesidir. Bu indis ile gerçek yağışın göz önünde bulundurulmuş döneme ilişkin ortalama yağışın yüzde olarak ne kadarına tekâmül ettiği hesaplanarak kuraklığın yoğunluğu belirlenmektedir. Kuraklığın bir diğer ayırt edici özelliği süredir. Kuraklıkların yerleşmesi genellikle en az iki ila üç ay sürmekte ancak daha sonra aylarca veya yıllarca sürebilmektedir. Kuraklığın etkilerinin büyüklüğü süre arttıkça artmakla birlikte bu süre içerisindeki yağış eksikliğinin başlama zamanı ve yoğunluğu da bu etki üzerinde rol oynamaktadır. Örneğin 5 yıl

süren bir kuraklık olayında yağışın eksikliği dolayısıyla klasik anlamda kuraklıkların yaşandığı yıllara ek olarak yağışın normalin üzerinde olmasına rağmen yağışın zamansal dağılımı nedeniyle tarımsal kuraklığın olduğu yıllar da olabilmektedir. Bununla birlikte yağışın ortalamadan az olmasına rağmen yağışın zamansal dağılımınının dolayı tarımsal etkilerin çok düşük seviyelerde olduğu yıllar da görülebilmektedir. Dolayısıyla kuraklığın süresi ile birlikte diğer faktörlerin de hesaba katılması gerekmekte, sadece süre göz önünde bulundurularak yapılacak değerlendirmeler yanıltıcı olabilmektedir. Kuraklıklar, etkilediği alanların büyüklüğüne göre de farklılık göstermektedir. Şiddetli kuraklıktan etkilenen alanlar kademeli olarak evrimleşmekte ve böylece kuraklığın en yoğun olduğu bölgeler mevsimden mevsime değişmektedir. Kuraklık Brezilya, Çin, Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri veya Avustralya gibi alansal olarak daha büyük ülkelerde nadiren tüm ülkeyi etkilemektedir. Diğer taraftan, kuraklık bu ülkelerin bir kısmında hemen hemen her yıl yaşanmaktadır. Bu nedenle, bu gibi ülkeler su kıtlığıyla başa çıkmaya daha alışkınlardır ve tepkisel de olsa kuraklığa karşı bir yanıt verme altyapısına sahiplerdir. Alansal olarak daha küçük ülkelerde ise kuraklıklar daha çok büyük ölçekli anormalliklerden kaynaklandığı için ülkenin tamamının etkilenme olasılığı çok daha yüksektir (Wilhite, 2000b).

6. Sonuçlar

Akadlar örneği kuraklığı sadece kurak bölgelerin sorunu olarak değil en verimli alanlarda da meydana gelebilecek bir tehdit olarak görmek gerektiğini açıkça göstermektedir. Öte yandan Suriye örneğinde kuraklığın sinsi gelişimini, sürekli olarak izlenmesi gereken bir tehlike olduğunu ve sosyolojik dengeleri bozarak iç çatışmaları tetikleyebilecek potansiyele sahip olduğunu anlıyoruz. Amerika Birleşik Devletleri örneğinde ise tarımla ilgili kadim bilgilerin önemini ve doğanın tepkilerine kulak vermeyen uygulamaların ve yanlış arazi politikalarının kuraklık koşulları ile birleşmesi sonucunda çok geniş alanlarda ekonomik, ekolojik ve sosyolojik açıdan çok büyük zararlara yol açabileceği görülmektedir. Tüm bu olaylar kuraklığın sadece yağışların ortalamadan daha az olması şeklinde tanımlanabilecek basit bir meteorolojik olgu olmadığını göstermektedir. Kuraklık, çok boyutlu sonuçları olan bir afettir. Bu çok boyutluluğun bir gerekliliği olarak; kuraklık sadece bir disiplini veya toplumun belirli bir kesimini değil, birçok disiplini ve neredeyse toplumun tamamını ilgilendiren bir afettir. Dolayısıyla bu ortak sorun hakkında bilgi düzeyinin ve farkındalığın artırılması toplumun bu sorun üzerinde ortak kararlar almasına ve bu sorunla ilgili çözümler sunmasına katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Ahmadi, B. and Moradkhani, H. (2019). Revisiting hydrological drought propagation and recovery considering water quantity and quality. *Hydrological Processes*, 33: 1492–1505. <https://doi.org/10.1002/hyp.13417>
- Allen, P.M., Harmel, R.D., Dunbar, J.A., Arnold, J.G. (2011). Upland contribution of sediment and runoff during extreme drought: A study of the 1947–1956 drought in the Blackland Prairie, Texas. *Journal of Hydrology*, Volume 407, Issues 1–4, Pages 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.04.039>.
- Aydın, M. ve Demirci, K. (2024). Farklı Arazi Kullanımlarının Yüzeysel Akış Üzerindeki Etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10 (2), 43-54. <https://doi.org/10.58626/menba.1512028>
- Bryant, E.A. (1991). *Natural Hazards*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Crausbay, S. D., Ramirez, A. R., Carter, S. L., Cross, M. S., Hall, K. R., Bathke, D. J., Betancourt, J. L., Colt, S., Cravens, A. E., Dalton, M. S., Dunham, J. B., Hay, L. E., Hayes, M. J., McEvoy, J., McNutt, C. A., Moritz, M. A., Nislow, K. H., Raheem, N., Sanford, T. (2017). Defining Ecological Drought for the Twenty-First Century. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(12), 2543-2550. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0292.1>
- CRED and UNISDR (2018). *Economic losses, poverty & disasters: 1998–2017*, available at: https://www.unisdr.org/files/61119_credeconomiclosses.pdf.
- Dursun, İ., Babalık, A.A. (2021). De Martonne-Gottman ve Standart Yağış İndeksi yöntemleri kullanılarak kuraklığın belirlenmesi: Isparta ili örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3): 192-201. <https://doi.org/10.18182/tjf.944195>
- Egan, T. (2006). *The worst hard time: the untold story of those who survived the great American dust bowl*. 1st Mariner Books ed. Boston, Houghton Mifflin Co.
- FAO, (2003). *Drought*. FAO Land & Water. Rome. 4 pp. <http://www.fao.org/docrep/017/aq191e/aq191e.pdf>
- FAO, (2017). *Drought characteristics and management in Central Asia and Turkey*. FAO Water Reports 44, Land and Water Division. Rome.
- FAO, (2018). *Drought risk management planning guidelines Western Balkan region. Enhancement of Disaster Risk Reduction and Management (DRRM) capacities and mainstreaming Climate Change Adaptation (CCA) practices into the Agricultural Sector in the Western Balkans (TCP/RER/3504)*. Budapest.
- Gao, X., Schlosser, C.A., Fant, C., and Strzepek, K. (2018). The impact of climate change policy on the risk of water stress in southern and eastern Asia. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064039. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaca9e>
- Giakoumakis, S.G. and Tsakiris, G.P. (1997). *Meteorological Drought Effect on*

- Sediment Yield. *Water Resources Management*, 11, 365–376. <https://doi.org/10.1023/A:1007955814986>
- Greve, P., Kahil, T., Mochizuki, J., Schinko, T., Satoh, Y., Burek, P., Fischer, G., Tramberend, S., Burtscher, R., Langan, S., and Wada, Y. (2018). Global assessment of water challenges under uncertainty in water scarcity projections. *Nature Sustainability*, 1(9), 486–494. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0134-9>
- Huang, Z., Yuan, X., Liu, X. (2021). The key drivers for the changes in global water scarcity: Water withdrawal versus water availability, *Journal of Hydrology*, Volume 601, 126658, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126658>.
- IPCC, (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC, (2012). *Glossary of terms*. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., 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, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 555-564
- Kallis, G. (2008). Droughts. *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 33:85-118. <https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.33.081307.123117>
- Karabulut, M. ve Cosun, F. (2009). Kahramanmaraş ilinde yağışların trend analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(1), 65-83. https://doi.org/10.1501/Cogbil_00000000095
- Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R., Kushnir, Y. (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112 (11) 3241-3246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112>.
- Kogan, F.N. (1997). Global drought watch from space. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 78, 621–636.
- Liu, X., Tang, Q., Liu, W., Veldkamp, T.I.E., Boulange, J., Liu, J., et al. (2019). A spatially explicit assessment of growing water stress in China from the past to the future. *Earth's Future*, 7: 1027–1043. <https://doi.org/10.1029/2019EF001181>
- Lloyd-Hughes, B. (2014). The impracticality of a universal drought definition. *Theor Appl Climatol* 117, 607–611. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1025-7>
- MGM, (2024). Kahramanmaraş ili için iklim verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Mishra, A.K. and Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hyd-*

- rology, Volume 391, Issues 1–2, Pages 202-216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>.
- Mishra, A.K., Singh, V.P. (2011). Drought modeling – A review. *Journal of Hydrology*, Volume 403, Issues 1–2, Pages 157-175. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.049>
- Öz, Y. ve Göl, C. (2021). Yarı kurak ve tuzlu/jipsli alanlarda farklı arazi hazırlığı yöntemlerinin fidan gelişimine etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 8 (2), 146-156. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.870211>
- Pacheco-Treño, S. and Manzano-Camarillo, M.G.F. (2024). Review of water scarcity assessments: Highlights of Mexico's water situation. *WIREs Water*, 11(4), e1721. <https://doi.org/10.1002/wat2.1721>
- Qing, Y., Wang, S., Yang, ZL. et al. (2023). Soil moisture–atmosphere feedbacks have triggered the shifts from drought to pluvial conditions since 1980. *Commun Earth Environ*, 4, 254. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00922-2>
- Raheem, N., Cravens, A.E., Cross, M.S. et al. (2019). Planning for ecological drought: Integrating ecosystem services and vulnerability assessment. *WIREs Water*. 6:e1352. <https://doi.org/10.1002/wat2.1352>
- Ramamasy, S. and Baas, S. (2007). Climate variability and change: adaptation to drought in Bangladesh. A resource Book and Training Guide. Case Study 9. Institutions for Rural Development. ADPC. FAO, 2.
- Rodell, M. and Li, B. (2023). Changing intensity of hydroclimatic extreme events revealed by GRACE and GRACE-FO, *Nature Water*, 1, 241-248, [10.1038/s44221-023-00040-5](https://doi.org/10.1038/s44221-023-00040-5).
- Şahin, Ü. ve Kurnaz, L. (2014). İklim değişikliği ve kuraklık. İstanbul politikalar merkezi. Sabancı Üniversitesi. ISBN: 978-605-4348-89-3. <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200326-02030608.pdf>
- Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clark, D. B., Dankers, R., Eisner, S., Fekete, B. M., Colón-González, F. J., Gosling, S. N., Kim, H., Liu, X., Masaki, Y., Portmann, F. T., Satoh, Y., Stacke, T., Tang, Q., Wada, Y., Wisser, D., Albrecht, T., Frieler, K., Piontek, F., Warszawski, L. and Kabat, P. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(9), 3245–3250. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110>
- Schneider, S.H. (1996). *Encyclopaedia of Climate and Weather*, New York: Oxford University Press.
- Staal, A. et al. (2020). Feedback between drought and deforestation in the Amazon. *Environmental Research Letters*, Volume 15, Number 4. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab738e>
- Tannehill, I.R. (1947). *Drought, its causes and effects*. Princeton University Press,

Princeton, New Jersey.

Türkeş, M. (2012). Kuraklık, çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin ayrıntılı bir çözümlemesi. Marmara Üniversitesi Avrupa Araştırmaları Enstitüsü Avrupa Araştırmaları Dergisi, 20(1), 7-55. <https://doi.org/10.29228/mjes.126>

UNCCD, (1995). The United Nations convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. Text with Annexes'. Geneva:United Nations Environment Programme (UNEP).

URL-1. <https://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity>.

URL-2. <https://drought.unl.edu/dustbowl/>

URL-3. <https://drought.unl.edu/Dustbowl/Home.aspx#Timeline>

URL-4. <https://www.history.com/topics/great-depression/dust-bowl>

URL-5. <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/vol4/index.php?idp=75>

URL-6. https://www.who.int/health-topics/drought#tab=tab_1

URL-7. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/droughts-things-know>

URL-8. <https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/WhatisDrought.aspx>

URL-9. <https://www.drought.gov/what-is-drought/ecologicaldrought#:~:text=E-cological%20drought%20is%20an%20%E2%80%9Cepisodic,2017%20>

USDA, (1994). Major world crop areas and climatic profiles. World Agricultural Outlook Board, US Department of Agriculture. Agricultural Handbook 664, 157–170.

Van Loon, A.F. and Van Lanen, H.A.J. (2013). Making the distinction between water scarcity and drought using an observation-modeling framework. *Water Resour. Res.*, 49, 1483–1502, doi:10.1002/wrcr.20147.

Wang, F., Lai, H., Li, Y., Feng, K., Tian, Q., Guo, W., Zhang, W., Di, D. And Yang, H. (2023). Dynamic variations of terrestrial ecological drought and propagation analysis with meteorological drought across the mainland China. *Science of The Total Environment*, Volume 896, 165314. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165314>.

Warrick, R.A. (1980). Drought in the Great Plains: A case study of research on climate and society in the USA. In J. Ausubel and A.K. Biswas (eds.). *Climatic Constraints and Human Activities*, pp. 93–123. IIASA Proceedings Series, Vol. 10. Pergamon Press, New York.

Weiss, H., Courty, M.A., Wetterstrom, W., Guichard, F., Senior, L., Meadow, R., Curnow, A. (1993). The genesis and collapse of third millennium north mesopotamian civilization. *Science*, 261(5124), 995–1004. <http://www.jstor.org/stable/2881847>

- Wilhite, D.A. (1992). Drought. *Encyclopaedia of Earth System Science*, Vol. 2, pp. 81–92, San Diego, CA: Academic Press.
- Wilhite, D.A. (2000a). Drought: A Global Assessment, Vols. 1 and 2. Routledge, New York, 89-104, 1 and 2, Routledge, New York, pp. 129–448.
- Wilhite, D.A. (2000b). Chapter 1 drought as a natural hazard: concepts and definitions. Drought Mitigation Center Faculty Publications. 69. <http://digital-commons.unl.edu/droughtfacpub/69>
- Wilhite, D.A. and Glantz, M.H. (1985). Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*, 10(3), 111–120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>
- Wilhite, D.A. and Vanyarkho, O. (2000). Drought: pervasive impacts of a creeping phenomenon. *Drought Volume 1: A Global Assessment*, Donald A. Wilhite (Ed.), Routledge, London (2000), pp. 245-255.
- WMO, (2020). Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events. World Meteorological Organization (WMO).
- Woodhouse, C.A. and Overpeck, J.T. (1998). 2000 years of drought variability in the central United States. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 79 (12), 2693–2714.
- Zhang, W., Liang, W., Gao, X., Li, J., Zhao, X. (2024). Trajectory in water scarcity and potential water savings benefits in the Yellow River basin, *Journal of Hydrology*, Volume 633, 130998, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130998>.

”

BÖLÜM 3

Podocarpus macrophyllus var. *maki*
Siebold & Zucc. ÇELİKLERİNİN
KÖKLENDİRİLMESİNDE
FARKLI ORTAM SICAKLIKLARI
İLE FİTOHORMON
UYGULAMALARININ ETKİLERİ

Deniz GÜNEY¹, Ali BAYRAKTAR², İbrahim TURNA³

1 Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, d_guney@ktu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-7222-6162.

2 Dr. Öğr. Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, alibayraktar@ktu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-8420-7089.

3 Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, turna@ktu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4408-1327.

Giriş

Podocarpaceae Endl. familyası, antik süper kıta Gondwana'ya özgü olup Antarktika flora topluluğunun klasik bir üyesidir (Quinn ve Price, 2003). Bu familya, 20 cins ve 193 tür iğne yapraklı ağaç ve çalıdan oluşmaktadır (Marinho vd., 2016; WFO, 2024). Podocarpaceae familyasına ve *Podocarpus* L'Hér. ex. Pers. cinsine ait bir gymnosperm olarak sınıflandırılan *Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) Sweet türünün kökeni Çin ve Japonya'dır (Lorenzi ve Souza, 2013). Bu familyaya ait ilgi çekici türler arasında yer alan *P. macrophyllus*, sahip olduğu süs bitkisi vasfı ile peyzaj çalışmalarında öne çıkmaktadır (Menegusso vd., 2021). Türün eşeyli olarak çoğaltılmasındaki tohum elde etme zorluğu, fidan üretiminde düzensizliğe yol açmaktadır. Bu türün fidanlarının sürekli olarak üretilebilmesi için çeliklerle eşeysiz (vejetatif) çoğaltma önemli bir alternatiftir (Farjon, 2010; Lorenzi ve Souza, 2013). Ancak, *P. macrophyllus* gibi koniferlerin çeliklerle vejetatif yolla üretiminde de köklenme sorunları ortaya çıkabilmekte (Enright ve Jaffré, 2010; Ragonezi vd., 2010) olup, fidan üretimi için çoğaltma teknikleri tam olarak bilinmemektedir (Tognon ve Cuquel, 2016). Buradan hareketle, peyzaj çalışmalarındaki yeri ve üretiminde yaşanan zorluklar nedeniyle türün en uygun çoğaltma tekniklerinin araştırılması önem arz etmektedir.

Çelikle üretim, bitkinin son yıllık sürgününden alınan bir dal parçasının adventif kökler geliştirmesi için nemli bir köklendirme ortamına yerleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Kısa sürede tek bir bitkiden büyük miktarda fidan elde edebilmeyi mümkün kılan, düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir bir tekniktir (Fachinello vd., 2005; Hossain vd., 2019). Ayrıca, gövde çelikleriyle yapılan vejetatif üretme; ana bitki özelliklerinin korunmasına ek olarak bitkilerin hızlıca çiçek ve meyve üretmesi ile yüksek çoğalma oranı sağlaması gibi birçok avantaj sunan etkili bir yöntemdir (Nadeem vd., 2000; Raju ve Prasad, 2010; Saumya vd., 2014). Ancak, üretilecek türler genetik olarak düşük köklenme potansiyeli gösterdiğinde uygulanamaz hale gelebilir (Fachinello vd., 2005).

Çeliklerin köklenmesini etkileyebilecek faktörler arasında ana bitkinin fizyolojik durumu ve yaşı, çelik türü ve toplama zamanı gibi iç faktörler yer alırken, dış faktörler arasında sıcaklık, ışık, nem, alttan ısıtma ve köklendirme ortamı vb. bulunmaktadır. Lignifikasyon derecesi, rezerv miktarı, genotip ve ana bitkinin sağlık durumu da köklenmeyi etkileyebilmektedir. Ayrıca, çeliklerin köklenme yeteneğini artırmak için fitohormon (bitki büyüme düzenleyicileri) da kullanılmaktadır (Hartmann vd., 2011; Gehlot vd., 2014; Hossain vd., 2019). Oksinler, bitkilerde büyüme ve gelişim süreçlerini düzenleyen en önemli fitohormon gruplarından biridir (Çetin, 2002; Grunewald vd., 2009). Bu hormonlar, kök oluşumunda kritik bir rol oynayarak (Davis vd., 1989; De Klerk vd., 1999), hem köklenme-

nin başlamasını hem de yeni oluşan köklerin büyümesini desteklemektedir (Nordström vd., 1991; Nag vd., 2001). Buna ek olarak, çelikle üretimdeki kullanımları ile köklenme yüzdesinin, kök sayısının ve kök kalitesinin artırılması amaçlanmaktadır (Macdonald, 1987; Fachinello vd., 2005). En yaygın kullanılan oksin olan indol-3-bütirik asit (IBA) fotostabil, lokalize, kalıcı, geniş bir konsantrasyon aralığında toksik olmayan ve biyolojik etkiyle parçalanmayan bir hormondur. Ayrıca, bu hormon çelikte zayıf bir şekilde hareketli olduğundan uygulama yerinde daha uzun süre kalabilmektedir. İndol-3-asetik asit (IAA) ve α -naftalin asetik asit (NAA) gibi diğer oksinler de çelikle üretimde sıklıkla tercih edilmektedir (Fachinello vd., 2005; Cordeiro vd., 2016).

Bu çalışmanın amacı *Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) Sweet türünün en yaygın varyetelerinden biri olup park ve bahçelerde sıklıkla kullanılan *P. macrophyllus* var. *maki* Siebold & Zucc. için sert çelikler kullanılarak yapılan vejetatif üretimde, farklı köklendirme masası sıcaklıklarının ve oksinlerin köklenme üzerine etkilerini araştırmak ve en uygun üretim koşullarını tespit etmektir.

Materyal ve Yöntem

Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Kanuni Yerleşkesinde bulunan Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasında gerçekleştirilen bu çalışmada, vejetatif üretim yöntemleri arasında yaygın olarak tercih edilen gövde çelikleri ile üretme yöntemi kullanılarak *Podocarpus macrophyllus* var. *maki* Siebold & Zucc. için en uygun köklendirme koşulları araştırılmıştır.

Peyzaj çalışmalarında çokça tercih edilen bu varyetenin üretilmesi amacıyla KTÜ Kanuni Yerleşkesinde yer alan anaç bireyin son yıllık sürgünlerinden mart ayında çelik materyalleri toplanmıştır. Su kaybını en aza indirmek amacıyla materyal toplama işlemi sabah erken saatlerde gerçekleştirilmiş ve bu materyaller soğutucu kaplarla seraya nakledilmiştir. 10-12 cm uzunluğunda hazırlanan sert çelikler aynı gün içinde serada bulunan köklendirme masalarındaki perlit köklendirme ortamlarına dikilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Köklendirme ortamına dikilen *Podocarpus macrophyllus* var. *maki* çelikleri

Çeliklerin köklenmeye tepkilerini araştırmak için sera ortamındaki nem ve sıcaklık düzeylerinin otomasyon sistemiyle kontrol edildiği, ayrıca köklendirme masalarında alttan ısıtma sisteminin bulunduğu teknolojik serada iki farklı ortam oluşturulmuştur. “Sera Ortamı-1” ve “Sera Ortamı-2” olarak adlandırılan bu ortamlardaki hava sıcaklığı $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ olacak şekilde sabitlenirken nem düzeyinin de $\%70\pm 2$ olması sağlanmıştır. Bu iki ortam arasındaki temel farkı köklendirme masası sıcaklıklarının sırasıyla $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmesi oluşturmuştur. Bu sera ortamlarında köklendirme ortamı olarak yüksek havalanma ve su tutma kapasitesinden dolayı perlit kullanılmıştır. Ayrıca, çelikleri köklenmeye teşvik etmek amacıyla oksin grubu fitohormonlardan indol-3-bütirik asit (IBA), indol-3-asetik asit (IAA) ve α -naftalin asetik asit (NAA) tercih edilmiştir. Kontrol çeliklerine ek olarak pudra formunda hazırlanan 3000 ve 5000 ppm dozlarındaki fitohormonlar çalışmanın işlemlerini (kontrol, IBA 3000, IBA 5000, IAA 3000, IAA 5000, NAA 3000 ve NAA 5000 ppm) oluşturmuştur. Çalışma, tesadüfi bloklar deneme desenine göre tasarlanmış olup her işlem üç tekrar ve her tekrarda on çelik içerecek şekilde planlanmıştır. Bu doğrultuda, her sera ortamında 210 çelik olacak şekilde toplamda 420 çelik köklendirme ortamına yerleştirilmiştir.

Çalışmada çeliklerin köklenme süreçleri düzenli olarak yapılan kontrollerle izlenmiş ve ilk kallus ile kök oluşumları bu kontroller sırasında kaydedilmiştir. Köklenme süreci tamamlanan çeliklerden elde edilen köklenme yüzdesi (köklenen çelik sayısının toplam çelik sayısına bölümünün yüzdesel karşılığı), kallus yüzdesi (yalnızca kallus oluşturan çelik sayısının toplam çelik sayısına bölümünün yüzdesel karşılığı), kök boyu (en uzun ana kök boyu) ve kök sayısı (toplam ana kök sayısı) verileri, IBM SPSS Statistics 27 programı ile analiz edilmiştir. Farklı sera ortamlarının, fitohormonların ve sera ortamı × fitohormon etkileşiminin köklenme yüzdesi, kallus yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla varyans analizi (univariate) uygulanmıştır.

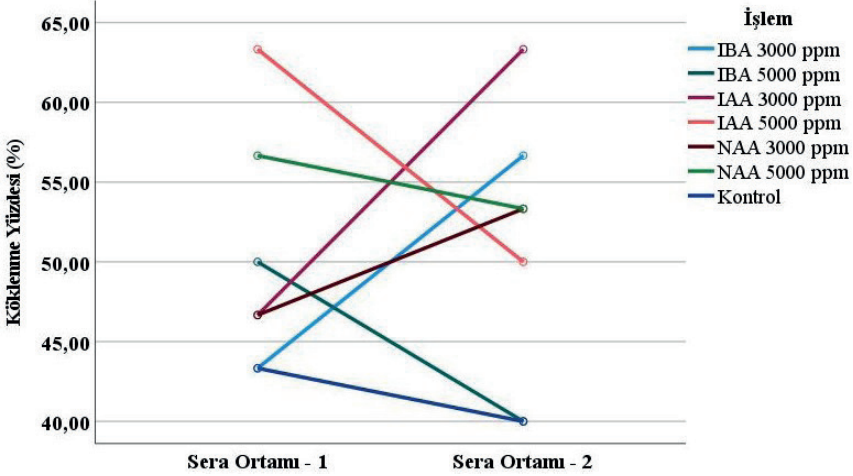
Bulgular

Podocarpus macrophyllus var. *maki* için köklenme süreci 217 gün sürmüştür. Bu süreçte ilk kallus oluşumu dikimden 39 gün sonra Sera Ortamı-2'de (köklendirme masası sıcaklığı $20\pm 2^{\circ}\text{C}$) yer alan IBA 3000 ppm işleminde ortaya çıkarken, ilk kök oluşumu ise yine aynı sera ortamı ve işlemde dikimden 127 gün sonra meydana gelmiştir. Köklenme yüzdesi, kallus yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı değerleri açısından sera ortamı, fitohormon ve sera ortamı × fitohormon etkileşimine ilişkin varyans analizi sonuçları (univariate) Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Köklenme yüzdesi, kallus yüzdesi, kök boyu ve kök sayısına ilişkin varyans analizi (univariate) sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Köklenme Yüzdesi	Sera Ortamı	9,195	1	9,195	0,034	0,855
	Fitohormon	1027,941	6	171,324	0,637	0,700
	Sera Ortamı × Fitohormon	1184,804	6	197,467	0,734	0,627
Kallus Yüzdesi	Sera Ortamı	30,476	1	30,476	0,420	0,526
	Fitohormon	395,130	6	65,855	0,908	0,512
	Sera Ortamı × Fitohormon	236,357	5	47,271	0,652	0,664
Kök Boyu	Sera Ortamı	69,397	1	69,397	2,166	0,143
	Fitohormon	169,194	6	28,199	0,880	0,510
	Sera Ortamı × Fitohormon	219,737	6	36,623	1,143	0,339
Kök Sayısı	Sera Ortamı	11,871	1	11,871	0,528	0,468
	Fitohormon	102,581	6	17,097	0,761	0,602
	Sera Ortamı × Fitohormon	29,350	6	4,892	0,218	0,971

Tablo 1’de yer alan varyans analizi sonuçları incelendiğinde köklenme yüzdesi, kallus yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı parametreleri için sera ortamı, fitohormon ve sera ortamı × fitohormon etkileşimleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmemiştir. Ancak yine de, işlemler açısından bazı farklılıklar oluşmuştur. Köklenme yüzdesine ilişkin ortalama değerler Şekil 2’de verilmiştir.



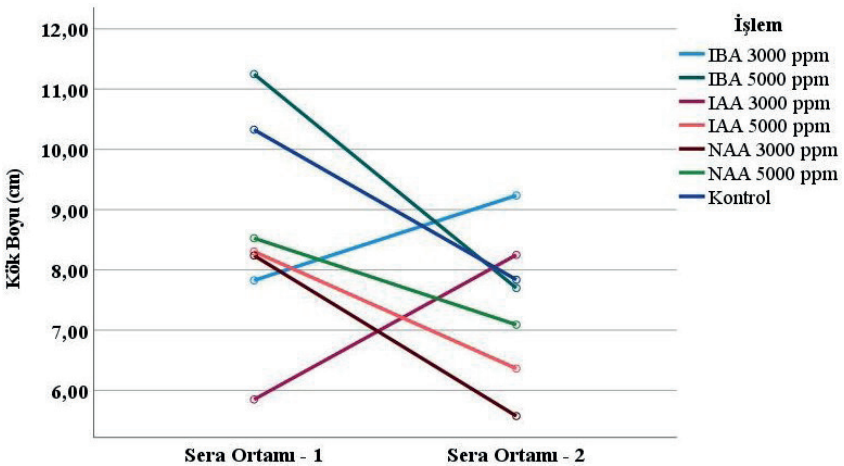
Şekil 2. Köklenme yüzdesine ilişkin işlemlerde meydana gelen ortalama değerler

Köklenme yüzdesi değerleri açısından bazı işlemlerde (kontrol, IBA 5000, IAA 5000 ve NAA 5000 ppm) Sera Ortamı-1’de (köklendirme masası sıcaklığı $25\pm 2^{\circ}\text{C}$) daha yüksek değerler elde edilirken, diğer bazı işlemlerde (IBA 3000, IAA 3000 ve NAA 3000 ppm) ise Sera Ortamı-2’de daha yüksek değerler elde edilmiştir. En yüksek ortalama köklenme yüzdesi değeri %63,33 olarak Sera Ortamı-1’deki IAA 5000 ppm işlemi ile Sera Ortamı-2’deki IAA 3000 ppm işleminde ortaya çıkmıştır. Bu değeri Sera Ortamı-1’deki NAA 5000 ppm işlemi ve Sera Ortamı-2’deki IBA 3000 ppm işlemi %56,67 ile takip etmiştir. Sera Ortamı-2 işlemlerinden NAA 3000 ve 5000 ppm’de %53,33’lük ortalama köklenme yüzdesi oluşurken, Sera Ortamı-1 işlemlerinden IBA 5000 ppm ve Sera Ortamı-2 işlemlerinden IAA 5000 ppm’de %50,00’lik ortalama köklenme yüzdesi oluşmuştur. Sera Ortamı-1’de yer alan IAA 3000 ve NAA 3000 ppm işlemlerinde %46,67 olarak meydana gelen ortalama köklenme yüzdesi, aynı sera ortamındaki kontrol ve IBA 3000 ppm işlemlerinde %43,33 olarak meydana gelmiştir. En düşük ortalama köklenme yüzdesi değerleri ise %40,00 olarak Sera Ortamı-2’de yer alan kontrol ve IBA 5000 ppm işlemlerinde ortaya çıkmıştır. Sera Ortamı-1’deki ortalama köklenme yüzdesi %50,00 olurken, bu değer Sera Ortamı-2’de %51,50 olmuştur. Kallus yüzdesine ilişkin ortalama değerler aşağıdaki grafikte sunulmuştur (Şekil 3).



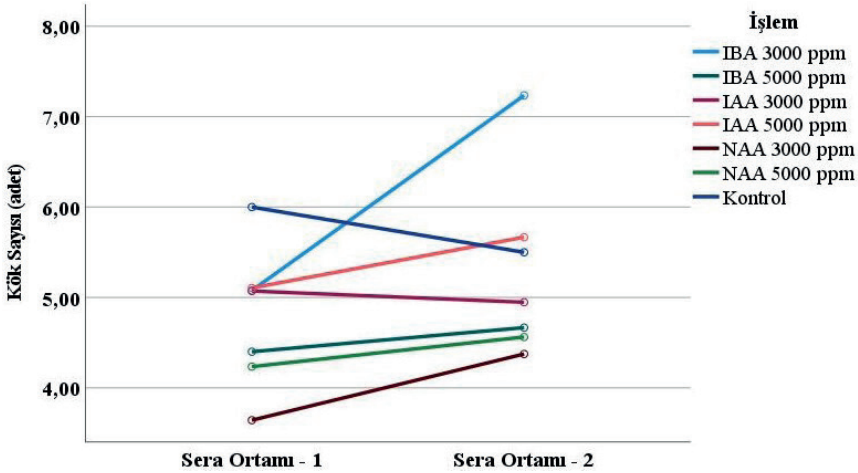
Şekil 3. Kallus yüzdesine ilişkin işlemlerde meydana gelen ortalama değerler

Kallus yüzdesi değerleri açısından Sera Ortamı-1’de en yüksek ortalama değer %25,00 ile IBA 3000 ppm işleminde elde edilmiştir. Bu değeri %20,00 ile IAA 3000 ve NAA 3000 ppm işlemleri takip etmiştir. Kontrol işleminde %13,33, IBA 5000, IAA 5000 ve NAA 5000 ppm işlemlerinde ise %10,00’luk ortalama kallus yüzdesi elde edilmiştir. Sera Ortamı-1’in ortalama kallus yüzdesi %16,25 olarak hesaplanmıştır. Sera Ortamı-2’de ise en yüksek ortalama kallus yüzdesi %20,00 ile kontrol, IBA 3000 ve IBA 5000 ppm işlemlerinde kaydedilmiştir. Bunu %16,67 ile IAA 5000 ppm ve %15,00 ile IAA 3000 ppm işlemleri izlemiştir. NAA 5000 ppm işleminde ise %10,00’luk ortalama kallus yüzdesi elde edilirken, bu ortamdaki NAA 3000 ppm işleminde kallus oluşumu meydana gelmemiştir. Sera Ortamı-2’nin ortalama kallus yüzdesi ise %17,14 olarak belirlenmiştir. Aşağıda yer alan Şekil 4’te kök boyuna ilişkin ortalama değerler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4. Kök boyuna ilişkin işlemlerde meydana gelen ortalama değerler

Kök boyu açısından en yüksek ortalama değer 11,25 cm ile Sera Ortamı-1'deki IBA 5000 ppm işleminde kaydedilmiştir. Bu değeri 10,33 cm ile yine Sera Ortamı-1'deki kontrol işlemi ve 9,24 cm ile Sera Ortamı-2'deki IBA 3000 ppm işlemi takip etmiştir. Sera Ortamı-1'deki NAA 5000 ppm işleminde 8,53 cm, IAA 5000 ppm işleminde 8,31 cm, Sera Ortamı-2'deki IAA 3000 ppm işleminde 8,25 cm ortalama kök boyu ölçülmüştür. Sera Ortamı-1'deki NAA 3000 ppm işlemindeki 8,24 cm'lik ortalama kök boyu değerini, Sera Ortamı-2'deki kontrol işlemi 7,84 cm ile izlemiştir. Sera Ortamı-1'deki IBA 3000 ppm işlemi 7,83 cm ile bu değere çok yakın bir sonuç ortaya koymuştur. Sera Ortamı-2'de yer alan IBA 5000 ppm işlemi 7,70 cm ile, NAA 5000 ppm işlemi 7,09 cm ile ve IAA 5000 ppm işlemi de 6,36 cm ile bu değeri takip etmiştir. Daha düşük bir değer Sera Ortamı-1'deki IAA 3000 ppm işleminde 5,85 cm olarak kaydedilmiştir. En düşük ortalama kök boyu değeri ise 5,58 cm ile Sera Ortamı-2'deki NAA 3000 ppm işleminde ölçülmüştür. Buna ek olarak Sera Ortamı-1 ve 2'de elde edilen ortalama kök boyu değerleri sırasıyla 8,62 cm ve 7,45 cm olmuştur. Kök sayısına ilişkin Sera Ortamı-1 ve 2'de işlemler açısından ortaya çıkan ortalama değerler Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Kök sayısına ilişkin işlemlerde meydana gelen ortalama değerler

Kök sayısı açısından Sera Ortamı-1'de kontrol işlemi 6,00 adet ile en yüksek ortalama değeri göstermiştir. IAA 5000 ppm ve IBA 3000 ppm işlemleri sırasıyla 5,11 adet ve 5,08 adet değerleriyle dikkat çekerken, IAA 3000 ppm işleminde de benzer bir değer olan 5,07 adet kaydedilmiştir. IBA 5000 ppm'de ortalama kök sayısı 4,40 adet olarak belirlenmiş, NAA 5000 ppm işleminde ise bu değer 4,24 adet olmuştur. En düşük ortalama kök sayısı ise NAA 3000 ppm'de 3,64 adet olarak tespit edilmiştir. Genel olarak,

Sera Ortamı-1'in ortalama kök sayısı 4,77 adet olarak bulunmuştur. Sera Ortamı-2'ye bakıldığında, 7,24 adet ile IBA 3000 ppm işlemi en yüksek ortalama kök sayısını sağlamıştır. IAA 5000 ppm işlemi 5,67 adetlik değerle ikinci sırada yer alırken, kontrol işleminde bu değer 5,50 adet olarak ölçülmüştür. Diğer işlemlerden IAA 3000 ppm 4,95 adet, IBA 5000 ppm 4,67 adet ve NAA 5000 ppm ise 4,56 adetlik ortalama kök sayısı değerlerini ortaya koymuştur. Bu sera ortamında elde edilen en düşük ortalama kök sayısı değeri ise 4,38 adet olarak NAA 3000 ppm işleminde meydana gelmiştir. Sera Ortamı-2 için genel ortalama kök sayısı ise 5,29 adet olarak belirlenmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Podocarpus macrophyllus var. *maki*'nin en uygun köklendirme koşullarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, sera ortamı ve fitohormonların köklenme süreci üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Varyeteye ilişkin dikilen sert çeliklerin köklenme sürecinin 217 günde tamamlandığı çalışma, iki farklı sera ortamında ve çeşitli fitohormon uygulamalarıyla gerçekleştirilmiştir. İlk kök oluşumunun (Sera Ortamı-2'deki IBA 3000 ppm işleminde) köklenme sürecinin yarısından daha fazla zaman aldığı çalışma sonucundaki en yüksek ortalama köklenme yüzdesi değeri %63,33 ile Sera Ortamı-1'deki (köklendirme masası sıcaklığı $25\pm 2^{\circ}\text{C}$) IAA 5000 ppm işleminde ve Sera Ortamı-2'deki (köklendirme masası sıcaklığı $20\pm 2^{\circ}\text{C}$) IAA 3000 ppm işleminde elde edilmiştir. Kallus yüzdesi açısından hem Sera Ortamı-1 hem de Sera Ortamı-2'de (kontrol ve IBA 5000 ppm işlemleri de dahil) en yüksek ortalamalar sırasıyla %25,00 ve %20,00'lik değerlerle IBA 3000 ppm işleminde ortaya çıkmıştır. İlk kallus ve kök oluşumlarının tespit edildiği IBA 3000 ppm işleminde çalışmadaki en yüksek kallus yüzdesi değerleri ortaya çıksa da çeliklerin yeterli ölçüde kök oluşumuna teşvik olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Bu durum, yüksek kallus oluşumunun her zaman yüksek kök oluşumu ile sonuçlanmayabileceği çıkarımında bulunmayı mümkün kılmıştır. Kök boyu açısından 11,25 cm ile Sera Ortamı-1'deki IBA 5000 ppm işlemi öne çıkarken, kök sayısı bakımından en yüksek ortalama değer 7,24 adet ile Sera Ortamı-2'deki IBA 3000 ppm işleminde kaydedilmiştir. Çalışmanın bulguları, sera ortamı koşulları ve fitohormon uygulamalarının köklenme sürecinde ve kök morfolojisinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymuştur.

Podocarpus cinsine ait çeşitli türlerin vejetatif yollarla üretilmesi adına yapılmış çalışmalar literatürde mevcuttur. Menegusso vd. (2021) tarafından *Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) Sweet türünün vejetatif yolla üretilmesine ilişkin yapılan bir çalışmada, baş ve ayak çelikleri kullanılmıştır. Köklendirme sürecinin 120 gün sonunda tamamlandığı çalışma neticesinde ayak çeliği olarak hazırlanan, kama şeklinde lezyon oluşturulan ve 550 mgL^{-1} konsantrasyonunda IBA çözeltisiyle muamele edilen çelik-

lerin köklenme yüzdesini artırdığı (%78,29) sonucuna ulaşılmıştır. *Podocarpus neriifolius* D. Don türünün çelik ile çoğaltımı üzerine yapılan bir çalışmada, en yüksek köklenme yüzdesinin (%61,3) ve kök sayısının (9,8 adet) %0,8 IBA uygulanan çeliklerde elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca, en uzun köklerin ise 6,0 cm ile %0,4 IBA uygulamasıyla oluştuğu bildirilmiştir (Hossain vd., 2019). Negash ve Van Staden (2003) tarafından *Podocarpus falcatus* (Thunb.) Endl. üzerine yapılan çalışmada, farklı yaşlardaki (3 aylık ile 2, 4 ve 8 yaşlarındaki) anaç bitkilerden alınan çeliklerin IBA uygulamaları altındaki köklenme performansları değerlendirilmiştir. Çalışmada, genç anaçlardan (3 aylık ve 2 yaşındaki) alınan çeliklerin %80'e kadar köklenme başarısı gösterdiği, ancak köklenme hızının bu çeliklerde nispeten yavaş olduğu bulunmuştur. Bu genç anaçlardan alınan çelikler 20-80 µg IBA konsantrasyonlarına iyi yanıt verirken, daha yüksek dozların ise çeliklerde köklenmeyi engelleyici etki ettiği belirlenmiştir. Öte yandan, her ne kadar yaşlı anaçlardan (4 ve 8 yaşındaki) alınan çeliklerde daha düşük köklenme yüzdesi ortaya çıksa da, bu çeliklerde daha fazla sayıda kök oluştuğu tespit edilmiştir. *Podocarpus nubigena* Lindl. çeliklerinin köklenme başarısı üzerine yapılan bir çalışmada, farklı köklendirme ortamlarının köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı gibi parametreler üzerinde belirgin etkileri olduğu görülmüştür. Köklenme yüzdesinin %20 ile %87 arasında değiştiği çalışmadaki en yüksek köklenme oranı, kompostlanmış kabuk ve pomza taşı karışımı (2:1) ortamında elde edilmiştir. Kök boyu da yine köklendirme ortamına bağlı olarak 2,8 cm ile 4,5 cm arasında değişmiş, en uzun kökler yine kompostlanmış kabuk ve pomza taşı karışımına (2:1) sahip köklendirme ortamında gözlenmiştir. Kök sayısı açısından da önemli farklılıklar ortaya çıkmış ve çelik başına 7,2 ile 17,6 adet (kompostlanmış kabuk ve pomza taşı karışımı (1:2) ortamında) arasında kök oluşumu tespit edilmiştir. Kallus oluşumu, özellikle köklenmenin düşük olduğu köklendirme ortamlarında daha yaygın görülmüş ve bu durum köklenme başarısını sınırlayan bir faktör olarak değerlendirilmiştir. Çalışma, köklendirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin köklenme performansı üzerinde kritik bir rol oynadığını ortaya koymuş ve kompostlanmış kabuk ile mineral içerikli maddelerin kombinasyonlarının en iyi sonuçları verdiğini göstermiştir (Gerding vd., 1996). Farklı *Podocarpus* türleri üzerine yapılan literatür çalışmalarında olduğu gibi bu araştırma sonuçlarında da oksin grubu fitohormonların ve köklendirme ortamlarının çelikle üretimde başarıya doğrudan etki ettiği ortaya koyulmuştur. Farklı türler için de fitohormon kullanımının çelikle üretimde köklenmeyi artırıcı etki ettiği birçok çalışma ile ortaya koyulmuştur. *Bornmuellera tymphaea* Hausskn. için Kyrkas vd. (2024) tarafından, *Buxus sempervirens* L. için Güney vd. (2023) tarafından, *Acer palmatum* Thunb. 'Atropurpureum' için Bayraktar vd. (2022) tarafından, *Juniperus communis* L. 'Hibernica', *J. chinensis* L. 'Stricta' ve *J. chinensis* L. 'Stricta Variegata' için Güney vd.

(2021) tarafından, *Salix anatolica* Ziel. & D. Tomasz. için Yıldırım vd. (2020) tarafından, *Elaeagnus umbellata* Thunb. için Bayraktar vd. (2018) tarafından ve *Garcinia kola* Heckel için Kouakou vd. (2016) tarafından yapılan çalışmalarda özellikle IAA, IBA ve NAA olmak üzere oksin grubu fitohormonların köklenme başarısını artırıcı etki gösterdiği belirtilmiştir.

Çalışma sonuçları bütüncül bir yaklaşımla değerlendirildiğinde; en yüksek köklenme yüzdesi değerinin her iki sera ortamında da elde edilebilmiş olması, en yüksek kök boyu açısından Sera Ortamı-1'in (köklendirme masası sıcaklığı $25\pm 2^{\circ}\text{C}$) ve en yüksek kök sayısı açısından ise Sera Ortamı-2'nin (köklendirme masası sıcaklığı $20\pm 2^{\circ}\text{C}$) ön plana çıkması nedenleriyle *Podocarpus macrophyllus* var. *maki* için köklendirme masası sıcaklığının hava sıcaklığından daha fazla olmasının köklenme başarısı ve kök morfolojisi açısından yüksek bir öneme haiz olmadığı anlaşılmıştır. Ancak, bu varyetenin çelikle üretilmesinde tüm parametreler açısından en yüksek sonuçların IAA ve IBA uygulaması yapılan işlemlerde ortaya çıkması fitohormon kullanımının önemi ortaya koymuştur. Çalışma sonuçlarının çelikle üretim yöntemlerine yönelik gelecekteki araştırmalara rehberlik edeceği ve fidan üreticilerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Bayraktar, A., Güney, D., & Chavoshi, S. H. (2022). Kırmızı yapraklı japon akçaağacının çelikle üretilmesinde farklı sera ortamları ile oksinlerin etkileri. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 9(Özel Sayı), 84–90. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.1090286>
- Bayraktar, A., Yıldırım, N., Atar, F., & Turna, İ. (2018). Effects of some auxins on propagation by hardwood cutting of autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.). *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 5(2), 112–116. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.401438>
- Cordeiro, I. M., Lameira, O. A., Oliveira, F. D. A., & Wendling, I. (2016). Rooting of juvenile cuttings of *Bertholletia excelsa* under different concentrations of indolebutyric acid. *Agrociencia*, 50(2), 227–238.
- Çetin, V. (2002). Meyve ve sebzelerde kullanılan bitki gelişmeyi düzenleyiciler. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 2, 40–50.
- Davis, T. D., Haissig, B. E., & Sankhla, N. (1989). Adventitious root formation in cuttings. *Advances in Plant Sciences Series (Vol. 2)*. Dioscorides Press, Portland, Oregon, USA.
- De Klerk, G. J., Van der Krieken, W., & De Jong, J. (1999). Review: The formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 35(3), 189–199. <https://doi.org/10.1007/s11627-999-0076-z>
- Enright, N. J., & Jaffré, T. (2010). Ecology and distribution of the Malesian podocarps. In B. L. Turner & B. L. Cernusak (Eds.), *Ecology of the Podocarpaceae in tropical forests* (pp. 57–77). Washington: Scholarly Press.
- Fachinello, J. C., Hoffmann, A., & Nachtigal, J. C. (2005). Propagação de plantas frutíferas (p. 133). Brasília: EMBRAPA.
- Farjon, A. A. (2010). *Handbook of the world's conifers* (pp. 857–859). Boston: Brill.
- Gehlot, A., Gupta, R. K., Tripathi, A., Arya, I. D., & Arya, S. (2014). Vegetative propagation of *Azadirachta indica*: Effect of auxin and rooting media on adventitious root induction in mini-cuttings. *Advances in Forestry Science*, 1, 1–9.
- Gerding, V., Hermosilla, M. E., & Grez, R. (1996). Substrata of composted bark for vegetative propagation of *Podocarpus nubigena* Lindl. and *Eucryphia cordifolia* Cav. stalk stem cutting. *Revista Bosque*, 17(2), 57–64.
- Grunewald, W., Noorden, G. V., Isterdael, G. V., Beeckman, T., Gheysen, G., & Mathesius, U. (2009). Manipulation of auxin transport in plant roots during rhizobium symbiosis and nematode parasitism. *Plant Cell*, 21(9), 2553–2562. <https://doi.org/10.1105/tpc.109.069617>

- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F., Chavoshi, S. H., & Turna, İ. (2023). The effects of different rooting temperatures and phytohormones on the propagation of boxwood cuttings. *Baltic Forestry*, 29(1), Article id593. <https://doi.org/10.46490/BF593>
- Güney, D., Chavoshi, S. H., Bayraktar, A., & Atar, F. (2021). The effects of temperature and exogenous auxin on cutting propagation of some junipers. *Dendrobiology*, 86, 29-38. <https://doi.org/10.12657/denbio.086.004>
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., Jr., & Geneve, R. L. (2011). *Plant propagation: Principles and practices* (9th ed., p. 1024). New Jersey: Prentice Hall.
- Hossain, M. A., Islam, M. A., Azad, M. A. K., Rahman, M. M., Shumi, W., & Shukor, N. A. A. (2019). Propagation of an endangered gymnosperm tree species (*Podocarpus neriifolius* D. Don.) by stem cuttings in non-mist propagator. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(1), 237–250.
- Kouakou, K. L., Dao, J. P., Kouassi, K. I., Beugré, M. M., Koné, M., Baudoin, J.-P., & Zoro Bi, I. A. (2016). Propagation of *Garcinia kola* (Heckel) by stem and root cuttings. *Silva Fennica*, 50(4), Article id 1588, 17 p. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1588>
- Kyrkas, D., Mantzos, N., Patakioutas, G., Lampraki, E., Filis, E., Dimitrakopoulos, P. G., Echevarria, G., & Konstantinou, M. (2024). Cutting propagation of *Bornmuellera tymphaea*, a nickel hyperaccumulator for use in agromining: Effects of rooting media and auxins on stem cuttings. *Ecological Research*, 39, 471–478. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12459>
- Lorenzi, H., & Souza, H. M. (2013). *Plantas ornamentais no Brasil: Arbustivas, herbáceas e trepadeiras* (3rd ed., p. 1088). Nova Odessa: Plantarum.
- Macdonald, B. (1987). *Practical woody plant propagation for nursery growers*. Timber Press, Portland, OR.
- Marinho, L. C., Carneiro-Torres, D. S., Amorim, A. M., de Oliveira, R. P., & Giulietti, A. M. (2016). Flora of Bahia: Podocarpaceae. *SITIENTIBUS série Ciências Biológicas*, 16. <https://doi.org/10.13102/scb1089>
- Menegusso, F. J., Villa, F., Silva, D. F. D., Silva, L. S. D., Ritter, G., & Eberling, T. (2021). Vegetative propagation of an ornamental conifer: Some techniques in podocarp cutting. *Ciência Rural*, 51, e20180896. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180896>
- Nadeem, M., Palni, L. M. S., Purohit, A. N., Pandey, H., & Nandi, S. K. (2000). Propagation and conservation of *Podophyllum hexandrum* Royle: An important medicinal herb. *Biological Conservation*, 92(1), 121–129. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00059-2)
- Nag, S., Saha, K., & Choudhuri, M. A. (2001). Role of auxin and polyamines in adventitious root formation in relation to changes in compounds involved in rooting. *Journal of Plant Growth Regulation*, 20, 182–194. <https://doi.org/10.1007/s003440010016>

- Negash, L., & Van Staden, J. (2003). Vegetative propagation of the threatened East African yellowwood (*Podocarpus falcatus*). *South African Journal of Botany*, 69(2), 170-175.
- Nordström, A. C., Jacobs, F. A., & Eliasson, L. (1991). Effect of exogenous indole-3-acetic acid and indole-3-butyric acid on internal levels of the respective auxins and their conjugation with aspartic acid during adventitious root formation in pea cuttings. *Plant Physiology*, 96, 856–861. <https://doi.org/10.1104/pp.96.3.856>
- Quinn, C. J., & Price, R. A. (2003). Phylogeny of Southern Hemisphere conifers. *Acta Horticulturae*, 615, 129–136. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2003.615.10>
- Ragonezi, C., Klimaszewska, K., Castro, M. R., Lima, M., de Oliveira, P., & Zavattieri, M. A. (2010). Adventitious rooting of conifers: Influence of physical and chemical factors. *Trees*, 24, 975–992. <https://doi.org/10.1007/s00468-010-0488-8>
- Raju, N. L., & Prasad, M. N. V. (2010). Influence of growth hormones on adventitious root formation in semi-hardwood cuttings of *Celastrus paniculatus* Wild.: A contribution for rapid multiplication and conservation management. *Agroforestry Systems*, 79, 249–252. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9251-9>
- Saumya, M. T., Surendra, T., & Hrideek, T. K. (2014). Vegetative propagation for different physiological ages of *Embelia ribes* cuttings in different seasons. *Research Journal of Agriculture and Forestry Science*, 2(2), 8–12.
- Tognon, G. B., & Cuquel, F. L. (2016). Ornamental potential use of *Baccharis milleflora* and *Baccharis tridentata* as ornamental cut foliage. *Ciencia Rural*, 46(1), 70–75. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150392>
- WFO (2024). World Flora Online. Erişim tarihi: 13 Aralık 2024, <http://www.worldfloraonline.org/>
- Yıldırım, N., Bayraktar, A., Atar, F., Güney, D., Öztürk, M., & Turna, İ. (2020). Effects of different genders and hormones on stem cuttings of *Salix anatolica*. *Journal of Sustainable Forestry*, 39(3), 300–308. <https://doi.org/10.1080/10549811.2019.1638274>

”

BÖLÜM 4

KARAIŞALI YÖRESİNDE YAPILAN KIZILÇAM (PİNUS BRUTIA) ENDÜSTRİYEL AĞAÇLANDIRMA ÇALIŞMALARI¹

Zafer ÖLMEZ², Atif YAĞMUR³

1 Bu çalışma Atif YAĞMUR tarafından Prof. Dr. Zafer ÖLMEZ danışmanlığında yürütülen yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Zafer ÖLMEZ ORCID ID: 0000-0001-6199-6284, Atif YAĞMUR ORCID ID: 0000-0001-9385-6438

2 Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Artvin zaferolmez@artvin.edu.tr

3 Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü, Karaisalı-Adana

GİRİŞ

Sanayi ormanları olarak adlandırılan endüstriyel ağaçlandırmalar, genellikle hızlı büyüyen iğne yapraklı ve yaprak dökken ağaç türleri kullanılarak, ağaç hammaddesi üretmeye yönelik olarak kurulan ve yarı mamul ürünleri üretmeye dönük çalışmalardır. Bu ağaçlandırma projeleri, orman oluşturma, bakım ve üretim işlemlerini yüksek derecede mekanize edilmiş yoğun orman yönetimi gerekliliklerine göre yürütmektedir (FAO, 2007).

Endüstriyel plantasyonlar, dünya nüfusundaki artışla birlikte çoğalan ve çeşitlenen orman ürünleri talebini karşılamak için odun hammaddesi sağlama amacıyla yönetilen ve orman amenajmanı ilkelerine göre yönetilen projelerdir (FAO, 2007).

Küresel ölçekte yıllık olarak üretilen toplam yuvarlak odun miktarı yaklaşık olarak 3,4 milyar m³'tür ve bu miktarın %53'ü yakacak odun olarak üretilmektedir. Geriye kalan %47'si ise endüstriyel odun olarak üretilmektedir. Yakacak odunun büyük bir bölümü gelişmekte olan ülkelerde üretilirken, endüstriyel odunun çoğu gelişmiş ülkeler tarafından üretilmektedir (FAO, 2011). Önemli endüstriyel odun üreticileri arasında Brezilya, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada gibi Amerika Kıtası ülkeleri bulunurken, bunun yanında Rusya Federasyonu ve Çin Halk Cumhuriyeti gibi Asya Kıtası ülkeleri bulunmaktadır (FAO, 2007; FAO, 2011; Deda, 2012).

Ülkemizin endüstriyel oduna gereksinimi yaklaşık olarak 17-18 milyon m³'tür, ancak bu ihtiyacın sadece %94'ü yerel kaynaklardan karşılanabilmektedir. Kalan talep ithalatta giderilmektedir. Ülkemizde kişi başına düşen odun hammaddesi tüketimi 0,5 m³/kişi/yıl civarında iken, gelişmiş ülkelerde bu rakam 1-1,5 m³/kişi/yıl düzeyindedir. Bu nedenle Türkiye, odun hammaddesi talebini karşılayabilmek için özellikle endüstriyel plantasyon yönetimine büyük önem vererek odun üretimini artırmayı amaçlamıştır (OGM, 2013).

Orman ürünleri sektörünün ihtiyacı olan odun hammaddesi talebinin karşılanması sürdürülebilir orman yönetimi ilkelerine göre ve ölçülebilir veriler sunarak sağlanmalıdır. Bu bağlamda endüstriyel ağaçlandırmaların ana hedefi doğal ormanlar üzerindeki baskıyı azaltmak ve birim alandan en üst düzeyde odun ürünü üretilmesi amacıyla endüstriyel ağaçlandırma çalışmalarına karar verilmiştir. Kurulacak olan ormanın amacı endüstriyel anlamda en yüksek miktarda odun üretmektir. Ağaçlandırma sahasında tesis edilecek ormanın fonksiyonu ekonomik olup, makinalı çalışmaya uygun olan sahada, en kısa sürede birim alandan en fazla odun hasılatı alınması öngörülmektedir. Ağaçlandırma endüstriyel amaçlı olduğundan kurulacak kızılçam ormanının idare müddeti 30 yıl olacak şekilde projelendirilmiştir (OGM, 2013).

Ülkemizde yılda yaklaşık olarak 30 milyon m³'e yaklaşan odun hammaddesi tüketilmektedir ve mevcut orman alanları bu talebin üzerinde üretim yapma kapasitesine sahiptir. Ülkemiz ormanlarının üretim gücü yıllık ortalama 33,6 milyon m³'tür. Ancak ahşaba alternatif malzemelerin çevresel etkileri göz önüne alındığında, çevresel, insan sağlığı konuları göz önüne alındığında, son yıllarda odun hammaddesi ve ahşaba talepte önemli bir artış yaşandığı görülmektedir (OGM, 2013).

Kağıt üretiminde kullanılan başlıca odun hammaddeleri arasında karam, kızılçam, sarıçam, ladin, göknar gibi iğne yapraklı türlerin yanında, kayın gibi yapraklı ağaçlar ile saman, jüt kamışı gibi tarım bitkileri bulunmaktadır (OGM, 2013).

Dünyanın güney bölgesindeki ülkelerde yoğun odun üretimi orman kaynakları için bir tehdit unsuru olmakla birlikte, bir diğer olumsuzluk selüloz üretimini hızlandırmak ve maliyetleri azaltmak için doğal ormanların yerine hızlı büyüyen ağaç türlerinin mono kültürlerini tesis etmektir. Endonezya'da olduğu gibi ABD, Şili, Avustralya ve Brezilya'da da doğal ormanlar plantasyon kurabilmek amacıyla büyük ölçüde tahrip edilmiştir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), tropik bölgelerde doğal orman alanlarının her yıl farklı amaçlar için yok edildiğini ve yeni kullanımının yaklaşık % 6-7'sinin tohum ekimi ve fidan dikimi olduğunu tahmin etmektedir (FAO,2007; FAO, 2011).

Küresel ölçekte en fazla biyolojik çeşitliliğe sahip ülkelerden biri olan Endonezya'da, doğal ormanlar sürekli olarak tek renkli alanlara dönüştürülmektedir. Yaklaşık yarısı eski doğal orman arazisinde olan 1,4 milyon hektarlık endüstriyel plantasyon alanı bulunmaktadır. Endonezya'da her yıl 2,8 milyon hektar doğal ormanın tahrip edildiği bilinmektedir. Şili'deki doğal orman kaybının başlıca nedeni, egzotik ormanların plantasyonlara dönüştürülmesidir ki bu ülkede 1978-1987 döneminde, kıyı bölgesindeki doğal ormanların %31'i plantasyon oluşturmak için yok edilmiştir (Görücü ve ark., 2020).

Endüstriyel plantasyonların kıtalara göre dağılımı incelendiğinde, 2007 ve 2011 yılı verilerine göre Asya Kıtasının %62'lik bir payla ilk sırada olduğu görülmektedir. Asya'da endüstriyel ağaçlandırmaların bu kadar yaygın olmasının en önemli nedenleri, büyük arazi alanları ve optimal iklim koşullarıdır. Avrupa kıtası %17'lik bir payla ikinci sırayı almaktadır. Bu kıtada endüstriyel amaçlı plantasyonların gelişmesindeki ana nedenler, ülkelerin yerel orman kaynaklarını kullanarak dışa bağımlılığı azaltmak ve aynı zamanda temiz ve sürdürülebilir enerji taleplerini, doğa ve ekosistemlere minimum zarar veren biyoenerji kaynaklarından karşılamak istemeleridir (Rüter, 2013). Amerika kıtası ise toplamda %15'lik bir payla üçüncü sıradadır, bu dağılım Kuzey Amerika (% 9) ve Güney Amerika (% 6) alt bölgeleri arasında gerçekleşmektedir (Görücü ve ark., 2020).

Dünya genelinde endüstriyel ağaçlandırmalarda en sık kullanılan ağaç türlerinin başında çam türleri gelmektedir. Bu tür plantasyonlarda yerel türlerin öncelikle tercih edildiği görülmektedir. Bu tercihin arkasındaki sebep, biyolojik, ekolojik ve ekonomik avantajlar olarak sıralanabilir (FAO, 2007). Yeni Zelanda’da yaklaşık 2 milyon ha’lık bir alan ve Avustralya’da yaklaşık 1.8 milyon ha’lık bir alan dünyanın en büyük endüstriyel plantasyon sahalarını oluşturmak için iğne yapraklı çam türleriyle ağaçlandırılmıştır. Dünya genelinde endüstriyel ağaçlandırmaların yaklaşık % 30’unda çam türleri kullanılmaktadır (FAO, 2007).

Ülkemizde, orman endüstri kuruluşlarının, odun hammaddesi ihtiyacının sürekli ve düzenli bir şekilde karşılanmasına yönelik uzun yıllardır devam eden çabalar, ormancılık sektörü, Bakanlık, ilgili araştırma kuruluşları ve üniversiteler tarafından sürdürülmektedir. Orman endüstri kuruluşlarının, odun hammaddesine ihtiyacı olan açığı kapatma sorunu, uzun bir süredir bu paydaşların gündeminde ve önemli bir yer tutmaktadır (Eraslan, 1983). Bu ihtiyacın karşılanması için en uygun yolun, “hızlı büyüyen türlerle endüstriyel ağaçlandırmaların yapılması” olduğu düşünülmektedir (Boydak ve Dirik, 1998).

Hızlı büyüyen ağaç türleriyle endüstriyel ağaçlandırmaların kurulması fikri, ilk defa 1950’lerde gündeme gelmiş ve bu çerçevede yabancı hızlı büyüyen ağaç türlerinin Türkiye’ye getirilmesi, endüstriyel plantasyonların oluşturulması ve bu alanda araştırmaların yapılması önerilmiştir (Akalp, 1982).

Pinus brutia, taşıdığı özellikler itibariyle endüstriyel ağaçlandırmalar için Türkiye’deki önemli bir türdür. Türkiye’de büyüme potansiyeli ve ekolojik toleransı nedeniyle potansiyel ağaçlandırma alanlarının geniş olması, 2013-2023 dönemini kapsayan eylem planında belirlenen toplam 165000 hektarlık ağaçlandırma sahasının % 88’ini (145000 ha) kızılçamın kapsadığını göstermektedir (OGM, 2013). Ayrıca, 2019 yılında Türkiye’deki toplam 22 milyon m³ endüstriyel odun üretiminin %32’si, yani 7 milyon m³’lük kısmı kızılçam ormanlarından elde edilmiştir. Endüstriyel ağaçlandırmaya uygun alanlar, iyi bonitetli (I. ve II. bonitet), %30’dan az eğime sahip, edafik ve fizyolojik koşulları uygun, en az 5 ha büyüklüğünde alanlar olarak belirlenmiştir. (Anonim, 2019).

Kızılçam Akdeniz havzasının önemli bir ağaç türü olup, en geniş yayılışını Anadolu’da yapmaktadır. Ülkemizde özellikle Akdeniz ve Ege Bölgesinde yetişen Kızılçam türünün odunları piyasada büyük talep görmektedir. Ayrıca, dış ülkelere travers olarak ihraç edildiği gibi birçok yerel ihtiyaca ve özellikle ambalaj endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, reçine üretimi için en uygun türlerden biridir. Kızılçam hızlı büyüyen bir türdür, gençlik döneminde hızlı büyüme gösterir. Kuraklık toleran-

sı yüksektir ve ılıman iklimleri tercih eder. Genellikle sahil bölgelerinde yaygın olarak bulunurken, bazen 1200 m yükseltilere çıkabilir. Kurak ve verimsiz toprakların ağaçlandırılmasında sıkça tercih edilen bir çam türüdür (Boydak ve ark., 2006).

Kızılçamlar genel olarak kurak koşullara uyum sağlamış ağaçlardır. Yayılış alanı genel olarak yaz kuraklığı yaşanan yerlerdir. Özellikle Akdeniz Bölgesinde uzun süreli yaz kuraklığı yaşanmasına karşın, kızılçamlar yaz kuraklığını daha düşük düzeyde hissedildiği Karadeniz Bölgesindeki nehir vadileri boyunca da ormanlar kurmaktadır (Yaltırık ve Akkemik, 2011).

Kızılçam genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz İklimi bölgelerinde yayılış göstermektedir. Kızılçam sıcaklık isteği yüksek, donlara karşı hassas ve karasal iklimlerden kaçınan bir türdür. Kızılçam yayılış alanlarındaki ortalama yağış 400 mm (Burdur, Mut) ile 2000 mm (Geyik Dağları-Aydıncık) arasında değişmektedir. Kızılçamın yayılış alanlarında yağışların yıl içindeki dağılımı düzensiz olup, önemli kısmı kış aylarına rastlamaktadır (Boydak ve ark., 2006).

Kızılçamın endüstriyel ağaçlandırmalara konu edilmesinde bir başka fayda, bu tür üzerinde teknik açıdan yoğun çalışmaların yapılmış olmasıdır. Bilimsel araştırmalar ve işletmecilik deneyimleri, kızılçamın ağaç ıslahı, verim potansiyeli, dikim aralıkları, idare süresi ve ekonomik analizi gibi konularda önemli bir bilgi birikimini ortaya koymuştur (Usta, 1991; Boydak ve Dirik, 1998; Erkan, 2002; Erkan ve Aydın, 2016).

Orman Genel Müdürlüğü, 2013 yılında uygulamaya koyduğu Endüstriyel Ağaçlandırma Eylem Planı kapsamında endüstriyel ağaçlandırma çalışmalarına devam etmektedir. Daha önce yapılan endüstriyel nitelikli ağaçlandırmaların idare süresini dolduran alanların da yetersiz olması, ulusal endüstriyel odun ihtiyacı geleneksel yöntemlerle üretilen ürünlerden (bakım kesimleri ve son hasılat) karşılanmaktadır.

Bu çalışmada, Adana Orman Bölge Müdürlüğü, Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğünde yer alan dört farklı mevkide (Beydemir, Tümenli, Hacılı ve Yörükler) kızılçam ile yapılan endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları değerlendirilmiştir. Fidan dikimi üzerinden geçen üç yıl sonunda kızılçam fidanlarının boyu ve kök boğaz çapı gelişimleri değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak, Adana Orman Bölge Müdürlüğü, Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğünde kurulan endüstriyel ağaçlandırma sahalarında dikilmiş olan kızılçam (*Pinus brutia*) fidanları kullanılmıştır.

Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğünde 2020 yılında tesis edilen Endüstriyel Ağaçlandırma sahalarında Kızılçam fidanlarındaki çap-boy ge-

lişimi arasındaki farklılıkları belirleyebilmek için 4 farklı orman işletme şefliğinin bölmeleri seçilerek 4 farklı örnekleme alanı (Beydemir, 248 nolu bölme; Tümenli, 79 nolu bölme; Hacılı, 155 nolu bölme; Yörükler, 147 nolu bölme) belirlenmiştir. Endüstriyel Ağaçlandırma Programı kapsamında, 2020 yılında tesis edilen proje alanlarında belirlenen her bir örnek alanda 50'şer adet fidanın dikimden sonra üç vejetasyon dönemi sonundaki boyu ve kök boğaz çapı ölçülmüştür.

Çalışmada elde edilen veriler SPSS istatistik paket programlarında değerlendirilmiştir. Fidan boyu ve kök boğaz çapına göre fidanların gelişimleri arasında farklılık olup olmadığı basit varyans analizi ile belirlenmiş ve gerektiği durumlarda Duncan testi yapılmıştır ($\alpha \leq 0.05$).

BULGULAR

Fidan Boyu

Proje alanlarındaki ölçülen fidan boylarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, fidan boyları arasında farklılık olduğu saptanmıştır. Duncan testi sonucunda, Yörükler Orman İşletme Şefliği 147 nolu bölmede ve Hacılı Orman İşletme Şefliği 155 nolu bölmedeki fidanların, Beydemir Orman İşletme Şefliği 248 nolu ve Tümenli 79 nolu bölmedeki fidanlardan daha iyi olduğu görülmektedir. En iyi boy gelişiminin (83.98 cm) Yörükler -147 nolu bölmede olduğu belirlenmiştir. Tümenli Orman İşletme Şefliği 79 nolu bölmedeki ortalama fidan boyu gelişimi ise en düşük değerlere (56.02 cm) sahiptir (Tablo 1, Tablo 2).

Tablo 1. Fidan boyuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	23380.260	3	7793.420	24.688	0.000
Gruplar İçi	61873.560	196	315.681		
Toplam	85253.820	199			

Tablo 2. Fidan boyuna ilişkin Duncan testi sonuçları

Örnek Alan	Fidan adedi	Fidan Boyu (cm)
Beydemir-248	50	56.02 a
Tümenli-79	50	61.92 a
Hacılı-155	50	73.96 b
Yörükler-147	50	83.98 c

Kök Boğazı Çapı

Kök boğaz çapı bilhassa kurak ve yarı kurak iklim kuşağındaki alanların ağaçlandırılmasında kullanılan fidanlarda dikkate alınan önemli fidan

kalite kriterlerinden birisidir (Yahyaoglu ve Ölmez, 2006). Kök boğazı çapı büyümesinin ve çap artımının ölçülmesi, endüstriyel ağaçlandırma projelerinin ana hedefi olan hızlı büyüme ve en yüksek hacimde endüstriyel odun hasılatı elde etme konusunda daha gerçekçi öngörülerde bulunulması açısından oldukça önemlidir.

Tablo 3. Kök boğaz çapına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	5.811	3	1.937	9.862	0.000
Gruplar İçi	38.495	196	0.196		
Toplam	44.306	199			

Tablo 4. Kök boğaz çapına ilişkin ortalama değerler

İşlem	N	Ortalama KBC (cm)
Beydemir-248	50	1.394a
Tümenli-79	50	1.420a
Hacılı-155	50	1.642b
Yörükler-147	50	1.810c

Fidanların kök boğaz çaplarına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, fidan kök boğaz çapları arasında istatistiksel anlamda bir farklılık olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

Fidanların kök boğaz çaplarındaki artımına ilişkin Duncan testi sonuçlarına bakıldığında ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir. En fazla kök boğaz çap gelişiminin Yörükler Orman İşletme Şefliği 147 nolu bölmede olduğu (1.810 cm), en düşük çap artımının ise Beydemir Orman işletme Şefliği 248 nolu bölme (1.394 cm) ve Tümenli Orman İşletme Şefliği 79 nolu bölmede (1.420 cm) olduğu görülmüştür (Tablo 4).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Kızılçam, sahip olduğu özellikler nedeniyle ülkemizde endüstriyel ağaçlandırmalar için büyük öneme sahip bir türdür. Büyüme yetenekleri ve ekolojik toleransı nedeniyle potansiyel ağaçlandırma alanlarının geniş bir yüzdesini kapsamaktadır ve bu nedenle Endüstriyel Ağaçlandırma Eylem Planında toplam 165 bin hektarlık ağaçlandırma sahasının çok büyük bir kısmı kızılçam için ayrılmıştır.

Ülkemizde hızlı gelişen türlerle yapılan endüstriyel ağaçlandırmaların tarihi her ne kadar 1960 lı yıllara dayansa da ekonomik anlamda çok da başarı elde edilememiştir. Burada bazı egzotik türlerle yapılan çalışmalar-

daki olumsuz sonuçlar endüstriyel ağaçlandırma çalışmalarını olumsuz etkileyebilmiştir. Ancak kızılçam gibi çok önemli bir hızlı gelişen türe sahip olmamız bu konunun önemini tekrar gündeme getirmiştir.

Yapmış olduğumuz bu çalışmada Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğünde Endüstriyel Ağaçlandırma programı kapsamında tesis edilen dört farklı Orman İşletme Şefliğine ait projelerdeki kızılçam fidanlarının çap ve boy gelişimleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda aynı işletme müdürlüğü sınırları içerisinde kalan bu farklı örnek alanlarda fidan boyu ve kök boğaz çapı değerleri arasında farklılıklar olduğu görülmüştür.

Proje tesisinden 3 yıl sonra, Yörükler Orman İşletme Şefliği 247 nolu bölmedeki ve Hacılı Orman İşletme Şefliği 155 nolu bölmedeki fidanların en iyi fidan boyuna sahip olduğu saptanmıştır. Bunun yanında Beydemir Orman İşletme Şefliği 248 nolu bölmedeki fidanlar ile Tümenli Orman İşletme Şefliği 79 nolu bölmedeki fidanların boylarının daha düşük tespit edilmiştir.

Araştırmamızda ele alınan parametrelerden birisi de kök boğaz çapıdır. Çalışmamızın sonuçlarına göre fidanların kök boğaz çapları arasındaki farkın anlamlı düzeyde olduğu görülmüştür. Yine en iyi kök boğaz çapı büyümesinin Yörükler Orman İşletme Şefliği 147 nolu bölmede olduğu ve Hacılı Orman İşletme Şefliği 155 nolu bölme olduğu belirlenmiştir. Beydemir Orman İşletme Şefliği 248 nolu bölmedeki fidanların kök boğaz çapı ile Tümenli Orman İşletme Şefliği 79 nolu bölmedeki fidanların kök boğaz çapı ortalamasının daha geride olduğu görülmüştür.

Özellikle Yörükler ve Hacılı Şefliğindeki tesis edilen ağaçlandırma sahalarındaki fidan boyu ve kök boğaz çapı değerleri diğer alana göre belirgin şekilde ayrılmıştır. Burada yükseltiden daha önemli olarak toprak taşlılığı ve bonitet daha etkili olduğu söylenebilir. Yükselti ve eğimin fidanların gelişiminde bonitet ve toprak yapısı kadar etki etmediği söylenebilir. Bu bağlamda endüstriyel ağaçlandırma tesis edilirken saha seçiminde özellikle bonitet ve toprak taşlılığının çok temel iki unsur olması ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte arazi eğimi, ağaç türü, dikilen fidanın orijinin ne kadar önemli olduğu unutulmamalıdır. Bu tür alanlar sınırlıdır ve bu nedenle endüstriyel ağaçlandırmalar çok geniş bir alan üzerinde yaygınlaştırılmamalıdır. Geniş bir alan üzerine yayılması durumunda, belirtilen alan özelliklerinden taviz vermek zorunda kalınabilir, bu da yapılan ağaçlandırmanın diğer geleneksel ağaçlandırmalardan farklı olmamasına yol açabilir.

Belirli bir bitki türünün en uygun ekolojik koşullarını belirlemek için, bitki türünün ekolojik gereksinimleri ile yetişme ortamının özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekir. Ancak, bu bilgilere dayanarak sıcaklık, ışık, nem, mineral besin maddeleri gibi ekolojik faktörlerin, bitki türünün özel gereksinimleri ile nasıl etkileşimde bulunduğunu belirlemek

oldukça karmaşıktır. Çünkü ekolojik etkenler, bitki türlerinin büyüme ve gelişmesi üzerinde birbirleriyle bağımlı olarak etki ederler. Ayrıca, bazı yetiştirme ortamı faktörlerinin bir diğerinin yerine geçebilme yeteneği de bulunur. Olumsuz etkiye sahip bir büyüme ortamı özelliğinin, başka bir özellik tarafından dengeleyici bir etki yaratabilmesi, bu faktörün bitki büyümesi üzerindeki olumsuz etkisini azaltabilmektedir (OGM, 2013). Bu nedenle örnek alanlarda buluna fidanların gelişmeleri üzerinde bonitet ve toprak taşlılığın etkisinden bahsedilmiş olsa da endüstriyel ağaçlandırma sahalarında daha kapsamlı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Arazi eğimi ve taşlılık gibi faktörler, ülkemizdeki arazi koşulları nedeniyle, mekanizasyon uygulamalarının düzgün bir şekilde gerçekleştirilmesini zaman zaman zorlaştırabilir. Bu tür zorlu koşullar altında, uygun bölgelerde endüstriyel ağaçlandırma yöntemlerine başvurulmalı, diğer yerlerde ise koşullar uygun olduğunda geleneksel ağaçlandırma yöntemleri tercih edilmelidir. Belirli bir verimlilik seviyesinin altındaki alanlar veya marjinal alanlar, özellikle taşlı ve traverten gibi alanlar, endüstriyel ağaçlandırma için uygun olmayabilir. Bu nedenle, her bölgenin özgün özelliklerini dikkate alarak, ağaçlandırma yöntemleri seçilmesi gerekmektedir.

Tesis edilecek endüstriyel ağaçlandırmalarda kullanılacak fidanların mutlaka tohum bahçelerinden ıslah edilmiş hızlı büyüme gösteren fidanlar olması oldukça önemlidir. Diğer bir husus da yangına hassas olan Akdeniz Bölgesinde yapılan endüstriyel ağaçlandırmalarda proje tesis edilirken mutlaka yangın önlemleri konusunda, yangına dirençli türler olan servi, keçiboynuzu, incir gibi ağaçlar şeritler şeklinde yol kenarı ve ana sırtlarda kullanılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akalp, T., 1982. Orman Hasılatı ve Biyometri Kürsüsünce Hızlı Gelişen Türler Üzerinde Yürütülmüş Araştırmalar. Türkiye’de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Sempozyumu, Çağrılı Bildiri No: 20, Ankara.
- Anonim, 2019. Ormancılık İstatistikleri 2019. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>.
- Boydak, M., Dirik, H., 1998. Ülkemizdeki Hızlı Gelişen Türlerle Bugüne Kadar Yapılan Çalışmalarda Ulaşılan Aşama, Uygulanan Politika ve Stratejiler, Buna Bağlı Olarak Uygulanabilecek Strateji ve Politika Önerileri. Hızlı Büyüyen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar Çalıştayı, Ankara, Orman Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı, Yayın No: 83, 13-25.
- Boydak, M., Dirik, H., Çalıkoğlu, M., 2006. Kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü, OGEM-VAK, Lazer Ofset, Ankara.
- Birler, A.S., 2009. Endüstriyel Orman Ağaçlandırmaları. Düzce Orman Fakültesi, ENAT, Yayın No:4, İzmit.
- Deda, P., 2012. State of Europe’s Forests 2011. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, ECE/FAO Forestry and Timber Section, Arkhangelsk, Russia.
- Eraslan, İ., 1983. Hızlı Büyüyen Ağaç Türlerinin Önemi, Tanımı ve Türkiye’de Bu Türlerle Kurulacak Plantasyonların Potansiyel Üretim Kapasitesi. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 33 (2), 1-27.
- Erkan, N., 2002. Odun Üretim amaçlı Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlandırmalarında Ekonomik Analizler. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No:17, Antalya.
- Erkan, N., Aydın, A.C., 2016. Effects of Spacing on Early Growth Rate and Carbon Sequestration in *Pinus brutia* Ten. plantations. Forest Systems, 25 (2), 1-11.
- FAO, 2007. State of the World’s Forests 2007. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, <https://www.fao.org/4/a0773e/a0773e00.htm>, Rome.
- FAO, 2011. State of Europe’s Forests. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe, Rome.
- Görücü, Ö., Tolunay, A., Güneş, Y., Topçu, P., 2020. Endüstriyel Plantasyonlar ve Orman Ürünleri Endüstrisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22 (3), 939-952.
- OGM, 2013. Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı (2013-2023). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Rüter, S., 2013. Der Umweltbeitrag der Holznutzung. Urbaner Holzbau-Chancen und Potenziale für die Stadt. DOM Publishers, In: Cheret, P., Schwaner, K., Seidel, A. (eds), Berlin, Germany, 86-97.
- Usta, H.Z., 1991. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 219, Antalya.
- Yaltrık, F., Akkemik, Ü., 2011. Türkiye'nin Doğal Gymnospermeleri (Açık Tohumlular), Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Duman Ofset, Ankara.