

# KURAKLIK VE TÜRKiYE TARIMINA ETKİLERİ

Doç. Dr. Erol KAPLUHAN



# **KURAKLIK VE TÜRKiYE TARIMINA ETKİLERİ**

**Doç. Dr. Erol KAPLUHAN**



Copyright © 2023 by iksad publishing house  
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or  
transmitted in any form or by  
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical  
methods, without the prior written permission of the publisher,  
except in the case of  
brief quotations embodied in critical reviews and certain other  
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic  
Development and Social  
Researches Publications®  
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)  
TURKEY TR: +90 342 606 06 75  
USA: +1 631 685 0 853  
E mail: iksadyayinevi@gmail.com  
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2023©  
**ISBN: 978-625-367-143-3**  
Cover Design: İbrahim KAYA  
June / 2023  
Ankara / Turkey  
Size = 16 x 24 cm

## ÖNSÖZ

Genellikle yeterli yağışın düşmemesi olarak tanımlanan kuraklık, sadece basit bir yağış eksikliği demek değildir. Uzun yıllar boyunca nemliliğin ortalamadan daha az olması durumunda ortaya çıkan bu durum bir bölgede yağış ve evapotranspirasyon arasındaki dengenin bozulmasından kaynaklanır. Kuraklıkların sebebi her zaman aynı değildir. Bununla birlikte kuraklığın başlangıç ve bitiş zamanını tahmin etmek oldukça güçtür. Doğal afetlerin içinde yer alan kuraklık sinsiye ortaya çıkar, etkilerini yavaş yavaş gösterir ve uzun bir zaman boyunca devam eder.

Meteorolojik karakterli doğal afetler içerisinde en kapsamlı etkiye sahip olanı kuraklık olayıdır. Kuraklık sosyal, çevresel ve ekonomik olarak önemli zararlar oluşturmaktadır. Kuraklık, “Yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay” olarak tanımlanabilir. Tarım atmosfer şartlarında çalışan bir fabrikadır. Tarımsal üretimi etkileyen faktörler toprak, tohum, insan ve iklimdir. Bunlardan iklim dışında kalan diğer faktörler genellikle kontrol ve ıslah edilebilir. Tarım teknikleri ne kadar gelişirse gelişsin iklim faktörleri tarımsal üretimi önemli ölçüde etkilemeye devam etmektedir.

İklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki olumsuz etkileri ise daha sıcak ve az yağışlı iklim koşulları, ekstrem meteorolojik olaylarda artış, su kaynaklarında azalma, kuraklık şiddetinde artış, su ve toprak kalitesinde bozulma ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi hususlar olarak sıralanmaktadır. Kuraklık iklim değişikliğinin ortaya çıkardığı sorunlardan bir diğeri olduğu artık bilinen bir gerçektir.

Kuraklık önemli ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri olan doğal bir olaydır. Kuraklık başlangıç ve bitiminin belirlenmesinin güçlüğü nedeniyle diğer doğal afetlerden farklıdır. Yavaş yavaş kuvvetini artırır ve olay sona erdikten yıllar sonra bile etkisini devam ettirebilir. Kuraklığın etkileri genellikle ilk olarak tarımda görülür ve yavaş yavaş diğer suya bağımlı sektörlerle yayılır. Olağanüstü meteorolojik olaylar içerisinde en kapsamlı etkiye sahip olanı kuraklık olayıdır. Kuraklık sosyal, çevresel ve ekonomik olarak önemli zararlar oluşturmaktadır.

Tarım insanlığın yaşamı ve canlılığın devamı için besin ağının en temel basamağıdır. Tarımın geçmişte olduğu gibi bugün de stratejik konumu ve



medeniyetlerin gelişmesi üzerindeki tetikleyici etkisi devam etmektedir. Küreselleşen dünyada yaşanan birçok krizin yanı sıra, küresel ısınma ve kuraklığın tarıma olumsuz etkileri her geçen gün birçok devletin ana gündemini oluşturmaktadır. İklim de oluşabilecek herhangi bir olumsuzluk şüphesiz tarımı doğrudan etkilemektedir.

Meteorolojik faktörlerin zamansal ve mekânsal olarak büyük değişiklikler göstermesi nedeniyle tarımsal üretimde ciddi dalgalanmalar oluşmaktadır. 21. yy.'da beklenen iklim değişikliği, küresel ısınma ve kuraklık afetleri neticesinde, büyük oranda ürün kayıpları meydana geleceği tahmin edilmektedir. Bu nedenle herhangi bir bölgede tarımsal faaliyette bulunmadan önce o bölgenin iklim yapısı ve üretim riskleri hakkında gerekli bilgilerin edinilmesi bir zorunluluktur. Tarımı etkileyen en önemli meteorolojik faktörler yağış, sıcaklık, rüzgâr, nem, güneşlenme süresi ve şiddeti olarak sayılabilir.

Hazırladığım bu eser üniversitelerimizin Coğrafya Bölümü ve Coğrafya Öğretmenliği Bölümleri başta olmak üzere konuyla ilgili bölümlerdeki öğrencilerin ve konuya ilgi duyan araştırmacılara yardımcı bir kaynak niteliğinde hazırlanmıştır. Ayrıca eserde Kuraklık ve Kuraklık indeksleriyle ilgili detaylı bilgiler verilmiş ve bu konuya ilgi duyan ve merak edenlerin de ihtiyaçlarını karşılamaya ve akademik çalışmalarda bilimsel bir kaynak niteliği taşımasına özen gösterilmiştir.

Kitabın yayınlanmasında emeği geçen IKSAD YAYINEVİ çalışanlarına teşekkürlerimi arz ederim.

**Doç. Dr. Erol KAPLUHAN**

**Burdur, 2023**

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b> .....	i
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	iii
<b>GİRİŞ</b> .....	1
<b>1. BÖLÜM</b> .....	4
<b>1. KURAKLIK</b> .....	4
1.1. Aridite (Çoraklık).....	9
1.2. Çölleşme.....	11
1.3. Kuraklık Türleri.....	13
1.3.1. Meteorolojik Kuraklık.....	16
1.3.2. Tarımsal Kuraklık.....	18
1.3.3. Hidrolojik Kuraklık.....	21
1.3.4. Sosyo-Ekonomik Kuraklık.....	24
1.3.5. Fizyolojik Kuraklık.....	26
1.3.6. Kıtık Kuraklığı.....	27
<b>2. BÖLÜM</b> .....	28
<b>2. ARİDİTE VE KURAKLIK İNDEKSLERİ</b> .....	28
2.1. Kuraklığın Nicelikleri.....	28
2.2. Aridite İndeksleri.....	30
2.2.1. Erinç Aridite İndeksi ( $I_m$ ).....	30
2.2.2. Aydeniz Aridite İndeksi.....	31
2.3. Kuraklık İndeksleri.....	33
2.3.1. Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (Palmer Drought Severity Index (PDSI)).....	37
2.3.1.1. Palmer Hidrolojik Kuraklık İndeksi (PHDI).....	38
2.3.2. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI).....	39
2.3.3. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI).....	43
2.3.4. Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (Percent of Normal Precipitation Index= PNPI).....	44
2.3.5. Standart Skor veya Z Skoru İndeksi.....	45

2.3.6. Çin Z İndeksi (ÇZI) .....	46
2.3.7. Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) .....	46
2.3.8. Efektif Kuraklık İndeksi (EKI).....	48
2.3.9. Normal Yağış Yüzdesi İndeksi (NYEI).....	49
2.3.10. Yağış Kuyrukları İndeksi (YKI) .....	49
2.3.11. De Martonne Yöntemi .....	50
2.3.12. Thornthwaite Yöntemi.....	51
2.3.13. Yağış Anomali İndeksi (YAI).....	53
2.3.14. Akım Kuraklık İndisi (AKİ) (Streamflow Drought Index-SDI) .	54
2.3.15. Su Kullanım İndeksi (Water Exploitation Index, WEI).....	55
<b>3. BÖLÜM</b> .....	<b>56</b>
<b>3. KURAKLIĞIN ETKİLERİ</b> .....	<b>56</b>
3.1. Kuraklık Etkileri .....	56
3.1.1. Kuraklığın Ekonomi Üzerindeki Etkileri.....	58
3.2. Kuraklığın Çevresel Etkileri.....	71
3.3. Kuraklığın Sosyal Etkileri .....	71
<b>4. BÖLÜM</b> .....	<b>74</b>
<b>4. KURAKLIĞIN TÜRKİYE TARIMINA ETKİLERİ</b> .....	<b>74</b>
4.1. Tarım ve Kuraklık.....	74
4.2. Türkiye’de Kuraklığa Etki Eden Faktörler .....	83
4.2.1. Türkiye’de Kuraklık Eğilimleri .....	87
4.3. Türkiye’nin Su Kaynakları .....	97
4.4. Türkiye’de Tarımın Genel Özellikleri .....	104
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>117</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>122</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>143</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>144</b>
<b>Doç. Dr. Erol KAPLUHAN</b> .....	<b>145</b>

## GİRİŞ

Ekolojik döngüler canlı yaşam için önem taşıyan karbon, azot, oksijen, su ve benzeri maddelerin yerkabuğu, atmosfer ve okyanuslar arasında kendi kendini düzenleyen bir mekanizma içinde süregelen hareketi olarak tanımlanır. Yeryüzünün en önemli enerji kaynağı olan güneş, bütün ekolojik döngüleri besler. İnsan etkinliklerinin ekolojik döngüleri hızlandırması ya da bozması, ekosistemde bazen geri dönülmez sorunlara yol açar. Dolayısıyla küresel ekolojik kriz, ekolojik döngülerin nasıl bozulduğu incelenerek anlaşılabilir.

Yeryüzü ekosisteminin en önemli döngülerinden biri su döngüsüdür. Yaşamın temel kaynağı olan su, yeryüzünde maddenin üç halinde bulunur, su buharı olarak atmosferde; su olarak bulutlarda, yeryüzünde ve yeraltında; ve buz olarak yüksek bulutlarda, kar örtülerinde ve buzullarda. Okyanuslardan ve karalardan buharlaşarak atmosfere karışan su molekülleri soğuk katmanlarda yoğunlaşarak sıvı veya buz halinde bulutları oluşturur, yağışlarla yeryüzüne geri döner, okyanuslara, toprağa, yüzey veya yeraltı sularına karıştıktan sonra buharlaşıp tekrar atmosfere yükselir (Şekil 1).



Şekil 1: Genel Hatlarıyla Su Döngüsü

(<https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=4>, 2023).

Yeryüzündeki toplam su miktarı milyarlarca yıldır değişmeden kalmıştır. Toplam su miktarı devasa hacimdedir (1 milyar 350 milyon km<sup>3</sup>), ancak bunun çok büyük bir kısmı (% 97,4) deniz suyu ve diğer tuzlu sulardır. Tatlı suyun



önemli bir kısmı ise buzullarda (% 68,7) ve yeraltında (% 30,1) bulunur. Yeryüzünde serbest haldeki tatlı suyun da ancak % 5'i (200 bin kilometre küp) kullanılabilir durumdadır. Bulut örtüsündeki, yağışlardaki, buzullardaki, yeraltı sularındaki ve topraktaki zamansal ve yersel değişiklikler, toplam su miktarının dağılımıyla ilgilidir. Buzulların büyüklüğünden yağışların miktarına ve yerine kadar su döngüsünde yaşanan değişiklikler canlılar için jeolojik zaman ölçeğinde olduğu sürece nispeten uyum sağlanabilir niteliktedir. Ancak bunlar fazlasıyla kalabalık bir yeryüzünde, doğal hızından çok daha kısa sürede ve geniş alanlarda gerçekleştiği zaman bütün canlılar ve insan uygarlıkları için felaket halini alır.

Kuraklık, insan etkisinden bağımsız devam ediyormuş gibi görünen bu devasa su döngüsüyle ilgili olarak, yeryüzünün belli yerlerinde, yağışların yeterli olmadığı dönemlerde ortaya çıkar. Günümüzde artık kuraklığın bir doğa olayı olmaktan çıkmasına neden olan şey, insan etkinliklerinin, işte bu devasa döngüye geri dönülmez biçimde müdahale etmesidir. Su kaynaklarının ekolojik kurallara aykırı kullanımı; yani sulak alanların kurutulması, akarsu yataklarının değiştirilmesi, nehir sularının dev barajlarda depolanması, yeraltı su depolarının boşaltılması, suyun tarımsal üretim ve hayvancılıkta büyük miktarlarda kullanılarak küresel ticarete bir meta haline getirilmesi ve sanal su olarak kıtalar arasında yer değiştirmesi ve nihayet ekolojik su döngüsünün en önemli motoru olan yeryüzü ve okyanus sıcaklıklarını kalıcı bir şekilde artıran ve kendisi de insan eliyle karbon döngüsünün bozulmasının bir sonucu olan küresel ısınma ve iklim değişiklikleri... Bütün bunlar önce tarım devrimi, ardından sanayileşmeyle, yeryüzüne etkisi devasa bir hal alan insan etkinliklerinin su döngüsünü geri dönüşsüz biçimde bozmasına neden olmuştur. Bugün iklim değişikliği, nüfus artışı, kirlilik ve toprak kullanımıyla beraber su döngüsü üzerindeki en büyük baskı nedeni olarak kabul edilmektedir (Kang vd., 2009).

Kuraklık, hem yüzey, hem de yeraltı sularını etkiler, gerek tarım ve sanayide, gerekse içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilir su miktarının ve su kalitesinin azalmasına, tarımsal ürün miktarının ve kalitesinin düşmesine, hidroelektrik üretimde azalmaya, sulak alanların ve doğal yaşamın zarar görmesine ve bütün bunlara bağlı sosyal ve ekonomik etkilere neden olur (Mishra & Singh, 2010).

Sonuç olarak, geçmişte doğanın bir gerçeği, bir talihsizlik veya tanrının gazabı ve nihayet zaman zaman ortaya çıkan ve yönetilmesi gereken meteorolojik-hidrolojik bir sorun olarak görülen kuraklık, bugün sıklığı, şiddeti ve sonuçları insan eliyle artırılan bir ekolojik felakete dönüşmüştür.

Kuraklık, nedenleri, ortaya çıkış şekilleri, yaygınlığı ve sosyoekonomik sonuçlarıyla, sadece meteorologların, hidrologların ve tarımcıların değil, iklim bilimcilerden sosyal bilimcilere kadar pek çok akademik disiplinin ve elbette kamu yönetiminden sivil topluma kadar toplumdaki bütün tarafların bilgi sahibi olması ve çözüm önerileri üzerinde çalışması gereken bir meseledir.

Bu çalışmada, kuraklık felaketinin iklim değişikliğiyle bağlantısı, sorunun çok disiplinli özelliği göz önünde bulundurularak, kamuoyuna ve politika oluşturan kesimlere yol göstermeyi amaçlayan bir anlayışla ele alınmıştır. Kuraklık, tanımından çözüm yollarına kadar politik yönetim gerektiren bir sorundur ve günümüzde kuraklığı iklim değişikliğinden ayrı bir şekilde ele almak, soruna gerçekçi çözümler bulunmasını engellemektedir. Politikacılar ve kamu yöneticileri, artık kuraklığı iklim değişikliği gerçeğiyle birlikte, hatta onun bir parçası olarak ele almak durumundadırlar.

Türkiye'deki kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılış olanları, 1971-1974 dönemi ile 1983, 1984, 1989, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında oluşmuştur. Türkiye'nin birçok bölgesinde etkili olan bu kuraklık olaylarının ve su sıkıntısının, yalnız tarım ve enerji üretimi açısından değil, sulamayı, içme suyunu, öteki hidrolojik sistemleri ve etkinlikleri içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir noktaya ulaştığı gözlenmiştir.

2001 sonrası dönemde (Kasım 2001-Kasım 2006) genel olarak normal sınırlarında ve normalin biraz altında ya da üzerinde gerçekleşen yağışlar, ne yazık ki 2007 kış, ilkbahar ve yaz aylarında Türkiye'nin birçok yöresinde uzun süreli ortalamaların altında kalarak yeni bir meteorolojik kuraklık olayları dizisinin yaşanmasına ve bunlara bağlı olarak da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların (örneğin, sırasıyla, tarımsal ürün kayıpları, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının zayıflaması ve yetersizliği, İstanbul ve özellikle Ankara gibi bazı büyük kentlerde içme suyu sıkıntısı ve su kesintilerinin yaşanması, vb.) oluşmasına neden oldu (Türkeş, 2007). Aralık 2006-Ağustos 2007 döneminde oluşan son kuraklık olayları, Türkiye'nin özellikle Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgeleri ile Batı Akdeniz ve Batı-Orta Karadeniz bölümlerinde etkili oldu.

## 1. BÖLÜM

### KURAKLIK

#### 1. KURAKLIK

Bir bölgede nem miktarındaki geçici dengesizliğin o bölgedeki su kıtlığı ile ilişkisi olarak kabaca tanımladığımız kuraklık doğal bir iklim olayıdır ve herhangi bir zamanda herhangi bir yerde meydana gelebilir. Kuraklık sayılan otuz bir kadar doğal afet içerisinde pek çok araştırmacıya göre en önemli doğal afettir (Kadioğlu, 2001). Kuraktan nemli iklim tiplerine kadar her yerde görülebilir. Bununla beraber kurak iklimler nem eksikliğinden ve yüksek değişkenlikteki yağıştan dolayı kuraklığa karşı daha hassas konumdadırlar. Ekstrem olaylar içinde kuraklık genellikle yavaş gelişir, sıklıkla uzun bir süreklilik gösterir ve atmosferik tehlikeler içinde tahmini en az olanı olması ile birlikte etkileri çok geniştir.

Kuraklık tabiatın gizli bir tehlikesidir. Genellikle herhangi bir mevsim veya bir zaman diliminde yağış miktarındaki azalmadan dolayı meydana gelir. Kuraklık hesaplamalarında bir bölgedeki yağış ve evapotranspirasyon (buharlaştırma + terleme) arasındaki dengenin uzun süreli ortalaması göz önünde bulundurulmalıdır. Kuraklık zamanla (yağış mevsiminin başlamasında gecikmeler, ürün büyüme mevsimi-yağış zamanının ilişkisi) ve yağışların tesirleri (yağış yoğunluğu, sayısı) ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgâr ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler birçok bölgede kuraklıkta etkili olur.

Kuraklık, tanımı gereği görecelidir. Çünkü bir yerde normal şartlarda yağın yağış miktarına göre azalma olup olmadığına bakılarak değerlendirilir. Kuraklık kavramı medyada ve kamuoyunda sıklıkla kullanılmakta ve Türkçe ifade edildiğinde su sorunuyla ilgili diğer kavramları da kapsayacak şekilde geniş anlaşılabilir. Örneğin geçici bir durum olması gereken kuraklık (*drought*), kalıcı kurak durumları ifade eden çoraklık (*aridity*) ve çölleşme (*desertification*) gibi kavramların yerine kullanılabilir. Toprağın ve yeraltı sularının kuruması (*dryness*) ya da azalması geçici olmasa da kuraklık deyimiyle ifade edilebilir. Bu nedenle kuraklık kavramının ve diğerlerinin daha doğru kullanılması için öncelikle tanımlara bir göz atmamız

gerekir.

Kuraklık, genel olarak, yağışların kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu toprak ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz olması, kümülatif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer afetlerden ayıran en önemli özellikleridir. Herhangi bir bölgede kuraklık; frekans, şiddet, süre ve etki alanı gibi etmenlere bağlı olarak tanımlanmaktadır (Kömüşçü vd., 2002).

Kuraklık tüm iklim kuşaklarında görülebilir, ancak alanın kuraklığa karşı duyarlılığı ve etki derecesi bölgeden bölgeye önemli farklılıklar yaratabilir. Öte yandan, kuraklığın tanımı farklı iklim bölgeleri için değişiklikler göstermektedir. Örneğin; Bali’de yağışsız geçen 6 gün veya daha fazla süre, Libya’da yıllık toplam yağışın 180 mm den düşük olması, İngiltere’de günlük toplam yağışın 0.25 mm den düşük olduğu ardışık 15 gün kuraklık olgusunun yaşandığını gösterir. Türkiye’de ise benzer bir tanım yapmak zor olmakla birlikte, yıllık toplam yağış miktarı 400 mm nin altında olan bölgeler, kurak bölge olarak bilinmektedir (Kadıoğlu, 2008a).

Kuraklık başlı başına bir doğa kaynaklı afet olmasına karşın birkaç bakımdan diğer afetlerden ayrılır: ilk olarak, kuraklık yavaş başlayan bir süreçtir (Tosunoğlu, 2014: 1). Dolayısıyla, etkileri uzun bir zaman periyodu boyunca kümülatif olarak görülür (Doğan, 2013: 1). İkincisi, kuraklık kesin ve herkes tarafından kabul edilmiş bir tanıma sahip olmadığı için şiddeti ve var olup olmadığının netliği muğlaktır. Sonuncusu ise, kuraklığın etkileri yapısal değildir; yani heyelan, deprem, sel ve taşkın gibi doğal afetlerden daha yaygın bir coğrafi dağılıma sahiptir. Bu da onun etkisini ölçmeyi zorlaştırır ve diğer doğal afetlerden farklı olarak afet yönetimini zor kılabilir (Akbaşı, 2014: 102).

Doğa kaynaklı afetlerle alakalı olarak yapılmış olan tanımlardan biri ise afeti ulusal veya uluslararası yardımı gerektiren, yerel mücadele kapasitesini sınırlayan ve sınırlandıran durum ya da olay olarak ifade etmektedir (Kim, 2011). Toplumun tamamı ya da belirli kesimleri için fiziksel, ekonomik veya sosyal açıdan büyük kayıplar oluşturan, günlük hayatı ve insan aktivitelerini durduran veyahut akamete uğratan, etkilemiş olduğu toplumun başa çıkma durumunun yeterli gelmediği doğa, teknoloji ya da insan sebepli olaylardır. Afet yaşanan olayın kendisi değil sadece ortaya çıkardığı sonuçtur.



Doğa kaynaklı afetler ulusal veya uluslararası çapta sermaye stokunu veya sermayenin var olan verimliliğini azaltarak, GSYH (Gayrisafi Yurtiçi Hasıla)'nin, milli veya kişisel zenginliğin azalmasına sebep olan durumlar olarak tanımlanabilir. Birleşmiş Milletler'in tanımına göreyse afet; etkilediği alanda, bölgeler arası veya uluslararası acil yardımın kaçınılmaz kılınması, binlerce insanın ölmesi ve yüz binlerce kişinin evsiz barksız kalması, çok önemli derecede ekonomik yıkımlara sebep olması, büyük ölçekte sigorta gideri kayıplarının olması, doğa kaynaklı afet olarak adlandırılmaktadır. Ekonomik açıdan ise afetlerin tanımı; insani, fiziksel veya finansal sermaye yıkımlarına sebep olan, ekonomik aktiviteleri azaltmakta veya tamamen durdurmakta kamu, özel sektör kurumlarının harcamalarını, gelirlerini ve giderlerini önemli oranda etkilemektedir (Akar, 2013).

Kuraklık yalnızca fiziksel bir olay veya bir doğa olayı olarak görülmemelidir. Onun, insan ve faaliyetlerinin su kaynaklarına olan bağımlılığı nedeniyle toplum üzerinde çeşitli etkileri vardır. Uzun süreli kuru hava nem azlığı yaratarak bitki, orman ve su kaynaklarında azalmaya sebep olur ve neticede, ciddi çevresel, ekonomik ve sosyal problemlerin ortaya çıkar. Kuraklığın literatürde kullanılan kuraklık tiplerine bakıldığında; **Meteorolojistlere göre kuraklık**; Bölgenin coğrafi durumuna göre yıllık yağışın mevsimlere göre dağılışındaki düzensizlik ve yetersizliktir. **Tarımcılara göre kuraklık**; Topraktaki nem miktarının bitkinin solma noktasına düşmesidir. **Hidrolojistlere göre kuraklık**; Yeraltı ve yerüstü su seviyelerinin alçalması veya akarsuların su potansiyelinin azalmasıdır. **Ekonomistlere göre kuraklık**; Ekonomik kurallara tesir edecek derecede suyun azalmasıdır. **Klimatolojistlere göre kuraklık**; Henry'nin tanımında 21 veya daha fazla gün içerisinde kaydedilen yağış, aynı derecedeki normal yağışın % 30 unu bulduğu zaman kuraklık olduğu ifade edilmekte ve bu oran % 10 a düştüğü zaman maksimum kuraklık ortaya çıkmaktadır (Asar vd., 2007: 88).

Doğa kaynaklı afetler, içinde bulunan toplumun gündelik hayat düzenini bozan sebep olduğu zararları giderme ve azaltma durumunu aşarak ulusal veya uluslararası yardım ihtiyacı oluşturan doğal olaylardır. Burada bahsedilen “doğal” ifadesi olayın “doğayla alakalı” olduğunu tanımlamak için kullanılmaktadır. İnsanlık tarihi süresince milyonlarca insanın ölümüne sebep olan doğa kaynaklı afetlerin, en başta küresel ısınma olmak üzere, iklim değişiklikleri olmak üzere birçok olgudan ötürü, oluşma sayıları, şiddetleri ve

etki ettikleri alanlar son yıllarda büyük bir hızla artmaktadır (Kadioğlu, 2011).

Dünyada etkili olan 31 çeşit doğal afetin çeşitli özellik ve önem sıraları Tablo 1.1.'de gösterilmiştir. Bu tabloda Bryant (1993), 31 adet doğal afeti, afetlerin şiddetini, oluşum sürelerini ve etkilerini esas alarak yaptığı değerlendirmeler ile önem sırasına göre dizmiştir.

**Tablo 1.1.:** Dünyadaki Doğal Afetlerin Karakteristik Özellikleri ve Çeşitli Etkilerinin Puanlanmasına Göre Önem Sıraları (Buradaki puanlamada ve önem sırasında ölçek 1'den (en büyük veya önemliden) 5'e (en küçük veya önemsiz) kadar değişmektedir) (Bryant, 1993; Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Meteorolojik Önlemler Raporu, 1999: 7).

Önem Sırası	Afet	Afetin Şiddeti	Karakter ve Etkilerinin Değerlendirilmesi					
			Etkili Olduğu Süre	Etkili Olduğu Toplam Alan	Toplam Can Kaybı	Toplam Ekonomik Kayıp	Sosyal Etkisi	Etkisinin Kalıcılığı
1.	Kuraklık	1	1	1	1	1	1	1
2.	Tropikal Siklon	1	2	2	2	2	2	1
3.	Bölgesel Sel ve Taşkınlar	2	2	2	1	1	1	2
4.	Deprem	1	5	1	2	1	1	2
5.	Volkan	1	4	4	2	2	2	1
6.	Orta enlem Fırtınaları	1	3	2	2	2	2	2
7.	Tsunami	2	4	1	2	2	2	3
8.	Orman ve Çal Yangınları	3	3	3	3	3	3	3
9.	Toprak Şişmesi	5	1	1	5	4	5	3
10.	Deniz Seviye Değişimleri	5	1	1	5	3	5	1
11.	Icebergs	4	1	1	4	4	5	5
12.	Toz Fırtınaları	3	3	2	5	4	5	4
13.	Heyelan	4	2	2	4	4	4	5
14.	Kıyı Erozyonları	5	2	2	5	4	4	4
15.	Çığ	2	5	5	3	4	3	5
16.	Creep&solifluction	5	1	2	5	4	5	4
17.	Tornado	2	5	3	4	4	4	5
18.	Kar fırtınası	4	3	3	5	4	4	5
19.	Kıyı buzları	5	4	1	5	4	5	4
20.	Ani Seller	3	5	4	4	4	4	5
21.	Sağanak Yağışlar	4	5	2	4	4	5	5
22.	Yıldırım Çarpması	4	5	2	4	4	5	5
23.	Kar Tipisi	4	3	4	4	4	5	5
24.	Okyanus Dalgaları	4		2	4		5	5
25.	Dolu Fırtınası	4		4	5		5	5
26.	Donan Yağmur	4		5	5		4	5
27.	Kuvvetli Rüzgarlar	5		3	5		5	5
28.	Toprak Çökmesi	4		5	5		4	5
29.	Çamur ve Dağ Döküntüsü Akışı	4		5	4		5	5
30.	Air-Supported Flows	4		5	4		5	5
31.	Kaya Düşmesi	5		5	5		5	5

Kuraklıkların ekonomik ve toplumsal boyutları vardır. Toplumun ekonomisi, sağlığı, psikolojisi ve ticareti ile yakından ilgilidir. Kuraklık dünyada etkisini gittikçe arttırmasına rağmen kapsamı henüz tam anlaşılmamış ve etkileri yeterince değerlendirilmemiştir.

Kuraklık, meydana getireceği zararlar ve halkın bu konuda yeterince bilgi sahip olmaması gibi nedenlere bağlı olarak en önemli doğal afetlerden biri olarak kabul edilmektedir ve ‘doğanın gizli tehlikesi’ olarak adlandırılabilir (Şimşek & Çakmak, 2010). Kuraklığın bazı durumlarda bir mevsim sürüp dar alanları etkileyebileceği, bazı durumlarda ise senelerce devam edebileceği ve geniş alanları etkileyebileceği görülmektedir. En genel biçimiyle denilebilir ki, kuraklık, başlangıç ve bitiş tarihinin belirsiz oluşu, kümülatif olarak artış göstermesi, aynı anda birden fazla kaynağa olan etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması gibi özellikleri sebebiyle diğer doğal afetlerden ayrılmaktadır.

Tarım teknolojisi ileri ülkelerde bile, tarımsal üretimin temel sorunlarından biri de kuraklıktır. Karaların, yaklaşık % 16’ sının veya 21- 22 milyon km<sup>2</sup> kadarının kurak ve yarı kurak bölgeler olduğu tahmin edilmektedir. Bu gibi bölgelerde yağış azlığı, yağış rejimlerinin düzensizliği ve kaynaklarının kıt olması gibi faktörler tarımın temel sorunları arasında yer almaktadır. Özellikle su azlığı ve yağış yetersizliğinden doğan kuraklık sorununu çözümlmek ve bu bölgeleri tarıma kazandırmak için, ya sulama faaliyetleri geliştirilmeye ya da kuru arım metodu uygulanmaya çalışılmaktadır (Kaplukan, 2013: 492).

Bununla birlikte, devamlı kuraklıkların egemen olduğu çöl bölgelerinde yer yer su bulunan vahalar hariç, herhangi bir tarım faaliyetinde bulunulamaz. Nitekim güney yarımkürede Oğlak Dönencesi boyunca uzanan Namib, Kalahari ve Avustralya çölleri ile Kuzey Yarımkürede yer tutan Nevada, Sahra, Arabistan ve Tar çölleri bu şekildedir. Kuşkusuz bu devamlı kurak bölgelere Asya Çölleri de dahildir. Bu bölgelerde tarımın temel sorunu su yetersizliğidir. Ilıman kuşağın iç kısımları ile Subtropikal bölgelerde, yağışların yetersizliğinden ziyade tarımsal faaliyetler üzerinde olumsuz etki yaratan temel faktör mevsimlik kuraklıktır. Bu sorun özellikle kuraklığın yaşandığı yaz aylarında sulama yapılarak giderilmeye çalışılmaktadır. Bunun yanında bu bölgelerde görülen epizodik kuraklıklar, yani Subtropikal ve ılıman kuşakların iç kesimlerinde bazı yıllar rastlanan beklenmedik kuraklıklar da tarımsal faaliyetleri olumsuz yönde etkilemektedir.

Dry Farming'in (Kuru Ziraat) yıllık yağış tutarlarının 10-20 inch. veya 325-750 mm olan sahalarda tatbik edilmekte olduğuna işaret etmişlerdir. Bu şekilde yıllık yağış tutarları miktarları ile dry farming sahalarını tayin etmeye imkân yoktur. Bunun yanında yıllık yağış tutarının % 50-60'ının bir iki sağanak ile düşmekte olduğu yerlerdeki veya yağışların kısmi azamisinin sıcak mevsimde düşerek, şiddetli buharlaşmaya mevzu olduğu mıntikalardaki yüksek yağış miktarları düştükleri sahanın kurak olmasına mani olmazlar.

Dry farming sahaları tespit edilirken yalnızca yıllık yağış miktarlarının kullanılması doğru sonuç vermemektedir. Bu sahaların tespitinde sıcaklık ve yağış miktarlarının dikkate alınarak yapılan kuraklık tespiti formülleri daha doğru sonuçlar vermektedir. Buna göre E. Tümerkin tarafından yapılan dry farming sahaları şu şekilde belirlenmiştir. Kuzey Amerika'nın batısı, Güney Amerika'da batı Brezilya ve Arjantin, Kuzey Afrika, Sudan, Güney Afrika, Akdeniz bölgesi, Rusya stepleri, Hindistan'daki Dekan ve diğer kurak sahalardan, Kuzey Çin, Avustralya'daki sahil sıra dağları içinde hayvancılık yapılan kurak steplere geçmeden evvelki kısım, yani başlıca buğday sahaları (Tümerkin, 1957).

### 1.1.Aridite (Çoraklık)

Türkeş 1990'a göre, 'aridite', yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun süreli ve egemen atmosferik dolaşımın ve kontrol düzeneklerinin oluşturduğu klimatolojik kuraklık ya da kurak koşullar olarak tanımlanabilir. Başka sözcüklerle, aridite, yeryüzünün herhangi bir bölgesinde, zayıf su varlığı ve/ya da düşük ortalama yağış koşulları ile nitelenen, iklimin sürekli bir özelliğidir. Bu tanımda, iklim değişikliği olasılığı göz ardı edilmektedir. En genel kullanımıyla 'aridite'nin (uzun süreli kurak koşulların) egemen olduğu arid (kurak) iklim bölgelerinin belirlenmesi amacıyla, çok sayıda kuraklık (nemlilik) ve/ya da yağış etkinliği indisi geliştirilmiştir. Örneğin, Köppen, 1918, 1936; De Martonne, 1926, 1935; Thorntwaite, 1931, 1948; Erinç, 1965; Sezer, 1988; vb. (Erinç, 1965; Türkeş, 1990). Çölleşme Sözleşmesi'nde ise, kurak, yarıkurak ve kurak-yarınemli alanlar, "*kutup ve kutupaltı bölgeler dışında olmak üzere, yıllık yağışın potansiyel evapotranspirasyona oranı 0.05-0.65 aralığında kalan alanlar*" olarak belirlenmiştir (UNCCD, 1995).

Kuraklığın aksine çoraklık kalıcıdır. Çoraklık bize nehir ya da göllerin olmadığı, yağmurun çok seyrek ve az yağdığı, su azlığına alışmış kaktüs gibi



bitkileri barındıran çöl ya da çöle benzer bölgeleri çağrıştırır. Her ne kadar çorak dediğimizde çoğumuzun aklına kuru, kavrulmuş, bitki örtüsü için yetersiz yağışa sahip gibi tanımlar gelse de, çoraklığı tanımlamak kolay değildir. Bu zorluğun arkasındaki ana neden, çoraklığın yağış ve nem azlığının yanı sıra potansiyel buharlaşma ve terleme (*evapotranspirasyon*) kavramına dayanmasıdır.

Potansiyel buharlaşma ve terleme, kısa boylu bir bitki ile kaplı bir alanda, bu bitkinin sağlıklı olduğu ve toprağın da yeterli neme sahip olduğu varsayılacak olursa, topraktan ne kadar buharlaşma olacağı ve bitkinin terleme ile ne kadar su kaybedeceğinin bir ölçüsüdür. Buradan anlaşılacağı gibi, buharlaşma ve terleme öncelikle sıcaklığın bir fonksiyonudur. Bundan dolayı da çoraklık iki değişik şekilde ortaya çıkabilir: Ya yağışın az olmasından dolayı, ya da yağış yeterli olsa bile sıcaklığın yüksek olmasından dolayı su kaybı nedeniyle. Ancak her iki durumda da sonuç aynıdır, toprak ya bitkilerin sağlıklı büyümelerine yeterli olacak kadar yağış almaz, ya da aldığı bu suyu hızla kaybettiğinden üzerinde bitki yetişmesine imkan vermez.

Çoraklık, ya da aridite, “yeryüzünün herhangi bir yerinde egemen olan fiziki coğrafya denetçilerinin ve uzun süreli atmosfer dolaşımı düzeneklerinin oluşturduğu sürekli yağış ve nem açığı koşulları ya da klimatolojik kuraklık” şeklinde tanımlanabilir (Türkeş, 2007). Yani bir bölgenin çorak olması için kuraklık yeterli değildir. Bu kuraklığın aynı zamanda atmosfer koşullarından dolayı sürekli olması gerekmektedir. Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi’nde, kurak, yarıkurak ve kuru-yarınemli araziler, “yıllık yağışın potansiyel buharlaşma ve terlemeye oranı 0,05-0,65 aralığında kalan alanlar” olarak belirlenmiştir (UNCCD, 1995). Yıllık yağışın potansiyel buharlaşma ve terlemeye oranına aynı zamanda kuraklık indisi diyoruz.

Çoraklık ve kuraklık ise zamansal açıdan farklı anlamlar taşır. Her ikisinde de yağış az ve sıcaklık yüksektir, ancak çoraklık uzun süreli, yani kalıcı, kuraklık ise kısa süreli ve geçicidir. Kuraklığın uzun süreli ve kalıcı hale gelmesi, bir bölgeyi çorak hale getirir.

Bu tanımlar ışığında çoraklık ve kuraklığı birbirine karıştırılabilmek kolaydır. Özellikle dünyadaki iklim türlerini sınıflandırırken çorak yerine kurak kelimesinin kullanılması bu problemi daha da anlaşılabilir hale getirebilmektedir. Basitçe söylemek gerekirse, kurak bir bölge, yağışın az olduğu, ama buna karşılık sıcaklıkların yüksek olmasından dolayı toprağın

nemini kaybettiği bir bölgedir. Bu bölgede bitkilerin yetişmesi için uygun koşullar bulunmadığı için buraya çorak diyoruz.

Çoraklık ve kuraklık ise zamansal açıdan farklı anlamlar taşır. Her ikisinde de yağış az ve sıcaklık yüksektir, ancak çoraklık uzun süreli, yani kalıcı, kuraklık ise kısa süreli ve geçicidir. Kuraklığın uzun süreli ve kalıcı hale gelmesi, bir bölgeyi çorak hale getirir.

Yıllık yağışın potansiyel buharlaşma ve terlemeye oranı 0,05'den düşük olduğunda, toprakta bitkilerin yaşamasında artık neredeyse imkan yoktur. Bu tür alanlara gerçek veya iklimsel çöl diyoruz. Aynı zamanda çöllerin aldığı yıllık ortalama yağış tutarı 100 mm'den az olduğundan, bu bölgeler şiddetli kurak olarak sınıflandırılır.

İnsanların yanlış arazi kullanımından ve/veya uzun süreli kuraklıklar gibi olumsuz iklim koşullarından dolayı ekonomik ve biyolojik olarak üretken bir arazi ekolojik olarak bozularak, daha az üretken ya da üretken olmayan bir hale dönüşebilir. Buna çölleşme diyoruz. Çölleşme, düşük toplam yağışa, yetersiz su kaynaklarına, uzun kurak mevsimlere, yinelenen kuraklık olaylarına, gevşek yüzey malzemesine ve ince toprak katmanına sahip, seyrek ve aynı zamanda hassas bir vejetasyon ile kaplanmış ortamlarda hem daha sık oluşur, hem de daha fazla etkili olur (Türkeş, 2012).

Türkiye'de kuraklık indisinin 0,2'de düşük olduğu bölgeler bulunmamaktadır. Kuraklık indisinin 0,2 ile 0,49 arasında olduğu yarıkurak bölgeler ise Konya Ovası ve Iğdır bölgesidir. Güneydoğu'da ve iç bölgelerde ise kuraklık indisi 0,5 ile 0,64 aralığındadır, bu da bu bölgelerin kuru-yarınemli olduğunu gösterir. Çoraklık tanımına göre ise yarı- kurak ve kuru-yarınemli bölgelerimizin tamamı çorak bölgeler olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca bu bölgelerin tamamı uzun süreli kuraklıklar ve yanlış arazi kullanımı nedeniyle çölleşme riski taşımaktadır. Çorak bölgelerin tüm yüzölçümüne oranı % 34 olduğundan, iklim değişikliğinin etkilerinin gelecekte daha da artması ile bu arazilerin kaybedilmesi riski, toprak politikalarının en önemli gündem maddesi olmak zorundadır.

## 1.2. Çölleşme

Çölleşme, insanların yaşadıkları yerlerde, çeşitli doğal beşerî etkenlerle ortaya çıkan ve yağış azalmasına bağlı olarak beliren kuraklığın ileri boyutlara ulaşması olarak kabul edilir. Çölleşme, sürekli bir yaşamın bulunmadığı ve özellikle yağış yetersizliği nedeniyle bolluk ve bereketten yoksun bir bölgenin

(çöllerin) oluşumu için geçen süreçtir. Veya diğer bir tarifile, kurak, yarı kurak ve az yağış alan bölgelerde iklim değişiklikleri, insan faaliyetleri, doğal etmenler gibi faktörlerden kaynaklanan verimli toprak kalitesinin bozulmasıdır. Çölleşme kavramı için farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. FAQ/ UNEP (1984) Çölleşmeyi “arazinin biyolojik potansiyelinin bozulmasına ya da azalmasına neden olan edafik ya da iklimik ariditeyi, yaşam düzeyinin bozulmasına ya da azalmasına neden olan edafik ya da iklimik ariditeyi, yaşam düzeyinin bozulmasını ve çöl benzeri koşulların yaygınlaşmasına duyarlı olan arazilerde degradasyonun her çeşidini içeren süreç” olarak tanımlayıp benimsemiştir. Çölleşme, Sovyetler Birliği’nde “kurak ve yarıkurak alanlardaki ekosistemlerin yıkıma uğraması ve organik yaşamın tüm biçimlerinin degradasyonunu düzenleyen (ya da yöneten) fizyografik ve antropojenik süreçlerin kombinasyonu” olarak tanımlayıp benimsenmiştir (Kharin & Petrov, 1977). Gbeckor-Kove (1989) Çölleşmeyi, “İklimatik çöllerin dış kenarlarında bulunan alanlardaki toprak ve vejetasyonda çöl benzeri koşulların alansal olarak yaygınlaşmasını başlatan ya da yöneten biyolojik üretkenlikte bir azalma ve böyle koşulların bir zaman periyodunda toplanması” biçiminde tanımlamıştır. Çölleşme süreçleri yıllık ortalama yağışı 500 mm den az olan, çöllere komşu kurak (arid) ve yarıkurak (semi-arid) kenar kuşaklarda oluşmaktadır (Gbeckor-Kove, 1989).

Toprağın aşırı kullanımı, aşırı otlama, hatalı sulama yöntemleri, ormanların tahribi ve ekolojik dengenin bozulmasıyla meydana gelen iklim değişiklikleri çölleşmeye neden olan etmenlerin başında gelmektedir. Çölleşme, daha çok yıllık ortalama yağışın 250 mm'den daha az olduğu, çöllere komşu, kurak ve yarı kurak kenar bölgelerde, çok uzun bir süre devam eden kuraklık sonucunda oluşmaktadır (Ekici & Akay, 2011).

Suyun bulunduğu vahalar dışında çöl bölgeleri, insanların yaygın olarak yaşadığı yerler değildir. Çünkü buralardaki nem eksikliğinin ve yüksek sıcaklığın; toprak yapısında, biyolojik varlıklar üzerinde, arazi yapısı ve şekli üzerinde yarattığı olumsuzluklardan dolayı insanların hayatı etkinliklerini sürdürmeleri mümkün değildir (Ekici & Akay, 2011).

Çölleşme kavramıyla kuraklık kavramı genellikle birbirine karıştırılmaktadır. Kuraklık kısa süreli bir sorun olarak değerlendirilebilir. Çölleşme ise daha kroniktir ve uzun sürelidir. Ancak kuraklık uzun süreli değilse, doğrudan çölleşmenin tek nedeni değildir. Çünkü belirli bir kuraklığın

yaşandığı dönemden sonra yeterli yağışlar görülmeye başladığında, kuraklık sona ermekte, biyolojik çeşitlilik eski durumuna dönebilmektedir. Bu konudaki çalışmalardan Dünya'da, çölleşmeden 65 milyon hektarlık birinci sınıf tarım arazisinin etkilendiği; bundan da 1 Milyar civarındaki nüfusun risk altında olduğu gerçeği ortaya çıkmaktadır. Sık sık 10 kıtlıkla çölleşme arasında da bir bağ kurulmaya çalışılmaktadır. Kıtlık, doğrudan ve sadece kurak koşulların sonucu değildir. Şüphesiz besin azlığı diğer bazı nedenlerin yanında büyük ölçüde kuraklık ve çölleşmeden de kaynaklanabilir. Ama bunun daha birçok nedenleri vardır (Ekici & Akay, 2011).

### 1.3.Kuraklık Türleri

Kuraklık dünyada etkisini gittikçe arttırmasına rağmen kapsamı henüz tam anlaşılmamış ve etkileri yeterince değerlendirilmemiştir. Bunun doğal sonucu olarak da kuraklığın kesin tanımı yapılamamaktadır. Meteorologlar yağışlar, sıcaklık, nem, buharlaşma v.b. büyüklükler açısından; su kaynakları mühendisleri, akarsular, yeraltı suları, su biriktirme hazneleri, göller açısından; ekonomistler insanların yaşamı açısından kuraklığı tanımlamış ve incelemiştirler (Sırdaş & Şen, 2003; Yıldız, 2008).

Kuraklık tabiatın gizli bir tehlikesidir. Genellikle herhangi bir mevsim veya bir zaman diliminde yağış miktarındaki azalmadan dolayı meydana gelir. Kuraklık hesaplamalarında bir bölgedeki yağış ve evapotranspirasyon (buharlaşma + terleme) arasındaki dengenin uzun süreli ortalaması göz önünde bulundurulmalıdır. Kuraklık zamanla (yağış mevsiminin başlamasında gecikmeler, ürün büyüme mevsimi- yağış zamanının ilişkisi) ve yağışların tesirleri (yağış yoğunluğu, sayısı) ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgâr ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler birçok bölgede kuraklıkta etkili olur.

Kuraklık için pek çok tanım yapılmıştır (WMO, 1975a; WMO, 1975b; WMO, 1989; Hare, 1983; Hare, 1985). Bu tanımlar yalnız başına ya da bir kombinasyon içinde kullanılan birçok değişkeni içeren çok sayıda kritere göre sınıflandırılabilir. Yağış, sıcaklık, nem, serbest su yüzeylerinden buharlaşma (evaporasyon), bitkilerden terleme (transpirasyon), toprak nemi ve sıcaklığı, rüzgar, akarsu akım değerleri ve bitki koşulları sözü edilen değişkenlerin belli başlılarıdır. Yalnızca yağışa dayalı tanım meteorolojik kuraklık olarak kabul edilmektedir. Meteorolojik Kuraklıkların saptanmasında çeşitli istatistiksel yöntemler, yağış için çeşitli sınır değerleri ve normale (ortalamaya) göre birçok



sapma ölçüsü geliştirilmiştir. Örneğin 21 günün yağış normali 1/3 ünden az ya da yağışsız 15 gün vb. Kısa süreli kuraklıklar ya da kuru/kurak devreler meteorolojik kuraklıkla birlikte ele alınır.

Gibbs (1975, 1987) kuraklığı, “gereksinmeleri karşılayacak yeterli suyun bulunmaması” biçiminde tanımlanmıştır. Ayrıca ona göre, kuraklığın oluşumu yağış açığına bağlı olduğu kadar, bitki hayvan ve insan popülasyonlarının dağılışına ve yoğunluğuna, onların yaşam tarzına ve arazi kullanımına da bağlıdır. Landsberg (1975)’e göre, normal koşullarda vejetasyon, tarım akarsular ve su kaynaklarına yetecek kadar yağışa sahip olan bir iklim kuşağında oluşan geçici düşük yağış koşulları kuraklıktır. Kalefetoğlu ve Ekmekçi (2005) kuraklığı, genel anlamda meteorolojik bir olgu olarak ifade ederek; toprağın su içeriği ile bitki gelişiminde gözle görülür azalmaya neden olacak kadar uzun süren yağışsız dönem olarak belirtmektedir. Thomas (1962)’a göre; belirli bir dönem süresince yağışın uzun süreli ortalamadan az olması sonucun da oluşan meteorolojik bir olaydır. Barry & Charley (1976)’e göre ise evapotranspirasyon ve akarsu akım değerlerinde oluşan azalma nedeniyle toprakta nem açığına neden olacak kadar uzun bir periyot süresince önemli yağış tutarının gerçekleşmemesidir.

Çepel (1983)’e göre kuraklık; düzenli ve geçici olarak meydana gelmektedir. Düzenli kuraklıklar, coğrafi anlamda kurak alanlarda oluşmaktadır. Bitkiler zamanla bu ortama uyum sağladıklarından düzenli kuraklıktan etkilenmezler. Geçici kuraklıkların zamanı belirsizdir ve bitkiler, bu tip kuraklıktan büyük çapta etkilenirler.

Kuraklık, yağışların bir bölgede beklenenden daha az olması durumudur. Dolayısıyla sadece sürekli az yağış olan bölgelerde değil, yağışlı bölgelerde de kurak dönemler olabilir. Kuraklıktan söz edilmesi için yağışların normal ya da beklenen düzeyin altında olduğu zamanın en az bir mevsim veya bir yıl sürmesi gerekir. Yani kuraklık belli bir bölgede, yağışların belli bir süre boyunca normalden az olmasıyla ortaya çıkar (Mishra & Singh, 2010).

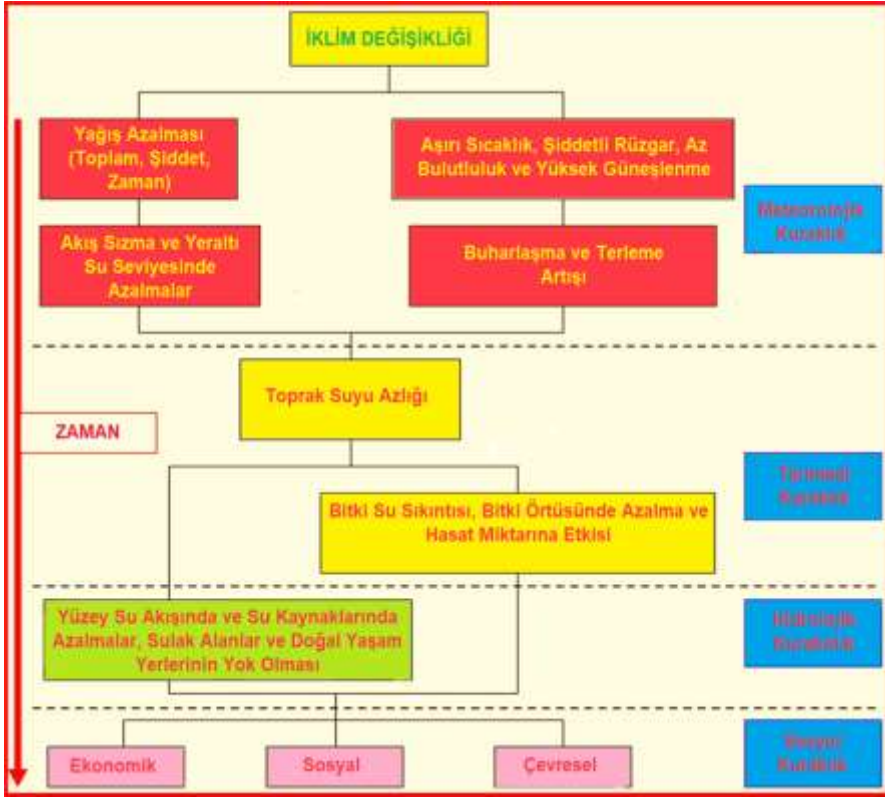
Köppen “Esas İklim Mıntıkaları ve Esas İklim Tipleri” gruplamasına dayanarak kurak iklim mıntıklarını tanımlarken, kurak iklim yerlerinin step ve çölleri içerdiğini, kurak bölge sınırının sıcaklık ve yağış arasındaki ilişkiye dayanarak tayin edildiğini belirtmektedir. Çöl iklimlerinde sıcaklık -5 oC ile +25 oC arasında, yıllık ortalama yağış miktarı 50-350 mm arasında değişmektedir (Ardel, 1940). Ürgenç (1986) yıllık ortalama yağışı 300 mm ve

altında olan yerleri kurak, 300–600 mm olan yerleri ise yarı kurak olarak tanımlamaktadır. Uluocak (1974) ise yıllık ortalama 250 mm’ye kadar yağış alan bölgeler kurak, 250–600 mm yağış alan yerleri yarı Kurak, 600 mm’den fazla alan yerleri ise nemli olarak adlandırılmaktadır. “Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) ise; yıllık yağışı 300 mm ve altında alan yerleri “kurak”, yıllık yağışı 300–600 mm arasında olan yerleri de “yarı kurak” olarak kabul etmektedir (FAO, 1963).

Kuraklığın ortaya çıkmasında yağış miktarı kadar sıcaklıkların, havadaki bağıl nemde azalmanın, yüksek rüzgârların, yağışların zamanlamasının ve niteliğinin, ör içereneğin ürünlerin ekim zamanı yağıp yağmamasının, yağış hızının ve süresinin de etkisi vardır. Kuraklık, kalıcı bir iklim özelliği olan çorak- lığın tersine geçici bir normalden sapma halidir. Kuraklık, geçici bir durumu ifade etmekle birlikte, birkaç gün veya haftadan uzun sürmeyen sıcak dalgalarından farklı olarak yıllarca sürebilir ve sıcak dalgalarıyla birlikte seyrettiğinde etki şiddeti artar.

Dünya Meteoroloji Örtütü’ne (WMO) göre kuraklık uzamış ve aralıksız devam eden yağış azalmasıdır. Birleşmiş Milletler Kuraklık ve Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi’ne (UNCCD) göre kuraklık, yağışların kaydedilmiş normal seviyelere göre belirgin biçimde azalmasıyla ortaya çıkan doğal bir femonendir ve yeryüzü kaynaklarının üretim sistemlerini kötü etkileyen ciddi hidrolojik dengesizliklere neden olur. Birleşmiş Milletler Dünya Tarım Örgütü’ne (FAO) göre, kuraklık zararı, nem azalmasından dolayı ürünlerin zarar gördüğü yılların yüzdesine göre tanımlanır. İklim ve Hava Durumu Ansiklopedisine göre kuraklığı bir bölgede istatistiksel olarak uzun yıllar ortalamasına göre yağışların azaldığı uzamış bir mevsim, bir yıl, ya da yıllar bir dönem olarak tanımlar.

Kapluhan Kuraklığı “Yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay” olarak tanımlamaktadır (Kaplukan, 2013: 488).



Şekil 1.1.: Kuraklık Türleri ve Etkileri

### 1.3.1. Meteorolojik Kuraklık

Meteorolojik (veya klimatolojik) kuraklık, yalnızca normalin altına düşen yağış miktarına ve yağışsız geçen süreye bağlı olarak ifade edilir (Wilhite, 1994: 78). Dolayısıyla, yoğunluk ve süre bu tanımların anahtar özellikleridir. Meteorolojik kuraklık tanımları, bölgeye özgü olarak düşünülmelidir çünkü yağış eksikliğine neden olan atmosferik koşullar iklim rejimine bağlıdır (Mulinde vd., 2016).

Uzun bir zamana yayılmış şekilde yağışın belirgin olarak normal değerlerin altına düşmesine meteorolojik kuraklık denir. Nem azlığının derecesi ve süresi meteorolojik kuraklığı belirler. Bölgeden bölgeye kuraklığın gelişiminde farklılıkların gözlenebilmesi mümkündür. Örneğin yağışlı gün sayısının ve yağış miktarının belirli bir değerden az olması temeli baz alınarak kurak periyotlar tespit edilir. Bu hesap yöntemi yıl boyunca yağış alan yerler için uygundur. Başka bir tespit etme şeklide yağışın aylık, mevsimlik ya da

yıllık toplamlarının ortalamasından olan farkları ile ilişkilidir.

Meteorolojik kuraklık, yağış toplamlarının belirli bir zaman döneminin uzun süreli ortalamalarından, ortancasından (medyan) ya da normalinden (en az 30 yıllık) oluşan negatif sapma olarak tanımlanır. Bu tanımlama genellikle bölgeseldir ve bölgesel klimatolojinin tam olarak anlaşılması temeline dayanır.

Kuraklığın açıklanmasında en yaygın kullanılan gösterge klimatolojik/meteorolojik ve hidrolojik ölçümlerdir. Herhangi bir meteorolojik kuraklık olayı bir anda sona erebilir ya da şiddetini artırabilir. Kuraklık periyodu ve süresi, örneğin yağış açısından belirlenen eşik değerlerin altında olan günlerin ya da ayların sayısı olarak tanımlanmaktadır.

Bir bölgenin normalden uzun bir süre ortalamaların altında yağış almasıdır. Normalin altındaki ortalama yağış miktarı akarsu akışlarının ve yeraltı sularının seviyesinin azalmasına yol açtığı gibi, toprağın nemliliğinde de düşüşe sebep olur. Bir yandan yağış miktarının azalması, diğer yandan artan sıcaklık ve azalan nemden dolayı zaten azalmış olan suyun da kaybedilmesi meteorolojik kuraklığın ana sebepleridir.

Bir yerde, belirli bir sürede ortalamaya göre yağıştaki azalmanın kriter olarak alındığı kuraklıktır. Meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde her bölgeye, hatta ülkeye göre değişik istatistiksel yöntemler ve yağış için farklı sınırlar kullanılmaktadır. Örneğin; bazı yerlerde 21 günlük yağış toplamı, normalinin 1/3'ünden daha az ise, ya da orada 15 gün yağış olmamışsa, bu durum meteorolojik kuraklık olarak değerlendirilmektedir (Ekici & Akay, 2011; Türkeş, 1990).

Yağışın belirli bir zaman periyodu (en az 30 yıllık) içerisinde normal değerlerinden daha düşük gelmesi meteorolojik kuraklık olarak tanımlanır. Yağışlardaki azalma kuraklığın ilk belirtisidir. Bu nedenle meteorolojik kuraklık, kuraklık evresinin ilk aşamasını oluşturur. Devam eden bir meteorolojik kuraklık hızlı bir şekilde kuvvetlenebilir ya da aniden sona erebilir (Hejazizadeh & Javizadeh, 2011). Kuraklık meteorolojik kuraklık ile başlar ve sırasıyla tarımsal ve hidrolojik kuraklıktan sonra kıtlık kuraklığı ile son bulur. Şekil 1.1.'de bu süreç anlatılmaktadır.

Bazı tanımlar, meteorolojik kuraklık tanımlarında belirli bir zaman diliminde normalin altında gerçekleşen yağış miktarının büyüklüğünden ziyade belirli bir eşik değerden daha az yağış alan gün sayısı bazında farklılaştırır. Böyle bir tanım, yağış dağılımının mevsimlik olduğu ve yağışsız uzun sürelerin

yaygın olduğu bölgelerde gerçekçi değildir. Meteorolojik kuraklık tanımlarının çoğu, gerçek yağış çıkışlarını aylık, mevsimlik veya yıllık zaman ölçeklerinde ortalama miktarlarla ilişkilendirir (Wilhite, 2000). Yani, en geçerli tanım olarak meteorolojik kuraklık, belirli bir zaman diliminde yağışların uzun yıllara ait normal seviyelerin altına düşmesidir (Dunkel, 2009).

Meteorolojik kuraklık kendini yağış eksikliği şeklinde gösterir. Burada yağış eksikliğinin miktarı ve süresi ile nem ön plana çıkar. Meteorolojik kuraklık diğer kuraklık türlerinden önce gelir ve onları tetikleyen sebeptir. Meteorolojik kuraklığın tespiti zor olmakla birlikte, bir bölgede yağışın % 25 fazlası oranında azaldığı durumlarda kuraklıktan söz edilmeye başlanır. Bu oran bölgeden bölgeye değişmekle birlikte süresi bir mevsim de olabilir, yıllar da sürebilmektedir (Zaidman vd., 2002: 734; Türkeş & Tatlı, 2010: 246; Kıymaz vd., 2011: 91; Tatlı & Türkeş, 2011: 982; Yetmen, 2013: 5).

### 1.3.2. Tarımsal Kuraklık

Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklığın çeşitli karakteristiklerini tarımsal (bitki) etkiler ile ilişkilendirerek, yağış kıtlıklarına, gerçek ile potansiyel buharlaşma arasındaki farklara, toprak-su açıklarına, azalmış yeraltı suyu ve rezervuar seviyelerine odaklanmaktadır.

Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklığın çeşitli özelliklerini tarımsal etkilerle ilişkilendirerek yağış azlığına, gerçek ve potansiyel buharlaşma arasındaki farka ve topraktaki su açığına odaklanır (Wilhite, 2000). Bir bitkinin suya olan talebi, mevcut hava koşullarına, bitkinin biyolojik özelliklerine, büyüme aşamasına ve toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerine bağlıdır (Wilhite & Glantz, 1985). Tarımsal kuraklığın operasyonel bir tanımı, bitki gelişiminin farklı aşamalarında bitkilerin değişken (girdi) duyarlılığını hesaba katmalıdır. Örneğin, toprak üstü nemi erken büyüme gereksinimlerini karşılamak için yeterliyse, erken büyüme dönemindeki yetersiz toprakaltı nemi, nihai ürün verimini çok az etkileyecektir. Bununla birlikte, toprak altı nemi eksikliği devam ederse, ciddi bir verim kaybı ortaya çıkabilecektir (Wilhite, 2000).

Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda suyun bulunmaması şeklinde tanımlanan tarımsal kuraklık, su kaynaklarında azalmaya bağlı meydana gelir. Meteorolojik kuraklığın çeşitli özellikleri ile tarımsal kuraklık çok yakın ilişkilidir. Bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda toprakta su

bulunmamasına tarımsal kuraklık denir. Tarımsal kuraklık toprakta nem ve su miktarında kıtlık olduğu durumlarda meydana gelir. Tarımsal kuraklığın gerçekleşmesi durumunda tarımsal ürünlerin miktarında azalma, bitkilerin büyümelerinde değişme, hayvanlarda hastalık ve ölüm gibi tehlikelere neden olur.

Bitkiler gelişme dönemlerinde farklı miktarlarda suya ihtiyaç duyarlar. Tarımsal kuraklık bitkinin kök bölgesinde, büyüüp gelişmesi için yeterli suyun bulunmaması durumu olarak da ifade edilebilir. Böylece bitkinin suya ihtiyaç duyduğu en kritik dönemde yeterli toprak nemi olmadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelir (Gibbs ve Maher, 1967). Tarımsal kuraklık, toprağın derinlikleri doymuş halde olsa bile ürün verimlerini ciddi oranda düşürebilir (Kadıoğlu, 2001). Bu düşüş de ürün miktarında azalmaya ve hayvanlar için yeterli beslenememe gibi tehlikeli durumlara sebep olur (Bacanlı & Saf, 2005).

Kuraklığın etkileri bitkilere özgüdür çünkü hava koşullarına en duyarlı fenolojik aşamalar bitkiler arasında değişiklik gösterir. Ekim ve dikim tarihleri ve olgunlaşma süreleri de bitkiler ve bölgeler arasında değişiklik gösterir. Kuraklık şartlarıyla bağlantılı olarak ortaya çıkan yüksek bir sıcaklık stresi dönemi, bir ürün için kritik bir hava koşullarına duyarlı büyüme aşamasına rastlayabilirken, başka bir ürünün kritik bir aşamasıyla aynı zamana denk gelmeyebilir. Yani hava koşullarına duyarlı olunan kritik zamanlar bitkiden bitkiye farklılık göstermektedir. Tarımsal planlama yapmak, bitkiyi, bitkinin genotipini, ekim tarihini ve ekim uygulamalarını değiştirmek suretiyle kuraklık üzerindeki etki riskini çoğu zaman azaltabilir (Wilhite, 2000).

Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklıkla, hidrolojik kuraklık arasında yer alan tipik bir kuraklık durumudur (Wilhite, 2000). Kök bölgesindeki toprak neminin/suyunun bitkinin büyüüp gelişmesi için yeterli olmadığı durum tarımsal kuraklık olarak ifade edilebilir. Özellikle büyüme periyodu boyunca, bitkinin suya en hassas olduğu dönemde bitki için toprakta yeterli nemin olmadığı koşulda tarımsal kuraklık oluşur.

Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkabilir. Tarımsal kuraklıkta bitki kök bölgesi dikkate alınır. Yağış eksikliğinin etkilerinin artması, sıcaklıkların yükselmesi, bağıl nemin düşmesi ve bunlara ek olarak, kurutucu rüzgarların etkili olması sonucunda katlanarak artar. Tarım, genellikle kuraklıktan etkilenen ilk ekonomik sektördür, çünkü topraktaki nem kaynakları, özellikle nem eksikliği

süresi, yüksek sıcaklıklar ve rüzgârlı koşullarla ilişkiliyse, hızla tükenir. Büyüme mevsimi boyunca yağışların zamanlaması, etkilerin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir. Yağışın zamanında (yani kritik fenolojik aşamalarla çakıştığında) ve etkili olması (yani, düşük yoğunluklu ve yüksek toprak sızma oranı) durumunda, kuraklık sırasında ürün veya yem verimleri normal veya normalin üzerinde olabilir (Wilhite, 2000).

Toprak nemliliğindeki azalmayı izleyerek tarımsal ürün miktarının azaldığı bir dönem olarak tanımlanır. Ancak havadaki nem ve toprağın aldığı yağış azalsa bile, toprağın içindeki su miktarı hemen azalmaz. Bu sebepten dolayı tarımsal kuraklık genelde uzun süren meteorolojik kuraklığın ardından ortaya çıkar. Bitkiler ile meralar, çayırlar ve diğer tarımsal işletmelerin su ihtiyaçlarının karşılanamaması olayıdır. Bu durum, meteorolojik kuraklığın devam etmesi hâlinde görülür. Kuraklıktan en fazla etkilenen sektör, tarım sektörüdür.

Kuraklığın etkileri ilk olarak tarımda toprak neminde azalma ve yüksek buharlaşma şeklinde görülür. Kuraklık, tarım dışı toplumlarla karşılaştırıldığında, tarım toplulukları üzerinde her zaman daha ciddi etkilere sahip olmuştur. Kırsal ekonomiler, gelişmekte olan ülkelerin çoğunda tarıma büyük ölçüde bağımlıdır ve tarım özellikle yağışa bağlıdır. Kuraklık hem yüzey hem de yer altı su kaynaklarının kıtlığına neden olabilir ve bitkisel ve hayvansal üretim üzerinde yıkıcı etkilere sahiptir (Ashraf & Routray, 2013).

Meteorolojik kuraklık başladığında ilk olumsuz etkileri tarımsal yapı üzerinde olur. Toprağın içerisindeki nemi kaybetmesi ve tarımın etkilenmesi meteorolojik kuraklıktan daha uzun bir zamanı kapsayan, bölgenin yağış ve sıcaklık örüntüsündeki değişikliklerle mümkündür. Bir başka deyişle, havadaki nem ve toprağın aldığı yağış azalsa bile toprağın içindeki su miktarı hemen azalmaz. Bu durumdan ötürü tarımsal kuraklık genelde uzun süren meteorolojik kuraklığın ardından ortaya çıkar ve tarımdan elde edilen ürün ve verim miktarında ciddi azalmalara yol açabilir (Şimşek, 2010: 2). Tarımsal kuraklık, topraktaki nem oranının iklimsel olarak uygun miktarın altına sürekli düşmesi, böylece bitkisel üretimi, dolaylı olarak hayvansal üretimi olumsuz etkilemesi anlamına gelmektedir (Quiring & Papakryiakou, 2003). Tarımsal kuraklığı değerlendirmek için gerekli olan veri kümeleri; toprak dokusu, verimlilik ve toprak nemi, ürün türü ve alanı, ürün su gereksinimleri, zararlılar ve iklimdir. Kısacası tarımsal kuraklık, bitkinin gelişimi için toprakta yeterli miktarda su

bulunmamasıdır (Wilhite, 2007: 22; Shukla, 2007: 2; Uçan vd., 2007: 249-250).

Tarımsal bir bakış açısıyla, kuraklık sadece yağış eksikliği değil, gelişmekte olan bitkilerin kullanması için mevcut bir su eksikliği demektir. Büyüme mevsiminde kritik bir zamanda ortaya çıkan yüzeydeki veya kök tabakalardaki su kaybı, tarımsal kuraklığın ürün verimini düşürmesine neden olabilir. Toprağın ve bitkinin kuruması şiddetli kuraklık olarak adlandırılan ileri bir süreçtir. Süreç devam ederse, kuraklık, bitki üzerinde geri dönülemez bir hasar bırakacaktır (Chen vd., 2010).

Kuraklık, tarımda ileri teknoloji kullanan ülkeler için dahi bitkisel ya da hayvansal üretimde en önemli sorunlardan biridir. Tarımın temel sorunları arasında kurak ve yarı kurak bölgelerde yağış kıtlığı, düzensiz yağış rejimleri, kaynakların az olması gibi etmenler kendini göstermektedir. Su azlığı ve yağış yetersizliği olarak adlandırılan kuraklığa bir çözüm yolu bulmak ve bu bölgeleri tarıma uygun bir hale getirmek için ya sulama olanakları geliştirilmeye ya da kuru tarım yöntemleri uygulanmaya çalışılmaktadır (Kapluhan, 2013).

### 1.3.3 Hidrolojik Kuraklık

Hidrolojik kuraklık, yağış eksikliğinin meydana geldiği dönemlerde yeraltı ve akarsu, göl gibi yer üstü sularında görülen belirgin azalmadır (Mengü vd., 2011: 176). Hidrolojik kuraklık, uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yer altı sularındaki azalma ve eksiklikleri ifade eder. Nehir akım ölçümleri ve göl, rezervuar, yer altı su seviyesi ölçümleri ile takip edilebilir. Yağmur eksikliği ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman aralığı olduğundan dolayı hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun süre sonra dahi hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir.

Hidrolojik kuraklığın sıklığı ve ciddiyeti, genellikle nehir havzası ölçeğinde tanımlanmaktadır. Whipple (1966), hidrolojik kuraklık yılını, toplam akışın uzun vadeli ortalama akıştan daha düşük olduğu bir yıl olarak tanımlamıştır. Düşük akış frekansları birçok akış hesaba katılarak belirlenmektedir. Seçilen bir süre için gerçek akış belirli bir eşik altına düşerse, hidrolojik kuraklığın devam ettiği kabul edilmektedir (Wilhite, 1993; Wilhite 1994).

Uzun süren yağış azlığından dolayı kaynak seviyeleri, yüzey akış ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemde meydana gelen değişimler hidrolojik



kuraklığı ifade eder. Başlıca yüzey su kaynakları olarak nitelendirilen nehirlerin akım ölçümleri, göl ve diğer su biriktirme yapılarının rezerv ölçümleri, yeraltı su seviyesi ve rezerv ölçümleri izlenebilir ölçümler sunar. Yağış eksikliği ile akarsu ve rezervuarlardaki (hazne) su eksikliği arasında zamana bağlı doğrudan bir ilişki olduğu için, hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Yaşanan herhangi bir meteorolojik kuraklık son bulduktan sonra bile, hidrolojik kuraklık, kuraklığın etkili olduğu bölgenin fiziki coğrafya (topografya, iklim, vejetasyon, hidrografya ve hidroloji) ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişen gecikme süreleriyle birlikte varlığını uzun bir süre sürdürebilir.

Bir yerdeki mevcut su yönetim sistemleri içinde, yüzey ve yeraltı sularının yetersiz hale düşmesiyle, yani barajların, göllerin ve yeraltı sularının seviyelerindeki düşüşle ortaya çıkar. İnsanların, tarım ve enerji üretimi gibi faaliyetleri nedeniyle suya olan ihtiyaçları dönemsel farklılıklar gösterdiğinden, meteorolojik kuraklık ile hidrolojik kuraklık eş zamanlı olmayabilir. Yani, suyu ne zaman kullandığımızı biz belirlediğimiz için, su girdisinin azaldığı zamanla bizim suya ihtiyacımız olup da eksikliğini fark ettiğimiz zaman değişik olabilir.

Yer üstü ve yer altı sularındaki azalmanın ölçü olarak alındığı kuraklık olup hidrolojik açıdan yeterli suyun bulunmamasıdır. Hidrolojik kuraklık ve şiddeti, su ortamlarının (akarsu, göl, baraj, yer altı suyu v.b) gözlenmesi ve yapılan seviye ölçümleriyle tespit edilmektedir (Ekici & Atay, 2011).

Kuraklığın bir yandan tarıma ve canlılara, diğer yandan da su kaynaklarına ve dolayısıyla da bu kaynaklardan faydalanması gereken endüstrilere etkisi, yani suyun bir ekonomik girdi olarak talep edildiği ölçüde temin edilememesi de, *sosyoekonomik kuraklığı* oluşturur. Bu bağlamda kuraklığın ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini bir bütünlük içerisinde ele alarak incelemek gerekir.

Hidrolojik kuraklık, uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yüzeysel ve yeraltı sularındaki azalmayı ifade eder. Başka bir ifade ile bir yıldaki yüzeysel akış miktarının onun uzun yıllar ortalamasından daha az olması durumunda hidrolojik kuraklığın başladığı söylenebilir (Whipple, 1996). Hidrolojik kuraklık genellikle meteorolojik ve tarımsal kuraklığın birleşimiyle meydana gelir ve bunun sonucunda sosyo ekonomik kuraklık olarak kendisini gösterebilir (Şaylan vd., 1997).

Yağış eksikliği ile akarsu ve rezervuar depolamalarındaki su eksikliği arasında bir gecikme payı olduğundan, hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden sayılmaz. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun bir süre sonra dahi hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir (Linsley vd., 1958).

Meteorolojik kuraklığın uzaması durumunda hidrolojik kuraklıktan söz etmek mümkündür. Hidrolojik kuraklık yüzey suları, yeraltı su kaynakları veya yağış periyotlarının etkisi ile ilişkilidir. Uzun süreli yağış azlığında toprak nemi ve yüzey akışı gibi hidrolojik sistemlerde kendini gösterir. Göller, nehirler ve yeraltı sularında sert bir düşüşe neden olur. Bitki, hayvan ve insan yaşamı için büyük tehlikeler yaratır. Yaşanabilecek yağış miktarında azalma durumunda toprak nemi de hızla azalır ve dolayısıyla tarım ile uğraşanlar tarafından etkisi hemen hissedilir. Ama hidroelektrik santrallerinde bu etki hemen kendini göstermez. Hidrolojik kuraklıkta başlıca etkenlerden biri iklimdir. Buna rağmen arazi kullanımı da bölgenin hidrolojik özelliklerini etkiler. Hidrolojik sistemler genel olarak birbirlerine bağlı olduklarından dolayı meteorolojik kuraklığın etkisi daha da genişleyebilir. Ayrıca insan aktiviteleri de meteorolojik kuraklığın frekansında değişim olmadığı halde su kıtlığının frekansında değişim meydana getirebilir. Bundan dolayı insan aktiviteleri en önemli etken olarak söylenebilmektedir.

Aylar veya yıllar boyunca süren, akarsulardaki ve rezervuarlardaki devamlı düşük bir su debisine ve/veya hacmine atıfta bulunur. Hidrolojik kuraklığı değerlendirmek için gerekli olan veri kümeleri; yüzey-suyu alanı ve hacmi, yüzey suyu akışı, akarsu akışı ölçümleri, infiltrasyon, su-tablası dalgalanmaları ve akifer parametreleridir. İnsanların, tarım ve enerji üretimi gibi faaliyetleri sebebiyle suya olan ihtiyaçları dönemden döneme farklılıklar göstermektedir. Bundan dolayı, meteorolojik kuraklık ile nehirlerin akış miktarı, barajların, göllerin ve yeraltı sularının seviyelerindeki düşüş olarak tanımladığımız hidrolojik kuraklık eş zamanlı olmayabilir. Yani, suyu ne zaman kullandığımızı biz belirlediğimiz için su girdisinin azaldığı zamanla bizim suya ihtiyacımız olup da eksikliğini fark ettiğimiz zaman değişik olabilir. Bu durum hidrolojik kuraklığın etkilerinin, suya ihtiyaç duyulan anda ortaya çıktığını göstermektedir.

Ancak, bir hidrolojik kuraklık periyodunu tanımlamak için aşılması gereken gün sayısı ve olasılık seviyesi gelişigüzel bir şekilde belirlenmektedir. Bu kriterler dereler ve nehir havzalarına göre değişmektedir (Wilhite, 2000).

#### 1.3.4. Sosyo-Ekonomik Kuraklık

Sosyo-ekonomik kuraklık; meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklığa bağlı olarak meydana gelen olayların bölge ekonomisine, ürünlerin arz-talep yapısına, ürün ve girdi piyasasına olan etkilerinin sonucunda oluşmaktadır. Bu kuraklık türü diğerlerine göre farklılık göstermekte olup yağış yetersizliği nedeniyle ortaya çıkan meteorolojik, hidrolojik veya tarımsal kuraklık sonucunda ekonomik bir ürüne olan talep miktarı arz edilen miktardan fazla ise bu durumda sosyo-ekonomik kuraklık yaşanmaktadır. Örneğin; içme suyunda yetersizlik, hidroelektrik enerji kaybı veya kuraklık sonucu rekolte kaybı iklimsel faktörlere bağlı olarak gerçekleşmekte olup bu durum yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde refah kaybının yaşanmasına neden olmaktadır.

Kuraklığa bağlı olarak toplumda sosyal huzursuzluk, artış, yoksullukta artış ve yiyecek kıtlığı gibi toplumun düzenini bozacak çeşitli etkenler ortaya çıkar. Buna bağlı olarak sosyal ve ekonomik yaşantıda olumsuzluklar meydana getirir. Bu durum ise sosyo-ekonomik kuraklık olarak tanımlanmaktadır (Kaplukan, 2013).

Sosyoekonomik Kuraklık” kuraklığın bir yandan tarıma ve canlılara, diğer yandan su kaynaklarına vedolayısıyla da bu kaynaklardan faydalanması gereken endüstrilere etkisi, suyun bir ekonomik girdiolarak talep edildiği ölçüde temin edilememesi sosyoekonomik kuraklığı oluşturmaktadır (Mishra &Singh, 2010: 202-216).

Toplumun üretim ve tüketim faaliyetlerini etkileyen su eksikliğidir. Kuraklığın sosyo-ekonomik tanımı meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklıkla bağlantılı bazı ekonomik ürünlerin arz ve talepleriyle ilgilidir. Sosyo-ekonomik kuraklık, yukarıda bahsedilen kuraklık tiplerinden farklı bir durum arz eder. Çünkü bu kuraklık yer ve zamana bağlı olarak ortaya çıkar. Su, gıda, balık ve hidroelektrik santralleri gibi birçok ekonomik ürünün temini hava şartlarına bağlıdır. İklimin doğal değişkenliği nedeniyle bazı yıllar su kaynakları yeterli olsa da sonraki yıllarda bu su kaynakları gerek insanların ve gerekse çevrenin ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak olabilmektedir. Sosyo-ekonomik kuraklık yağışlardaki azalmanın sonucu olarak gelişen ve üretimin ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda ortaya çıkar (Kadioğlu, 2008b: 292).

Kuraklığın sosyo ekonomik tanımı meteorolojik, hidrolojik, ve tarımsal kuraklıkla bağlantılı bazı ekonomik ürünlerin arz ve talepleri ile ilgilidir. Yağışlardaki azalmanın sonucu olarak gelişen ve üretimin ihtiyacı

karşılayamadığı durumlarda sosyo ekonomik kuraklık yaşanmaktadır (Dracup et al, 1980; Sırdaş, 2002).

Meteorolojik, çevresel veya beşeri ve sosyo-ekonomik nedenlerle oluşan ve çok sayıda insanı etkileyen yiyecek maddesi sıkıntısına verilen addır (Ekici & Atay, 2011).

Sosyo-ekonomik kuraklık, bazı ekonomik faydaların arz ve talebini meteorolojik, hidrolojik, ve tarımsal kuraklığın unsurları ile bağdaştırır. Bu kuraklık türü, kendisinin oluşumu arz ve talep süreçlerine dayalı olması bakımından, diğer kuraklık türlerinden ayrılır. Bir ekonomik faydaya yönelik talep, su temininde havabağlantılı bir eksikliğin sonucu olarak, arzı aştığında, sosyo-ekonomik kuraklık meydana gelir. Sosyo-ekonomik kuraklığı değerlendirmede gerekli olan veri kümeleri; insan ve hayvan popülasyonu ve artış hızı, su ve hayvan yemi gereksinimleri, mahsul kıtlığının şiddeti, endüstri tipi ve su gereksinimleridir (Sırdaş, 2002: 7).

İnsanların sosyal ve ekonomik her türlü etkinliklerini olumsuz yönde etkileyebilecek, ölüme kadar götürebilecek nitelikteki gıda eksikliğidir. Özellikle yaşanan su sorunu ile üretimde görülen azalmaya bağlı olarak yaşanan kıtlık, açlık, bu tip kuraklığa örnek olarak verilebilir. Bu kuraklık tarımsal kuraklığın bir aşırı tipi olup sosyo-ekonomik kuraklık olarak da adlandırılır. Dünyadaki hava olaylarını ve iklimi yönlendiren iklim etmenleri (güneş ışınlarının geliş açısı ve enlemsel değişikliği, karaların ve su kütlelerinin dağılımı, okyanus akıntıları, hâkim rüzgârlar, alçak ve yüksek basınçların yerleri, orografik ve yükseldik) çok sayıda iklim tipleri ile iklim bölgelerinin ve kuşaklarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Dolayısıyla yeryüzünde bu etmenlere göre çok sayıda yan nemli, nemli, yarı kurak, kurak ve çöl bölgeleri olarak adlandırılan alanlar oluşmuştur. Bu alanların doğal dengesinin korunması, bu bölgeleri temsil eden iklim koşullarıyla doğrudan ilişkilidir.

Nemli, yarı nemli ve yan kurak bölgelerde belli bir süre içinde görülen yağış yetersizliği kuraklığa neden olurken, kurak bölgelerde ve çöl bölgelerinde yaşanan yağış azlığı daha da ağır yaşam koşullarına neden olabilmekte ve çöller genişlemektedir. Bilindiği gibi Atmosferdeki hava kütleleri ve parselleri sürekli hareket halindedir ve genel dolaşım adı verilen bu hareket bir düzen içinde sürmektedir. Ekvatorial enlemlerdeki enerji fazlalığı ile kutuplardaki enerji açığına bağlı olarak gelişen bu hareketin önemli boyutta normalinden sapması, yağış koşullarını etkilemekte, bazı bölgeler için yağış fazlalığı, diğer bazı

bölgeler için de yağış azlığı söz konusu olabilmektedir. Yağıştaki azalma belli bir süre devam ettiği takdirde o yerde kuraklık söz konusu olmaktadır. Ortalama yağışın azalmasında ve kuraklığın daha da büyük boyutlara ulaşmasında insanların bazı etkinliklerinin de büyük rolü olduğunu söylemek gerekir (Ekici & Atay, 2011).

Kısacası sosyoekonomik kuraklık meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık olaylarının sonucunda toplumda ortaya çıkan ekonomik, sosyal ve gıda arzı ile ilgili sorunlardır. Meteorolojik kuraklığın süresinin uzunluğu sosyo-ekonomik kuraklığın maliyetinin ve toplumsal, ekonomik sonuçlarının daha büyük olmasına sebep olmaktadır. Sosyo-ekonomik kuraklık bir yandan tarıma ve canlılara, diğer yandan da su kaynaklarına ve dolayısıyla da bu kaynaklardan faydalanması gereken endüstrilere etki eder (Kurnaz, 2014: 1).

Bir ürüne olan talep, artan nüfus ve/veya kişi başına tüketimin bir sonucu olarak artmaktadır. Bu nedenle, sosyo-ekonomik kuraklık, bu ürüne olan talebin, hava koşullarına bağlı arz yetersizliğinin bir sonucu olarak arzın üzerine çıkması durumunda meydana geldiği şeklinde tanımlanabilir (Sandford, 1979). Bu kuraklık kavramı, kuraklık ve insan faaliyetleri arasında var olan güçlü bağımlılığı destekler. Bu nedenle, kuraklık oluşumu, fiziksel olayın sıklığındaki bir değişiklik, su kıtlığına karşı toplumsal kırılganlıktaki bir değişiklik veya her ikisinden dolayı artabilir. Örneğin, aşırı otlatma gibi kötü arazi kullanımı uygulamaları hayvan taşıma kapasitesini azaltabilir ve toprak erozyonunu artırabilir, bu da gelecekteki kuraklıkların etkilerini ve kırılganlıklarını şiddetlendirir. Bu örnek, özellikle yarı kurak bölgelerle ve engebeli veya eğimli arazilerle ilgilidir (Wilhite, 2000).

### **1.3.5. Fizyolojik Kuraklık**

Kök rizosferinde tuz miktarının artmasıyla birlikte ilk olarak osmotik stres oluşmaktadır. Oluşan bu dışsal osmotik stres, kullanılabilir su miktarının da azalmasına sebep olur ve bu olay “fizyolojik kuraklık” olarak da adlandırılır (Tuteja, 2007: 428).

Yeterli yağış düşmesi ve toprakta yeterli derecede su bulunmasına karşın, çok düşük sıcaklıktan dolayı suyun donmuş olması nedeniyle bu sudan yararlanma olayının engellendiği süreç (Çölleşme/Arazi Bozulumu ve Kuraklıkla Mücadele Terimler Sözlüğü, 2015: 124).

### 1.3.6. Kıtık Kuraklığı

Kuraklık sıralamasının en sonunda yer alan kıtık kuraklığı, kuraklığın en zararlı boyutudur, canlıların açlıktan ölmesi ile sonuçlanabilir. Özellikle az gelişmiş ülkelerde ortaya çıkar ve önlemlerin alınabilmesi için uluslararası yardım kuruluşlarına ihtiyaç vardır. Kuraklıkla kıtık arasında doğrudan ilişki kurmak oldukça zordur, çünkü kuraklık fiziki bir olay olmasına karşılık, kıtık sosyo-kültürel bir durumdur (Sırdaş, 2002).

Doğal afetlerden en tehlikelisi olan kuraklığın henüz dünya literatüründe kesin bir tanımı yapılamamaktadır. Bununla birlikte tüm dünyada kuraklığın etkileri gittikçe artan bir boyutta hisedilmektedir. Genellikle insanoğlu su sıkıntısının baş göstermesi ile kuraklıktan haberdar olmaktadır (Hejazizadeh & Javizadeh, 2011).

Kuraklığın başlangıç ve bitiş zamanını tahmin etmek oldukça güçtür. Çünkü kuraklık sinsiye ortaya çıkan, etkilerini yavaş yavaş gösteren ve uzun bir zaman boyunca devam eden bir afettir. Öyle ki kuraklığın ortaya çıkmasında yersel ve bölgesel iklim özellikleri çok önemli rol oynamakla birlikte tek sebep iklim de değildir. Kuraklıkların ortaya çıkmasının sebepleri her zaman her havzada aynı olmamaktadır. Üstelik aynı yağış azlığı yılın farklı zamanlarında ve farklı bölgelerinde değişik algılar ortaya çıkartır. Örneğin İngiltere’de 15 günün yağışsız geçmesi kuraklık olarak ifade edilirken, Suudi Arabistan gibi kurak bölgelerde yağışsız geçen sürenin iki yıla çıkması söz konusudur (Farajzadeh vd., 1999). Doğal afetler içinde en yavaş gelişen ve en geniş alanlı etkiye sahip olanı kuraklıktır. Halk tarafından en az ve en zor anlaşılabilen, maliyeti yüksek bir doğal afettir (Kao & Govindaraju, 2010).

Kuraklıkların sebepleri henüz net bir biçimde açıklanamamaktadır. Genellikle yeterli yağışın düşmemesi olarak tanımlanan kuraklık sadece basit bir yağış eksikliği değildir. Kuraklık uzun yıllar boyunca nemliliğin ortalamadan daha az olması durumunda ortaya çıkar ki bu da bir bölgede yağış ve evapotranspirasyon arasındaki dengenin bozulmasından kaynaklanır (Downer vd., 1967).

## 2. BÖLÜM

### ARİDİTE VE KURAKLIK İNDEKSLERİ

#### 2.1. KURAKLIĞIN NİCELİKLERİ

Kuraklık yönetim planlarının en önemli unsurlarından biri olan erken uyarı sistemleri kuraklık izleme ve kuraklık tahmini olmak üzere iki ana amaç çerçevesinde kullanılmaktadır. Kuraklık yavaş başlayan ve ilerleyen hidrolojik bir olay olması dolayısıyla kuraklığın izlenmesi ve analizi büyük bir önem kazanmaktadır. Kuraklığın izlenmesi ve analizi çeşitli indikatörler ve indeksler sayesinde yapılmaktadır. Bu indikatörler ve indeksler kuraklık koşullarını belirlemek, sınıflandırmak ve izlemek amacıyla kuraklığın şiddeti, yeri, süresi ve zamanlaması hakkında bilgiler vererek kuraklığın karakterize edilmesini sağlar. Bazı indikatörler ve indeksler kuraklığın modellenen, uzaktan algılanan veya uzaktan algılama verilerinin modele asimile edilmiş indikatörlerini doğrulamak için de kullanılabilir (WMO, 2016).

Kuraklığın izlenmesi ve analizi kapsamında üç başlıca yöntem izlenebilir: (1) tek bir indikatör ya da indeksin kullanımı, (2) birçok indikatör ya da indeksin kullanımı, (3) birleşik ya da hibrid indikatörlerin kullanımı. Geçmişte kısıtlı ölçümler/veriler veya hesaplamalar için gerekli kısıtlı zaman sebebiyle tek bir indikatör ya da indeks kullanılmıştır. Ancak, son yirmi yılda, farklı uygulamalar ve hem zamansal hem de mekânsal ölçeklerde kullanılmak üzere çeşitli indikatörlere dayalı yeni indekslerin geliştirilmesi üzerine kuraklık indekslerinin kullanımında dünya çapında büyük bir ilgi ve büyüme yaşanmıştır. Bu yeni araçlar karar mercilerine ve ilgili yetkililere daha çok seçenek sunmasına rağmen elde edilen sonuçların halka aktarılmak üzere tek bir basit mesaj olarak sentezlenebilmesi için net bir yöntem gereksinimi halen bulunmaktadır.

Kuraklığı belirlemek, izlemek ve yorumlamak için bazı niceliklerin analiz edilmesi gerekir. Bu nicelikler arasında; şiddet (S: severity), süre (D: duration), derece (M: magnitude), keskinlik (I: intensity) ve geri dönüş süresi (L: length) sayılabilir.

Kuraklık indis değerleri ile oluşturulmuş bir zaman serisinde, ZSİ, ÇZİ, MÇZİ ve SYİ değerleri eksi birin altına düştüğü anda kuraklığın başladığı anlaşılmış olur. Kuraklık indis değeri 0 (sıfır) olana kadar devam eder ve pozitif

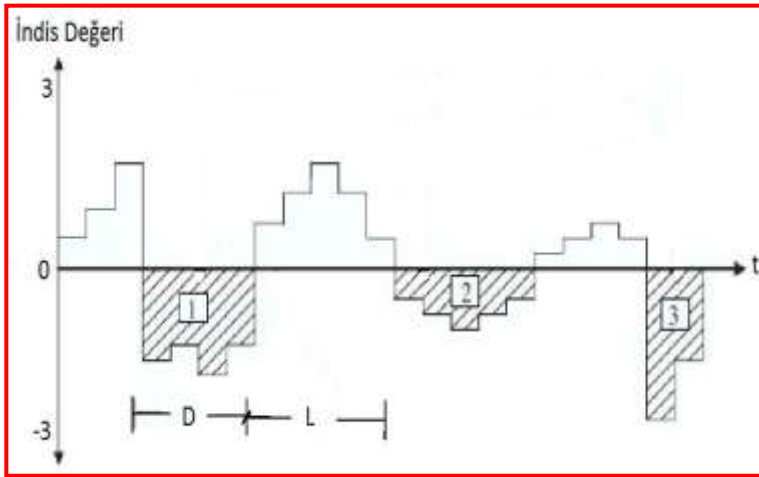
değere yükseldiği an kuraklık bitmiş demektir, bu başlangıç YAI de ise bu başlangıç -1.2 altına düştüğü andır.

Kuraklığın başlangıcından bitişine kadar olan zamansal ifade “süre” olarak adlandırılır. Kuraklık olayının büyüklüğü “genlik” ile ifade edilir. “Derece” ise kuraklık olayı süresince indis değerlerinin kümülatif ifadesidir ve aşağıdaki yer alan denklem’de olduğu gibi hesap edilir.

**Kuraklık Derecesi** =  $-\sum_{i=1}^D$  İndis değeri (i) (3.27) Keskinlik değeri genlik değerinin geçen süreye oranı olup aşağıdaki şekilde hesap edilir (Doğan, 2013).

$$\text{Keskinlik (I)} = \frac{M}{D} \quad (3.28)$$

Burada geri dönüş süresi (L), iki kuraklık arasında geçen süredir. Örneğin Şekil 3.1’de üç adet kuraklık görünmektedir bunların içinde 1 numaralı kuraklık en büyük alana sahip kuraklık yani genliği en büyük olan kuraklıktır, 2 numaralı kuraklık ise en uzun süreli kuraklık ve 3 numaralı kuraklık ise en şiddetli kuraklıktır.



**Şekil 2.1.:** Kuraklık Nicelikleri Tanımı

Kuraklığın izlenebilmesi için kullanılan kuraklık indisleri ile hangi sürelerde gerçekleştiği, şiddetleri ve bölgesel yayılmaları gibi bilgiler elde edilebilir. Meteorolojik ve hidrolojik kuraklığı belirlemek için çeşitli kuraklık indisleri bulunmaktadır. Meteorolojik kuraklığı izleme yöntemlerinden en



yağını ve yağış verisi kullanan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi'-SYİ (The Standardized Precipitation Index-SPI) (McKee vd., 1993); neme bağlı sapmayı bulmak için Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PKŞİ) (Palmer, 1965); Keşif Kuraklık İndisi (KKİ) (Tsakiris vd., 2007); belirli zaman içerisindeki yağış değerlerini, bu yağışların ortalamasını ve standart sapmasını kullanan Z Skoru İndeksi (ZSİ) (Wu vd., 2001); yağış verilerinin Pearson tip III dağılımına uyduğunu kabul eden Çin Z İndisi (ÇZİ) (Morid vd., 2006); yağış değerlerinin en az 30 yıllık ortalama yağış değerine bölünüp 100 ile çarpılması ile hesaplanan Normal Yağış Yüzdesi İndeksi (NYYİ) (Willeke vd., 1994); yağışların normal değerinden sapmasının hesaplanması ile bulunan Yağış Anomali İndisi (YAI) (Van Rooy, 1965); Türkiye'nin kurak ve nemli bölgelerinin yıl boyunca kurak sürelerini göstermek için kullanılan Erinç İndisi (Eİ)'dir (Erinç, 1957: 252). Hidrolojik kuraklık izleme yöntemleri, yağış verileri ile birlikte kar birikimi, akış ve topografik değişiklikleri kullanan Yüzey Suyu İhtiyaç İndeksi (YSİİ) (Shafer & Dezman, 1982); akım değerlerinden ortalama akım değeri arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesiyle elde edilen Standartlaştırılmış Akış İndisi (SSFI) (Modarres, 2007); tek veri olarak aylık ortalama akım değerlerini kullanan Akım Kuraklık İndeksi-AKİ (The Streamflow Drought Index -SDI) (Nalbantis, 2008) sıklıkla kullanılan yöntemlerdir.

## 2.2. ARİDİTE İNDEKSLERİ

### 2.2.1. Erinç Aridite İndeksi ( $I_m$ )

Erinç metodu bir yerin yağış miktarı ile kaybedilen su miktarı arasındaki ilişkileri ortaya koymaktadır. Buharlaşmanın neden olduğu su kaybına yol açan esas etmen olarak sıcaklığı da dikkate almıştır. Yağış miktarlarının doğrudan ortalama sıcaklıklara oranlanması ile elde edilen indis; Karasal bölgelerde gerçekte olduğundan daha nemli bir durumun ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle Erinç, indisin hesaplanmasında ortalama sıcaklık yerine ortalama maksimum sıcaklığı almıştır.

Erinç metodunda Türkiye'nin kurak ve nemli bölgelerini ayrıca yıl bazında kuraklık sürelerini gösterebilmek üzere geliştirilmiş bir indekstir. Erinç indeksi herhangi bir süre yada mevsim için kullanmak olasıdır. Erinç veri olarak yağışı ve buharlaşmaya neden olan maksimum sıcaklığı dikkate alarak bir indis geliştirilmiştir (Erinç, 1957).

Erinç (1965) Kuraklık (Yağış Etkinliği) İndisi ( $I_m$ ), yağışın, buharlaşma yoluyla su açığına neden olduğu kabul edilen, ortalama maksimum (en yüksek, ekstrem değil) hava sıcaklığına ( $^{\circ}\text{C}$ ) oranına dayanır:

$$I_m = \frac{P}{T_{max}}$$

Burada P yıllık toplam yağış ortalamasını (mm), ve  $T_{max}$  yıllık ortalama maksimum hava sıcaklıklarını ( $^{\circ}\text{C}$ ) temsil etmektedir.  $I_m$ 'nin hesaplanmasında evapotranspirasyon ile kaybın çok az olması nedeniyle, aylık ortalama maksimum sıcaklığın  $0^{\circ}\text{C}$ 'den düşük olduğu aylar göz önüne alınmaz. Böylece evapotranspirasyonun etkili olmadığı donlu ayların sıcaklık ortalamasını düşürücü ve bu nedenle de yağış etkinliği bakımından aldatıcı etkileri ortadan kaldırılmış olur. Buna karşılık aynı aylarda düşen ve bir bölümü sonraki aylarda evapotranspirasyona uğrayan kar ve buz olarak tutulmuş yağışların olumlu etkisini göstermek mümkün olmaktadır. Erinç (1965), indis sonuçlarını Türkiye'deki vejetasyon formasyonlarının alansal dağılışları ile karşılaştırarak, indisini altı ana sınıfa ayırmıştır (Tablo 2.1.).

**Tablo 2.1.:** Kuraklık İndisine ( $I_m$ ) Karşılık Gelen Erinç İklim ve Vejetasyon Türleri (Erinç, 1965).

$I_m$	İklim tipi	Vejetasyon türü
< 8	Tam kurak	Çöl
8 – 15	Kurak	Çölümsü step
15 – 23	Yarı-kurak	Step
23 – 40	Yarınemli	Park görünümlü kuru orman
40 – 55	Nemli	Nemli orman
55 <	Çok nemli	Çok nemli orman

### 2.2.2. Aydeniz Aridite İndeksi

Prof. Dr. Akgün AYDENİZ' in 1973 yılında geliştirmiş bir metottur. Aydeniz, kurak dönemlerin ve indislerin belirlenmesinde, sadece yağış parametrelerinin kullanımının yetersiz olduğunu ve gerçeğe yakın değerlerin elde edilmesinde nem-yağış ilişkisi ile sıcaklıkgüneşlenme süresi ilişkilerinin göz önünde bulundurulmasının daha uygun sonuçlar vereceğini belirtmiştir.

Aylık veriler kullanılarak aylık Aydeniz Aridite İndeksi ( $AK_{ia}$ ) ve Kuraklık Katsayısı ( $K_k$ ) sırasıyla aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

$$AK_{ia} = \frac{P \cdot RH}{T \cdot GSH + 15} \cdot 12$$

$$K_k = \frac{1}{AK_{ia}}$$

Yıllık indisin hesaplanması kapsamında, öncelikli olarak nemli dönemin oranı (NDO, 12 ay için ayrı ayrı hesaplanan  $AK_{ia}$  değerlerinin 0.40'dan fazla olduğu ay sayısının 12'ye oranı, %), aylık Aydeniz aridite İndisi ( $AK_{ia}$ ) değerlerinden yararlanılarak hesaplanır.

**Tablo 2.2.:** Aydeniz Aridite İndeksi Sınıfları ve Açıklaması.

Kuraklık İndeksi	Kuraklık	Katsayısı İklim Özelliği
0.40'dan küçük	2.50'den büyük	Çöl
0.40 - 0.67	1.50 - 2.50	Çok Kurak
0.67 - 1.00	1.00 - 1.50	Kurak
1.00 - 1.33	0.75 - 1.00	Yarı Kurak
1.33 - 2.00	0.50 - 0.75	Yarı Nemli
2.00 - 4.00	0.25 - 0.50	Nemli
4.00'ten büyük	0.25'ten küçük	Çok Nemli

Bunu takiben, yıllık veriler kullanılarak yıllık Aydeniz aridite İndisi ( $AK_{iy}$ ) ve Aydeniz aridite Katsayısı ( $K_k$ ) sırasıyla aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

$$AK_{iy} = \frac{P \cdot RH}{T \cdot GSO + 15} \cdot NDO$$

$$K_k = \frac{1}{AK_{iy}}$$

Eşitliklerde; P ve T, yıllık ortalama toplam yağış tutarı (cm) ve yıllık ortalama hava sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ) RH, yıllık ortalama bağıl nem (%) GSO, yıllık ortalama gerçek güneşlenme süresinin istasyonun bulunduğu enlemin (enlem derecesinin) kuramsal güneşlenme süresine oranı (%) NDO, yıl içindeki nemli

dönemin oranı ya da uzunluğu (12 ay için ayrı ayrı hesaplanan AKia değerlerinin 0.40'dan fazla olduğu ay sayısının 12'ye oranı, %). Aydeniz aridite İndisi proje çalışmaları kapsamında yalnızca ortalama koşulları değerlendirmek amacıyla klimatolojik indis olarak kullanılacaktır.

### 2.3. Kuraklık İndEKsleri

Kuraklık indeksleri, kuraklık şiddetini kapsamlı bir çerçevede gözlemek ve belirli bir sürede iklimin, tarih boyunca süregelen normal koşullardan ne kadar sapmış olduğunu ölçmek amacıyla, yağış miktarı, kar örtüsü, akarsu akışı ve diğer rezerv göstergeleri gibi büyük miktarda bilgiyi bir araya getirir (Narasimhan & Srinivasan 2005: 70). Kuraklık indeksi denilince çoğunlukla geleneksel yöntemler ile oluşturulan, yani meteorolojik veriler kullanılarak oluşturulan, kuraklık indeksleri anlaşılmaktadır. Kuraklığı bilimsel olarak ele almak için en yaygın metod yağış tutarlarındaki ve yağışlı gün sayılarındaki azalmayı irdelemektir. Ancak farklı kuraklık olaylarını belirlemek, nitelendirmek ve izlemek amacıyla Palmer Kuraklık İndeksi, Aridity İndeks, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi gibi model ve yöntemler kullanılmaktadır. Kuraklık indekslerinin bazıları (örneğin SPI) yağış dizilerine dayanır ve meteorolojik kuraklıklarla ilgiliyken, bazıları ise hidrolojik (örneğin PSDI) ya da tarımsal kuraklıkları (örneğin CMI) ve kentsel su sağlama sistemlerindeki su açıklarını tanımlamaya yöneliktir. Bölgesel-küresel ölçekli kuraklık değerlendirmesi ve izlenmesi için yaygın biçimde kullanılan birkaç indeks (örneğin PSDI ve SPI) bulunmaktadır.

İndikatörler, kuraklık koşullarını tanımlamak için kullanılan değişkenler veya parametrelerdir. İndikatörlere örnek olarak yağış, sıcaklık, akım, yeraltı suyu ve rezervuar seviyeleri, toprak nemi ve kar örtüsü verilebilir. İndeksler, kuraklık şiddetinin genellikle hesaplanmış nümerik gösterimidir ve iklimsel ve hidrometeorolojik girdiler kullanılarak değerlendirilir. İndekslerin amacı belli bir zaman aralığı için kuraklığın niteliksel durumunu ölçmektir (teknik olarak indeksler de indikatörler olarak düşünülebilir). İndekslerden, kuraklıkla ilgili karmaşık bilgileri basitleştirerek bu bilgilerin halkın da dahil olduğu çeşitli kitlelere ve kullanıcılara aktarımı için faydalı bir iletişim aracı olarak faydalanılabilir. İndeksler, kuraklık olaylarının şiddeti, yeri, zamanlaması ve süresinin sayısal (niceliksel) değerlendirimi için kullanılabilir. Şiddet bir indeksin normalinden uzaklaşmasına işaret eder. Şiddet için bir eşik değer kuraklığın ne zaman başladığını-bittiğini ve etkilenen coğrafik alanı saptamak

için belirlenmelidir (WMO, 2016).

Kuraklık indisleri, kuraklık şiddetini kapsamlı bir çerçevede gözlemek ve belirli bir sürede iklimin, tarih boyunca süregelen normal koşullardan ne kadar sapmış olduğunu ölçmek amacıyla, yağış miktarı, kar örtüsü, akarsu akışı ve diğer rezerv göstergeleri gibi büyük miktarda bilgiyi bir araya getirir (Narasimhan & Srinivasan, 2005:70). Kuraklık indisi denilince çoğunlukla geleneksel yöntemler ile oluşturulan, yani meteorolojik veriler kullanılarak oluşturulan, kuraklık indisleri anlaşılmaktadır. Zira Dünya’da kuraklıkla ilgili yapılan çalışmalar genelde istasyon tabanlı yöntemlere dayanmaktadır (Alley, 1984; Cook vd., 1999).

Kuraklığa hazırlıklı olabilmek ve uygun planlama yapabilmek kuraklıkların etkilediği alana, şiddetine ve süresine bağlıdır (Mishra & Singh, 2011). Kuraklık indisleri kuraklığın şiddetini ve meydana gelme riski potansiyelini, zamansal ve mekânsal nedenlerle çalışmayı belirlemek için kullanılır ve bunlardan birçoğu sıcaklık, yağış, akış, toprak nemi, yeraltı su seviyesi gibi çeşitli meteorolojik ve hidrolojik değişkene dayanır. Birçok indis ilgilenen bölgelerdeki kuraklığın zamansal değişkenliği ile büyüklüğünü belirlemek için geliştirilmiştir. İndislerin çoğunun geçerliliği yalnızca belli uygulamalarda ve belli bölgelerde geçerlidir. Bir bölge için kullanılan indis bir başka bölge için kullanılamayabilir çünkü kuraklıkla sonuçlanan meteorolojik koşullar oldukça değişkendir. Örneğin, meteorolojik kuraklığın şiddetini ölçmek için geliştirilen indisler tarımsal hidrolojik ve diğer uygulamalar için yetersizdir (Heim, 2002; Steinman, 2005; Tatlı & Türkes, 2011).

Maalesef çoğu bölgede, uygun yağış ve akış kayıtlarına ulaşılamamaktadır. Ulaşıldığında da sıklıkla olağandışı olayların frekansını anlayacak kadar uzun süreli kayıtlar bulunmamaktadır (Anisfeld, 2010). Kuraklığın etki alanı, şiddeti, süresi ve frekansı gibi bilgiler, kuraklık izleme aracı olarak kullanılan kuraklık indeksleri yardımıyla edinilebilir. Bu bilgiler analistlere ve karar mercilerine kuraklığın karakteri hakkında fikir vererek kuraklık eylem planının başlatılmasını sağlar. Kuraklıkların tahmin edilmesi erken uyarı sistemleri için yararlı olup, kuraklığa karşı alınacak önlemler için zaman kazandırır, ayrıca kuraklığın olumsuz etkilerini de azaltır.

Geniş ölçekli bir Kuraklık Yönetimi Planı kapsamında kuraklığın belirlenmesi, değerlendirilmesi ve izlenmesinde, kuraklık indisi sınıflarının olasılıklarının hesaplanması ve bilinmesi, yönetim planının başarısı açısından

çok önemlidir. Kuraklığın niteliklerini değerlendirmenin temel amacı, belirli bir yörede, havzada ya da bölgede olasılık terimleriyle oluşabilen kuraklık olaylarının süresini ve şiddetini belirlemek ve değerlendirmektir. Bu yüzden, böyle bir bilimsel değerlendirme, var olan verilere göre geçmişte o alanlarda oluşmuş olan eski kuraklık olaylarının çözümlenmesi açısından ve belirli bir geri dönüş zamanı (oluşma sıklığı) bulunan kuraklıkları tanımlamak için çok yararlıdır (Türkeş & Tatlı, 2010).

Günümüze kadar birçok kuraklık indeksi geliştirilmiştir. Tarihte ilk geliştirilen kuraklık indeksleri tanım bazlı veya belirli bir yağış değerini eşik kabul eden indekslerdir. Dolayısı ile bu indekslerin çoğunun geçerliliği sadece spesifik bir uygulama veya bir bölge için sınırlıdır. Bir bölge için geliştirilen indeks başka bölgeye uygulanamaz veya yapılan çalışmalar birbirleri ile karşılaştırılmaz durumdadır. Bundan dolayı bu tip indekslerle zamansal ve konumsal analizler yapmak mümkün değildir. Bu kapsamda, W. C. Palmer'in yirminci yüzyıl ortalarında geliştirmiş olduğu Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi-PDSI (Palmer, 1965) ortaya belirgin kuraklık indeksi sistematığı koyması ve boyutsuz bir indeks ile zamansal ve konumsal analize imkan sağlaması bakımından bir dönüm noktasıdır.

Daha sonra meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkları daha iyi izleyebilmek için bu kuraklık türleri ile ilgili parametreleri göz önüne alan indeksler geliştirilmiştir. Ayrıca uzaktan algılama tekniklerinin son yıllarda hızlı gelişmesi ile her geçen yıl yeni birçok uzaktan algılama tabanlı kuraklık indeksi geliştirilmektedir. Ancak bu tip verilerin çok yaygın olmamasından dolayı yapılan çalışmalarda genellikle kuraklık indeksinin güvenilirliği ve doğruluğu ile bu indekslerin hesaplanması için gerekli olan verinin bulunabilirliği ön plana çıkmaktadır. Dolayısı ile bilimsel arenada yeni indeks geliştirme çabaları hızla devam ederken, kuraklık izleme sistemleri gibi pratik uygulama alanlarında yeni keşfedilen indekslerin yerine hala geleneksel kuraklık indekslerinin kullanımı devam etmektedir. Bu yönüyle az veri gereksinimi olan, doğruluğu ve güvenilirliği kanıtlanmış yöntemlere olan ilgi de gündemdeki yerini korumaktadır.

Günümüze kadar 100'ün üzerinde kuraklık indeksinin geliştirildiği düşünülmektedir. Bunlarla ilgili birçok inceleme yazısı ve sınıflandırma çalışmaları (Guttman, 1998; Hayes, 2000; Heim, 2002; Keyantash & Dracup, 2002; Ntale & Gan, 2003; Morid vd., 2006; Hayes vd., 2007; White & Walcott,

2009; Barua vd., 2011; Mishra & Singh, 2011) yapılmış, bu çalışmalarda indekslerin birbirine olan üstün ve zayıf yönleri belirtilse de tüm amaçlara yönelik kabul gören ne bir kuraklık tanımı ne de bir kuraklık indeksi geliştirilememiştir.

Kuraklık indeksi geliştirme işi, bilimsel bakış açısı yanında kullanılacak uygun verinin bulunurluğu ile de ilişkilidir. Bundan dolayı meteoroloji gözlem istasyonlarında elde edilen veriler ile meteorolojik kuraklık indeksleri geliştirilmiştir. Bunların en bilinenleri BMDI (Bhalme-Mooley Drought Index), CPA (Cumulative Precipitation Anomaly), ÇZI, genellikle İngiltere’de kullanılan DSI (Drought Severity Index), EKI, NYY, Macaristan’da geliştirilen ve genelde o bölgede kullanılan PAI (Palfai Aridity Index), PKŞI, RAI (Rainfall Anomaly Index), SAI (Standardized Anomaly Index), YK, Z-Skoru, SYI ve SYI’ye evapotranspirasyon özelliği katılması ile geliştirilen RDI (Reconnaissance Drought Index)’dir (Doğan, 2013: 14).

Meteorolojik parametrelerle elde edilen kuraklık indeksleri genel manada kuraklıkla ilgili bilgi vermesi açısından önemlidir. Bu indeksler tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların izlenmesinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak özellikle tarımsal kuraklıkla ilgili olarak geliştirilen kuraklık indekslerinden başlıcaları; CSM (Computed Soil Moisture), SMAI (Soil Moisture Anomaly Index), Palmer tarafından PKŞD’nin 15 geliştirilmesi ile bulunan Z Index, CMI (Crop Moisture Index), SMDI (Soil Moisture Deficit Index) ve ETDI (Evapotranspiration Deficit Index) olarak sayılabilir (Doğan, 2013: 14).

Hidrolojik kuraklık indeksleri genel olarak akarsu akım verilerini kullanarak hidrolojik kuraklığın karakteri ile ilgili bilgi verirler. PHDI (Palmer Hydrological Drought Index) kar eriyik sularını hesaba katmadığından RecDI (Reclamation Drought Index) ve SWSI geliştirilmiştir. SWSI en yaygın kullanılan hidrolojik kuraklık indeksidir. Bunlardan başka AWRI, TWD (Total Water Deficit), CSA (Cumulative Streamflow Anomaly) ve RSDI (Regional Streamflow Deficiency Index) sayılabilir (Doğan, 2013: 14-15).

Kuraklığın izlenmesi ve mekânsal etkilerini daha detaylı analiz etmek için son yıllarda yeni bir teknik geliştirilmiştir. Bu teknik veri teminini uydulardan sağlamaktadır. Uydu-tabanlı kuraklık analiz yöntemi olarak adlandırılan söz konusu metodoloji özellikle 25 yıldır kuraklık ile ilgili birçok araştırmada kullanılmaktadır (Tucker, 1989: 1663-1672; Wan vd., 2004: 61-72;

Son vd., 2012: 417-427). Uydutabanlı kuraklık indislerinin son yıllarda sıklıkla kullanılmasının temel sebebi, çok geniş alanlara dair aralıksız veri sağlamasıdır. Aynı zamanda istasyon-tabanlı kuraklık indisleri ile ulaşılamayan bazı sonuçları sağlamasıdır. İstasyon-tabanlı analizler ile kuraklığın başlangıcı, şiddeti ve süresi detaylı bir şekilde ortaya konulabilmektedir. Fakat kuraklığın farklı mekânsal objeleri nasıl etkilediği sorusuna detaylı bir cevap sağlanamamaktadır. Hâlbuki uydu-tabanlı kuraklık analizleri ile farklı şiddetteki kurak koşulların farklı arazi örtülerine etkisi detaylı bir şekilde ortaya konulabilmektedir. Uydu-tabanlı modeller bu konuda sağladığı avantajlar sebebiyle dünyada son dönemde sıklıkla kullanılmaktadır.

### 2.3.1. Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (Palmer Drought Severity Index (PDSI))

Sıcaklık ve yağış verilerinin su dengesi bilgisiyle birleştirilerek elde edilen Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI) ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri'nin mahsul üretilen bölgelerindeki kuraklığın tespit edilmesi amacıyla geliştirilmiştir. PDSI, aylık yağış, sıcaklık ve toprağın su tutma kapasitesi verileri kullanılarak hesaplanmaktadır. Palmer yönteminin hesaplama süreci, bahsedilen verilerin kullanılmasıyla su dengesine göreir. Su dengesinin temel parametreleri olan evapotranspirasyon, toprağa geçen su, yüzey akışı ve yüzeyden nem kaybı belirlenebilmektedir ancak sulama gibi insan etkileri dikkate alınmamaktadır. Genellikle aylık olarak hesaplanan PDSI, pozitif ise nemli, negatif ise kurak periyodu ifade eder. Palmer kuraklık şiddeti indisi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$Xi = Xi - 1 + \frac{Z}{3} - 0,103 * Xi - 1$$

Burada  $X_i$ ,  $i$ 'nci ay için hesaplanan PDSI değeridir. Palmer'ın yaklaşımına göre, kurak ve nemli koşulların sınıflandırılması amacıyla yukarıda verilmiş olan Palmer genel eşitliği, kurak ya da nemli devrelerin başlangıcını ve bitimini belirlemek için üç indise ayrılmıştır:

- $X_1$  = Nemli bir dönemin başlangıcını sağlayan şiddet indisi,
- $X_2$  = Kurak bir dönemin başlangıcını sağlayan şiddet indisi,
- $X_3$  = Herhangi bir kurak ya da nemli dönemin başladığını belirleyen



indis,

$X_1$  değerleri daima pozitif;  $X_2$  değerleri ise daima negatiftir,  $X_1 \geq 1,0$  olduğunda nemli devrenin etkili olmaya başladığı;  $X_2 \leq 1,0$  olduğunda ise kuraklık olayının etkili olmaya başladığı kabul edilir.  $X_3$ , daha önce etkili olmuş ve sürmekte olan kuraklık olayının ya da nemli devrenin şiddetini belirlediği için, en geniş anlamıyla kuraklık açısından daha çok bilgi içerir ve bu yüzden de daha önemlidir. PDSI için literatürde yaygın olarak kullanılan kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri Tablo 2.3. ile verilmiştir.

**Tablo 2.3.:** Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI) Kuraklık Sınıflandırması ve Eşik Değerleri (Palmer, 1965).

Eşik Değerler	Kuraklık/Nemlilik Sınıfı
4,00 ve üzeri	Aşırı Nemli
3,00 - 3,99	Çok Nemli
2,00 - 2,99	Orta Nemli
1,00 - 1,99	Az Nemli
0,50 – 0,99	Nemli Devre Başlangıcı
0,49 – -0,49	Normal Civarı
-0,50 - -0,99	Kuru Devre Başlangıcı
-1,00 – -1,99	Hafif Kurak
-2,00 – -2,99	Orta Kura
-3,00 – -3,99	Şiddetli Kurak
-4,00 ve altı	Aşırı Kurak

### 2.3.1.1. Palmer Hidrolojik Kuraklık İndeksi (PHDI)

Palmer Hidrolojik Kuraklık İndeksi (PHDI), orijinal PDSI'dan yola çıkarak elde edilmektedir yani PHDI, PDSI hesaplamalarının bir diğer çıktısıdır. PHDI, PDSI'nın su depolama, akım ve yer altı suyunu etkileyebilecek uzun dönemli kuraklığı göz önünde bulunduracak şekilde modifiye edilmesiyle elde edilmektedir. PHDI ile bir kuraklık olayının ne zaman biteceği, gerekli yağışa bağlı olarak alınan nemin kuraklığın bitmesi için gerekli olan neme oranını kullanarak hesaplanabilmektedir. PHDI için aylık sıcaklık ve yağış verisi gerekli olup sıcaklık ve yağış verilerinin eksiksiz zaman serisi olması zorunluluk göstermektedir. PHDI'nin kullanımı su kaynaklarını uzun süreler boyunca etkileyebilecek kuraklıkları dikkate alması sebebiyle fayda sağlamaktadır. Yöntemin esas aldığı su dengesi yaklaşımı toplam su

sisteminin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte PHDI için söz konusu olan bazı dezavantajlar şunlardır:

- (i) Kar erimesinden meydana gelen akışı hesaba katmaması,
- (ii) Yağış ya da akım değişkenliğinin fazla olduğu bölgelerde yeterince etkili bir indeks olmaması,
- (iii) Sulama sistemleri ya da uygulamaya ilişkin insan kaynaklı etkilerin hesaplamalarda göz önünde bulundurmaması,
- (iv) Frekansların bölgeye ve zamana (aşırı kuraklığın nadir bir olay olmayabileceği yılın bazı ayları) göre değişmesi. PHDI için literatürde yaygın olarak kullanılan kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri PDSI için Tablo 2.3’de verilen değerlerle aynıdır.

### 2.3.2. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI)

Standart Yağış İndeksi (SPI), kuraklığın izlenmesi amacıyla, McKee ve ark. (1993) tarafından geliştirilmiş olan önemli bir kuraklık izleme aracıdır.

McKee ve ark. (1993) bölgesel kuraklıkları tanımlamak ve izlemek amacıyla standard yağış indisi (SPI)’yi geliştirmişlerdir. Aslında SPI, gözlenen yağış olasılığının standartlaştırılmış dönüşümünü sağlamak ve 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 ay gibi istenilen zaman dilimleri için hesaplanabilmektedir.

Kısa süreli zaman dilimleri (haftalık ve aylık) tarımsal su ihtiyacı ve su potansiyeli açısından önem kazanırken, yıl gibi uzun zaman serileri (12, 24, 36 Aylık) şebeke su temini, su kaynakları yönetimi ve yeraltı suyu çalışmalar açısından önemlidir (Mishra & Singh, 2011).

SPI yağışların normal, lognormal ve gamma dağılımı olması durumuna göre hesap yapabilmektedir (Yacoub ve Tayfur, 2017). Fakat iklimsel yağış serisini en iyi temsil eden dağılımın gamma dağılımı olduğu geçmiş çalışmalarda belirtilmiştir (Mishra & Singh, 2010).

SPI değerlerinin hesaplanması kapsamında öncelikle ham yağış verilerinin olasılık dağılım fonksiyonu (ODF) gama ODF’ye dönüştürülür (McKee vd., 1993, 1995; Wilks 1995; Guttman 1998, 1999). Thom (1966), yağış verilerine en iyi uyan olasılık dağılımının gama dağılımı olduğunu belirtmiştir. Gama Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (OYF) aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$g(x) = \frac{1}{\beta\alpha\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

Burada :

$\alpha > 0$  gama OYF'nin şekil parametresi

$\beta > 0$  gama OYF'nin ölçek parametresi

$x > 0$  yağış miktarı, ve

$\Gamma(\alpha)$  gama fonksiyonudur.

Gama fonksiyonu,  $\Gamma(\alpha)$ ,

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

şeklinde tanımlıdır.

SPİ bir istasyon için yağış toplamlarının verilmiş olan frekans dağılımına bir Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu uydurulmasını gerektirir. Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonunun alfa ve beta parametreleri ilgilenilen her istasyon ve zaman ölçeği için tahmin edilir (Boustani Hezarani, 2010). Gama olasılık yoğunluk fonksiyonunun şekil parametresi,  $\alpha$  ve ölçek parametresi,  $\beta$ , sırasıyla yağış verisinin aritmetik ve geometrik ortalamalarını temsil etmek üzere, aşağıdaki tanımlı olan olası maksimum çözümler kullanılarak hesaplanır (Thom, 1966; Wilks, 1995):

$$\alpha = \frac{1}{(1 + \sqrt{1 + 4A/3}) \cdot 4A} \quad \beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad A = \frac{\ln(x) - \sum \ln(x)}{n}$$

Burada,  $n =$  yağış toplamlarının sayısıdır. Bu kapsamda yağış toplamlarının kümülatif olasılığı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta \alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx$$

Bu denklemde  $x / \beta$  yerine  $t$  kullanılarak, aşağıda tanımlı olan gama fonksiyonu elde edilir:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt$$

Gama fonksiyonu  $x = 0$  koşulu için tanımlı değildir. Yağış dağılımı sıfır değerini içerebileceği için kümülatif olasılık aşağıda şekilde ifade edilir:

$$H(x) = q + (1-q)G(x)$$

Burada  $q$ , sıfır değeri için olasılığı ifade eder. SPI'nın hesaplanması yağışın 12 ay ve daha kısa dönemlerde normal dağılıma uymaması nedeniyle karmaşıktır. Bu yüzden yağış dizileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilir. SPI değerlerinin normalize edilmesi sonucunda seçilen zaman periyodu içerisinde hem kurak hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur. Sonuçta elde edilen SPI değerleri yağış eksikliği ile lineer olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir. SPI değerlerinin normalize edilmesi sonucu seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak ve hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur.

SPI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indisin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu “kurak dönem” olarak tanımlanır. İndisin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indisin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee vd. 1995). Bu yöntemle göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması Tablo 2.4.'te gösterilmiştir. Tablo 2.4.'te görüldüğü gibi SPI değerleri hem nemli hem de kurak değerleri içermektedir. Dolayısı ile SPI analizi ile incelenen bölgedeki hem kurak hem de nemli dönemlerin başlangıç dönemleri ve şiddetleri incelenebilmekte ve bunların göreceli olarak kıyaslanması yapılabilmektedir (McKee vd.1995).

Kümülatif olasılık değeri  $H(x)$ , ortalaması sıfır (0) ve bir (1) varyans değeri taşıyan, SPI değerini ifade eden standart normal rastgele değerli  $Z$  değişkenine dönüştürülür.  $H(x)$ , SPI'nin değeridir. Bu durum Panofsky and Brier (1958) tarafından tanımlanan formun dağılımının, bir değişim olarak yeni bir dağılıma dönüşümü için gerekli olan bir özelliktir. SPI değerlerinin normalize edilmesi ile o istasyona ait yağış dizilerinde hem zaman ve hem de alan bazında olan değişkenliklerin dikkate alınması sağlanmaktadır (McKee vd.,1993; Guttman, 1999; Kömüçü vd., 2002).

Bunu takiben Tablo 2.4.'teki eşik değerler dikkate alınarak alt-kuraklık/nemlilik sınıfları elde edilir. SPI değerleri, Tablo 2.4.'teki eşik değerleri temel alınarak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, hafif kurak sınıflarına ayrılabilir. SPI analizlerinde 3, 6, 9, 12 ve 24 ay bazında kuraklık indis değerleri hesaplanabilir ve bu kapsamda farklı kuraklık şiddeti kategorilerinde analiz yapılabilmektedir.

- SPI - 3 ay, kısa ve orta dönemli nem koşullarının,
  - SPI-6 Ay, yağıştaki orta dönemli eğilimlerin,
  - SPI-9 ay, orta zaman ölçeğindeki yağış şekillerinin, ve
  - SPI-12 ay, uzun dönemli yağış şekillerinin belirlenmesi
- kapsamında kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra;
- 3-aylık indis değerleri **Meteorolojik kuraklık**,
  - 6-aylık ve 9-aylık indis değerleri **Tarımsal kuraklık**,
  - 12-aylık ve 24-aylık indis değerleri de **Hidrolojik kuraklık**
- değerlendirmeleri kapsamında kullanılabilir (WMO, 2012).

**Tablo 2.4.:** Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) Yaklaşımına Göre Kuraklık/Nemlilik Sınıflandırması

(<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/prelim/drought/spi.html>, 2023).

Eşik Değerler	Kuraklık/Nemlilik Sınıfı
2 ve üzeri	Olağanüstü nemli
1.6 – 1.99	Aşırı nemli
1.3 – 1.59	Çok nemli
0.8 – 1.29	Orta düzeyde nemli
0.51 – 0.79	Hafif nemli
<b>-0.5 – 0.5</b>	<b>Normal Civarı</b>
-0.51 – -0.79	Hafif kurak
-0.80 – -1.29	Orta düzeyde kurak
-1.30 – -1.59	Şiddetli kurak
-1.60 – -1.99	Çok şiddetli kurak
-2 ve altı	Olağanüstü kurak

### 2.3.3. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI)

Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) yöntemi (Vicente-Serrano ve ark. 2010) tarafından geliştirilmiş olan önemli bir kuraklık indisi. SPEI yönteminin geliştirilmesinin en önemli sebebi, SPI yöntemi ile sadece yağış verisi kullanılarak yapılan kuraklık hesaplarının, sıcaklık ve buharlaşma parametrelerinin de dahil edilerek noktasal ve alansal dağılımının ifade edilmeye çalışılmasıdır. SPI yönteminin en önemli iki varsayımı, (i) yağıştaki değişkenliğin çalışma alanındaki diğer tüm değişkenlerden (örneğin buharlaşma, sıcaklık) çok daha baskındır, ve (ii) diğer değişkenlerin zamansal bir değişimi bulunmamaktadır. Bu kapsamda, yağış haricindeki değişkenlerin etkisi ihmal edilmekte ve kuraklığın sadece yağıştaki zamansal değişim ile ifade edilebileceği esası kabul edilmektedir. SPI yöntemindeki bu sınırlamaları aşabilmek için geliştirilen SPEI yöntemi, hem Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi'nin (PDSI) sıcaklık ve buharlaşma gibi parametrelere olan hassasiyetini dahil edebilmekte, hem de SPI yönteminin çoklu-zamansal yapısı (3-ay, 6-ay, 9-ay, 12-ay ve 24-aylık dönemler için yapılacak analizler) kapsamında incelemeleri mümkün kılmaktadır (Vicente-Serrano vd., 2010).

SPEI hesaplama yönteminin temelinde SPI yer almaktadır. Fakat, SPI'dan farklı olarak yağışa ilave olarak sıcaklık ve yağış değişimi (yağış – referans buharlaşma terleme) parametreleri de kullanılmaktadır. Bu kapsamda yağış değişimi, ilgili veri setleri oluşturularak olasılık dağılımı fonksiyonu kapsamında ifade edilir. Böylelikle, orijinal değerler standart birimlere çevirilerek zamansal ve mekansal açıdan mukayese edilebilmekte ve çoklu-zamansal yapı kapsamında değerlendirilebilmektedir. Yağış değişiminin standart şekilde ifade edilmesi için log-lojistik dağılımının kullanılması önerilmektedir. Dünyanın birçok yerinde gerçekleştirilen uygulamalarda log-lojistik dağılımı ile yağış değişimi serileri arasında, farklı zaman ölçeklerinde ve iklim bölgelerinde, iyi bir uyum belirlenmiştir. Bu da SPEI yönteminin etkin bir şekilde kullanılması açısından önemlidir (Vicente-Serrano vd., 2010). Bu kapsamda 3 parametrelili bir değişkenin log-lojistik dağılımlı OYF'si aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x-y}{\alpha}\right)^{\beta-1} \left(1 + \left(\frac{x-y}{\alpha}\right)^{\beta}\right)^{-2}$$

Burada,

$\alpha > 0$  OYF'nin şekil parametresi

$\beta > 0$  OYF'nin ölçek parametresi

$\gamma > 0$  OYF'nin origin parametresi

Log-lojistik dağılımın parametreleri farklı yöntemlerle hesaplanabilir. Bunlar arasında, olası-ağırlıklı momentler prosesi en güvenilir ve kolaylıkla uygulanabilen yöntemdir. Log-lojistik parametreleri, kuraklık indislerinin zamansal ve mekansal karşılaştırılabilirliğini sağladığı için, kuraklık analiz ve gözlemlerinin gerçekçi bir şekilde yapılabilmesi için gereklidir (Meixiu, 2014). SPEI değerlerinin hesaplanmasında aşağıda tanımlanmış olan fonksiyonlar kullanılır.

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3}$$

Burada, **P**: belirli bir yağış değişimi değerinin aşılma olasılığıdır.

$$P \leq 0.5 \quad W = (-2 \ln(P))^{0.5}$$

$P > 0.5$  P yerine 1-P kullanılır ve SPEI değerinin işareti değiştirilir.

$$C_0 = 2.515517, \quad C_1 = 0.802853, \quad C_2 = 0.010328$$

$$d_1 = 1.432788, \quad d_2 = 0.189269, \quad d_3 = 0.001308$$

SPEI'nin ortalama değeri sıfır, standart sapma değeri 1'dir. SPEI standartlaştırılmış bir değişkendir ve bundan dolayı zamansal ve mekansal olarak farklı SPEI değerleri ile karşılaştırılabilir. SPEI yöntemi için de Tablo 3'teki eşik değerleri kullanılmıştır.

### 2.3.4. Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (Percent of Normal Precipitation Index= PNPI)

Normal yağışın yüzdesi kuraklık indisi (PNPI), kuraklığın belirlenmesinde kullanılan en basit yöntemlerden biridir. PNPI yöntemi, hesap yapılacak periyotlar için yağışlı zaman serileri kullanılarak hesaplanır (Willeke vd., 1994). Hesap yöntemi şu şekildedir:

$$Pnpi = \frac{Pi}{P} \times 100$$

Denklemden  $P_i$  kuraklık analizinin yapılacağı zaman aralığında gözlenmiş toplam yağış yüksekliği değeridir,  $\bar{P}$  değeri ise aynı zaman aralığı için tüm zaman serisinde gözlenmiş yağış yüksekliklerinin ortalamasıdır. PNPI hesaplanırken farklı periyotlar için hesap yapılabilmektedir ancak veri setinin uzunluğu en az 30 yıl ve üzeri olmalıdır. Aylık, mevsimlik ya da yıllık periyotlarla kuraklık analizi yapılabilir.

PNPI, kuraklık analizinde kullanılan indisler arasında en basit hesap yöntemine sahip indislerden biridir. Bu indis hesaplanırken kullanılan formülasyon sebebiyle şiddetli kuraklıklar (hiç yağış düşmemiş aylar bulunması ya da ortalamanın çok altında bir yağış düşmesi) indisin sonuçlarını çok fazla etkilemektedir. Standardize yağış indisi (SPI) gibi normal dağılıma dönüştürülmüş benzer indisler ile PNPI indisinin karşılaştırılması, yağış verilerinin genellikle normal dağılıma uymamasından dolayı, yapılamamaktadır. Bu sorunlar gözönüne alındığında PNPI indisinin kuraklık değerlendirmelerinde tek başına kullanılmaması gerektiği görülmektedir (Willeke vd.,1994).

Kuraklık indislerinin hesaplanması neticesinde elde edilen sonuçların değerlendirilmesi gerektiğinden her indis için kuraklık sınıflandırması yapılmaktadır. PNPI kuraklık sınıflandırması Tablo 2.5.'de verilmiştir.

**Tablo 2.5.:** PNPI Kuraklık Sınıflandırması

Periyot (Ay)	Normal ve Üzeri	Hafif Kurak	Orta Şiddette Kurak	Aşırı Kurak
1	>%75	%65 – %75	%55 – %65	<%55
3	>%75	%65 – %75	%55 – %65	<%55
6	>%80	%70 – %80	%60 – %70	<%60
9	>%83,5	%73,5 – %83,5	%63,5 – %73,5	<%63,5
12	>%85	%75 – %85	%65 – %75	<%65
24	>%85	%75 – %85	%65 – %75	<%65

### 2.3.5. Standart Skor veya Z Skoru İndeksi

Z Skoru indeksi (Z-Skoru), istatistikte standart skor veya z skoru diye tanımlanan boyutsuz bir ölçüdür. Örneğin 1980 yılına ait Ocak ayı Z-Skoru, bu aya ait toplam yağış miktarının, veri setindeki tüm yıllara ait Ocak ayı ortalamasından çıkarılarak, farkın bu veri setindeki Ocak ayı standart sapmasına bölümü ile elde edilir. Bu işlem genellikle standartlaştırma veya



normalleştirme diye adlandırılır. Bundan dolayıdır ki, dünyada ve Türkiye’de sıklıkla Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI) olarak adlandırılan yöntem için aslında Z-Skoru hesaplanmaktadır. Z-Skoru normal dağılımı temsil etmektedir. Oysa SYI’nin orijinali gamma dağılımına göre geliştirilmiştir (McKee vd., 1993). Dolayısı ile bundan sonra yapılacak çalışmalarda literatürde karışıklığa yol açmamak için normal dağılımın benimsendiği ve Z-Skoru yöntemi ile standartlaştırılan veriler için SYI adı kullanılmaması önerilmektedir. Yağış verisi genellikle çarpık olduğu ve normal dağılıma uymadığından, Z-Skoru özellikle kısa kurak süreçlerde SYİ’ye göre daha başarısızdır. Kolay hesap edilebildiğinden dolayı kuraklık çalışmalarında (Kömüşçü, 1999; Wu vd., 2001; Tsakiris & Vangelis, 2004; Morid vd., 2006; Patel vd., 2007; Yürekli & Anlı, 2008; Akhtari vd., 2009) sıklıkla kullanılmaktadır.

### 2.3.6. Çin Z İndeksi (ÇZI)

Çin Z-İndeksi (ÇZI), yağış verilerinin 3.tip Pearson dağılımına uyduğunu varsayan bir kuraklık indeksidir. ÇZI, ki-kare değişkeninin Wilson-Hilferty küp-kök dönüşümü ile Z-Skoruna dönüştürülmesi esasına bağlıdır. 1995 yılından bu yana Çin Milli İklim Merkezi tarafından ülke genelindeki kurak ve nemli durumun izlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Wu vd., (2001) ÇZI hesaplamasında ortalama yerine medyan değerini kullanarak ÇZI’yi modifiye (MÇZI) etmişlerdir. Bu çalışmada Çin’deki 4 istasyon için 1951-1998 yılları arasındaki aylık yağış verisi kullanılarak ÇZI, MÇZI, SYI ve Z-Skoru kuraklık indeksleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Morid vd. (2006) ÇZI, MÇZI ve diğer indeksleri kullanarak karşılaştırmalı bir çalışma yapmışlardır. Bu iki çalışmada da SYI, ÇZI ve Z-Skoru ile benzer sonuçların alındığı bildirilmiştir. Wu vd. (2001) yaptığı çalışmada; ÇZI ve Z-Skoru’nun SYI’ye olan üstünlüğünü,

1-Daha kolay hesaplanması ve,

2-Zaman serilerindeki veri eksikliğine izin vermesi olarak belirtmişlerdir.

### 2.3.7. Keşif Kuraklık İndeksi (RDI)

Kuraklık indisleri içerisinde SPI, hesap yönteminin kolay olması ve tek bir girdi parametresine (yağış) sahip olması sebebiyle kuraklık değerlendirmelerinde birçok indisten daha çok tercih edilmiştir. Kuraklık

tanımlama ve değerlendirme de kullanılmak üzere alternatif bir kuraklık indisi olan keşif kuraklık indisi (RDI), Akdeniz Kuraklığa Hazırlık ve Önlem Planı (MEDROPLAN) koordinasyon toplantısında sunulmuştur (Tsakiris, 2004). İndisin hesap şekli ve tanıtılması ile ilgili Tsakiris & Vangelis (2005); Tsakiris vd., (2006) yayınlar yapmışlardır.

Keşif kuraklık indisi (RDI) hesap şekli Tsakiris vd., (2007) tarafından yıllık değerler için şu şekilde hesaplanmıştır; öncelikle formülde yer alan  $\alpha_0$  hesaplanmalıdır bu değer hesaplanırken aylık değerlerin kullanılmasıyla, aylık değerlendirme yapılabilir.  $\alpha_0$  i.yıl için yıllık verilerle şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\alpha_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} PET_{ij}}, i = 1: N \text{ ve } j = 1: 12$$

Denklem'de ifade edilen;  $P_{ij}$  ve  $PET_{ij}$  sırasıyla i'inci yılın j'inci ayının yağış ve potansiyel evapotranspirasyon değerleri, Akdeniz ülkelerinde su yılının genellikle Ekim ayından başladığına dikkat edilmelidir, N hesabı yapılacak veri setindeki yıl sayısı olarak ifade edilmektedir.

Hesaplanması gereken ikinci ifade, Normalleştirilmiş RDI ( $RDI_n$ ) ifadesidir yine yıllık olarak yukarıdaki denklem ile hesaplanabilmektedir. Denklemde yer alan  $\alpha_0$  N yıllık veri için hesaplanmış olan  $\alpha_0$  değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

$$RDI_n^{(i)} = \frac{\alpha_0^{(i)}}{\alpha_0} - 1$$

Üçüncü olarak hesaplanacak ifade standardize RDI ( $RDI_{st}$ )'dir.  $RDI_{st}$  parametresinin hesabı SPI hesap yöntemine benzer şekilde yapılmaktadır  
Denklem

$$RDI_{st(k)}^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}_k}{\hat{\sigma}_{y_k}}$$

$y_k^{(i)}$  ifadesi  $\ln(\alpha_0^{(i)})$ ,  $y_k$  bu  $y_k^{(i)}$  değerlerinin aritmetik ortalaması,

$\hat{\sigma}_{yk}$  ise standard sapmasıdır. Yukarda verilen ifadede,  $\alpha_o$  değerlerinin lognormal dağılıma uyduğu varsayılmıştır. Standardize RDI, SPI'ya benzer sonuçlar vermektedir. Bu sebeple aynı bölgede yapılan çalışmalarda SPI ve RDI<sub>st</sub> indisleri kıyaslanabilmektedir. RDI kuraklık indisinin sınıflandırılması Tablo 2.6.'da verilmiştir;

**Tablo 2.6.:** RDI Kuraklık Sınıflandırması

RDI Değeri	Kuraklık Sınıfı
$RDI > 2$	Aşırı nemli
$1,5 \leq RDI \leq 2$	Çok nemli
$1 \leq RDI < 1,5$	Orta düzeyde nemli
$-1,0 \leq RDI < 1,0$	Normale yakın nemli
$-1,5 \leq RDI < -1,0$	Normale yakın kurak
$-2,0 \leq RDI < -1,5$	Şiddetli Kurak
$RDI < -2,0$	Aşırı kurak

Kuraklığın meydana geldiği dönemlerde, sıcaklık değerleri yüksek çıkmaktadır. Bu dönemlerde sıcaklığın yüksek olmasının etkisiyle evapotranspirasyon değerleri de yükselmektedir. Kuraklığın hesaplanması ve sınıflandırması yapılırken yağışın dışında evapotranspirasyon değerinin de girdi parametresi olarak kullanıldığı RDI indisinin, kuraklık analizlerinde hassas sonuçlar vereceği yorumu yapılabilir.

### 2.3.8. Efektif Kuraklık İndeksi (EKI)

Byun & Wilhite (1999) oluşan bir kuraklığın başlangıcını, sonunu ve gelişimini belirlemek amacıyla Efektif Kuraklık İndeksi'ni (EKI) geliştirmişlerdir. EKI ile birlikte Efektif Yağış (EY) kavramı da tanıtılmıştır. EY, zamana bağlı hareketli bir fonksiyonla 18 birikimli toplam yağış serisini ifade eder. Diğer bir kavram da "Normale Dönme için gerekli Yağış miktarı" kısaca Normale Dönüş Yağışı (NDY), genel anlamda normal şartlardaki yağışla olan farkı tarif etmektedir. EKI ilk geliştirildiği şekliyle, diğer birçok kuraklık indeksinden farklı olarak günlük zaman adımı ile hesap yapar (Morid vd., 2006; Akhtari vd., 2009; Kim vd., 2009; Kim & Byun, 2009; Kalamaras vd., 2010; Roudier & Mahe, 2010). Dolayısı ile bu durumda günlük yağış verisine ihtiyaç vardır. Ancak ortaya koyduğu prensip, aylık yağış verisini kullanacak şekilde düzenlenebilir (Morid vd., 2007; Pandey vd., 2008). Smakhtin & Hughes

(2007), geliştirdikleri yazılımda aylık algoritma kullanmışlardır. Akhtari vd., (2009) ile Roudier & Mahe (2010) yaptıkları çalışmalarda EKI'nin hesaplanmasının zor olduğundan bahsetmişlerdir. EKI ile ortaya konulan yaklaşımın çok mantıklı ve anlamlı olduğu düşünülmektedir. Ancak bu indeks, araştırmacıların dikkatini henüz çok çekememiştir. Gelecekte daha yaygın kullanılacağı tahmin edilmektedir.

### **2.3.9. Normal Yağış Yüzdesi İndeksi (NYEI)**

Normal yağış yüzdesi (NYEI) kuraklığın belirlenmesi için kullanılan basit bir indekstir. Tek bir bölge veya mevsim için kullanıldığında etkili sonuçlar verir (Hayes, 2000; Sırdaş, 2002; Morid vd., 2006; Smakhtin & Hughes, 2007; Barua vd., 2011). NYEI genellikle zaman serisinin ortalamasına, bazen de medyanına göre hesap edilir. NYEI, normalden uzaklaşan verinin frekansını hesaplayamaz ancak kolay hesap edilebilmesinden dolayı hava durumu yayınlarında ve kamuoyuna kuraklıkla ilgili bilgi verme amacıyla sıklıkla kullanılır. Belirli bir istasyona veya mevsime ait şartları belirtmek için kullanılabilir ancak farklı kullanımlarda yanlış anlaşılabilir.

### **2.3.10. Yağış Kuyrukları İndeksi (YKI)**

İstatistikteki kuyruk (deciles) veya ondabirlik diye adlandırılan ve sıralanmış veri setinin 10 eşit parçaya bölünmesi ile oluşan ölçüdür. Yağış verisinin %10'luk kuyruklara ayrılarak kuraklığın değerlendirildiği bir kuraklık indeksidir. Yağış kuyrukları (YKI) kuraklık indeksi, kuraklıkları izlemek için geliştirilmiş olup kuraklık çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Lana & Burgueno, 2000; Simmonds & Hope, 2000; Keyantash & Dracup, 2002; Morid vd., 2006; Smakhtin & Hughes, 2007; Pandey vd., 2008; Barua vd., 2011). YKI'nin doğru hesaplanabilmesi için uzun yıllara ait yağış verisine ihtiyaç vardır. Uzun süreli yağış verisinin sıralanmasıyla oluşan dağılım %10'luk bölümlere ayrılarak her bir kategori kuyruk olarak adlandırılır. Birinci kuyruk, gerçekleşen yağışın en düşük %10'u tarafından aşılabilen yağış miktarıdır. Beşinci kuyruk medyan anlamına gelir ve sıralanmış veriyi tam ortadan ikiye böler. NYEI metodunun eksiklerini kapatmak üzere 1967 yılında Avustralya'da geliştirilen (Gibbs & Maher, 1967) ve Avustralya kuraklık gözlem sisteminde kuraklığın meteorolojik ölçüsü olarak kullanıldığından Avustralya'da daha yaygın kullanılmaktadır.

### 2.3.11. De Martonne Yöntemi

De Martonne, İlk oluşturduğu formül aşağıda yer almaktadır. Bu formülde,

$$I_{ar} = \frac{P}{T} + 10$$

$I_{ar}$  = Yıllık Kuraklık İndeksi;

$P$  = Yıllık Toplam Yağış (mm);

$T$  = Yıllık Ortalama Sıcaklık ve

$10$  = sabit sayıdır.

Daha sonra Gottmann ile birlikte yıllık ortalama yağış ve sıcaklığın yanında, en kurak ayın yağışı ve sıcaklık ortalamaları arasındaki ilişkiyi de hesaplamada dikkate alarak geliştirmiştir. Buna göre son formülasyon aşağıda verilmiştir:

$$I_a = \left[ \frac{P}{T+10} + \frac{12p}{t+10} \right] / 2$$

Eşitlikte  $I_a$ , yıllık kurak indeksini;  $P$ , yıllık toplam yağışı (mm);  $T$ , yıllık ortalama sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ );  $p$ , en kurak ayın toplam yağışını (mm);  $t$ , en kurak ayın ortalama sıcaklığını ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve  $10$ , sıcaklığın  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olduğu yerlerde  $t$ 'yi pozitif yapmaya yarayan sabit sayıdır.

De Martonne'un indeks değerine göre belirlediği iklim tipleri aşağıdaki verilmiştir (Tablo 2.7.):

**Tablo 2.7.:** De Martonne İndeksi'ne Göre İklim Tipleri

Kuraklık İndeksi	İklim Tipi
0-5	Çöl
5-10	Step (Yarı kurak)
10-20	Step-Nemli Arası
20-28	Yarı Nemli
28-35	Nemli
35-55	Çok Nemli
> 55	Islak
< 0 ( $T < -5^{\circ}\text{C}$ )	Kutupsal

### 2.3.12. Thornthwaite Yöntemi

Thornthwaite yöntemi sıcaklık ve yağışın yanı sıra toprağın su depolama kapasitesini de üçüncü bir öge olarak değerlendirmektedir. Evapotranspirasyonun doğrudan hesaplanamadığı yerlerde kullanılabilen bir yöntemdir. Bu yöntemin en önemli özelliği, evapotranspirasyonun hesaplanmasında su bilançosu çizelgesinin kullanılmasıdır. Oluşturulan çizelge aracılığıyla, aynı zamanda iklim tipi de belirlenmektedir.

Thornthwaite'ın iklim sınıflandırması, esas itibariyle yağış-buharlaştırma ve sıcaklık-buharlaştırma ilişkisine dayanır. Thornthwaite göre yağışın buharlaşmadan fazla olduğu yerlerde toprak doymuş haldedir ve bu yerlerde su fazlalığı vardır. O halde bu yerin iklimi nemlidir. Bunun aksine yağışların buharlaşmadan az olduğu yerlerde toprakta su birikmemekte ve toprak bitkilerin ihtiyacı olan suyu verememektedir. Bu gibi yerlerde su noksanlığı vardır. O halde bu yerin iklimi kuraktır. Thornthwaite'ın sınıflandırmaları bu iki değer arasında oynar. Yöntemin uygulanması için aylık sıcaklık ve yağış değerlerinden yararlanılarak "su bilançosu tablosu" hazırlanır. Bu tablodaki değerlerden yararlanılarak iklim tipini ifade eden harflerin belirlenmesi için indeksler hesaplanır ve çıkan indeks değerlerine göre iklim tipi belirlenmiş olur.

Thornthwaite yöntemine göre bir yerin su bilançosuna ait tablo, o yerin aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama yağış ve aylık evapotranspirasyon değerlerinden faydalanılarak hazırlanır. Bu değerler kullanılarak elde edilen su bilançosuna ait tablolar, toprakta yıl içinde birikmiş suyu, birikmiş suyun aylık değişmesini, yıllık gerçek evapotranspirasyon miktarlarını, topraktaki su fazlasını, su eksikliğini, akışı ve nemlilik oranını gösterir.

Thornthwaite yöntemine göre potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon hesaplama adımları aşağıda verilmiştir:

#### 1. Aylık sıcaklık indeksi,

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

bağıntısıyla hesaplanır.  $i$ , aylık sıcaklık indeksini ve  $t$ , aylık ortalama sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ) göstermektedir.

2. Aşağıdaki denkleme göre her aya ait sıcaklık indeksleri ( $i$ ) toplanarak yıllık sıcaklık indeksi hesaplanır:

$$I = \sum_{k=1}^{12} i \quad k= 1, \dots, 12$$

3. Potansiyel evapotranspirasyon (mm/ay),

$$PE = 16 \left( \frac{10t}{I} \right)^a$$

eşitliğiyle hesaplanır. Eşitlikte kullanılan  $a$ , katsayıdır.

$$(a = (0.000000675 * I^3) - (0.000077 * I^2) + (0.01792 * I) + 0.49239)$$

4. Düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon, her aya ait evapotranspirasyon değeri ile enlem düzeltme katsayısı çarpılarak elde edilir. Enlem düzeltme katsayısı, ortalama güneşlenme sürelerine göre değişen bir değerdir ve çizelge biçiminde Thornthwaite tarafından hazırlanmıştır.

Aylık su bilânçosu tablolarının hazırlanması için evapotranspirasyon hesaplarından elde edilen veriler kullanılır. İstasyonlar için oluşturulan bu tablolarda yağışın evapotranspirasyondan fazla olduğu dönemlerde ortaya çıkan aylık su fazlası ile yağışın evapotranspirasyondan daha az olduğu dönemlerde oluşan aylık su açığı, yağış etkinlik indeksinin hesaplanmasında kullanılır. Buna göre yağış etkinlik indeksi;

$$I_m = \frac{100s - 60d}{n}$$

eşitliğiyle hesaplanır.  $I_m$ , yağış etkinliği indeksini;  $s$ , yıllık su fazlası;  $d$ , yıllık su eksisi ve  $n$ , yıllık potansiyel evapotranspirasyondur.

Thornthwaite, iklimleri yağış ve evapotranspirasyon arasındaki ilişkiye göre nemli ve kurak iklimler olarak ikiye gruba ayırmıştır. Nemli iklimleri kendi içinde 6 alt gruba, kurak iklimleri 3 alt gruba ayırmıştır (Tablo 2.8.).

**Tablo 2.8.:** Thornthwaite'a Göre İklim Tipleri.

$I_m$	İklim Tipi	Sembol
> 100	Çok nemli	A
100 – 80	Nemli	B4
80 – 60	Nemli	B3
60-40	Nemli	B2
40-20	Nemli	B1
20-0	Yarı Nemli	C2
0-(-20)	Kurak- Yarı Nemli	C1
-20-(-40)	Yarı Kurak	D
-40 >	Tam Kurak (Çöl)	E

### 2.3.13. Yağış Anomali İndeksi (YAI)

Yağış Anomali İndeksi (YAI) Van Rooy (1965) tarafından geliştirilmiş olup temel amacı yağışın normal değerlerinden sapması esasına dayanmaktadır. Belirli bir periyottaki yağış ortalaması belirlendikten sonra araştırma alanında yeralan tüm zaman serileri içinde en büyük ilk 10 değerlerin ortalaması ile en küçük 10 değer hesaplanarak indis değerleri belirlenir (Hezarani, 2018).  $P > \bar{P}$  ise anomali pozitifdir ve Yağış Anomali İndeksi aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$YAI = +3\left(\frac{P - \bar{P}}{M - \bar{P}}\right)$$

$P < \bar{P}$  ise anomali negatiftir ve Yağış Anomali İndeksi aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$YAI = -3\left(\frac{P - \bar{P}}{M - \bar{P}}\right)$$

Van Rooy (1965) tarafından geliştirilirken Yağış Anomali İndeksinde Çok Şiddetli Kuraklık, Şiddetli Kuraklık, Orta Şiddetli Kuraklık ve Hafif Kuraklık olmak üzere 4 farklı kuraklık sınıfı yer almaktadır (Tablo 2.9.).



**Tablo 2.9.:** Yağış Anomali İndisi sınıfları (Van Rooy, 1965).

Yağış Anomali İndeks	Sınıfı Yağış Anomali İndeks Değer
Hafif Kuraklık	(0) – (-1.2)
Orta Şiddetli Kuraklık	(-1,2) – (-2,1)
Şiddetli Kuraklık	(-2,1) – (-3)
Çok Şiddetli Kuraklık	≤(-3)

### 2.3.14. Akım Kuraklık İndisi (AKİ) (Streamflow Drought Index-SDI)

Hidrolojik kuraklığın saptanmasında kullanılan AKİ, aylık ortalama akarsu akımları ( $Q_{i,j}$ ) ile hesaplanmaktadır. Nalbantis (2008) tarafından geliştirilen bu indis hidrolojik olarak kurak dönemlerin incelenmesine olanak sağlar. AKİ hesaplamasında kullanılan kümülatif akarsu akımı  $V_{i,k}$  ( $m^3/sn$ ), denklem (1)' den elde edilir:

$$V_{i,k} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{i,j} \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad j = 1, 2, 3, \dots, 12 \quad k = 1, 2, 3, 4$$

Burada N, hidrolojik toplam yıl sayısını;  $V_{i,k}$  herhangi bir k referans periyodu için kümülatif akarsu akımını; i, herhangi bir hidrolojik yılı; j, herhangi bir hidrolojik yılın bir ayını göstermektedir. Referans periyodu dört farklı değer için dört ayrı dönemi gösterir. Referans periyodu  $k=1$  olduğu zaman ekim-aralık ayları arasındaki dönem,  $k=2$  olduğu zaman ocak-mart ayları arasındaki dönem,  $k=3$  olduğu zaman nisan-haziran ayları arasındaki dönem ve son olarak  $k=4$  olduğu zaman temmuz-eylül ayları arasındaki dönem ifade edilmektedir. AKİ, denklem (2)' den elde edilir (Nalbantis, 2008):

$$AKI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_k}{S_k} \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad k = 1, 2, 3, 4$$

Denklem (2)'deki  $\bar{V}_k$ , referans periyodu için kümülatif akarsu akım ortalamasını ve  $S_k$  ise standart sapmasını ifade etmektedir. AKİ değerleri kurak sınıf olarak dört adet, nemli sınıf olarak dört adet olmak üzere aşırı kurak ve aşırı nemli arasında sekiz ayrı sınıf olarak Tablo 2.10.' da gösterilmiştir (Hong vd., 2015).

**Tablo 2.10.:** AKİ Değerlerinin Sınıflandırması (Classification of SDI Values) (Hong vd., 2015).

Sınıflama Değeri	AKİ
Aşırı Kurak (AK)	$AKİ \leq -2$
Şiddetli Kurak (ŞK)	$-2 < AKİ \leq -1,5$
Orta Kurak (OK)	$-1,5 < AKİ \leq -1$
Hafif Kurak (OK)	$-1 < AKİ \leq 0$
Hafif Nemli (HN)	$0 < AKİ \leq 1$
Orta Nemli (ON)	$1 < AKİ \leq 1,5$
Şiddetli Nemli (ŞN)	$1,5 < AKİ \leq 2$
Aşırı Nemli (AŞ)	$AKİ > 2$

### 2.3.15. Su Kullanım İndeksi (Water Exploitation Index, WEI)

Bu gösterge mevcut tatlı su kaynakları üzerindeki su kullanımının baskısını göstermektedir. WEI, yıllık toplam su kullanımının, uzun dönemli ortalama tatlı su kaynakları içindeki payı olarak tanımlanmaktadır. İndis içme-kullanma, tarım, sanayi, enerji üretimi için kullanılan mevcut su kaynaklarının düzeyine bağlıdır. Aynı zamanda bu indis, özellikle su kaynaklarını ve ilgili ekosistemlerin korunmasını temel alan sürdürülebilir su kullanımı için hedeflerin belirlenmesinde AB ülkeleri tarafından kullanılmaktadır.

## 3. BÖLÜM

### KURAKLIĞIN ETKİLERİ

#### 3.1. Kuraklık Etkileri

Doğa kaynaklı afetler oluştukları bölge veyahut ülkelerde kimi zaman çok düşük kimi zamansa çok büyük ölçekli yıkımlara ve hasarlara yol açmaktadır. Hızla artan dünya nüfusu ve küreselleşmeyle beraber doğa kaynaklı afetlerin oluşma aralığı, yarattığı etki ve sebep olduğu olumsuz sonuçlar gitgide artmaktadır. Günümüzde de doğa kaynaklı afet sebepli ekonomik, sosyal ve de politik sonuçlar sosyal ve doğa bilimcilerin ilgisini cezbetmektedir. Krizler gibi oluşan doğa kaynaklı afetler de ortaya çıktıkları ülkelerde çok önemli ekonomik yıkımlar oluşturmaktadır. Doğa kaynaklı afetlerin maliyetleri doğrudan ve dolaylı olmak üzere incelenmektedir. Doğrudan yani direkt maliyetler özellikle afetlerin ortaya çıktıkları ülkede veya bölgede fiziki sermayeyi yıkıp tahrip etmesi olarak tanımlanır. Dolaylı maliyetlerse doğrudan maliyetlerin sebep olduğu artçıl maliyetleri kapsamaktadır. İkincil maliyetlerse ülke ekonomisi üzerinde uzun vadede gelişen makroekonomik maliyetleri kapsamaktadır. Afetler meydana geldikleri ülke veya bölgelerde afet sonraki dönemde kamu harcamalarında öngörülmesi mümkün olmayan artışlara, afetin yıkım yaptığı bölgede vergi ve kamu gelirlerinin azalmasına sebep olmaktadır.

Küresel olarak Dünyayı tehdit eden en önemli çevresel sorun olan iklim değişikliği ve en önemli sonuçlarından birisi olan kuraklık üzülmek gerekirse iklim krizine dönüşmüştür. Hergeçen gün daha da kronik bir hal almaktadır. Kuraklık, Dünya genelinde risk altında bulunan ülkelerin ve diğer aday ülkelerin tarımsal üretimi, orman kaynakları ve kırsal ekonomileri için büyük tehditler oluşturmaktadır. Bu tehditlerin yalnızca çiftçiler ve orman arazisi sahipleri için değil, tüm insanlık için önemli sonuçları olacaktır. Tarım sektöründe faaliyet gösteren arazi ve işletme sahipleri, değişen iklimin ve bunun iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin baskısını şimdiden hissetmeye başlamıştır. Bu riskler devam edip arttıkça, üreticiler uyum sağlama zorluklarıyla karşı karşıya kalacaktır.

Kuraklığın etkileri, çevresel, ekonomik, tarımsal kullanımdan gelecek taleplere bağlı olarak değerlendirilir. Bu nedenle geçmiş kuraklıkların etkilerini

kestirmek zordur. Bu problem, kuraklığın doğasından kaynaklanmaktadır çünkü kuraklık, yavaşça ortaya çıkan ve sonlanan bir olaydır. Diğer bir deyişle, kolayca tanımlanabilen ve göze çarpan kısa-vadeli yapısal etkiler yaratmamaktadır. Kuraklık, ikincil etkileri, daha tanımlanabilir olan birincil etkilerine göre daha büyük olan tek doğal afet olabilir. Olayın kendisi bittikten sonra bile etkileri hissedilmeye devam eder çünkü ikincil etkiler ekonomiler, ekosistemler ve insanların geçimiyle ilişkili olarak katlanarak artar.

Kuraklık, iklimin su kaynaklarını, tarımı ve tüm canlıları etkilemesinin bir yoludur. Aynı zamanda kuraklık, en kapsamlı sosyo-ekonomik zararlara neden olan, yavaş gelişen en sinsi ve en tehlikeli doğal afettir. Kuraklık, yer çekimi gibi bir doğa kanunudur. Nasıl ki suyun çoğu (sel) ölümcül ise suyun azı da (kuraklık) ölümcüldür. Deprem gibi kuraklık da, çeşitli büyüklüklerde oluşabilen bir doğal afettir. Her kuraklığı, küresel iklim değişikliğine bağlamak doğru değildir. Aslında sürekli olarak “iklim” ile “hava şartları” arasında bağlantı kurmak, bu tür meteorolojik afetler sanki sadece “iklim değişince” oluşmuş gibi kamuoyunda yanlış bir kanı uyandırmakta ve gerçek çözümleri de geciktirmektedir (Kadıoğlu, 2008b: 280).

Kuraklık başlı başına bir afet olmasına rağmen birkaç bakımdan diğer doğal afetlerden ayrılır: Birinci olarak, kuraklık yavaş başlayan bir afettir. Bundan dolayı, etkileri uzun bir zaman periyodu boyunca birikerek (kümülatif) daha sonraki asıl olumsuz etkileriyle birlikte hissedilir. İkinci olarak, kuraklık kesin ve herkes tarafından kabul edilmiş bir tanıma sahip olmadığı için şiddeti ve var-olup olmadığı kesinliği konusunda kafa karışıklığına yol açar. Üçüncü olarak, kuraklığın etkileri yapısal değildir; yani yıkıcı sel, tropikal fırtınalar ve depremler gibi doğal afetlerden daha yaygın bir coğrafi dağılıma sahiptir. Bu da onun etkisini ölçmeyi zor kılar ve diğer doğal afetlerden farklı olarak afet yönetimini zor kılabilir. Ancak kuraklık sosyal (toplumsal) bağlamından ayrık veya kopuk olmamalıdır. Bugün meydana gelen bir kuraklık olayı, geçmiş tarihte meydana gelen bir kuraklığın yoğunluğuna ve süresine benzeyebilir; ama toplumsal özelliklerdeki değişimlerden (ekonomik ve teknolojik değişimler) dolayı etkileri büyük bir olasılıkla belirgin farklılıklar gösterecektir (Wilhite, 1996; Wilhite, 2007; Wilhite & Buchanan-Smith, 2005).

Kuraklık, iklimin su kaynaklarını, tarımı ve tüm canlıları etkilemesinin bir yoludur. Aynı zamanda kuraklık, en kapsamlı Sosyo-Ekonomik zararlara neden olan, yavaş gelişen en sinsi ve en tehlikeli doğal afettir. Kuraklık,

meteorolojik kuraklık olarak başlar, tarımsal, hidrolojik kuraklık olarak gelişir ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak devam eder. Kuraklığın etkileri en fazla, suya talebin en çok olduğu zamanlar hissedilir, ama o zaman da herhangi bir önlem almak için artık çok geçtir (Kadioğlu, 2008a).

Günümüzde; dünyada, karşılaştığımız küresel ölçekte en büyük sorunlardan birisi olan kuraklık, bugün gelinen nokta itibariyle fiziksel ve doğal çevre, kent yaşamı, kalkınma ve ekonomi, teknoloji, tarım ve gıda, temiz su ve sağlık olmak üzere hayatımızın her aşamasını etkilemektedir.

### **3.1.1. Kuraklığın Ekonomi Üzerindeki Etkileri**

Kuraklık, bir dizi sektörde önemli ve uzun vadeli ekonomik kayıplara neden olabilir. Bu kayıplar, kuraklıktan etkilenen bölgede yerel olmakla birlikte ekonomik değer zincirleri yoluyla diğer sektörler ve ulusal/küresel ekonomiye kademeli kayıplar yoluyla yayılabilir. Dünyanın bazı bölgelerinde kuraklık, gıda kıtlığına, gıda güvensizliğine, işsizliğe, yoksulluğa, enflasyona, çatışmaya, ülke içinde yerinden edilme veya göçe neden olabilir. Ayrıca bu sorunların şiddetlerini artırabilir.

Kuraklık, yerüstü ve yeraltı su kaynaklarına olan bağımlılığı nedeniyle tarım, hayvancılık, ormancılık, balıkçılık ve ilgili sektörlerde büyük miktarda ekonomik etkiler yapmaktadır. Kuraklık, ekonominin birçok sektörünü etkileyen ve bu etkisini kuraklık yaşanan bölgelerin çok ötesine taşıyan karmaşık bir yapıya sahiptir. Bunun nedeni de suyun üretimde vazgeçilmez bir unsur olmasından kaynaklanmaktadır. Etkiler doğrudan ya da dolaylı olabilir. Tarımsal ürünlerde, otlaklarda ve ormanlık alanlarda azalma; yangınlarda artma, su seviyesinde düşme, evcil ve vahşi hayvanların ölüm oranında yükselme, balık türlerinin zarar görmesi veya yok olması kuraklığın direkt etkilerine örnek olarak gösterilebilir. Etkilerin dolaylı sonuçları da görülmektedir. Örneğin; tarımsal üretim, otlak arazileri ve orman alanlarında azalmaya; çiftçilerin ve bunlara bağlı tarımsal ürün ticareti yapan şirketlerin gelirlerinde azalmaya, gıda fiyatlarında artışa, işsizliğe, suç oranında yükselmeye ve göçlere neden olabilmektedir.

Meteorolojik afetler içerisinde en kapsamlı etkiye sahip olanı kuraklıktır. Kuraklık sosyal, çevresel ve ekonomik olarak önemli zararlar oluşturmaktadır. Genellikle kuraklıkla kurak iklim birbiriyle karıştırılmaktadır. Kuraklık, iklimde meydana gelen bir değişiklik veya sapma iken kurak iklim, iklimin

daimî bir özelliği olup düşük yağış alan bölgeleri ifade etmektedir.

Kuraklık, ekonominin birçok sektörünü etkileyen ve bu etkisini kuraklık yaşanan bölgelerin çok ötesine taşıyan karmaşık bir yapıya sahiptir. Bunun sebebi de suyun üretimde vazgeçilmez bir unsur olmasından kaynaklanmaktadır (BMÇMS, 1997: 3). Etkiler doğrudan ya da dolaylı olabilir. Zirai ürünlerde, otlaklarda ve ormanlık alanlarda azalma; yangınlarda artma, su seviyesinde düşme, evcil ve vahşi hayvanların ölüm oranında yükselme, balık türlerinin zarar görmesi veya yok olması kuraklığın direkt etkilerine örnek olarak gösterilebilir. Etkilerin dolaylı sonuçları da görülmektedir. Misal olarak; zirai üretim, otlak arazileri ve orman alanlarında azalmaya; çiftçilerin ve bunlara bağlı zirai ürün ticareti yapan şirketlerin gelirlerinde azalmaya, gıda fiyatlarında artışa, işsizliğe, suç oranında yükselişe ve göçlere sebep olabilmektedir.

Günümüzde dünyada, küresel ölçekte karşılaştığımız en büyük sorunlardan birisi olan kuraklık, bugün gelinen nokta itibariyle fiziksel ve tabii çevre, şehir hayatı, kalkınma, ekonomi, tarım, gıda, temiz su ve sağlık olmak üzere birçok sektörü ve faaliyeti etkilemektedir. Kuraklık başlangıç ve sonunun belirlenmesinin güçlüğü sebebiyle diğer tabii afetlerden farklıdır. Kuraklık, yavaş yavaş kuvvetini artırır ve olay sona erdikten yıllar sonra bile etkisini devam ettirebilir.

### 3.1.1.1. Kuraklığın Tarım Üzerindeki Etkileri

Tarım, insanın hayatta kalmasını sağlayabilecek en etkili sektörlerden biridir. Bu sektör içerisinde hayvancılığın önemli bir yeri vardır. Tarım sektöründe, hayvancılık iklim değişikliğine karşı son derece dirençli olarak kabul edilir ve 2050 yılına kadar artan insan nüfusunun taleplerini karşılamak için gıda güvenliğini sağlamada önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir (Thornton vd., 2007; Meena & Lal, 2018; Reshma Nair vd., 2021).

Kuraklığın etkileri genellikle ilk olarak tarımda görülür ve yavaş yavaş diğer suya bağımlı sektörlerle yayılır. Tarım sektöründe kuraklığın anlamı, diğer sektörlerden daha farklıdır. Çünkü bitkiler için yıl içerisinde yağan toplam yağıştan çok, büyüme dönemlerinde bitki kök bölgesinde var olan su daha önemlidir. Dolayısı ile bitkilerin çıkış ve gelişme döneminde ihtiyaç duydukları suyun toprakta bulunmaması tarımsal kuraklık olarak adlandırılmaktadır.

Kuraklığın etkileri genellikle ilk olarak tarımda görülür ve yavaş yavaş

diğer suya bağımlı sektörlere yayılır. Tarım sektöründe kuraklığın anlamı, diğer sektörlerden daha farklıdır. Çünkü bitkiler için yıl içerisinde yağın toplam yağıştan çok, büyüme dönemlerinde bitki kök bölgesinde var olan su daha önemlidir. Bitkilerin çıkış ve gelişme döneminde ihtiyaç duydukları suyun toprakta bulunamaması, tarımsal kuraklık olarak adlandırılmaktadır. Kuraklık, Tarım ürünleri açısından hem verim üzerine hem ürün deseni üzerine etkileri oldukça çoktur. Kuraklık, tarımsal ürünlerin verimliliğini etkilediği gibi gelir seviyesi daha fazla ürünlerin ekiminden mahrum bırakmaktadır. Kuraklığın olumsuz etkilerinin olduğu gibi sulama imkânı olan yerlerde vahşi sulamanın da olumsuz etkileri vardır.

Tarım, geniş alanlar üzerinde yapılan birçok yoğun faaliyetin iç içe sürekli olarak uygulandığı bir sektördür. Tarımın küresel iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek sektör olduğu bilinmektedir. Bu sebeple insan etkisi ile ortaya çıkan küresel ısınma kavramı üzerine olumlu veya olumsuz etkilere sahiptir. Toplumların giderek artan ve çeşitlenen gıda taleplerinin karşılanması, tarıma dayalı sanayiler aracılığı ile milli gelir, ihracat ve istihdama olan katkısı, biyolojik çeşitlilik ve ekolojik dengeye olan katkıları sebebiyle tarım bütün ülkeler için çok önemli ve stratejik bir sektör niteliğindedir.

Tarım, tabiata bağılı olarak sürdürülen bir faaliyet olduğundan iklim değişikliğinin tarıma etkisinin diğer sektörlerden daha fazla olması beklenmektedir. Tarım, büyük ölçüde tabii şartların etkisi altında olduğundan iklim parametrelerinde meydana gelecek değişimlere karşı oldukça duyarlıdır.

Tarım teknolojisi ileri ülkelerde bile, tarımsal üretimin temel sorunlarından biri de kuraklıktır. Karaların, yaklaşık % 16' sının veya 21- 22 milyon km<sup>2</sup> kadarının kurak ve yarı kurak bölgeler olduğu tahmin edilmektedir. Bu gibi bölgelerde yağış azlığı, yağış rejimlerinin düzensizliği ve kaynaklarının kısıt olması gibi faktörler tarımın temel sorunları arasında yer almaktadır. Özellikle su azlığı ve yağış yetersizliğinden doğan kuraklık sorununu çözümlmek ve bu bölgeleri tarıma kazandırmak için, ya sulama faaliyetleri geliştirilmeye ya da kuru arım metodu uygulanmaya çalışılmaktadır.

Biyçeşitlilik, ekosistemleri dengede tutar, çevremizi yaşanabilir hale getirir, insanların sağlığını, çevreyi ve ekosistemleri destekler. Bitki Çeşitliliğinin Faydaları : Bitkiler havayı temizler, erozyonu önler, toprağa organik madde kazandırır, toprak yorgunluğunu giderir. İklim değişikliği özellikle kuraklık, biyçeşitliliğe zarar veren en önemli doğal olaylardan

birisidir. Bunun sonucunda, özellikle su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalardan ülkemizin olumsuz yönde etkileneceği bilinen bir gerçektir. Kuraklık; ekonomik, çevresel ve sosyal düzeyde olmak üzere ekosistem üzerinde etkili olmaktadır. Bunların neticesinde Tarımsal faaliyetler ve tarım ürünleri olumsuz etkilenmektedir.

Kuraklık ve canlı habitat ile birlikte kaliteye etki ederek tarım ürünlerinin pazar değerini düşürmektedir. Düşük sıcaklıklarda yetişen sebzeler, küresel iklim değişikliği sebebiyle yüksek sıcaklık görülen zamanlarda olumsuz etkilenmektedir. Bunun sonucu olarak, söz konusu bitki vejetasyonunda, çiçeklenmede ve meyve oluşumunda olumsuz etkilenmektedir. Bu da hasat zamanının değişmesine ve kalitenin düşmesine sebep olmaktadır. Kore’de bazı bölgelerde meyve bahçelerinin lokasyonlarının kuzeye kayarak değiştiği gözlemlenmiştir. Çiçek, olgunluk ve tohum dönemlerini kapsayan fenolojik olaylar sırasında görülen küresel iklim değişikliklerinin olumsuz etkileri vejetasyonun varlığını da etkilemektedir. Bu da ekonomik olarak kayıplara sebep olabilmektedir. Yapılan araştırmalarda sıcaklık arttıkça yöreye özgü olarak tarım ürünlerinin verimlerinde azalma görülmüştür.

Özellikle bölgesel özellik taşıyan, endemik ve dar yayılış alanına sahip olan türler, artan sıcaklık ve azalan yağışa bağlı olarak, daha fazla risk altına girebilir veya tamamen ortadan kalkabilir. Özellikle dağlık ve yüksek alan bitkilerin uygun göç alanı bulamaması iklim değişikliği baskısını artırır. Yaklaşık 12 bin bitki çeşidinin yetiştiği ülkemizde 3000’den fazla endemik tür bulunmakta ve bunun bir kısmı dar yayılış alanına sahiptir. Göller bölgesi 900 endemik tür içermekte, bunun 48’i yok olma tehdidi altındadır. Ülkemizde potansiyel risk altında olan bir diğer bitki grubu ise geofit denilen soğanlı bitkilerdir. 600 soğanlı bitki türünün 300’e yakını endemik özellik göstermektedir. Kış ve erken ilkbaharda çiçeklenen bu bitkiler ve bu bitkilerin yer aldığı ekolojik zincir, kış yağışlarının azalması ve özellikle kış sıcaklığının artmasından olumsuz etkilenirler (Uzunoglu vd., 2015: 69).

Bununla birlikte, devamlı kuraklıkların egemen olduğu çöl bölgelerinde yer yer su bulunan vahalar hariç, herhangi bir tarım faaliyetinde bulunamaz. Nitekim güney yarımkürede Oğlak Dönencesi boyunca uzanan Namib, Kalahari ve Avustralya çölleri ile Kuzey Yarımkürede yer tutan Nevada, Sahra, Arabistan ve Tar çölleri bu şekildedir. Kuşkusuz bu devamlı kurak bölgelere



Asya ölleri de dahildir. Bu bölgelerde tarımın temel sorunu su yetersizliğidir.

Ilıman kuşağın iç kısımları ile Subtropikal bölgelerde, yağışların yetersizliğinden ziyade tarımsal faaliyetler üzerinde olumsuz etki yaratan temel faktör mevsimlik kuraklıktır. Bu sorun özellikle kuraklığın yaşandığı yaz aylarında sulama yapılarak giderilmeye çalışılmaktadır. Bunun yanında bu bölgelerde görülen epizodik kuraklıklar, yani Subtropikal ve ılıman kuşakların iç kesimlerinde bazı yıllar rastlanan beklenmedik kuraklıklar da tarımsal faaliyetleri olumsuz yönde etkilemektedir.

Dry Farming'in (Kuru Ziraat) yıllık yağış tutarlarının 10-20 inch. veya 325-750 mm olan sahalarda tatbik edilmekte olduğuna işaret etmişlerdir. Bu şekilde yıllık yağış tutarları miktarları ile dry farming sahalarını tayin etmeye imkân yoktur. Bunun yanında yıllık yağış tutarının % 50-60'ının bir iki sağanak ile düşmekte olduğu yerlerdeki veya yağışların kısmi azamisinin sıcak mevsimde düşerek, şiddetli buharlaşmaya mevzu olduğu mıntikalardaki yüksek yağış miktarları düştükleri sahanın kurak olmasına mani olmazlar.

Dry farming sahaları tespit edilirken yalnızca yıllık yağış miktarlarının kullanılması doğru sonuç vermemektedir. Bu sahaların tespitinde sıcaklık ve yağış miktarlarının dikkate alınarak yapılan kuraklık tespiti formülleri daha doğru sonuçlar vermektedir. Buna göre E. Tümertekin tarafından yapılan dry farming sahaları şu şekilde belirlenmiştir. Kuzey Amerika'nın batısı, Güney Amerika'da batı Brezilya ve Arjantin, Kuzey Afrika, Sudan, Güney Afrika, Akdeniz bölgesi, Rusya stepleri, Hindistan'daki Dekan ve diğer kurak sahalarda, Kuzey Çin, Avustralya'daki sahil sıra dağları içinde hayvancılık yapılan kurak steplere geçmeden evvelki kısım, yani başlıca buğday sahaları (Tümertekin, 1957).

Yüksek sıcaklıkların uzun süreli olması, şiddetli fırtınaların ve yağışların sık sık olması örtü altında üretimi yapılan süs bitkileri yetiştiriciliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bilindiği gibi, Örtü altı yetiştiriciliği, alçak plastik tüneller ve seralarda gerçekleştirilen tarımsal üretimi kapsar. Bu tarımsal faaliyet ile coğrafi çevrenin bazı etmenleri arasında doğrudan etkileşim bulunmaktadır. Bunların başında iklim elemanları ile beşeri çevre koşulları gelir. Bu koşulları bir arada bulunduran coğrafi mekânlar gerek Dünya ve gerekse ülkemizde oldukça sınırlıdır (Uzunoğlu vd., 2015: 70).

Tarım ürünleri iklim değişikliğine karşı son derece hassastır. Aşırı kuraklık veya ani seller, mahsulü hem miktar hem de kalite açısından olumsuz

etkilemektedir. Daha yüksek sıcaklıklar sonucunda, yabancı ot ve haşere çoğalması yaşanmakta olup bu çoğalmalar mahsulün verimini azaltmakta ve aynı zamanda da kalitesini bozmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin en önemli etkisi kuraklık ve canlı habitatı ile birlikte ürün kalitesine etki etmekte ve bununla birlikte pazar değerini de düşürmektedir.

Kurak koşullarda bitki büyümesi önemli ölçüde etkilenir. Büyümedeki bu değişim su sıkıntısının yaşandığı süreye bağlıdır. Kurak koşulların olduğu ilk dönemlerde, bitki daha fazla suya ulaşabilmek için gövde uzamasını yavaşlatıp kök gelişimini tetikler. Buna karşın, kuraklık bitkide hasara yol açabilecek kadar uzun sürmesi durumunda hem gövde hem de kök gelişimi durur, yaprak alanı ve yaprak sayısı azalır ve hatta bazı yapraklar sarararak dökülür. Bitki büyümesindeki azalma, sürgün ve kök meristemlerindeki hücre bölünmesinin ve hücrelerin genişlemesinin durmasına bağlı olarak gelişmektedir. Hücre bölünmesinin veya genişlemesinin durması ise su noksanlığı nedeniyle fotosentez oranının düşmesi ile doğrudan ilişkilidir (Anjum vd., 2011). Kuraklığın ilk etkisi fide çimlenme dönemlerinde görülmektedir. Kuraklık stresinin fide çimlenmesini ve gelişimin önemli derecede azalttığı görülmüştür (Kaya vd., 2006). Bunun yanı sıra pirinçte vejetatif evredeki kuraklık stresi bitki gelişimin büyük ölçüde azaltmış ve geriletmiştir (Manikavelu vd., 2006). Farklı kavun genotiplerinde yapılan kuraklık denemesinde yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığında, kök ve yaş kuru ağırlıklarında farklı oranlarda olsada bir azalmanın olduğu bildirilmiştir (Kuşvuran vd., 2011).

Tarım sektörü iklim değişikliğinin kaynağı olmasının yanı sıra, aynı zamanda iklim değişikliğinden en fazla etkilenen sektörlerden de birisidir. İklim değişikliğinin tarımsal faaliyetler üzerindeki etkileri üretim ve beslenme ilişkisi nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir. Genel olarak bütün tarım mahsullerinin büyümesi için toprak, su, güneş ışığı ve sıcaklık ihtiyacı vardır. İklim, sayılan bileşenlerin hepsine etki eden dinamik bir bileşendir. Bu nedenle tarım sektörü için yarattığı risk, içerdiği bilinmezlikler yüzünden çok yüksek seviyededir. Geleceğe dair yapılan tahminler doğrultusunda hem küresel ortalama sıcaklık hem de yağış dahil olmak üzere tüm meteorolojik parametrelerin değişikliğe uğraması, dünyadaki tarımsal üretimin türünü ve yerini bugünden etkilemeye başlamıştır.

Kuraklık vakası tarımsal üretimde ve tarımsal üretim sonrası bu ürünlerin

katma değerli ürünlere dönüşmesinde de önemli bir engel olmayı sürdürecektir. Tarımsal üretimde su kullanımı çok yoğun olmakla beraber tarımsal ürünlere katma değer kazandırmak için de yapılan işlemlerde çok daha fazla su kullanılmaktadır. Bitkisel üretim esnasında 1 kg buğday üretebilmek için 1.800 litre, aynı miktarda soya için 2.100 litre, mısır için 1.220 litre, çeltik için ise 2.500 litre su kullanılmaktadır. Yine tarımsal ürünlerin endüstriyel işlem görmeleri halinde de 1 kg buğday ekmeği için 1.600 litre, bir bardak bira için 74 litre, 1 kg patates cipsi için 1 ton, 1 kg pancar şekeri için 920 litre, bir bardak çay için 30 litre, bir fincan kahve için 130 litre, 1 kg domates salçası için 710 litre kaliteli suya gereksinim duyulmaktadır. Tarımsal üretim sonucu elde edilen pamuk da tekstil sektörünün ana ham maddesi olup işlenmesi ve yeni ürünler elde edilmesinde çok yüksek miktarlarda su tüketilmektedir. Örneğin 1 kg pamuklu kumaş için 10 ton, hafif bir pamuklu tişört üretiminde 2.5 ton su kullanılmaktadır. İşlenmiş meyveler için de durum farklı değildir. Meyve suyu üretiminde, şarap üretiminde vb. tonlarca temiz suya gereksinim bulunmaktadır (Okur vd., 2022: 16-17).

Küresel ısınmanın tarım üzerine etkileri, aşırı sıcaklar nedeniyle kurak bölgelerde verim düşüklüğü şeklinde olmaktadır. Sulu tarım yapılan bölgelerde ise bitkilerin sıcaklık stresine girmelerine neden olmakta ve yeterli sulama yapılsa dahi verimlerinde düşmeye neden olmaktadır. Sulu tarım yapılan bölgelerde, aşırı sıcaklık nedeniyle sulama sayısı artmakta, bu durum da doğal olarak yeraltı ve yerüstü sularının aşırı tüketilmesine sebep olmaktadır (Erem Kaya & Atsan, 2008).

Tarımsal üretimi doğrudan ve dolaylı şekilde etkileyen tarımsal kuraklık sonuçta verimliliğin azalmasına neden olmaktadır. Tarımsal kuraklık dışında verimliliği etkileyen diğer parametreler arasında mevsimlik olarak görülen kuraklıklar, buharlaşmanın maksimum seviyede olduğu yaz aylarında sulama suyu yetersizliği ve beklenmedik dönemsel kuraklıklar yer almaktadır. Bu parametrelerin tarım üzerindeki etkilerinin şiddetinin farklı olmasının yanında tarım üzerindeki tahribatının iyileştirilmesi sürelerinde farklılık gösterebilmektedir. Kuraklığın tarım sektörü üzerine etkilerini doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki temel başlık altında inceleyebiliriz (TTKMSEP; 2022: 32).

Doğrudan etkilerini genel olarak dört başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar;

**a. Su kaynaklarında azalma:** Ulusal su paydaşları içerisinde en çok su talebi yaklaşık %76'lık oran ile tarım sektörüne aittir. Yağış miktarında azalma en çok tarımı etkilemekte ve tarımda sulama suyu yetersizliklerine neden olmaktadır. Yağış yetersizliği nedeniyle su rezervlerinin azalması tarımsal üretim için ihtiyaç duyulan su talebinin karşılanabilmesi amacıyla yeraltı sularına yönelim artmaktadır. Bu nedenle aşırı su çekilmesi sonucu yeraltı su seviyeleri Konya Kapalı Havzası başta olmak üzere 300 m derinliğe kadar inmektedir. Ayrıca çok derinden çekilen suların kalitesi de genellikle normal değerler altında kalmaktadır (TTKMSEP; 2022: 32).

**b. Kuru tarım alanlarında bitkilerin gelişme dönemlerinde yağışın yetersiz olması ve önemli verim kaybı:** Yağış yetersizliği nedeniyle en çok yağışa bağlı kuru tarım arazilerinin etkilenmesi söz konusudur. Türkiye'nin sahip olduğu yaklaşık 24 milyon hektar ekilebilir arazinin 18,5 milyon hektarlık bölümünde kuru tarım yapıldığı dikkate alınır, kuraklığın ulusal tarımsal üretime etkisinin ne kadar önemli olacağı görülmektedir. Stratejik bir ürün olan ve üretimin beşte dördü kuru tarım alanlarında yetiştirilen buğday bitkisi için mutlak suya ihtiyaç duyduğu dönemler sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemleri olduğu bilinmektedir. Bu dönemlerde yağışların yetersiz olması verim ve rekolte düşüklüğüne neden olmaktadır (TTKMSEP; 2022: 32).

**c. Bitkilerde kuraklık stresi:** Artan sıcaklık ve atmosferde azalan nem ile bitkilerde su stresinin oluşması, büyümede yavaşlama veya ileri durumlarda kurumalara neden olmaktadır. Kuraklık bitkilerde mekanik, metabolik ve oksidatif etkiler sonucunda ortaya çıkan stres koşulları önemli hasarlar oluşturmaktadır. Özellikle kuru rüzgarların buharlaşmayı hızlandırdığı bilinmektedir. Havadaki nem oranının düşmesine bağlı olarak topraktan suyun buharlaşması (evaporasyon) ve bitkilerden kaynaklanan fizyolojik buharlaşma (transpirasyon) artar. Bu durumda bitki hücresinin turgoru azalır yapraklarda aşırı su kaybına bağlı olarak pörsüme ve ileri aşamada kurumalar meydana gelebilir (TTKMSEP; 2022: 32).

**d. Toprakta nem kaybı:** Normal koşullarda toprağın boşluklarında ortalama %25 oranında sıvı (sıvı faz) oluşması gerekmektedir. Toprak sıvısı bitkilerin gerek duyduğu besin elementlerinin alımı için mutlak gereklidir. Ayrıca toprak içi biyolojik canlılığının devam edebilmesi için de minimum nem içeriğinin toprak içerisinde bulunması gerekmektedir. Toprak biyolojisi; toprak oluşumu, bitki besin maddelerinin açığa çıkması ve bitkilerin alabileceği forma dönüşmesinde temel rol oynamaktadır (TTKMSEP; 2022: 32).

Kuraklığın tarım sektörü üzerinde yarattığı dolaylı etkiler kısa sürede gözle görülür olmasa da etkileri uzun süre devam edebilecek özellikler taşımaktadır. Bu etkiler; yeterli suya ulaşamama, sulama suyu kalitesinin bozulması, topraklarda tuzlanma (çoraklaşma), toprak organik maddesinde azalmalar, toprak strüktüründe bozulmalar, ürün deseninde zorunlu değişiklikler ve kırsaldan üretici kaybının (göç) hızlanması şeklinde özetlenebilir.

### **3.1.1.2. Kuraklığın Hayvancılık Üzerine Etkileri**

Kuraklık olayı tarımın diğer kolları üzerine de etkilidir. Örneğin hayvansal üretim üzerine de olumsuz etkileri olacaktır. Yine aşırı sıcaklık çayır mera alanlarının ve yem bitkileri üretiminin de azalmasına sebep olmakta ve gelecekte de olacaktır. Hayvansal üretim yapan işletme sahiplerinin girdileri doğal olarak artmaya başlayacağı için üretim maliyetleri artacak bu da sonuçta tüketiciye yüksek maliyet olarak yansımaktadır. Bütün bunların yanında sıcaklıkların artması hayvanları strese sokmakta ve bu durum da et, süt ve döl verimlerini düşürmektedir. İklim değişikliği, sanayisi tarıma dayalı olan ve hammaddelerini tarım sektöründen sağlayan ülkelerin ekonomilerini olumsuz etkileyecektir. Tarımsal üretimde meydana gelen ürün kayıpları bu ülkelerde hammadde tedarikini zorlaştıracak ve hammadde maliyetini artıracaktır. İşlenen ürüne yansıyan bu maliyet artışı sonuçta tüketicinin bu ürünü almasını zorlaştıracaktır (Okur vd., 2022: 20).

Son yıllarda küresel ısınma etkileri ile iklimsel değişiklikler meydana gelmekte, bu durum tüm canlıları etkilemektedir. Canlılarda çevre koşullarına uyum sağlamada ve metabolik dengelerini sağlamada tiroit hormonlarının değişimi rol oynamaktadır. Keçilerde çevre sıcaklığı arttıkça T3 ve T4 hormon seviyelerinin düşük çıkması metabolizmanın yavaşlatılıp, enerji üretiminin

azaltıldığıının göstergesidir (Koluman Dracan vd., 2013).

Kuraklığın hayvancılık üzerine etkileri; hayvanda ısı stresi, yem alımı ve normal fizyolojik sürecin etkilenmesi, davranışsal metabolik değişiklikler, hayvanların büyüme-üreme performansının etkilenmesi gibi doğrudan etkiler ve yem miktarı-kalitesinin düşmesi, meraların kullanılabilirliğinin azalması, hayvanlarda paraziter enfeksiyonların artışı, duyarlı hayvanlarda ekonomik kayıp gibi dolaylı etkiler olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Bunun yanı sıra, vahşi yaşamda azalan su ve yem kaynakları, yaban hayatta hastalık ve göç artışına yol açmakla birlikte bazı türlerinde yok olmakla tehdit etmektedir.

Küçükbaş hayvanlar önemli bir et, süt, deri ve lif kaynağıdır ve bu sektör dünya çapında önemlidir (Berihulay vd., 2019). Koyun ve keçiler toplamda 1.263.136 644 baş koyun ve 1.128.106.236 baş keçi ile dünyadaki ruminant hayvanların %57,4'ünü temsil etmektedir (FAO, 2022). Diğer ruminant hayvanlarla karşılaştırıldığında koyun ve keçiler küresel düzeyde farklı coğrafi bölgelerdeki varlıklarından da anlaşılacağı gibi çevresel stres faktörlerine daha iyi uyum sağlama yeteneğine sahiptirler (Demir vd., 2022).

Hayvancılıkta verimli, kaliteli ve ekonomik bir üretimin sağlanması için besleme değeri yüksek yemlerin üretimi temel koşullardan biridir. Yemler, üretimden hayvanlara yedirildikleri ana kadar geçen süre içerisinde besleme değerlerini etkileyen çeşitli faktörlerin etkisi altındadırlar. Bu faktörler arasında yer alan kuraklık, kaba/kesif yem kaynaklarının üretildiği araziler, otlak alanları ile çayır ve meralarda bulunan bitki türlerini ve verimlerini olumsuz yönde etkilemektedir.

Hayvancılık da tarımsal üretim içinde değerlendirilen ve yoğun su tüketen bir sektördür. Bir kg piliç eti üretimi için 4.330 litre, 1 kg sığır eti için 15.400 litre, 1 kg yumurta için 200 litre, 1 kg çikolata için 17.000 litre, 1 kg büyükbaş hayvan derisi için 17.000 litre su gerekmektedir. Ülkemiz gerçekten çok yakın bir gelecekte su kıtlığı sorununu ziyadesiyle yaşamaya başlayacaktır. Bu nedenle çok geç olmadan radikal bazı önlemlerin alınması zorunludur. Kaldı ki yeraltı ve yüzey sularımızın her geçen sene daha fazla kirlendiğini ve kaliteli su kaynaklarının hızla azaldığını düşündüğümüzde bu konunun ne kadar acil olduğu anlaşılacaktır (Okur vd., 2022: 17).

Kurak ve yarı kurak bölgelerin ırkları yerel iklim koşullarına ve çok sert iklim faktörlerine iyi adapte olmuşlardır. Bu bölgelerin yerli hayvanları, stresle yüzleşmek için fizyolojik, nöroendokrin, biyokimyasal, hücresel ve moleküler

süreci değiştirmek için kendi adaptif mekanizmalarına sahiptir, yine de, yüksek sıcaklık, düşük yem ve su kıtlığı nedeniyle stresli koşullara dayanmaları gerekir. Tüm bu kısıtlamalar, koyun ve keçi üretiminde sıcaklık stresine, beslenme stresine, su stresine, yürüme stresine ve bunların kombinasyonlarına maruz bırakılmaktadır. Koyun ve keçi üretimini doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen tüm stres faktörleri sonuçta hayvanlarda performansın tehlikeye girmesine, verimliliğin düşmesine ve mortalitenin artmasına neden olmakta ve bağışıklık sistemini etkilemektedir. Değişen iklim senaryosunda optimum üretim elde etmek için çevre koşullarına ve mevcut kaynaklara göre bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç vardır (Naqvi, 2017).

Kuraklık, yem bitkilerinin ve çayır otlarının erken olgunlaşmasına, böylece besin madde yoğunluklarının, özellikle de minerel madde miktarlarının azalmasına ve hayvanların ihtiyaçlarının yeterince karşılanamamasına, dolayısıyla hayvan sağığı üzerine de olumsuz etkide bulunabilmektedir. Diğer taraftan pek çok yem bitkisinin bünyesinde bulunan antibesinsel faktörlerin, kuraklık koşullarında bitkideki miktarları yükselerek hayvanlar üzerinde toksik etki yapmaktadır. Benzer şekilde birçok yem bitkisinde kronik zehirlenmelere neden olan nitrat birikimi, istenmeyen yabancı ve zehirli otların yem kaynağı alanlarında çoğalması ve bu alanların kalitesini düşürmesi de kaçınılmaz olmaktadır. Bu durum, özellikle ruminant hayvanların beslenmesinde önemli olan kaba yemlerin üretimini daha fazla etkilemekte olduğundan, kaliteli ve besin maddece zengin silaj yemlerin kullanılması iyi bir alternatif olarak göze çarpmakla birlikte kurağa dayanıklı bitki türlerinin yetiştirilmesi, toprak nemini koruyan sulama tekniklerinin kullanılması, kaba yem ve tane yemlerin üretiminin artması yönünde önem arz etmektedir.

Kuraklık olayı ürün kayıplarına neden olacağı gibi üretim miktarı da düşeceğinden ürün fiyatlarının da yükselmesi doğal sonuçtur. Bunun sonucunda tüketiciler bu işten zarar göreceğı gibi ihracat yapan üreticiler de daha az ve daha kalitesiz ürünleri pazara sunacakları için ekonomik olarak da kayıplara uğrayacaklardır.

Nüfusa bağılı olarak artan gıda ihtiyacı ile iklim değişikliğı nedeniyle azalması beklenen su potansiyeli olmak üzere iki büyük sorunla karşı karşıyadır. Gerek dünya nüfusunun artışı ve gerekse gıdaya olan talebin çoğalması tarımsal üretimde suya olan gereksinimi de artırmaktadır. Azalan su kaynaklarını dikkate aldığımızda bu durum global gıda krizini de gündeme

taşımaktadır (Çakmak & Aküzüm, 2009).

Kuraklığın etkisiyle mevcut yem ve su kaynaklarında değişiklikler koyun ve keçilerde yetersiz beslenmeye neden olabilmektedir. Koyun ve keçi yetiştiriciliği genellikle yarı göçer olarak yapılmaktadır. Kıyı kesimlerde hava sıcaklığının artmaya başladığı dönemlerde yaylalara göç edilmektedir. Deniz seviyesinden yüksek rakımlı yaylalara göç hayvanlarda hipoksiyaya neden olabilmektedir. İklim değişikliğinin etkisinde artan sıcaklık, ani hava değişimi ve yükselti etkisi gebelik süresince embriyo/fötal kayıplar, uterus içi büyümenin sınırlanması ve doğum ağırlığında azalma gibi etkilere sebep olmaktadır (Jensen & Moore, 1997).

Otlakların (ovalar, çayırlar, bozkırlar ve çalılar) dünya kara yüzeyinin %45'ini kapladığı (Antartika hariç) ve hayvansal üretim için ihtiyaç duyulan yemin %17'sini sağladığı tahmin edilmektedir (Reid vd., 2008). Meraların üretkenliği başta yağış ve sıcaklık olmak üzere iklime bağlıdır. Yağış miktarı ve rejimindeki değişim mera verimi ve bozulma süreçleri üzerinde önemli etkiye sahiptir (Ellis & Swift, 1988) ve yıllık üretkenliği sınırlayarak otlatma kapasitesinin azalmasına yol açar (Le Houérou vd., 1988). Meraların birçok biyolojik, fizyolojik ve fiziksel işlevi olmakla birlikte (Çomaklı vd., 2012), ekonomik açıdan en önemli işlevleri kaba yem kaynağı olmalarıdır. Hayvancılığın temel girdisi olan kaba yemlerin en ucuz temin edildiği kaynak meralardır. Kaliteli bir mera, hayvan kaynaklı metan salınımını da azaltıcı etkiye sahiptir. Yem kalitesinde düşüş, tüketilen brüt enerji birimi başına metan emisyonlarını artırabilir (Benchaar vd., 2001). Dolayısıyla, meraların verimliliği ve kalitesinde yaşanılacak değişim veya olumsuzlukların kısa, orta ve uzun vadede hayvancılık sektörü, dolayısıyla ekonomik ve sürdürülebilir hayvansal gıda arzı açısından net sonuçları olabilir. Hayvancılık küresel proteinin %33'ünü ve tüketilen küresel kalorinin %17'sini sağlar (Thornton, 2010).

Kuraklığın bitki örtüsü üzerine olan olumsuz etkisi, durumu kötü olan meralarda iyi olan meralara göre daha şiddetli olabilmekte, yağışın düşük olduğu kurak dönem boyunca mera bitkileri fizyolojik ihtiyaçlarını karşılayamamaktadırlar. Bu durum mera alanlarında verimin hızlı bir şekilde düşmesine sebep olmaktadır. Ayrıca kurak periyod öncesi yoğun otlatma uygulamasının bitki örtüsünün besin maddesi rezervini olumsuz yönde etkilemesi durumunda bitkiler fizyolojik strese girmekte, kuraklık boyutunun artması ile meranın taşıma kapasitesi azalış göstermektedir



(Thurow vd., 1999). Yine mera vejetasyonlarında meydana gelebilecek önemli bozulmalar yüzeyin yansıtılabilirliğini değiştirmekte ve bu da bulut oluşumunu ve yağışın azalması sonucunu ortaya çıkarabilmektedir (Charney vd., 1975).

Meraya dayalı hayvancılık faaliyetlerinin iklim değişikliklerinden endüstriyel hayvancılık sistemlerine göre daha fazla etkilenmesi beklenmektedir. Çünkü küresel ısınmalardan kaynaklı solar radyasyon, yüksek sıcaklık, düşük yağış ve kuraklık merayı ve bitkileri doğrudan etkilemektedir. Meraya dayalı hayvancılık ağırlıklı olarak gelişmekte olan ülkelerde tercih edilen sistem olup, bu ülkelerde küresel ısınmaya bağlı hayvansal üretimde %25'lik bir kayıp öngörülmektedir (Koyuncu, 2017; Göktürk & Uysal, 2020).

Uzun dönemlere ait ortalama yağış değerlerine göre, daha düşük yağışın gerçekleşmesi durumu olan kuraklık sonucu ortaya çıkan su kıskıtlığı, insan, hayvan ve vejetasyonlar üzerine olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Kuraklığa bağlı olarak bitkisel üretimdeki azalmanın yanısıra mera vejetasyonunun tür kompozisyonu, kaplılık derecesi (Snyman & Fouche 1993; Moldenhauer, 1998) ve yem kalitesi de olumsuz yönde etkilenmektedir (Peterson vd., 1992). Yine toprak mikroorganizma faaliyetleri ile diğer toprak özelliklerinin düzenli bir şekilde devam etmesi açısından toprakta yeterli düzeyde nem bulunması gerekmekte olup, kuraklığın şiddetli ve uzun süre devam etmesi durumunda toprak özellikleri de olumsuz yönde etkilenecektir. Diğer yandan yağış, mera alanlarında verim üzerine doğrudan etkide bulunmasının yanı sıra, meraya dayalı tarımsal faaliyetlerin yerine getirilmesi üzerine de etkide bulunmaktadır. Yağışın düşük olduğu dönemlerde meralarda bitkisel üretim azalmakta (Holechek vd., 2004: 607) ve yağışsız günlerde yüksek havasıcaklığının etkisiyle hayvanlar mera alanında sağlıklı bir şekilde otlayamamaktadırlar (Tuvaansuren and Bayarbaatar 2003). Ayrıca iklimde meydana gelen değişiklikler, hayvan sağlığı üzerine de olumsuz etkilerde bulunabilmektedir (Batima vd., 2006).

Tarım alanlarını ciddi oranda etkilenen kuraklık toprak varlığını etkilediği kadar toprakla uğraşan üreticiyi de olumsuz yönden etkilemektedir. Bu durum en fazla aktif olarak tarımla uğraşan ülkeleri etkilemektedir. Dünyada yaşanan kuraklıklarla başa çıkabilmek adına yerel, bölgesel ve ulusal ölçekte önlemlerin ve politikaların geliştirilmesi söz konusu olmuştur. Bu önlemler ve politikalar arasında geleneksel tarım uygulamalarının terk edilmesi, tarımsal üretimde modern metotların kullanılması, değişen iklim koşullarına göre ürün deseninin

değiştirilmesi, ekili dikili tarım alanlarının genişletilmesi, sulanan tekniklerinin modern teknolojilere göre yenilenmesi, yerel bazda tarım topraklarının kabiliyetlerinin doğru tespit edilmesi, üreticilere teşvik ve destek programlarının sunulması, üreticilere gerekli eğitimlerin verilmesi yer almaktadır (Türkeş, 2012; Kapluhan, 2013).

### **3.2. Kuraklığın Çevresel Etkileri**

Kuraklığın kentsel ve çevresel yaşamı etkileyen hem doğrudan hem de dolaylı sonuçları bulunmaktadır. Kuraklığın doğrudan sonuçları ya da ilk etkileri çoğunlukla fiziksel ve/veya maddi kayıplardır. Bu kayıplar tarımsal üretimin düşmesi, yangın riskinin artması, su düzeylerinin azalması, hayvan ve yabanıl türlerin ölüm oranlarının artması, yabanıl türlerin ve balıkların yaşam ortamlarının zarar görmesi olarak sıralanabilir. Doğrudan sonuçlar ekonomik ve sosyal açıdan çarpan etkilere sahip olduğundan, aynı zamanda dolaylı sonuçlar olarak da kabul edilir. Bu dolaylı sonuçlar çiftçiler ve tarım sektörü ile ilintili işlerle uğraşanlar için azalan gelir, gıda ve orman ürünlerinde artan fiyatlar, işsizlik, düşen satın alma kapasitesi ve tüketim talebi, tarımsal borçlar/kredilerin geri ödenememesi, kırsal huzursuzluk ve tarımsal işçilikte düşme olarak karşımıza çıkmaktadır. Neden-sonuç ilişkisinden uzaklaştıkça, nedenlerle olan bağlantı daha karmaşıklaşmaktadır. Bu çarpan etkiler o kadar sık karıştırılır ki, kuraklık nedeniyle oluşan güncel kayıpların finansal kestirimlerini bulmak o denli zorlaşır (MoA, 2009: 33). Sonuç olarak kuraklık hem kırsal ve kentsel yaşamı hem de çevreyi olumsuz etkilemektedir.

### **3.3. Kuraklığın Sosyal Etkileri**

Suyun farklı toplumlarda nasıl algılandığının, değerlendirildiğinin ve yönetildiğinin temelinde kültürel ve sosyal yapılar yer almaktadır. Birçok kültürde ve inanç sisteminde su, kültürel mirasa, dini ve manevi uygulamalara güçlü bir şekilde bağlıdır. Bunlar, kuraklığın nedenlerine ve çözümlerine ilişkin sosyal bir anlayışa bilgi verebilir ve toplulukları kuraklıkla başa çıkmada destekleyebilir. Ayrıca kuraklık etkileri; cinsiyet, etnik grup, din, olasılık stratejileri, diğer toplumsal rollere ve kırılğanlıklara bağlı olarak ciddiye açısından farklılık gösterebilir.

Sosyal etkiler kamu düzeni ve güvenliği, halk sağlığı, su tüketicileri/kullanıcıları arasındaki çekişmeler, düşen yaşam kalitesi ve kuraklığın etkilerini azaltmak amacıyla yapılan yardımların

dağılımı/dağıtımındaki eşitsizlikleri içermektedir. Ekonomik ve çevresel olarak tanımlanan etkilerin çoğu aynı zamanda sosyal yaşamı da etkilemektedir. Nüfus göçü birçok ülkede önemli bir sorundur ve bu sorun kuraklık nedeniyle katlanarak artar. Göç çoğunlukla sorunlu yerlerden kentlere ya da kuraklıktan etkilenen bölgelerin dışına, hatta diğer ülkelere doğrudur. Kuraklık atlatıldığında, göçmenler ender olarak evlerine dönerler ve böylece kırsal alanlar değerli insan kaynaklarından mahrum kaldığı gibi göç edenler, artan yoksulluk ve sosyal huzursuzluk nedenleriyle kentsel alanların sosyal altyapısı üzerinde baskı oluştururlar

Bir yörede, bir bölgede veya bir ülkede görülen kuraklık sadece orada yaşayanlar için değil, gelişmiş ve gelişmekte olan bütün ülkeler, dolayısıyla dünyadaki bütün insanlar için önemli sorunlar doğuran bir tehlikedir. Çünkü bir yerde, iklim dalgalanmalarına bağlı olarak görülen kuraklık, mutlaka diğer ülkelerde de bir iklim anomalisinin yaşanmasına neden olmaktadır (Willeke vd., 1994).

Taşkınlarla kıyaslandığında tehlike bakımından kuraklığın daha az zarara sahip olduğu algılsa da taşkınların ani yıkımlarına karşılık kuraklığın yavaş yavaş ilerlediği sosyo-ekonomik etkilerini uzun sürede göstermeye başladığı unutulmamalıdır.

Kuraklığın çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri arasındaki ilişki ve etkileşimler Şekil 1'de gösterilmiştir. Tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklık meteorolojik kuraklıktan daha az meydana gelir, çünkü bu sektörlerdeki etkiler yerüstü ve yeraltı su varlığı ile ilişkilidir. Yağış azlığı ekinlerde, otlak ve meralarda gerilime yol açan topraktaki nem yetersizliği başlamadan önce genellikle birkaç hafta alır. Bir seferde birkaç ay devam eden kuru koşullar akarsu akışında azalmalara, rezervuar ve göl/gölet düzeyinde düşmelere, potansiyel olarak da yeraltı sularında çekilmelere neden olur.

Kuraklık, insan sağlığı üzerinde önemli etkilere neden olabilir. Bu nedenle kuraklığın meydana geldiği sosyo-ekonomik ortam, kuraklıktan etkilenen nüfusun direncini etkiler. Yoksul veya marjinalleşmiş topluluklarda kuraklık, mevcut sağlık eşitsizliklerini daha fazla kötüleştirebilir. Nitekim kuraklığın gıda üretim sistemleri ve tarımsal değer zincirleri üzerindeki etkileri beslenme yetersizliklerine katkıda bulunabilir. Kuraklık aynı zamanda sanitasyon ile hijyen kapsamındaki ve güvenilirliğindeki boşlukları daha fazla kötüleştirebilir. Bu durum kadınları ve kızları ev su tedarikinden sorumlu

olduklarında orantısız bir şekilde etkileyebilir.

İklim değişikliğinin diğer dolaylı etkileri arasında yer alan su kaynaklarında azalma ve kıyı ekosistemindeki bozukluklar sonucu ortaya çıkan bulaşıcı hastalıklar ise kontamine olmuş içme sularının içilmesi, kullanımı ve bu sularla temas etmiş yiyeceklerin yenilmesi ile insana bulaşabilir. Sıcaklıktaki değişimler, yağışların artması ve sel gibi doğal olaylar su kaynaklı enfeksiyonların yayılmasını arttırmırlar. Tatlı su kaynaklarının azalması veya deniz seviyesinin yükselmesine bağlı olarak tuzlu suyla karışması, tatlı suya ulaşımı engelleyerek kötü hijyen koşullarına neden olmaktadır. Su kalitesinin de bozulması kolera, tifo, paratifo ve çocukluk çağı diyaresi gibi hastalıkların insidansını ve bunlara bağlı ortaya çıkan ölümlerin görülme oranlarını artırmaktadır (Erdoğan, Zeydan, & Sert, 2008: 72).

Etkilediği bir başka konu ise sosyal yaşamdır. Kuraklığın sosyal etkileri genellikle su ihtiyacını karşılamak isteyenler arasında çıkan anlaşmazlıklar, halk sağlığı ve güvenliği konusunda meydana gelen endişeler ve hayat kalitesinde azalmadır. Kurak periyotlar süresince insanlar daha nemli ve ıslak alanlara ulaşmak için yer değiştirirler. Bu yüzden o bölge ya da havzadaki popülasyon azalır ve finansal konuda yetersizlikler oluşur. Örnek verecek olursak, Brezilya'da 1950 ve 1980 yılları arasında görülen kuraklık nedeniyle 5.5 milyon insan göç etmiştir. Bu o dönem için Brezilya'nın maddi yönden gelişmesini engellemiştir. Özellikle 2011 yılında Kenya ve Somali'de görülen olağan üstü kuraklık sonucu yaklaşık 10 milyon insan susuzluk ve yiyecek kıtlığı çekerek çok zor şartlar altında yaşamışlardır. Binlerce Somalili kuraklıktan kaçmak için göç etmiştir (Topçu, 2013). Kuraklığın ekonomik ve toplumsal boyutları vardır. Toplumun ekonomisi sağlığı ve psikolojisi ve ticareti ile yakından ilgilidir.

## 4. BÖLÜM

### KURAKLIĞIN TÜRKİYE TARIMINA ETKİLERİ

#### 4.1. TARIM VE KURAKLIK

Tarım teknolojisi ileri ülkelerde bile, tarımsal üretimin temel sorunlarından biri de kuraklıktır. Karaların, yaklaşık %16'sının veya 21- 22 milyon km<sup>2</sup> kadarının kurak ve yarı kurak bölgeler olduğu tahmin edilmektedir. Bu gibi bölgelerde yağış azlığı, yağış rejimlerinin düzensizliği ve kaynaklarının kıt olması gibi faktörler tarımın temel sorunları arasında yer almaktadır. Özellikle su azlığı ve yağış yetersizliğinden doğan kuraklık sorununu çözmek ve bu bölgeleri tarıma kazandırmak için ya sulama faaliyetleri geliştirilmeye ya da kuru arım metodu uygulanmaya çalışılmaktadır.

Bununla birlikte, devamlı kuraklıkların egemen olduğu çöl bölgelerinde yer yer su bulunan vahalar hariç, herhangi bir tarım faaliyetinde bulunulamaz. Nitekim güney yarımkürede Oğlak Dönencesi boyunca uzanan Namib, Kalahari ve Avustralya çölleri ile Kuzey Yarımkürede yer tutan Nevada, Sahra, Arabistan ve Tar çölleri bu şekildedir. Kuşkusuz bu devamlı kurak bölgelere Asya Çölleri de dahildir. Bu bölgelerde tarımın temel sorunu su yetersizliğidir.

Ilıman kuşağın iç kısımları ile Subtropikal bölgelerde, yağışların yetersizliğinden ziyade tarımsal faaliyetler üzerinde olumsuz etki yaratan temel faktör mevsimlik kuraklıktır. Bu sorun özellikle kuraklığın yaşandığı yaz aylarında sulama yapılarak giderilmeye çalışılmaktadır. Bunun yanında bu bölgelerde görülen epizodik kuraklıklar, yani Subtropikal ve ılıman kuşakların iç kesimlerinde bazı yıllar rastlanan beklenmedik kuraklıklar da tarımsal faaliyetleri olumsuz yönde etkilemektedir.

Dry Farming'in (Kuru Ziraat) yıllık yağış tutarlarının 10-20 inc. veya 325-750 mm olan sahalarda tatbik edilmekte olduğuna işaret etmişlerdir. Bu şekilde yıllık yağış tutarları miktarları ile dry farming sahalarını tayin etmeye imkân yoktur. Bunun yanında yıllık yağış tutarının %50-60'ının bir iki sağanak ile düşmekte olduğu yerlerdeki veya yağışların kısmi azamisinin sıcak mevsimde düşerek, şiddetli buharlaşmaya mevzu olduğu mıntikalardaki yüksek yağış miktarları düşükleri sahanın kurak olmasına mâni olmazlar.

Dry farming sahaları tespit edilirken yalnızca yıllık yağış miktarlarının

kullanılması doğru sonuç vermemektedir. Bu sahaların tespitinde sıcaklık ve yağış miktarlarının dikkate alınarak yapılan kuraklık tespiti formülleri daha doğru sonuçlar vermektedir. Buna göre E. Tümertekin tarafından yapılan dry farming sahaları şu şekilde belirlenmiştir. Kuzey Amerika'nın batısı, Güney Amerika'da batı Brezilya ve Arjantin, Kuzey Afrika, Sudan, Güney Afrika, Akdeniz bölgesi, Rusya stepleri, Hindistan'daki Dekan ve diğer kurak sahalar, Kuzey Çin, Avustralya'daki sahil sıra dağları içinde hayvancılık yapılan kurak steplere geçmeden evvelki kısım, yani başlıca buğday sahaları (Tümertekin, 1957).

36° N ve 42° N enlemleri arasında eski dünya kara kütlelerinin merkezine yakın bir mevkide bulunan Türkiye'nin güneyinde, Afrika'nın kuzey yarısından başlayarak Mısır, Arabistan, Suriye Çölü, Irak ve İran'dan geçip Orta Asya'ya kadar uzanan geniş bir şerit halinde az yağışlı sıcak bir iklim vardır. **B<sub>1</sub>** tip Köppen'in kuru iklimlerinden Çöl iklimine tekabül eder. Türkiye'nin kuzeyinde ise; her mevsimi yağışlı ılıman bir iklim kuşağı bulunmaktadır. Avrupa'nın batısında tam bir okyanus iklimi karakterinde olan bu tip, doğuya doğru kontinental bir iklim karakterini alır.

Genel olarak bu iklim kuşağı arasında yer alan Türkiye aynı zamanda bir Akdeniz memleketi olması nedeniyle bu iklime has özellikleri de taşımaktadır. Türkiye, batıda ve güneyde Akdeniz iklimi ile güneydoğuda ise, Çöl iklimleriyle sıkı bir temas halindedir.

Genellikle sıcak ve kurak bir iklim tipinin hâkim olduğu memleketimizde bazı özel şartlar memleket iklimi üzerinde bazı özel tesirler meydana getirmektedir. Değişik yükseltide dağ sıraları, değişik yükseltide geniş yaylalar ve dağlar arasındaki depresyonlar, memleket iklimi üzerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır.

Hesap edilen potansiyel buharlaşma değerlerine göre Türkiye'de denizel alanlardan en karasal alanlara kadar 7 farklı sınıf mevcuttur. Tam denizel olarak nitelendirebileceğimiz **a'** sınıfındaki alanlar Türkiye'de bulunmamaktadır. **b'4** sınıfı olarak tanımlanan ve denizel şartlara yakın olan sahalar Türkiye'nin % 0,1'lik kısmını kaplamakta, İskenderun güneyinde, Asi Deltası'nda, Bozcaada'da, Manavgat çevresinde, Akçakoca çevresinde ve Doğu Karadeniz'de Çoruh Vadisinin belli bir kesiminde dağılışı göstermektedir. Yarı denizel b'3sınıfta yer alan sahalar tüm kıyılarımız boyunca uzanmakta ve Türkiye'nin %17,8'ini kaplamaktadır. Bu alanlar, Orta Karadeniz'de

Yeşilirmak ve Kızılırmak vadileri ile bu vadilerinde ve bu vadiler boyunca uzanan depresyonlarda (Kelkit ve Devrez Oluğu, Osmancık, Merzifon, Zile, Tokat) da görülmekte, denizel etki iç bölgelere girmektedir. Marmara Bölgesi'nde Güney Marmara, Çatalca-Kocaeli bölümlerinin hemen hemen tamamını kaplamakta, Yıldız Dağları ve Ergene Havzası'nın batısında yerini hafif denizel koşullara bırakmaktadır. Yarı denizel **b'3** sınıfta yer alan sahalar tüm kıyılarımız boyunca uzanmakta ve Türkiye'nin %17,8'ini kaplamaktadır (Şekil 4.1). Bu alanlar, Orta Karadeniz'de Yeşilirmak ve Kızılırmak vadileri ile bu vadilerinde ve bu vadiler boyunca uzanan depresyonlarda (Kelkit ve Devrez Oluğu, Osmancık, Merzifon, Zile, Tokat) da görülmekte, denizel etki iç bölgelere girmektedir. Marmara Bölgesi'nde Güney Marmara, Çatalca-Kocaeli bölümlerinin hemen hemen tamamını kaplamakta, Yıldız Dağları ve Ergene Havzası'nın batısında yerini hafif denizel koşullara bırakmaktadır (Yılmaz & Çiçek, 2016: 3985).



**Şekil 4.1:** Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'de PE Oranı Sınıfları (Yılmaz & Çiçek, 2016: 3986).

Türkiye'de **PE** oranına göre en geniş alan kaplayan sahalar **b'2** (%48,2) ve **b'1**(%29,8) indisine karşılık gelen ve yarı denizel ile yarı karasal olarak belirtebileceğimiz sahalarından meydana gelmektedir. İç Anadolu Bölgesi'nin yüksek kısımları haricindeki kısımları, Batı Karadeniz'in yüksek kısımları, İç

Ege bölümünün çok büyük bir kısmı, Akdeniz Bölgesi'nde kıyı ve yüksek dağlık kuşak haricindeki tüm alanları yarı denizel (**b'2**) şartlara sahiptir (Şekil 4.1) (Yılmaz & Çiçek, 2016: 3985).

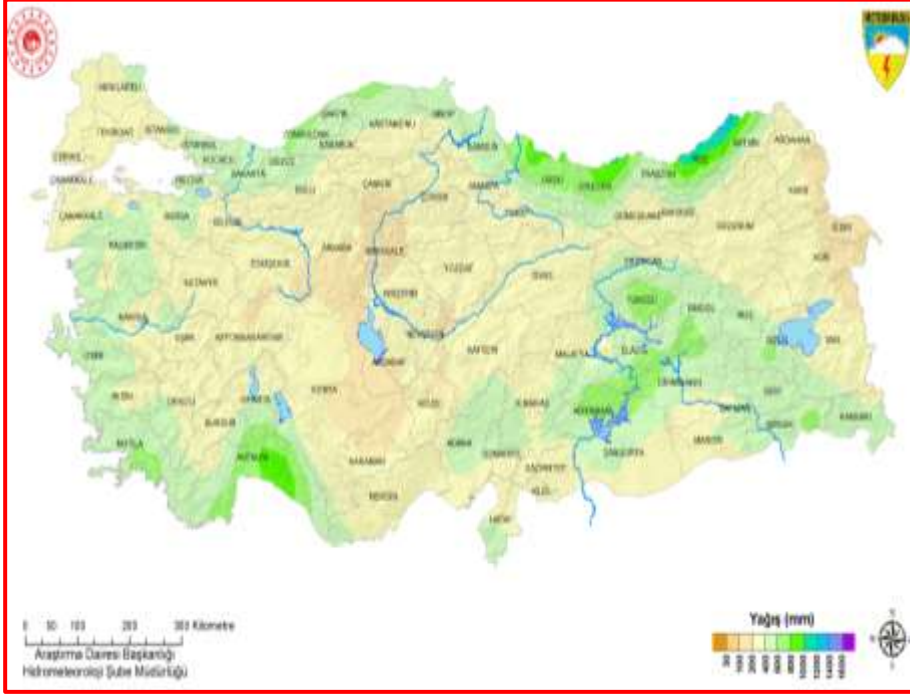
Karasal alanlar içindeki **b'1** hafif karasal sahalar Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin çok yüksek kesimleri haricindeki tüm alanlarını kaplamaktadır. Akdeniz Bölgesi'nde Aladağlar ve Bolkar Dağları, büyük bir kısmını, Geyik Dedegöl Dağlarının ise sınırlı alanlarını kaplayan hafif karasal alanlar, Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Karadeniz Dağlarına kadar genişlemekte, Çoruh Havzası'nın Artvin kuzeyi haricindeki tüm kısımlarında görülmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Kilis çevresi, Doğu Anadolu Bölgesi'nde ise Afşin Elbistan Ovaları hafif denizel şartlara sahip alanlar olarak bölgelerin genel karakterlerinden ayrılmaktadır (Şekil 4.1) (Yılmaz & Çiçek, 2016: 3985).

En şiddetli karasallığı ifade eden **d'** sınıfındaki sahalar Türkiye'nin sadece bir noktasında, Ağrı Dağı zirve kesimlerinde belirlenmiştir. Şiddetli karasal diğer bir sınıf olan **c'1** sınıfındaki sahalar, Ağrı ve Süphan Dağı zirvesinde görülürken, **c'2** sınıfındaki sahalar bu alanları çevrelemekte ve Tendürek Dağı zirvesinde, Aladağlar Zirvesi ve çevresinde, Yalınçam Dağları zirveleri çevresinde, Doğu Karadeniz Dağları zirve hatlarında, Karçal ve Erciyes Dağı zirvesinde belirlenmiştir (Şekil 4.1) (Yılmaz & Çiçek, 2016: 3986).

Yağışa bağlı iklim sınıflandırmalarında genelde kabul edilen esaslara göre, yıllık ortalama yağışı 250 mm'den az olan yerler kurak, 250-500 mm arası olan yerler ise yarı kurak iklime sahip olarak tanımlanmıştır. Türkiye'de İç Anadolu ile Doğu Anadolu'nun önemli bir kısmı yarı kurak iklim alanına girmektedir. Türkiye'de sadece yağışa bağlı olarak ciddi derecede kurak sayılabilecek alanlar yoktur. Bununla beraber İç Anadolu'da Tuz Gölü ve çevresi 300 mm'ye yakın yıllık yağışları ile kurak bölge olma sınırına yakın özellikler gösterirler. Bu arada Aydeniz metoduna göre yapılan ve yağışın yanında sıcaklık, nispi nem ve güneşlenme süresi gibi diğer faktörlerin dikkate alındığı çalışmaya göre ise Türkiye'de kuraklıktan etkilenen alanların sınırlarının genişlediği görülmüştür. Buna göre, İç Anadolu'nun tamamı, Doğu Akdeniz, Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin bir kısmı kurak özelliğe sahip olup, yer yer çöl ve çok kurak özellik gösterirler.



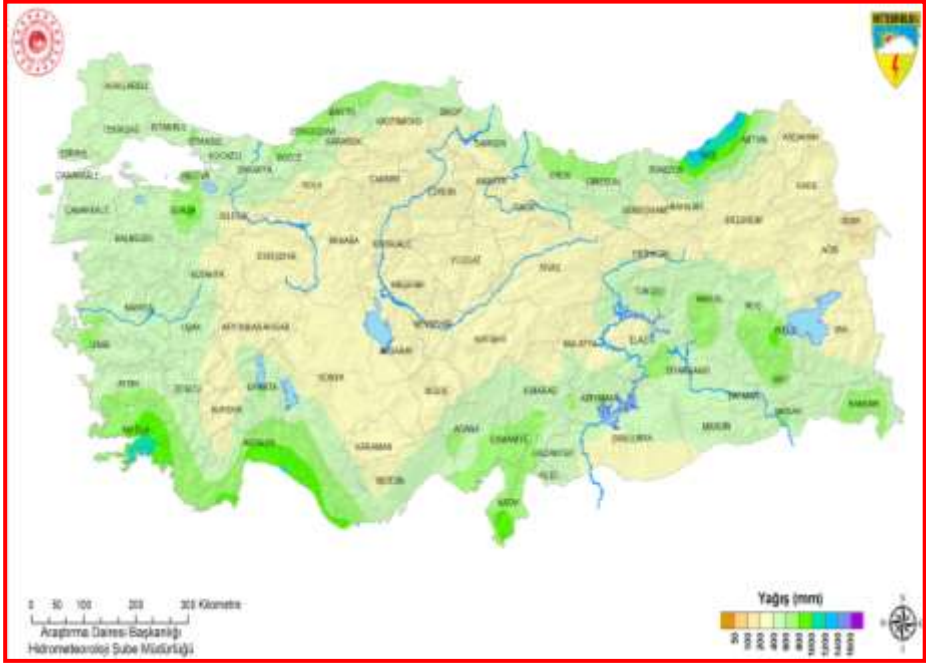
Ülkemizin 2022 yılı alansal yağışı 503.8 mm olarak gerçekleşti. Türkiye geneli yıllık ortalama alansal yağış miktarı 573.4 mm'dir (1991-2020). Yağışlarda normaline göre %12,1 geçen yıl yağışlarına göre % 4.0 azalma meydana gelmiştir.



**Şekil 4.2:** Su Yılı Alansal Yağış Haritası (1 Ekim 2022- 30 Nisan 2023) (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k>, 2023)

1 Ekim 2022-30 Nisan 2023 dönemini kapsayan 2023 su yılı yağışları normalinin (Şekil 4.2) ve geçen yıl yağışlarının altında gerçekleşti. Türkiye geneli su yılı yağışı 374.1 mm, normali (1991-2020) (Şekil 4.3) 431.7 mm ve geçen yıl aynı dönem su yılı yağışı 408.9 mm'dir. Yağışlarda normaline göre %13, geçen yıl aynı dönem yağışlarına göre %9 azalma mevcuttur. Su yılı yağışları Karadeniz Bölgesi hariç tüm bölgelerde normallerinin altında gerçekleşmiş, en fazla azalma %27 ile Marmara Bölgesi'nde meydana gelmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k>, 2023).

Uzun yıllar ortalamalarına göre ülkemizde en yüksek yağışlar Doğu Karadeniz Bölgesi Rize ve Artvin kıyılarında 1600 mm üzerinde gerçekleşirken, en düşük yağışlar İç Anadolu'nun orta kesimleri ile Şanlıurfa, Ağrı ve Iğdır çevrelerinde gözlenmektedir (Şekil 4.3).



**Şekil 4.3.:** 1 Ekim- 30 Nisan Su Yılı Alansal Yağış Anomalileri (1991-2020) (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k>, 2023).

2023 su yılı yağışları normallerine göre Tekirdağ, Edirne, Çanakkale, Osmaniye, Hatay ile Van, Ağrı ve Iğdır'ın doğu kesimlerinde %40'tan fazla azalma, Samsun, Ordu, Giresun, Erzincan, Tunceli, Elazığ ve Adıyaman çevrelerinde ise %40'a kadar artma göstermiştir. İl geneli yağışlarda en fazla yağış 925.0 mm ile Rize'de, normaline göre en fazla artma %21 ile Tunceli'de gerçekleşmiştir. En az yağış alan ilimiz 158.8 mm ile Iğdır, normaline göre en fazla azalma gösteren ilimiz ise %51 ile Hatay olmuştur (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k>, 2023).

Bölgelere göre yağışlar değerlendirildiğinde; Marmara Bölgesinin su yılı yağışı 366.6 mm, normali 500.1 mm ve 2022 su yılı dönem yağışı 498.0 mm'dir. Yağışlarda normaline göre %27, 2022 su yılı dönem yağışına göre %26 azalma gerçekleşmiştir. Ege Bölgesinde su yılı yağışı 375.0 mm, normali 491.9 mm ve 2022 su yılı dönem yağışı 446.2 mm'dir. Yağışlarda normaline göre %24, 2022 su yılı dönem yağışına göre %16 azalma gerçekleşmiştir. Akdeniz Bölgesinde su yılı yağışı 428.5 mm, normali 566.0 mm ve 2022 su yılı dönem yağışı 602.0 mm'dir. Yağışlarda normaline göre %24, 2022 su yılı dönem yağışına göre %29 azalma gerçekleşmiştir. İç Anadolu Bölgesinde su yılı yağışı

232,9 mm, normali 278.5 mm ve 2022 su yılı dönem yağışı 250.0 mm'dir. Yağışlarda normaline göre %16, 2022 su yılı dönem yağışına göre %7 azalma gerçekleşmiştir. Karadeniz Bölgesinde su yılı yağışı 459.1mm, normali 447.4 mm ve 2022 su yılı dönem yağışı 480.2 mm'dir. Yağışlar normali civarında gerçekleşirken, 2022 su yılı dönem yağışına göre %4 azalma meydana gelmiştir. Doğu Anadolu Bölgesinde su yılı yağışı 381.5 mm, normali 399.9 mm ve 2022 su yılı dönem yağışı 356.4 mm'dir. Yağışlarda normaline göre %5 azalma, 2022 su yılı dönem yağışına göre %7 artma gerçekleşmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde su yılı yağışı 434.7 mm, normali 474.8 mm ve 2022 su yılı dönem yağışı 314.9 mm'dir. Yağışlarda normaline göre %8 azalma, 2022 su yılı dönem yağışına göre %38 artma gerçekleşmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k>, 2023).

2023 yılı kış mevsimi (2022 Aralık, 2023 Ocak, Şubat) yağışları normali ve geçen yıl yağışlarının altında gerçekleşti. Kış mevsimi normali (1991-2020) 205.3 mm, geçen yıl kış mevsimi yağışı 233.2, 2023 yılı kış mevsimi yağışı ise 114.8 mm olmuştur. Mevsim yağışlarında normaline göre %44 ve geçen yıl kış mevsimi yağışlarına göre %51 azalma kaydedilmiştir. Ülke genelinde son 63 yılın en düşük ikinci kış mevsimi yağışı kaydedilmiştir. Bölge bazında tüm bölgelerimiz normalleri altında yağış almış, en fazla azalma %55 ile İç Anadolu Bölgesi'nde meydana gelmiştir. Doğu Anadolu Bölgesi'nde son 63, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinde son 50 yılın en az yağışlı kış mevsimi gerçekleşmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=m>, 2023).

2023 yılı kış mevsim yağışlarının, İç Anadolu'nun batısı ve güneyi, Doğu Akdeniz, Tekirdağ, Çankırı, Kahramanmaraş, Malatya, Elazığ, Adıyaman, Erzincan, Gümüşhane, Mardin, Diyarbakır, Şanlıurfa, Iğdır Ağrı ve Van çevrelerinde yer yer %60'ın üzerinde azaldığı gözlenmiştir. Kış mevsimi yağışlarının %20'den fazla artış gösterdiği bölgeler ise Sinop, Samsun, Giresun ve Artvin çevreleri olmuştur. 2023 yılı kış mevsiminde illerimiz içinde en fazla yağış 347.3 mm ile Rize'de, en az yağış 30.5 mm ile Iğdır'da kaydedilmiş, normaline göre en fazla azalma ise %72 ile Osmaniye'de gerçekleşmiştir. Kış mevsimi yağışları 1974 yılından bu yana Adana, Ağrı, Aksaray, Ankara, Ardahan, Bayburt, Çankırı, Çorum, Erzurum, Eskişehir, Gümüşhane, Iğdır, Karaman, Kırıkkale, Kırşehir, Konya, Mersin, Nevşehir, Niğde, Osmaniye, Sivas, Şırnak ve Van illerinde son 50 yılın en düşük seviyede gerçekleşmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=m>, 2023).

Bölgelere Göre Yağışlar incelendiğinde; Marmara Bölgesinin 2023 kış mevsimi yağışı 132.7 mm, normali 237.8 mm ve geçen yıl kış mevsimi yağışı 300.2 mm'dir. Yağışlarda mevsim normaline göre %44 ve geçen yıl mevsim yağışlarına göre %56 azalma gerçekleşti. Marmara Bölgesi'nde en fazla yağış alan il 178.4 mm ile Kocaeli, en az yağış alan il ise 87.5 mm ile Tekirdağ olmuştur. Ege Bölgesinin 2023 kış mevsimi yağışı 154.7 mm, normali 257.5 mm ve geçen yıl kış mevsimi yağışı 285.2 mm'dir. Yağışlarda mevsim normaline göre %40 ve geçen yıl mevsim yağışlarına göre %46 azalma gerçekleşti. Ege Bölgesi'nde en fazla yağış alan il 251.7 mm ile Muğla, en az yağış alan il ise 59.5 mm ile Afyonkarahisar oldu. Akdeniz Bölgesinin 2023 kış mevsimi yağışı 155.9 mm, normali 317.9 mm ve geçen yıl kış mevsimi yağışı 431.4 mm'dir. Yağışlarda mevsim normaline göre %51 ve geçen yıl mevsim yağışlarına göre %64 azalma gerçekleşti. Akdeniz Bölgesi'nde en fazla yağış alan il 288.8 mm ile Antalya, en az yağış alan il ise 88.5 mm ile Kahramanmaraş oldu. İç Anadolu Bölgesinin 2023 kış mevsimi yağışı 55.8 mm, normali 123.6 mm ve geçen yıl kış mevsimi yağışı 148.3 mm'dir. Yağışlarda mevsim normaline göre %55 ve geçen yıl mevsim yağışlarına göre %62 azalma gerçekleşti. İç Anadolu Bölgesi'nde en fazla yağış alan il 79.0 mm ile Karaman, en az yağış alan il ise 47.5 mm ile Eskişehir oldu. Karadeniz Bölgesinin 2023 kış mevsimi yağışı 148.3 mm, normali 189.6 mm ve geçen yıl kış mevsimi yağışı 230.6 mm'dir. Yağışlarda mevsim normaline göre %22 ve geçen yıl mevsim yağışlarına göre %36 azalma gerçekleşti. Karadeniz Bölgesi'nde en fazla yağış alan il 347.3 mm ile Rize, en az yağış alan il ise 57.3 mm ile Çorum oldu. Doğu Anadolu Bölgesinin 2023 kış mevsimi yağışı 85.7 mm, normali 164.5 mm ve geçen yıl kış mevsimi yağışı 158.7 mm'dir. Yağışlarda mevsim normaline göre %48 ve geçen yıl mevsim yağışlarına göre %46 azalma gerçekleşti. Doğu Anadolu Bölgesi'nde en fazla yağış alan il 150.2 mm ile Bitlis, en az yağış alan il ise 30.5 mm ile Iğdır oldu. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin 2023 kış mevsimi yağışı 122.7 mm, normali 246.1 mm ve geçen yıl kış mevsimi yağışı 161.9 mm'dir. Yağışlarda mevsim normaline göre %50 ve geçen yıl mevsim yağışlarına göre %24 azalma gerçekleşti. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde en fazla yağış alan il 153.5 mm ile Şırnak, en az yağış alan il ise 110.9 mm ile Şanlıurfa oldu (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=m>, 2023).

2008 yılı 1930 yılından günümüze kadar görülen en kurak yıldır (444.9 mm). Ülke genelinde yıllık yağışlar son 3 yıldır normalinin altında seyretmektedir. 2022 yılında Batı Karadeniz ve Doğu Karadeniz sahil kesimi ile Antalya'nın doğusu 1000 mm'nin üzerine yağış alırken, Rize ve Artvin çevrelerinde yağışlar 1600 mm'nin üzerine çıkmıştır. Iğdır'ın doğusu ise 200 mm'nin altında yağış almıştır. İl geneli yağışlarda en az yağış 253.8 mm ile Iğdır'da, en fazla yağış 1624.1 mm ile Rize'de, normaline göre en fazla azalma %34 ile İzmir'de, en fazla artma ise %21.8 ile Samsun'da gerçekleşmiştir. 2022 yılı yağışları, İzmir'in kuzeyi, Bursa, Şanlıurfa ve Mardin çevreleri ile Iğdır, Ağrı ve Van'ın doğu kesimlerinde normallerine göre %40'tan daha fazla azalma, Sinop, Samsun, Ordu, Giresun ve Mersin'in doğu kesimlerinde %40-60 aralığında artma göstermiştir. Bölge genelinde Karadeniz Bölgesi haricinde tüm bölgeler normalinin altında yağış almış, en fazla azalma %24,9 ile Ege Bölgesi'nde gerçekleşmiştir. Ege ve Marmara bölgelerinde 2008 yılı kuraklığından sonraki en düşük yıllık yağış kaydedilmiştir.

Yurdumuzda Karadeniz kıyı şeridi en fazla yağışlı gün sayısına sahiptir. Özellikle Ordu Artvin arasında yağışlı gün sayısı 150 günün üzerindedir. Türkiye geneli yağışlı gün normali 100.3 gündür (1991-2020). En çok yağışlı gün ise 126 gün ile 2018 yılında görülmüştür. Yağışlı gün sayıları, 2022 yılında ortalama 104 gün olmuştur. Ege Bölgesi'nin batısı, Çanakkale, Mersin, Karaman, Adana, Niğde, Şanlıurfa, Mardin, Batman, Kahramanmaraş, Iğdır ve Hakkâri çevrelerinde 75 günün altında yağışlı gün gerçekleşirken, Doğu Karadeniz ile Bartın, Kastamonu, Samsun çevrelerinde 150 günün üzerine çıkmıştır. Yağışlı gün sayıları 2022 Şubat, Nisan, Mayıs, Temmuz ve Ekim aylarında normallerinin altında kalmıştır. Türkiye geneli en yüksek yağışlı gün, 14,3 gün ortalama ile ocak ve mart aylarında, en az yağışlı gün 3,0 gün ortalama ile temmuz ayında gerçekleşmiştir (2022 Yılı Yağış Değerlendirmesi, 2023: 25).

2022 yılında havzalarımızın büyük çoğunluğunda normallerine göre azalma yaşandı. Sadece Batı ve Doğu Karadeniz ile Doğu Akdeniz havzalarında artış gözlenmiş, Antalya ve Yeşilirmak havzaları normal civarında yağış almıştır. En az yağış 335 mm ile Van Gölü, en fazla yağış 1122 mm ile Doğu Karadeniz Havzası'nda gerçekleşmiştir. Normaline göre en fazla azalma ise %33 ile Kuzey Ege Havzası'nda meydana gelmiş ve havza yıllık

yağışları son 14 yılın en düşük seviyesine inmiştir (2022 Yılı Yağış Değerlendirmesi, 2023: 24).

Özellikle Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri yıllar arası yağış değişkenliklerinin en fazla olduğu bölgelerdir. Bölgesel bazda yağış değişkenliğini göstermek için kullanılan varyasyon katsayısı, yağış ortalamalarının yüzde 36 ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde olduğunu gösterirken, bu oran Doğu Anadolu'nun büyük bir kısmında ve Akdeniz kıyı kuşağında yüzde 25'e ve Karadeniz Bölgesi'nde yüzde 20'nin altına düşmektedir. Genelde, varyasyon katsayısının yüzde 20'nin üzerine çıktığı bölgeler ise, yağıştaki değişkenlikler sebebiyle kuraklığın şiddet ve sıklığının en fazla olabileceği yerleri ifade eder.

#### **4.2. TÜRKİYE'DE KURAKLIĞA ETKİ EDEN FAKTÖRLER**

Türkiye'de kuraklığa etki eden belli başlı faktörler arasında atmosferik koşullar, fiziki coğrafya faktörleri ve iklim koşulları yer almaktadır. Yeryüzünde iklim özelliklerinin meydana gelişinde fiziki coğrafya faktörlerinin önemli etkileri vardır. Bunlar denize yakınlık uzaklık (karasallık derecesi), yükselti ve diğer coğrafik özelliklerdir. Türkiye yüksek bir ülkedir ve ortalama yükseltisi 1100 m'den fazladır. Örnek olarak, ülkemizin deniz seviyesi ile 500 m arasında kalan alçak alanları ancak %17,5 kadar iken, 1000 m'den daha yüksek alanları ülke yüzölçümünün %55'ten fazlasını meydana getirir. Bu durumun Türkiye'nin iklim koşulları üzerinde çok önemli etkiler yapacağı açıktır.

Türkiye soğuk aylarda polar, sıcak aylarda ise tropikal hava kütlelerinin etkisi altındadır. Sibiryaya üzerinden gelen **cP** hava kütlesi karasal karakterli soğuk ve kurudur. Kış aylarında sis ve ayaza neden olur, bazen Karadeniz'i geçerken nem kazanarak orografik yağışlar yapabilir. Atlas Okyanusundan gelen **mP** hava kütlesi ise Avrupa ülkeleri ve Balkanları geçerek ülkemizi etkiler. Yerde belirgin olmayan A.B. Sistemleri ile gelmedikleri için kararsızlık yağışları yapar. Yağış olarak Karadeniz sahilinde yağmur iç kesimlerde kar bırakabilir. Akdeniz Üzerinden geldiğinde ise daha fazla etkili olur ve her türlü yağışı bırakır. **mT** hava kütlesi sıcak ve nemli karakterli olduğu için batı bölgelerimizde oldukça fazla yağış bırakır. **cT** hava kütlesi ise K. Afrika üzerinden gelir karasal sıcak ve kurudur. Kuzey sistemlerle karşılaşınca Akdeniz cephesini oluşturup yağış bırakabilir. Diğer taraftan Akdeniz'den geçerken

yeterli ölçüde nem kazandığı takdirde yine yağış yapması söz konusudur. Zaman zaman gördüğümüz çamur yağışları da bu hava kütlelerinin ülkemizi etkilemesinin bir sonucudur.

Yeryüzünde iklim özelliklerinin meydana gelişinde fiziki coğrafya faktörlerinin de önemli etkileri vardır. Bunlar denize yakınlık uzaklık (karasallık derecesi), yükselti ve orografik özelliklerdir. Türkiye yüksek bir ülkedir ve ortalama yükseltisi 1100 m'den fazladır. Örnek olarak, ülkemizin deniz seviyesi ile 500 m arasında kalan alçak alanları ancak %17,5 kadar iken, 1000 m'den daha yüksek alanları ülke yüzölçümünün %55'ten fazlasını meydana getirir. Bu durumun Türkiye'nin iklim koşulları üzerinde çok önemli etkiler yapacağı açıktır. Her şeyden önce birbirine yakın yerler arasında büyük yükselti farklarının varlığı, yerel farkların ortaya çıkmasına ve özellikle yağış ve sıcaklık koşullarının yatay ve düşey yönde hızlı değişimler göstermesine neden olmaktadır. Kıyı bölgelerinden iç kısımlara ve batıdan doğuya doğru yükseltinin artması ve ülke yüzölçümünün yarıdan fazla bir kısmının 1000 m'den daha yüksek olması yüzünden buralarda kış aylarının soğuk ve sert geçeceği, yaz mevsiminin ise kısa süreceği kolayca anlaşılabilir. Bununla birlikte yükseltinin iklim şartlarına etkisi, yalnız sıcaklık dağılışı ve farkları yönünden değil, yağış ve nemlilik yönünden de olur.

Gerçekten ülkemizde yüksek dağlar ve platolar en fazla yağış alan yerler olurken, dağlarla çevrili İç Anadolu havzalarında yağış miktarlarının çok düşük olduğu tespit edilir. Nemli rüzgârlara karşı olan yüksek dağlar, yağışların dağılışında doğrudan doğruya etkili olurken, yükselti faktörü aynı zamanda yağış şeklini de tayin etmektedir. Gerçekten alt yamaçlarda ve alçak alanlarda yağmur şeklindeki yağışlar baskın iken, yüksek yamaçlarda ve doruklarda kar şeklindeki yağışlar egemen olmakta ve sıcaklığın düşük olması nedeniyle kar örtüsünün yerde kalma süresi de yılın büyük bir kısmını kapsamaktadır. Türkiye'de bölgeler, hatta yöreler arasında görülen kuvvetli iklim farkları, her şeyden önce, mevcut yükselti farkının bir sonucudur.

Türkiye gibi orta kuşak ülkelerinde yıl içinde yağışlı kış ve kurak yaz dönemleri olmak üzere birbirinden farklı iki dönem bulunur. Türkiye yıllık toplam yağışlarının %35'ini kış aylarında almaktadır. Bunu ilkbahar ve sonbahar mevsimleri izlemekte, yaz aylarında ise bu oran %11'e düşmektedir.

Bu durum, genel atmosfer sirkülasyonu ve hava kütleleri ile yakından ilgilidir. Türkiye kış aylarında denizel kutupsal ve karasal kutupsal hava

kütlelerinin etkisinde kalır. Bu hava kütleleri ve bunlara bağlı cephe sistemleri Türkiye’de kış aylarının yağışlı geçmesini sağlar. Bu hava kütlelerinin kuzeye ve güneye hareketleri sırasında kararsızlık kazanması bol yağışlara sebep olur. Bu sebeple Türkiye’de kış kuraklığı ciddi boyutlarda söz konusu değildir. Yazın ise bu hava kütleleri değişen termik koşullara bağlı olarak alansal olarak küçülür ve etkilerini kaybederler. Bunların yerine tropikal hava kütleleri etkinlik kazanır ve Azor yüksek basıncı kuvvetlenerek etki alanını genişletir. Ayrıca güneyde kara yüzeylerinin ısınmasına bağlı olarak Basra alçak basıncı oluşur. Bu durum iki büyük sistem altında kalan Akdeniz Havzasında denizel tropikal ve karasal tropikal hava kütlelerinin etkinliğini artırır. Gelişen bu basınç sistemlerine bağlı olarak etkili olan kuzey-kuzeybatı yönlü rüzgarlar ülkenin kuzeyinin yağışlı diğer yerlerin ise kurak geçmesine sebep olur.

Atmosferik koşulların yanında topografik koşullar da kurak alanların belirlenmesinde önemli rol oynar. Türkiye’yi kuzeyden ve güneyden kuşatan dağ sıraları yağış miktarı bakımından ülkemizi iki farklı bölgeye ayırır. Türkiye’nin yıllık ortalama yağış dağılışı incelenirse, Türkiye’de en fazla yağış alan yerlerin kıyı kuşağına giren alanlar olduğu görülür. Buna karşılık iç bölgelerde yağışlar belirgin bir şekilde azalmaktadır. Öncelikle, Türkiye’yi çevreleyen ılık denizlerin buharlaşma kaynağı olarak yağış koşulları üzerindeki etkisi önemlidir. Kıyı bölgelere ulaşan nemli hava kütleleri, Kuzey Anadolu dağları ve Torosların dış yamaçlarında yükselir ve kıyı kuşağı ile bu dağlara bol yağış düşer. Buna karşılık iç kısımlara ulaşan hava kütleleri taşıdıkları nemin önemli bir kısmını kıyı kuşağında bırakmış olduklarından ve dağları aştıktan sonra alçaldıkları sırada adyabatik olarak ısındıklarından daha az nem içerirler. Bu nedenle iç bölgelerde yağış, kıyı bölgelerine oranla daha azdır. Diğer taraftan, iç bölgelerde kış mevsiminde yüksek basınç koşullarının egemen olması, yazında yüksek olan sıcaklığın yoğunlaşmayı zorlaştırması, yağışların bu alanda daha az etkili olmasına neden olur.

Tahılda rekolte kaybındaki en büyük etkinin, ekim alanı içerisinde %64’lük payla ilk sırada olan buğdayda gerçekleşmesi beklenir. Buğday tarımında, yıllık yağış miktarı kadar yağışların yıl içinde dağılımı da etkilidir. Konya Karapınar ilçesinde gerçekleştirilen İklim Değişikliğinin Tarımsal Ürünler Etkisi Üzerine Bir Araştırma Projesi kapsamında buğday bitkisinde herhangi bir gelişim döneminde meydana gelen kuraklığın, verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Özellikle serin iklim tahılı olan



buğdayın, büyüme ve gelişmesi açısından kritik dönemler olan, nisan, mayıs ve haziran aylarındaki yağış toplamında görülen azalmanın olumsuz etkisi ortaya çıkmıştır (Soylu & Sade, 2012).

Ek olarak sıcaklık değişikliklerine bağlı olarak belirli ürünlerin yetiştirme alanlarının değişmesiyle, buğday gibi Türkiye'nin önemli ana ürünlerinin yetiştirilebileceği alanlarda daralmalar beklenmektedir (Aydın & Sarptaş, 2018). Sıcaklığın tarım alanları üzerindeki etkisinin ölçüldüğü analiz bulgularına göre sıcaklığın 1°C artmasının, yaklaşık %3 ile %9 arasında değişen düzeyde tarım alanlarını azalttığı bulunmuştur (Demirdöğen, 2020).

Kuraklık kadar mevcut su kaynaklarının hatalı kullanımı da tarımı tehdit eden unsurlar arasındadır. Ülke çapında yaygın olarak uygulanan yüzeysel sulama yöntemleri (karık, tava ve salma), yoğun işgücü gerektirmesinin yanı sıra tarlalarda taban suyunun yükselmesine neden olmakta, tuzluluk ve alkalilik (sodiklik) sorunlarına yol açmaktadır. Özellikle doğal drenajın bulunmadığı sulama alanlarında, bilinçsiz ve aşırı su kullanımları tuzlanmaya neden olarak tarım topraklarını tehdit etmektedir. Ülkemizde yaklaşık 3 milyon hektara yakın alanda drenaj sorunu bulunmaktadır. Türkiye'de sulanan arazilerin yaklaşık %31'ine karşılık gelen 1,5 milyon hektarda yaşanan tuzluluk ve alkalilik sorunu, bu topraklardaki biyolojik çeşitliliği tehdit etmektedir. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Harran Ovası'nın sulamaya açılmasından sonra çiftçilerin aşırı su kullanımı ve drenaj yetersizliği nedeniyle sorun önemli boyutlara ulaşmış, 150 bin hektar alanı kaplayan Şanlıurfa Harran ovasında, bilinçsiz sulama nedeniyle 70 bin hektarlık arazi çoraklaşmıştır (Tarım ve Orman Dergisi, 2019).

Türkiye tarımındaki bu yapısal bozukluk (parçalılık ve dağınıklık) üreticilerin ölçek ekonomisinden faydalanmasını güçleştirirken, üretim ve ulaşım maliyetlerinin yükselmesine ve verim artırıcı önlemlerin alınmasının zorlaşmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda bu işletmelerde, parçalı arazilere yol, su, drenaj ve tesviye gibi altyapı hizmetlerinin getirilmesinde ek maliyet ve zorluk yaratmaktadır (Ekinci & Sayılı, 2010).

Son yıllarda, nüfus artışının devam etmesine karşın işlenebilir arazilerin artmaması, mevcut tarım toprakları üzerindeki üretim baskısını arttırmış ve tarım arazilerinin bozunma sürecini de hızlandırmıştır. Türkiye ekonomisinin en önemli sorunlarından biri tarım sektöründeki verimsizliktir. Ölçek sorunu yaşayan Türkiye tarımında ekilen toprakların küçüklüğü, tarım sektöründeki

verimsizliğin önemli kaynaklarından biridir. Elde edilen rekolte olarak tanımlanan tarla verimini artırmak için kullanılan yoğun kimyasal gübre, kimyasal ilaç ve hormon gibi unsurların tüketimi artmaktadır. Kullanım grafiği yükselirken döviz kuruna bağlı fiyatlar yüzünden her geçen sene üreticilerin maliyetleri de artmaktadır. Bununla birlikte kullanılan bu maddeler, üreticilerin üretim yapabilmek için sağlıklı olmasına muhtaç oldukları toprağın canlılığını neredeyse tamamen yok etme noktasına getirmiş ve toprağın ürün verme kapasitesini azaltmıştır. Bir başka deyişle rekolte artırılmak istenirken artan verimsizlik sarmalına girilmiştir. Diğer yandan kuraklık baskısı ve iklimsel bilinmezlik tarımsal üretimle geçimi zorlaştırıp, kentlere göçü hızlandırmaktadır.

Türkiye tarım sektöründe artan makineleşme ile mazot kullanımı da artmış, mazot maliyeti çiftçinin en önemli maliyet kalemlerinden biri haline gelmiştir. Tarımda kullanılan sadece traktör sayısı son 10 yılda 300 bin adet artarak 1,3 milyona ulaşmıştır (TÜİK, 2020a). Petrol fiyatlarının yüksek olması ve sürekli yaşanan artış dışında Türkiye’de tarım alanlarının parçalı ve bölünmüş yapısı ulaşımdan kaynaklı mazot maliyetini de yükseltmektedir. Ayrıca sulu tarım alanlarında kaynak sularından faydalanmak için motopomp kullanılması da mazot giderlerini artırır (Adıyaman & Günay, 2011).

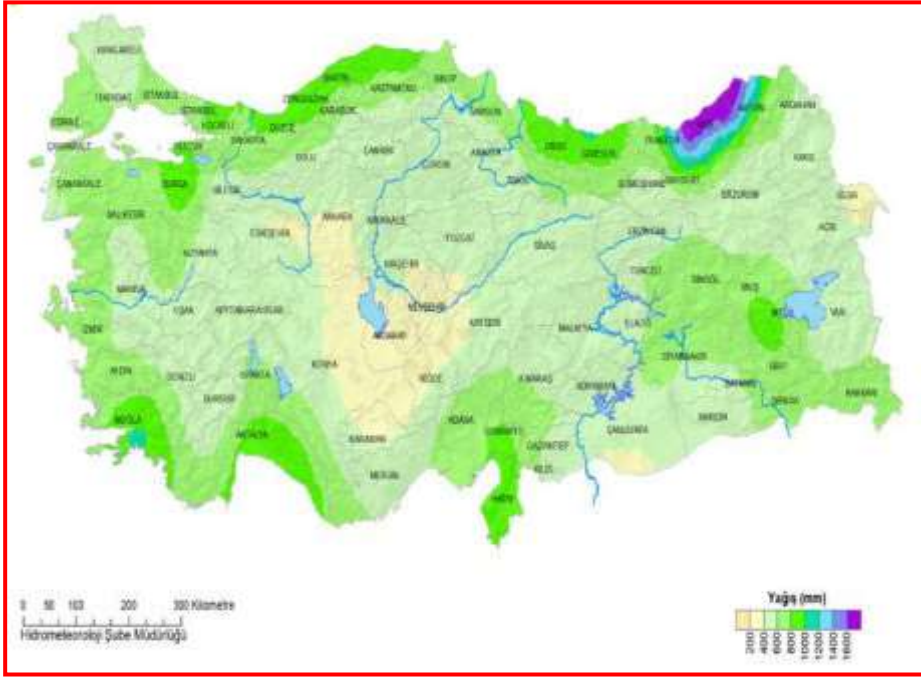
84 milyona yaklaşan ülke nüfusunun dağılımında yıllar içinde büyük değişiklikler yaşanmıştır. 1927 yılında, ülke nüfusunun yaklaşık %76’sı kırsalda yaşarken 1960’lı yıllarda başlayan göç dalgaları ile nüfus kentsel alanlarda toplanmaya başlamıştır (TÜİK, 2020b). Bugün, kırsal nüfusun toplam nüfus içindeki oranı 2012 yılında çıkarılan Büyükşehir Yasası ve azalan köy sayısının da etkisi ile TÜİK verilerine göre %7’lere düşmüştür. Hem kırsal nüfusun azalması hem de kırsalda kalan nüfusun yaşlanması, beraberinde işgücü sıkıntısı ve yeniliklere adaptasyonda zorlukları getirmektedir. Yapılan hane halkı işgücü araştırması sonuçlarına göre istihdam edilen yaşlı nüfusun (65 yaş ve üzeri) sektörel dağılımı incelendiğinde, 2018 yılında yaşlı nüfusun %65,5’inin tarım, %27,3’ünün hizmet, %4,7’sinin sanayi, %2,5’inin ise inşaat sektöründe yer aldığı görülmektedir (AÇSHB, 2020).

#### **4.2.1. Türkiye’de Kuraklık Eğilimleri**

Ülkemizde yağışların alansal ve zamansal dağılımlarının düzenli bir rejim izlememesi farklı şiddette kuraklık olaylarının yaşanmasına neden

olmaktadır. Yer altı ve yer üstü sularının varlığının devamı için özellikle Türkiye'deki kış ve bahar yağışlarındaki değişimler (yağışın miktarı ve şekli) oldukça önemlidir. Küresel iklim değişimi sonucunda, Türkiye ortalama sıcaklıklarda 1994 yılından itibaren bir artış trendine girmiş ve bu artış trendi 2005'lerden itibaren belirginleşmiştir (Çamalan vd., 2019b).

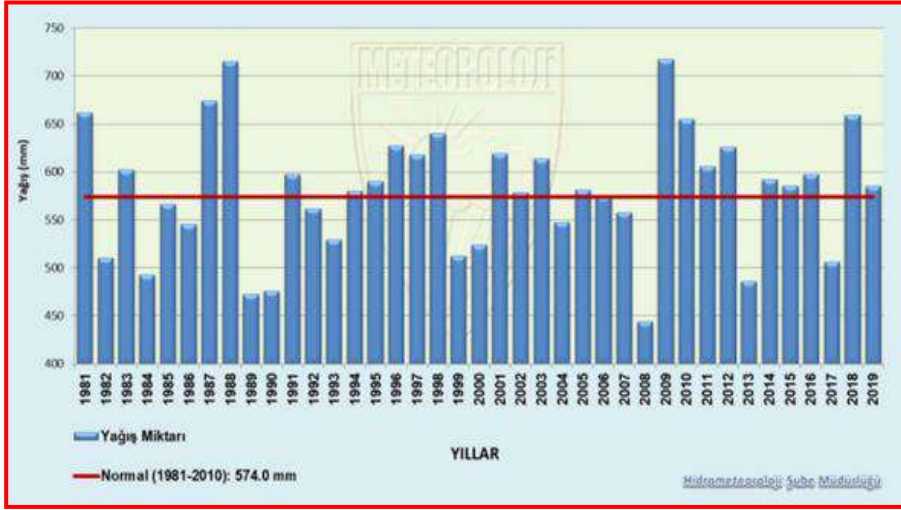
Ülkemizde yağışların alansal ve zamansal dağılımı oldukça düzensizdir. Kuzey ve güney arasındaki yağış değişkenliği oldukça farklıdır (Şekil 4.4.; Şekil 4.5.). Türkiye yıllık toplam alansal yağış ortalaması (1981-2010) 574 mm'dir.



**Şekil 4.4.:** Türkiye Alansal Yağış Normalleri (1981-2010) Dağılımı (Çamalan vd., 2021: 10).

Türkiye yıllık toplam yağışları bölgeler arası farklılık göstermekle beraber yaklaşık %38'sini kış aylarında, %27'sini ilkbahar, %24'ünü sonbahar ve %11'ini yaz mevsiminde alır (Çamalan vd., 2019b). Bu durum, genel atmosfer sirkülasyonu ve Türkiye'yi etkileyen hava kütleleri ile yakından ilgilidir. Yağışların yıl içinde ne zaman, nereye ne kadar düştüğü önemlidir. Mevsiminde ve miktarında alınamayan eksik yağışlar veya aşırı yağışlar kuraklık, sel veya taşkın gibi olayların oluşumunda etkili olmaktadır. Ayrıca

mevsiminde ve miktarında alınamayan eksik yağışlar kurak dönemlerin oluşumu, süresi, yoğunluğu ve şiddetinde etkili olmaktadır. Yıllık yağış dizilerindeki artış eğilimi izlenen istasyonlarda da zaman zaman kuraklık görülebmesinin başlıca nedeni yıllar arası ve yıl içindeki çeşitliliğidir.

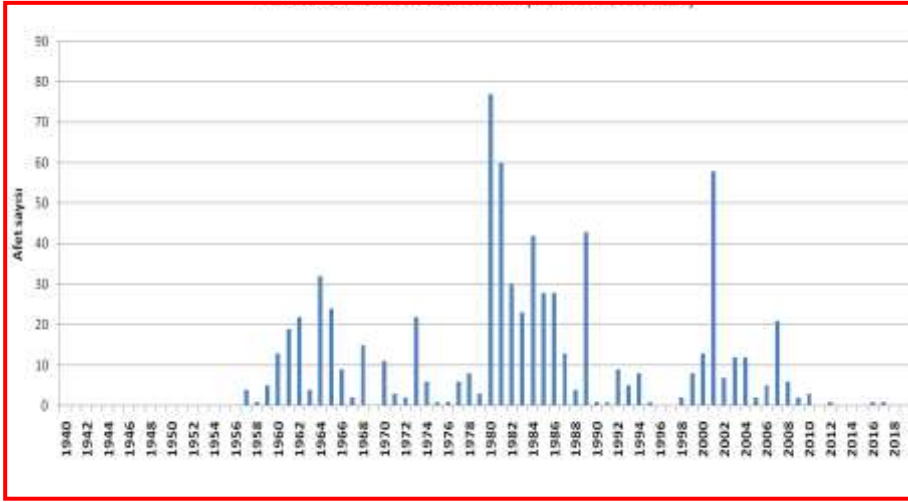


Şekil 4.5.: 1981-2010 Türkiye Geneli Yıllık Alansal Yağış Dağılımı (Çamalan vd., 2021: 10).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü fevk gözlemlerine göre 1940-2019 yılları arasında rapor edilen kuraklık afeti sayısının uzun yıllara göre zamansal dağılımına bakıldığında 1957-1968, 1970-1994, 1988- 2010 arası Türkiye'nin çeşitli yerlerinde kuraklıkların rapor edildiği görülmektedir (Şekil 4.6.). Şekil 4.6.'da rapor edilen kuraklık afet kayıtları ile Şekil 4.5.'de Türkiye yıllık yağış dağılımlarının pek çok sebepten dolayı birbiriyle uyuşmadığı görülür. Bunun en önemli sebeplerinden biri ülkemizde alansal ve zamansal yağış değişikliklerinin düzenli bir rejim izlememesi ve yıllık toplam yağış ortalamalarının içinde, yağışlı bölgelerin daha da yağışlı olma durumlarının olmasıdır. O yüzden kuraklık için, yıllık toplam yağış miktarları yerine kuraklık indislerine bakılması daha doğrudur.

Bu dönemin hemen ardından 1999-2000 yıllarında ve 2001 yılının ilk üç ayında ise, Türkiye'nin büyük bir bölümünde yeniden kuraklık olayları yaşanmıştır. Şiddetli ve yaygın meteorolojik kuraklıklar, özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu ile Ege ve Akdeniz bölgelerinde etkili olmuştur. Uzun süreli ortalamaların çok altındaki yağış koşullarına bağlı meteorolojik

kuraklıkların bir sonucu olarak, Türkiye’de tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar da ortaya çıkmıştır. Su açığı ve su sıkıntısı, yalnız tarım ve enerji üretimi açısından değil, sulamayı, içme suyunu, öteki hidrolojik sistemleri ve etkinlikleri içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir noktaya ulaşmıştır. Nisan-Mayıs 2001’de ise, Türkiye’nin büyük bir bölümünde bereketli yağışlar oluşmuştur.



**Şekil 4.6.:** MGM Fevk Gözlemlerine Göre Türkiye’de 1940-2019 Yılları Arasında Rapor Edilen Kuraklık Afet Sayıları Dağılımı (Çamalan vd., 2021: 11).

Genel olarak Doğu Akdeniz Havzası’nın ve Türkiye’nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında gözlenen önemli azalma eğilimleri, bu bölgede egemen olan cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında özellikle kış mevsiminde gözlenen azalma ile yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olabilir. Öte yandan, özellikle karasal yağış rejimine sahip bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışlarında, zayıf bir artış eğilimi gözlenmektedir.

Türkiye geneli istasyonlarda, yıllar arası ve yıl içinde yağış değişikliklerinin görülmesi farklı şiddette kuraklık olaylarının yaşanmasına neden olmaktadır. Su miktarı açısından özellikle Türkiye’deki kış ve bahar yağışlarındaki değişimler (yağışın miktarı ve şekli) önemlidir. Küresel iklim değişimi sonucunda, Türkiye’de son yıllarda yağışların alansal dağılımı, şiddeti ve süresi değişmektedir. Türkiye’nin uzun yıllar (1981-2010) sıcaklık

ortalaması 13,5 °C'dir (MGM, 2019). Türkiye ortalama sıcaklıklarda 1994 yılından itibaren bir artış trendine girmesine rağmen özellikle bu artış trendinin başlangıç yılı 1998'dir. 2005'ten itibaren bu artış trendi oldukça belirginleşmiştir (Çamalan vd., 2019a; Çamalan vd., 2019b). Şiddetli kurak oluşum sıklık yüzdesi 1971-2015 döneminde; Ege, Orta ve Batı Karadeniz'in iç kesimleri, İç Anadolu'nun kuzey kesimleri ile Kütahya, Eskişehir, Adana ve Kahramanmaraş civarlarında en yüksek değerlere (%3-7) ulaşmıştır. 2016-2040 döneminde Trakya, Batı Karadeniz'in kıyı kesimleri ile Rize çevreleri mevcuttaki durumunu koruyacağı, bu bölgelerin dışında kalan diğer yerlerin bir artış göstermesi ve en yüksek artışın ise Orta Karadeniz, Güneydoğu Anadolu'nun doğusu, Ege'nin doğusu ile Bursa ve Kahramanmaraş civarlarında olması (%8-18) öngörülmektedir. 2041-2070 ve 2071-2098 dönemlerinde ise Batı Karadeniz'in kıyı kesimleri ve Rize çevreleri mevcuttaki durumunu koruyacağı, 2041-2070 döneminde Orta Karadeniz, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu ile Doğu Anadolu'nun doğusu, Kars ve Iğdır çevreleri daha yüksek olmak üzere bir artış eğilimi (%8-18) öngörülmektedir. 2071-2098 döneminde Akdeniz, Marmara'nın güneydoğusunda, Orta Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu'da daha yüksek olmak üzere artışların devam etmesi (%8-19) öngörülmektedir (Çamalan vd., 2021: 23).

Orta kurak oluşum sıklık yüzdesi 1971-2015 döneminde; İç Ege, İç Anadolu'nun doğusu, Orta Karadeniz'in iç kesimleri, Doğu Akdeniz, Siirt ve Gaziantep civarlarında düşük, diğer yerlerde daha yüksek değerlere (%8-14) ulaşmıştır. 2016-2040 döneminde Batı Karadeniz'in kıyı kesimlerinin mevcuttaki durumunu koruyacağı, Güneydoğu Anadolu'da daha yüksek olmak üzere bir artış eğilimi göstermesi (%10-24) öngörülmektedir. 2041-2070 döneminde Güneydoğu Anadolu'da daha belirgin olmak üzere, Batı Akdeniz, Orta Karadeniz ve İç Anadolu'nun doğusunda artışın devam etmesi (%10-28) öngörülmektedir. 2071-2098 döneminde Güneydoğu Anadolu'da daha yüksek olmak üzere Doğu Anadolu, İç Anadolu'nun batısı ve Akdeniz Bölgesi'nde artış eğiliminin devam etmesi (%14-28) öngörülmektedir (Çamalan vd., 2021: 23).

Hafif kurak oluşum sıklık yüzdesi; 1971-2015 döneminde %29-38 aralığında dağılım göstermektedir. 2016-2040 döneminde Batı Karadeniz'in kıyı kesimleri daha yüksek olmak üzere Trakya, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ile Ege'nin doğusu, Doğu Anadolu'nun doğusu ve Doğu Karadeniz'in kıyı kesimlerinde artış göstermesi (%20-64) öngörülmektedir. 2041-2070

döneminde; ilk dönemde görülen artışın biraz azalması (%20-47) ve özellikle İç Anadolu'da 1971-2015 dönemdeki seviyelerine gelmesi öngörülmektedir. 2071-2098 döneminde İç Ege, Batı Karadeniz kıyıları Doğu Akdeniz, İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da artışın devam etmesi öngörülmektedir (Çamalan vd., 2021: 24-25).

Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıklar, 1971'den günümüze dek artma eğilimi göstermektedir. 1971-2019 dönemi yıllık ortalama sıcaklıklarına bakıldığında en sıcak 10 yıldan 8'i 2010 yılı ve sonrasında görülmüş ve 2020 yılında Türkiye ortalama sıcaklığı 14,9°C olarak ölçülmüştür. 2020 yılı ise 1971'den beri 3'üncü en sıcak yıl olarak kaydedilmiştir (Tekeli, 2020). Buna ek olarak, 2020 yılı 984 olay sayısı ile en fazla aşırı hava olayı yaşanan yıl olmuştur (Palabıyık, 2021).

Son 30 yılda Türkiye'de kurak koşulların hâkim olmasına neden olan meteorolojik koşullar daha çok sirkülasyon sistemleri ve Kuzey Atlantik Salınımında görülen değişmelere bağlı olarak açıklanabilir. 1980'den sonra Sibirya Antisiklonun zayıflaması (kış kuraklığı), Azor antisiklon sırtının Doğu Akdeniz'e ulaşması (kış kuraklığı), Akdeniz'e gelen cephe sistemlerinin azlığı, Basra alçak basıncının kuzeye sokulması (yaz kuraklıkları) ve Azor ve Basra alçak basınçlarının birleşerek kuvvetlenmesi (yaz kuraklıkları) olarak kendini göstermiştir. Ayrıca Kuzey Atlantik Salınımı (NAO)'nın pozitif devreleri Türkiye'deki kurak koşullarla oldukça uyumludur.

Ülkemizde ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan verilere göre 2022 yılı kış mevsimi ortalama sıcaklığı 4,5 °C ile mevsim normallerinin 0,6 °C üzerinde; ilkbahar mevsimi ortalama sıcaklığı 11,8 °C ile mevsim normallerinin 0,6 °C altında; yaz mevsimi ortalama sıcaklığı 24,6 °C ile mevsim normallerinin 0,6 °C üzerinde; sonbahar mevsimi ortalama sıcaklığı ise 16,5 °C ile mevsim normallerinin 1,2 °C üzerinde gerçekleşmiştir. Bu değerler incelendiğinde; 2022 yılı yaz mevsiminin son 52 yılın en sıcak sekizinci mevsimi olduğu; 2022 yılı sonbahar mevsiminin ise son 52 yılın en sıcak altıncı mevsimi olduğu görülmektedir. 2008 yılı 1930 yılından günümüze kadar görülen en kurak yıldır (444.9 mm). Ülke genelinde yıllık yağışlar son 3 yıldır normalinin altında seyretmektedir.

2023 yılı Nisan ayında ortalama sıcaklıklar, • Korkuteli çevresinde mevsim normallerinin altında; Kale (Demre), Samandağ, Sinop, Pazar (Rize) mevsim normallerinin üzerinde gerçekleşirken; yurdumuzun diğer bölgelerinde

mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. 1991-2020 normalleri Nisan ayı ortalama sıcaklığı 12,3°C olup 2023 yılı Nisan ayı sıcaklığı da 12,3°C olarak 30 yıllık ortalama ile aynı gerçekleşmiştir. 2023 yılı Nisan ayında ekstrem sıcaklıklar, Nisan ayında en düşük sıcaklık -9,4 °C ile Sarız'da, en yüksek sıcaklık ise 31,5 °C ile Ceyhan'da tespit edilmiştir. 2023 yılı Nisan ayı ortalama maksimum sıcaklıkları, 1991-2020 maksimum sıcaklık normallerinin 2,3°C altında gerçekleşmiştir. 2023 yılı Nisan ayı ortalama minimum sıcaklıkları, 1991-2020 minimum sıcaklık normallerinin 0,2 °C üzerinde gerçekleşmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=a#sfB>, 2023).

Marmara Bölgesi; Ortalama sıcaklıklar, bölgenin tamamında mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. Bölgenin Nisan ayı uzun yıllar ortalama sıcaklığı 12,5 °C iken, 2023 Nisan ayı 12,6 °C olarak gerçekleşmiştir. Ekstrem sıcaklıklar, Bölgede en düşük sıcaklık 0,2 °C olarak Balıkesir'de, en yüksek sıcaklık ise 27,5 °C olarak Sakarya'da tespit edilmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=a#sfB>, 2023).

Ege Bölgesi; Ortalama sıcaklıklar, Bölgenin tamamında mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. Bölgenin Nisan ayı uzun yıllar ortalama sıcaklığı 14,1°C iken, 2023 Nisan ayı 13,7°C olarak gerçekleşmiştir. Ekstrem sıcaklıklar, Bölgede en düşük sıcaklık -2,4 °C olarak Gediz'de, en yüksek sıcaklık ise 27,1 °C olarak Nazilli'de tespit edilmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=a#sfB>, 2023).

Akdeniz Bölgesi; Ortalama sıcaklıklar, Korkuteli çevresinde mevsim normallerinin altında; Kale (Demre), Samandağ çevrelerinde mevsim normallerinin üzerinde gerçekleşirken; bölgenin diğer kesimlerinde mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. Bölgenin Nisan ayı uzun yıllar ortalama sıcaklığı 15,3 °C iken, 2023 Nisan ayı 15,1 °C olarak gerçekleşmiştir. Ekstrem sıcaklıklar, Bölgede en düşük sıcaklık -6,3°C olarak Göksun'da, en yüksek sıcaklık ise 31,5 °C olarak Ceyhan'da tespit edilmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=a#sfB>, 2023).

İç Anadolu Bölgesi; Ortalama sıcaklıklar, bölgenin tamamında mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. Bölgenin Nisan ayı uzun yıllar ortalama



sıcaklığı 10,4 °C iken, 2023 Nisan ayı 10,1 °C olarak gerçekleşmiştir. Ekstrem sıcaklıklar, bölgede en düşük sıcaklık -9,2 °C olarak Zara’da, en yüksek sıcaklık ise 25,8 °C olarak Kırıkkale’de tespit edilmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=a#sfB>, 2023).

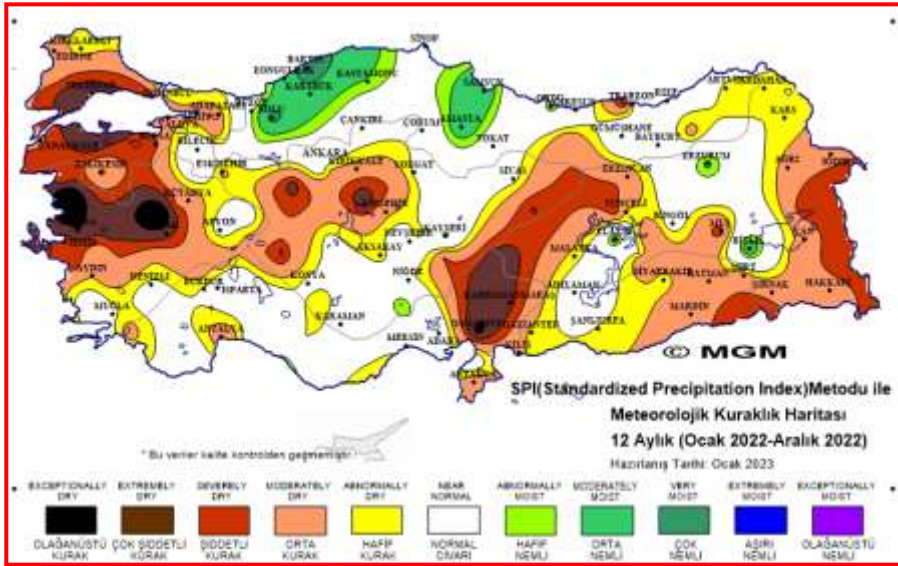
Karadeniz Bölgesi; Ortalama sıcaklıklar, Sinop, Pazar (Rize) mevsim normallerinin üzerinde gerçekleşirken; bölgenin diğer kesimlerinde mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. Bölgenin Nisan ayı uzun yıllar ortalama sıcaklığı 11,2 °C iken, 2023 Nisan ayı 11,5 °C olarak gerçekleşmiştir. Ekstrem sıcaklıklar, bölgede en düşük sıcaklık -8,5 °C olarak Bayburt’ta, en yüksek sıcaklık ise 28,9 °C olarak Amasya’da tespit edilmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=a#sfB>, 2023).

Doğu Anadolu Bölgesi; Ortalama sıcaklıklar, bölgenin tamamında mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. Bölgenin Nisan ayı uzun yıllar ortalama sıcaklığı 8,9 °C olup 2023 Nisan ayı da 9,1 °C olarak gerçekleşmiştir. Ekstrem sıcaklıklar, bölgede en düşük sıcaklık -9,4 °C olarak Sarız ve Başkale’de, en yüksek sıcaklık ise 26,2 °C olarak Iğdır’da tespit edilmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=a#sfB>, 2023).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi; Ortalama sıcaklıklar, bölgenin tamamında mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. • Bölgenin Nisan ayı uzun yıllar ortalama sıcaklığı 15,1 °C olup 2023 Nisan ayı da 14,9 °C olarak gerçekleşmiştir. Ekstrem sıcaklıklar, bölgede en düşük sıcaklık -3,2 °C olarak Şırnak’ta, en yüksek sıcaklık ise 29,9 °C olarak Ceylanpınar’da tespit edilmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=a#sfB>, 2023).

2023 yılı Kış mevsiminde ortalama sıcaklıklar, Marmara Bölgesinin geneli, Ayvalık, Dikili, Kuşadası, Bodrum, Datça, Burhaniye Ödemiş, Isparta, Fethiye, Alanya, Adana, Kaş, Eğirdir, Acıpayam, Köyceğiz, Manavgat, Kale/Demre, Kırıkkale, Batı Karadeniz’in kıyı kesimleri, Kızılcahamam, Ağrı, Yüksekova, çevrelerinde mevsim normallerinin üzerinde gerçekleşirken, yurdumuzun diğer kesimlerinde mevsim normalleri civarında gerçekleşmiştir. 2023 yılı kış mevsimi ortalama sıcaklıkları, 1991-2020 normalinin ve 2022 yılı ortalama sıcaklıklarının üzerinde gerçekleşmiştir. 2023 Şubat ayı ortalama

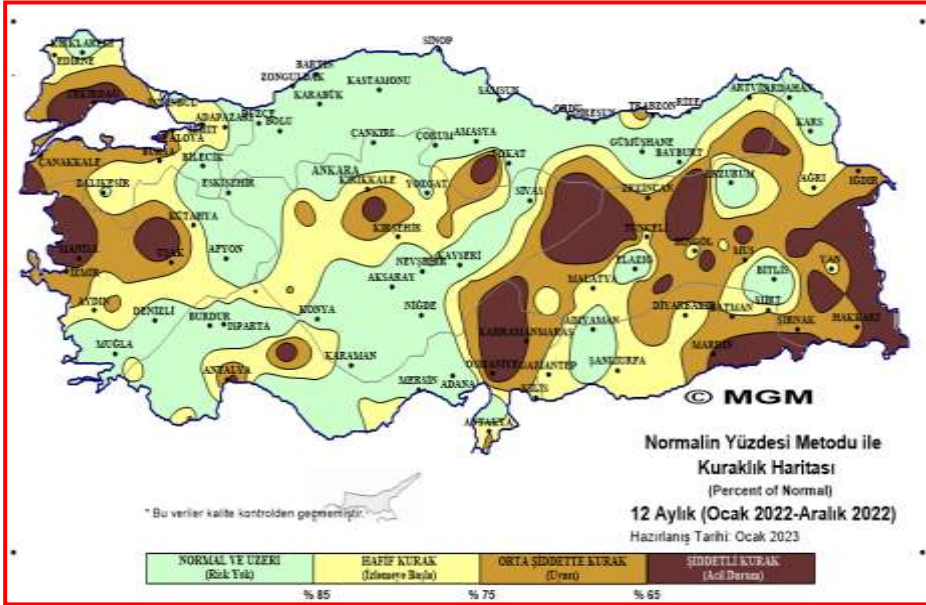
sıcaklığı 1991-2020 ortalama sıcaklıklarının altında, Aralık (2022) ve ocak ayı ortalama sıcaklıkları 1991-2020 ortalama sıcaklığının üzerinde gerçekleşmiştir. 2023 yılı kış mevsimi ortalama maksimum sıcaklıkları 1991-2020 normalinin ve 2022 yılı ortalama maksimum sıcaklıklarının üzerinde gerçekleşmiştir. 2023 yılı kış mevsimi ortalama minimum sıcaklıkları 1991-2020 normalinin ve 2022 yılı ortalama minimum sıcaklıklarının üzerinde gerçekleşmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=kis,2023>).



**Şekil 4.7.:** Ocak 2022-Aralık 2022 SPI Meteorolojik Kuraklık Haritası (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB> 2023).

Son dönemde ülkemiz gündeminde de önemli yer bulan kuraklığı izlemek için MGM tarafından yayınlanan SPI ve PNI analiz haritaları da kuraklığın seviyesini göstermesi oldukça önemlidir. Nitekim Ocak 2022-Aralık 2022 arasındaki periyot için oluşturulmuş 2022 yılına ait 12 aylık (Ocak-Aralık 2022) SPI kuraklık haritasına göre; Marmara Bölgesi'nde Bilecik ve çevresi hariç diğer kesimlerinde, Ege Bölgesi'nde Afyonkarahisar, Denizli, Muğla ve çevreleri hariç diğer kesimlerinde, Akdeniz Bölgesi'nde Antalya, Osmaniye, Kahramanmaraş, Antakya, Kilis ve çevrelerinde, İç Anadolu Bölgesi'nde Eskişehir, Kırıkkale, Kırşehir, Aksaray ve çevrelerinde, Karadeniz Bölgesi'nde Artvin, Trabzon ve çevrelerinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Elazığ, Erzurum,

Bitlis ve çevreleri hariç diğer kesimlerinde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Adıyaman ve çevresi hariç diğer kesimlerinde değişen şiddetlerde meteorolojik kuraklık etkili olmaktadır (Şekil 4.7.).



**Şekil 4.8.:** Ocak 2022-Aralık 2023 PNI Meteorolojik Kuraklık Haritası (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB>, 2023).

Ocak 2022- Aralık 2023 arasındaki 2022 yılına ait 12 aylık (Ocak-Aralık 2022) PNI kuraklık haritasına göre; Marmara Bölgesi'nde Kırklareli, Balıkesir, Bilecik ve çevreleri hariç diğer kesimlerinde, Ege Bölgesi'nde Afyonkarahisar, Denizli, Muğla ve çevreleri hariç diğer kesimlerinde, Akdeniz Bölgesi'nde Antalya, Osmaniye, Kahramanmaraş, Antakya, Kilis ve çevrelerinde, İç Anadolu Bölgesi'nde Kırıkkale, Kırşehir ve çevrelerinde, Karadeniz Bölgesi'nde Artvin, Trabzon (Akçaabat) ve çevrelerinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Elazığ, Erzurum, Bitlis, Kars, Ardahan ve çevreleri hariç diğer kesimlerinde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Adıyaman ve çevresi hariç diğer kesimlerinde değişen şiddetlerde meteorolojik kuraklık etkili olmaktadır (Şekil 4.8.).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan projeksiyonlarda, en yakın dönem olan 2016-2040 yıllarına ait en iyimser senaryoda bile ısınmanın genellikle 0,5°C-1,5°C arasında olacağı, yaz mevsiminde Ege ve Akdeniz

Bölgelerinde 1,5°C'nin üzerinde bir artış olacağı belirtilmiştir (MGM, 2016). Özellikle kış mevsiminde, ülkenin büyük bir kısmında yağışlarda azalma beklenmektedir.

### 4.3. TÜRKİYE'NİN SU KAYNAKLARI

Türkiye'nin su politikası, mevcut su potansiyeli ve yağış rejimiyle doğrudan ilintilidir. Türkiye sahip olduğu coğrafi çeşitlilik nedeni ile farklı özellikteki iklim tipleri ve yağış rejimlerine sahiptir. Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde daha yüksek yağışlar görülürken, Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde ise daha düşük yağış değerleri gözlenmektedir. Bu durum, Türkiye'nin su politikasına yön veren ana bileşenlerden biridir. Türkiye, sanılanın tersine, su zengini bir ülke değildir. Artan nüfusu, gelişen ekonomisi ve büyüyen kentleriyle Türkiye, “su fakiri” olma yolunda ilerlemektedir.

Karasal iklim karakteri gösteren ülkemizde 1981-2017 yılları arasında alansal yıllık ortalama yağış miktarı 574 mm olarak gerçekleşmiş olup, bu yağış, yılda ortalama 450 milyar m<sup>3</sup> yağış hacmine tekabül etmektedir. Ülkemizde su kaynakları bölgeler arasında miktar açısından yıl içerisinde değişiklikler göstermektedir. Yıllık yağış miktarı Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ortalama 2.500 mm olarak ölçülürken, Orta Anadolu'da bu değer 230 mm'ye kadar düşebilmektedir. Bu yağışın akışa geçen kısmı Ülke genelinde yaklaşık 172 milyar m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmektedir (Ulusal Su Planı (2019-2023): 17).

Ülkemizin 2022 yılı alansal yağışı 503,8 mm olarak gerçekleşmiştir. Türkiye geneli yıllık ortalama alansal yağış miktarı 573,4 mm'dir (1991-2020). Yağışlarda normaline göre %12,1 geçen yıl yağışlarına göre %4,0 azalma meydana gelmiştir. Uzun yıllar ortalamalarına göre ülkemizde en yüksek yağışlar Doğu Karadeniz Bölgesi Rize ve Artvin kıyılarında 1600 mm üzerinde gerçekleşirken, en düşük yağışlar İç Anadolu'nun orta kesimleri ile Şanlıurfa, Ağrı ve Iğdır çevrelerinde gözlenmektedir. 2008 yılı 1930 yılından günümüze kadar görülen en kurak yıldır (444,9 mm). Ülke genelinde yıllık yağışlar son 3 yıldır normalinin altında seyretmektedir. 2022 yılı kış mevsimi yağışları normal ve geçen yıl yağışlarının üzerinde gerçekleşti. 2022 kış mevsimi yağışı 233.2 mm, normal (1991-2020) 205.3 mm ve geçen yıl kış mevsimi yağışı 171,4 mm'dir. Mevsim yağışlarında normaline göre %14 ve geçen yıl kış mevsimi yağışlarına göre %36 artma kaydedildi. Bölge bazında Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri hariç tüm bölgelerimizde artış gözlenmiştir. En

fazla azalma %34 ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmiştir. 2022 yılı kış mevsim yağışlarının, İzmir çevreleri, Kuzey Ege ve Trakya'nın tamamında %40'ın üzerinde arttığı, Konya, Eskişehir, Çankırı, Çorum, Amasya, Kastamonu, Gümüşhane, Bayburt, Şanlıurfa, Mardin ve Artvin çevrelerinde ise yer yer %40'ın üzerinde azaldığı gözlenmiştir. 2022 yılı kış mevsiminde illerimiz içinde en fazla yağış 623.0 mm ile Antalya'da, en az yağışı 49,8 mm ile Iğdır'da kaydedilmiş, normaline göre en fazla azalma ise %47 ile Mardin'de gerçekleşmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf>, 2023).

2022 yılı yaz mevsimi yağışları normallerinin üzerinde, geçen yıl yağışlarının civarında gerçekleşti. Türkiye geneli 2022 yılı yaz mevsimi yağışı 78.3 mm, normali (1991-2020) 64.0 mm ve geçen yıl yaz mevsimi yağışı 77.0 mm'dir. Ülke genelinde yaz mevsimi yağışları normaline göre %22 artış göstermiştir. Bölgelerimizde ise Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri hariç diğer bölgelerde mevsim yağışında artış kaydedilmiştir. En fazla azalma %57 ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kaydedilmiştir. 2022 Yaz mevsimi yağışları İstanbul'un batı yakası, Çanakkale, Balıkesir, Bilecik çevreleri, Güney Ege, İzmir Karaburun, Kütahya, Afyonkarahisar, Antalya ve Mersin'in doğusu ile Ankara ve Bolu çevrelerinde normallerine göre %100'den fazla artış göstermiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin tamamına yakını ve Doğu Anadolu'nun güneydoğu kesimlerinde ise normallerine göre %60'ın üzerinde azalma kaydedilmiş, azalma oranı Mardin, Batman, Siirt ve Şırnak çevrelerinde %80'lerin üzerine çıkmıştır. 2022 yılı yaz mevsiminde il geneli yağışlarda en fazla yağış 318,9 mm ile Bartın, en az yağış 0,8 mm ile Mardin'de kaydedilmiş, Mardin son 22 yılın en düşük, Çankırı son 23 yılın en yüksek yaz mevsimi yağışını almıştır. Yaz mevsimi yağışları Aydın, Çanakkale, Mersin, Muğla ve Uşak'ta normallerinin iki katından fazla gerçekleşmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf>, 2023).

Yağışların aylara göre dağılımında hava kütleleri ve cephesel sistemlerin geliş dönemleri ile orografik özellikler ve yükselti en önemli etkidir. Yurdumuz en fazla yağışı genellikle aralık ve ocak, en düşük yağışı temmuz, ağustos aylarında almaktadır. Türkiye genelinde alansal yağışlar 2022 yılının ocak, şubat, mart, haziran, ağustos aylarında normallerinin üzerinde

gerçekleşirken, en çok yağışlı ay 87 mm ile ocak ve en az yağışlı ay 9 mm ile temmuz ayı olmuştur. Ülke genelinde haziran ayı yağışları son 6 yıldır normalleri üzerinde, kasım ayı yağışları ise son 5 yıldır normalleri altında seyretmiştir. 2022 yılının özellikle haziran ayı yurdun kuzey kesimlerinde çok yağışlı geçmiş Karadeniz Bölgesi ve illerimizden Zonguldak, Karabük, Bartın, Kastamonu ve Düzce son 90 yılın en yüksek yağışları gerçekleşmiştir. Şubat ayında ise Antalya Döşemealtı Nebiler Ormanı'nda 1 günde ölçülen 252,3 mm yağış, uzun yıllar Türkiye geneli şubat ayları maksimum yağışı olarak kayıtlara geçmiştir. 2022 yılı günlük maksimum yağışlarının 150 mm'yi aşan değerleri Bartın, Marmaris, Finike, Kumluca, Antalya, Perşembe, Ordu ve Hopa çevrelerinde gerçekleşti. 2022 yılında 1 günde gerçekleşen en yüksek yağış, 23 Şubat tarihinde 252,3 mm ile Antalya Döşemealtı Ormanı'nda kaydedilmiştir. 2022 yılı il merkezlerine düşen yağışların şiddet analizinde 50 mm'yi aşan yağışların toplam yağışlı gün sayısına oranında en yüksek oran Muğla'da meydana gelmiş, toplam yağışın %6,9'u 50 mm'nin üzerinde gerçekleşmiştir. Muğla'yı %5,45 ile Bitlis izlemiştir. 10'mm'den küçük yağışların toplam yağışlı gün sayısına oranının en yüksek olduğu il ise Iğdır olmuştur. Iğdır'da toplam yağışın %98,7'si 10 mm'nin altında gerçekleşmiştir 2022 yılında en çok yağışlı gün sayısı sırasıyla Rize, Giresun ve Ordu'da, en az yağışlı gün gerçekleşen illerimiz ise İzmir, Manisa ve Adana illeri olmuştur (<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf>, 2023).

Türkiye'nin yüzölçümü 779.500 km<sup>2</sup> ve yıllık ortalama yağış hacmi 450 milyar m<sup>3</sup> olup, yıllık tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli toplamı 112 milyar m<sup>3</sup> 'tür. Ülkenin toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesinden sorumlu olan kamu kurum ve kuruluşlarının geliştirdikleri projeler neticesinde çeşitli maksatlara yönelik yıllık su tüketimi 54 milyar m<sup>3</sup>'e (%48,2) ulaşmıştır (DSİ, 2018). Bu suyun 40,0 milyar m<sup>3</sup> 'ü (%74) sulama, 7 milyar m<sup>3</sup> 'ü (%13) içme-kullanma, 7 milyar m<sup>3</sup> 'ü (%13) sanayi suyu ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılmaktadır. 2017 yılı için, tüketilen suyun 39 milyar m<sup>3</sup> 'ü (%72,2) yerüstü sularından ve 15 milyar m<sup>3</sup> 'ü (%27,8) yeraltı sularından sağlanmaktadır (DSİ, 2017). 15,0 milyar m<sup>3</sup> olarak belirlenen yeraltı suyu tahsis miktarı 2017 yılı sonu itibarıyla 15,45 milyar m<sup>3</sup> olup sektörel dağılımı aşağıdaki gibidir (DSİ, 2018).

1. 3,94 milyar m<sup>3</sup> devlet eliyle yapılan (kooperatif + DSİ Sulamaları + TİGEM) (% 26)
2. 6,07 milyar m<sup>3</sup> şahıs sulamaları (% 39)
3. 4,06 milyar m<sup>3</sup> içme-kullanma (% 26) 4. 1,38 milyar m<sup>3</sup> sanayi (% 9).

**Tablo 4.1.:** Türkiye'nin Su Kaynakları Potansiyeli (Uyduranoğlu Öktem, A. & Aksoy, 2014: 14).

Yıllık ortalama yağış	643 mm/yıl
Türkiye'nin yüzölçümü	783.577 Km <sup>2</sup>
Yıllık yağış miktarı	501 milyar m <sup>3</sup>
Buharlaşma	274 milyar m <sup>3</sup>
Yeraltına sızma	41 milyar m <sup>3</sup>
<b>Yüzeysel Su</b>	
Yıllık yüzey akışı	186 milyar m <sup>3</sup>
Kullanılabilir yüzey suyu	98 milyar m <sup>3</sup>
Yeraltı suyu	
Yıllık çekilebilir su miktarı	14 milyar m <sup>3</sup>
<b>Toplam Kullanılabilir Su</b>	<b>112 milyar m<sup>3</sup></b>
<b>Kullanım yerleri</b>	
Tarımda kullanılan	32 milyar m <sup>3</sup>
İçme suyu için kullanılan	7 milyar m <sup>3</sup>
Sanayide kullanılan	5 milyar m <sup>3</sup>
Toplam Kullanılan Su	44 milyar m <sup>3</sup>

Türkiye'de mevcut su kaynakları yağış rejimleriyle doğrudan ilişkilidir. Türkiye yarı kurak iklim özelliklerine sahip bir ülkedir. Ülkede yağış rejimi, iklimsel ve mevsimsel özelliklere bağlı olarak bölgesel farklılıklar göstermekle birlikte yıllık ortalama yağış miktarı 574 mm olup yıllık yağış miktarı da 450 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır (DSİ, 2021).

Tarımsal ve hidrolojik kuraklıkla mücadele için Türkiye'de teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir yerüstü (yüzeysel) ve yeraltı suyu miktarı (net su potansiyeli), DSİ tarafından yıllık olarak 234 milyar m<sup>3</sup> brüt su potansiyelinin ~%48'ine karşılık gelmek üzere, toplam 112 milyar m<sup>3</sup> (~108,5 milyar m<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir (DSİ, 2021). Su potansiyelinde son yıllarda aşırı bir şekilde kullanılan ve stratejik bir kaynak olan yer altı suları da önemli bir yer tutmaktadır.

Yeraltı suları, topraktaki boşlukları tamamen doldurarak yer altında biriken sulardır. Bunlar içme, kullanma, tarımda sulama, fabrikaların su

ihtiyaçlarının temininde büyük önem taşır. Yağmur, kar, dolu olarak yeryüzüne düşen yağışlar, toprakta, çatlak ve yarıklardan sızarak yer altında toplanıp yeraltı sularını meydana getirir. Sızma veya süzülme olayı, geçirimli topraklarda daha fazladır. Sular killi topraklar gibi sızdırmayan ya da su tutma kapasitesi yüksek olan tabakalara rastlayınca tutularak toplanır. Türkiye yeraltı suları bilinenin aksine, özellikle iklim değişiminin neden olabileceği suya bağlı olumsuzluklara karşı da ülkemiz geleceğini teminat altına alabilecek nitelikteki en önemli “stratejik” su varlığıdır (SYGM, 2016).

Türkiye’de yağış halinde düşen ortalama 509.109 m<sup>3</sup> suyun %38’i (186.5109 m<sup>3</sup>) akarsularda akış haline geçer. Günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m<sup>3</sup>, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m<sup>3</sup> olmak üzere, ortalama yıllık toplam 98 milyar m<sup>3</sup>’tür. 14 milyar m<sup>3</sup> olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yıllık toplam 112 milyar m<sup>3</sup> olup, bunun sadece 44 milyar m<sup>3</sup>’ü kullanılmaktadır (Kahya & Kalaycı, 2004).

Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı olarak ifade edilen 1.300 m<sup>3</sup> (günde yaklaşık 216 litre olan) su, Türkiye’de bir kişinin sadece içme ve kullanma suyudur. Suyun değerinden ve korunmasından bahsederken, daha çok ve sürekli olarak fazla su harcamamak, musluktan akan suları verimli kullanmak, yağış miktarları ve küresel iklim değişimi gibi konuları göz önünde bulundurulmaktadır. Suyu doğru ve verimli kullanmanın yanında bir ürünün üretimi aşamasında ne kadar su kullanıldığı da bilinmekle birlikte çoğu zaman hesap edilmemektedir. Bu anlamda su doğrudan değil dolaylı olarak daha fazla tüketilmektedir.

Türkiye’de 25 akarsu havzası bulunmaktadır (DSİ, 2022). Ülkedeki yağışların mevsim ve bölgelere göre değişken olması ve akarsuların yatak eğimlerinin farklılık göstermesi gibi sebepler akarsuların akış hızları/rejimleri, taşıdıkları su ve yük miktarı ile aşındırma güçleri yıl içerisinde değişkenlik göstermesine neden olmaktadır. Diğer yandan ülkede 320 doğal göl bulunmaktadır (DSİ, 2022). Bu göllerin de bir kısmı mevsimsel nitelikte olup kış yağışları ile dolmakta, yazın yağışın azalması ya da hiç olmaması durumunda ise kurumaktadır. Türkiye’de işletmede bulunan barajların sayısı ise 861’dir (DSİ, 2022).



2022 su yılında Marmara, Batı Akdeniz, Burdur, Akarçay, Sakarya, Yeşilirmak ve Seyhan havzaları normalleri civarında yağış alırken, Meriç-Ergene, Antalya, Batı Karadeniz, Konya Kapalı, Doğu Akdeniz ve Doğu Karadeniz havzalarında artış kaydedildi. Normaline göre en çok azalma %22 ile Van Gölü, en çok artma %19 ile Batı Karadeniz Havzası'nda gerçekleşti. En az yağış 374 mm ile Van Gölü, en fazla yağış 1137 mm ile Doğu Karadeniz Havzası'nda kaydedildi. Batı Karadeniz Havzası son 22 yılın en yüksek su yılı yağışını almıştır. Havza yağışlı gün sayılarında 2022 su yılında en çok yağışlı gün 172 gün ile Doğu Karadeniz, en az yağışlı gün 73 gün ile Küçük Menderes Havzası'nda gerçekleşti. Bu dönemde yağışlı gün sayıları normallerine göre, Van Gölü Havzası'nda %11, Çoruh ve Seyhan havzalarında %9 düşüş gösterdi (<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022AlansalYagisDegerlendirmesi.pdf>, 2023).

2022 yılında havzalarımızın büyük çoğunluğunda normallerine göre azalma yaşanmıştır. Sadece Batı ve Doğu Karadeniz ile Doğu Akdeniz havzalarında artış gözlenmiş, Antalya ve Yeşilirmak havzaları normal civarında yağış almıştır. En az yağış 335 mm ile Van Gölü, en fazla yağış 1122 mm ile Doğu Karadeniz Havzası'nda gerçekleşmiştir. Normaline göre en fazla azalma ise %33 ile Kuzey Ege Havzası'nda meydana gelmiş ve havza yıllık yağışları son 14 yılın en düşük seviyesine inmiştir (<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf>, 2023).

Yurdumuzda Karadeniz kıyı şeridi en fazla yağışlı gün sayısına sahiptir. Özellikle Ordu-Artvin arasında yağışlı gün sayısı 150 günün üzerindedir. Türkiye geneli yağışlı gün normali 100.3 gündür (1991-2020). En çok yağışlı gün ise 126 gün ile 2018 yılında görülmüştür. Yağışlı gün sayıları, 2022 yılında ortalama 104 gün olmuştur. Ege Bölgesi'nin batısı, Çanakkale, Mersin, Karaman, Adana, Niğde, Şanlıurfa, Mardin, Batman, Kahramanmaraş, Iğdır ve Hakkâri çevrelerinde 75 günün altında yağışlı gün gerçekleşirken, Doğu Karadeniz ile Bartın, Kastamonu, Samsun çevrelerinde 150 günün üzerine çıkmıştır (Şekil 35). Yağışlı gün sayıları 2022 Şubat, Nisan, Mayıs, Temmuz ve Ekim aylarında normallerinin altında kalmıştır. Türkiye geneli en yüksek yağışlı gün, 14.3 gün ortalama ile ocak ve mart aylarında, en az yağışlı gün 3.0 gün ortalama ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir

(<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf>, 2023).

Türkiye'nin su potansiyeli incelendiğinde yüzey sularında, yıllık yüzey akışının 186 milyar m<sup>3</sup>, kullanılabilir yüzey suyunun ise 94 milyar m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra ülkedeki yeraltı su potansiyelinde ise yıllık çekilebilir su miktarı 18 milyar m<sup>3</sup> iken toplam kullanılabilir su (net) miktarı 112 milyar m<sup>3</sup>'tür. Ülkede toplam su kullanımı ise 57 milyar m<sup>3</sup>'tür. Yapılan tahminlere göre 2023'te ülke genelinde toplam su kullanımının 112,0 milyar m<sup>3</sup> olacaktır (TSKB, 2019). Mevcut su potansiyeli içinde (%77) 44 milyar m<sup>3</sup> ile sulama suyu kullanımı en yüksek paya sahiptir. Kalan 13 milyar m<sup>3</sup> ise içme-kullanma ve sanayi suyu olarak kullanılmaktadır (DSİ, 2021).

Ülkeler, yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarına göre su fakiri, su azlığı çeken ve su zengini şeklinde sınıflandırılır. Su miktarı 1.000 m<sup>3</sup>'ten az ise su fakiri, 1.000-2.000 m<sup>3</sup> arasında su azlığı çeken, 2.000 m<sup>3</sup>'ten çok ise su zengini olarak değerlendirilir. Türkiye'nin kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarının 1.400 m<sup>3</sup> civarında olduğu görülmektedir. Buna göre Türkiye, su azlığı yaşayan bir ülkedir. 2040 yılı için nüfusumuzun yaklaşık 100 milyon olacağını öngörülmektedir. Bu durumda, 2040 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının yaklaşık 1.120 m<sup>3</sup> olacağı hesaplanmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin gelecekte su sıkıntısı çeken ve su stresi olan bir ülke olma ihtimalini göz önüne sermektedir (Ulusal Su Planı (2019-2023): 17).

Hem üreticinin hem de tüketicinin kullandığı doğrudan ve dolaylı tüm su, "sanal su" olarak adlandırılır. Diğer bir deyişle bireyin, topluluğun veya sektörün su ayak izi, "birey veya topluluk tarafından tüketilen ve sektör tarafından da üretilen her mal ve hizmetin üretilmesi için gereken toplam tatlı su hacmidir". Diğer bir deyişle, üretimde kullanılan suya "sanal su" ya da "gizli su" da denilmektedir. Esasında su ayak izi, suyun tüketimin en temel göstergesidir. Su ayak izi de hesaba katıldığında bir kişinin günde ülkemizde kullandığı su miktarı gerçekte 5.416 litreye kadar çıkmaktadır (Akın ve Akın, 2007; Hoekstra vd., 2011; Muluk vd., 2013; Pegram vd., 2014).

Dünya üzerindeki 35 milyon km<sup>3</sup> tatlı suyun yalnızca % 0.3'ü ekosistem ve insan kullanımına elverişli tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır. Türkiye'de ise toplam 95 milyar m<sup>3</sup> yüzey suyundan % 29 oranında faydalanılmakta olup, bunun % 79'u sulamada, % 14'ü içme suyunda, % 10'u ise sanayide kullanılmaktadır. Türkiye, sanıldığı gibi aksine su kıtlığı sınırında bir ülkedir.

1990–2010 yılları arasında, tüketilen toplam su miktarında %40,5 oranında bir artış görülmüştür. Önümüzdeki 25 yıl içinde de ihtiyaç duyacağı su miktarının, bugünkü su tüketiminin 3 katı olacağı değerlendirilmektedir (DSİ, 2009; SYGM, 2016).

Artan su ihtiyacının kaynaklar üzerindeki baskıyı da giderek arttıracığı aşikârdır. 2030 yılı hedeflerimiz arasında yer alan mevcut teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir potansiyel olan 112 milyar m<sup>3</sup> suyun kullanımı ve sulu tarım alanlarının geliştirilerek kullanıma açılması kapsamında sektörel su kullanımlarının tarımda %64, sanayide %20 ve evsel kullanımda %16 mertebelerinde olması planlanmaktadır.

Türkiye’de nüfusun, endüstriyel faaliyetlerin ve diğer sektörel aktivitelerin dağılımı dengeli ve homojen bir yapı sergilememektedir. 2017 yılı itibarıyla sulamaya açılan araziler toplamı brüt 6,5 milyon hektara ulaşmış olup, bu alan ekonomik olarak sulanabilir araziler toplamının %72’sine tekabül etmektedir (DSİ, 2017). 2016 yılında Türkiye’de net sulama alanı 3 milyon hektardır (DSİ, 2017). Sulanabilir tarım arazilerinin büyük bölümü (yaklaşık %75-80’i) yüzeysel su, geri kalanı yeraltı suyu ile sulanmaktadır. 2016 yılında Türkiye’de sulama amaçlı kullanılan 43 milyar m<sup>3</sup> suyun % 77’si yüzey suyu, % 23’ü yeraltı suyudur (DSİ, 2017). Su dağıtım sistemlerinde kaçakların ve buharlaşma kayıplarının yüksek olduğu geleneksel sistemler çoğunluktadır.

Türkiye’nin küresel ısınmanın potansiyel etkileri bakımından riskli ülkeler grubunda olduğu düşünüldüğünde baraj sayısının artırılması önem kazanmaktadır. Ancak, Ortadoğu’da su sorunu olduğu için. Türkiye’nin sadece enerji üreten ve su tüketmeyen Keban ve Karakaya Barajı inşaatını yapması Suriye ve Irak’ın itirazlarına neden olmuştur. Türkiye’nin mevcut su kaynaklarının miktar, kalite ve ekosistem açısından korunmasını temin etmek için suyun etkin ve verimli kullanılması yönünde de gerekli tedbirlerin öncelikle tarım, sanayi ve içme-kullanma suyu sektörlerinde alınması zorunlu hale gelmiştir.

#### **4.4. TÜRKİYE’DE TARIMIN GENEL ÖZELLİKLERİ**

Türkiye, özellikle Anadolu tarih boyunca çeşitli uygarlıklara ev sahipliği yapmış bir coğrafyadır. Bu uygarlıklarda tarımsal faaliyetler, bölgenin iklim çeşitliliği nedeniyle çok çeşitli alanlarda yoğun bir şekilde yapılmıştır. Bu uygarlıkların en önemlileri, Asurlar, Hititler, Selçuklular, Anadolu Selçukluları

ve Osmanlılar olmuştur. Eski bir coğrafya olan Anadolu'da, eski dünyanın ticaret merkezi olmasının da verdiği canlılıkla, çok çeşitli tarımsal faaliyetler eski devirlerden beri sürdürüle gelmiştir. Selçuklular ve Osmanlılar döneminde toprakların mülkiyeti devletin olmuş ve kullanma hakkı kişilere verilmiştir. Özellikle Osmanlılardaki toprak düzeni, tarımsal faaliyetlere önemli ölçüde yön vermiştir. Bu dönemde tarım politikaları, askeri varlığın oluşturulması, vergilerin toplanması ve büyük şehirlerin gıda ihtiyacının karşılanması amaçlarına hizmet etmiştir.

Osmanlı döneminin sosyal, kültürel ve ekonomik tarihi hakkında bilgi veren Tahrir Defterlerindeki kayıtlar nüfusun %80-90'ının tarımsal faaliyetlerden gelir elde ettiğini göstermektedir. 1520-1530 yılları arasında da tahriri defterlerinden elde edilen bilgiler de tarım nüfusunun yüksekliği hakkında bilgi vermektedir. Osmanlı'nın gelişme döneminde (15 ve 16. yüzyıl) çiftçiler sahip oldukları üretim aracına göre adlandırılmış ve buna göre kategorilere ayrılmıştır. Köylüler tasarruflarındaki arazi büyüklüğüne göre çift, nîm çift, bennâk, caba, mücerred gibi sınıflara ayrılarak vergilendirilmişlerdir (Öz, 2000).

İmparatorlukta tarımsal faaliyetler büyük ölçüde devletin kontrolü altında devam etmiştir. Devlet mülkiyetine dayalı bu toprak sistemine mir-i arazi denilmektedir. Mir-i arazi rejiminde toprağın çıplak mülkiyet hakkı devlete aittir. Mir-i arazi rejiminde doğrudan yönetim tarafından oluşturulmuş ve hiyerarşik bir mülkiyet sıralaması getirilmiştir. Buna göre toprakta en büyük pay sahibi olan padişaktır. Bunu, sadrazam, vüzara, ümera, beylerbeyi, sancakbeyi ve askeri görevler için dirlik verilen sipahiler izlemektedir (Gürbüz, 1989).

Köylü irsi ve ebedi kiracı olarak toprağı işlemektedir. Köylü topraktaki tasarruf hakları karşılığında devlete vergi ödeme yükümlülüğüne sahip olmuştur. Bu vergilerin toplanması makam ya da kişilere belirli görevler karşılığında bırakılmıştır. Bu kişiler sahibi-i arz olarak anılmıştır. Fethedilen topraklar mir-i rejim uyarınca dirliklere ayrılıp buralarda sahibi-i arz'lar görevlendirilmiştir. Sahibi-i arz, bu görevleri karşılığında devlete silahlı asker (cebeli) yetiştirmek, donatmak ve gerektiğinde savaşa katılmakla mükellef olmuşlardır (Dinler, 1996).

Osmanlı mir-i rejimi 3 farklı toprak sistemini içinde barındırmıştır. Geliri 100 bin akçeden fazla "has" adındaki dirlikler olup üst düzeydeki idarecilere

tahsis edilmişlerdir. Has sahipleri tımandan farklı olarak her beş bin akçe için 1 asker hazırlamakla yükümlü olmuşlardır. Has göreve bağlı olarak verildiği için sahipleri de sık sık değişmiştir. Geliri 20-100 bin akçe arasında olan ikinci derecedeki emirler, beyler ve sancak beylerine verilen “zeamet” adındaki dirliklerdir. Zeamet sahipleri (Zaim) de her beş bin akçe için 1 asker hazırlamakla yükümlü olmuşlardır. Ekonomik açıdan toprakları rasyonel bir şekilde işleterek hububat üretiminin ara verilmeksizin sürdürülmesini amaçlayan tımar sistemi ise, Osmanlı tarımının temelini oluşturmuştur. Bu sistem, Selçuklu toprak düzeni olan “askeri ikta” sistemini esas almıştır. İktâ sistemi Hz. Ömer zamanında istila sonucu sahipsiz kalan toprakların devlete vergilerinin ödenmesi şartı ile şahıslara verilmesi yöntemi ile başlamıştır (Dinler, 1996).

Anadolu çeşitli kültür bitkileri, bu arada buğday yahut bazı türlerin ana yurdu gibi görülmektedir. Buğdayın birçok türü Anadolu’da bulunmuştur. Anadolu’da tarih, bu bölgede yazıyı ilk defa kullanmış olan Hititler ile M.Ö. 2 bin yılına doğru Mezopotamya ve Sümerlere nazaran bin yıl kadar gecikmeyle başlar. Yapılan araştırmalara göre Hititlerin başlıca ziraatı ve gıda maddesini buğday oluşturmaktaydı. Hititlerde önem taşıyan diğer bir ziraat kolu ise Bağcılık ve şarapçılık idi. Hititler devrinde Anadolu’da tarlalar sabanla sürülür ve sabanı öküz çekerdi. Kağrı arkasında kullanılan öküz Hititlerin evcil hayvanları arasında başlıca yeri tutuyordu. Diğer evcil hayvanlar at, eşek, katır, koyun, keçi, domuz, arı ve nihayet her yerde olduğu gibi köpekti.

Buradan da anlaşılacağı gibi Hititler devrinde, yani zamanımızdan 4-5 bin yıl önce Anadolu’da ziraat sabanı, kağrısı, ziraat alanları ve evcil hayvanları, işletilen toprakların bölünüş tarzı ve toprak mülkiyeti rejimi ile bazı ayrıntılar ve ufak farkların dışında Orta Anadolu’nun bugünkü zirai durumuna yaklaşacak derecede gelişmiş bulunuyordu. Tüm bunlar, Anadolu’da saban ziraatının çok eski ve muhtemelen Batı ve Orta Asya dünyası içinde bu ziraatın ana yurdu değilse bile, ana yurtlarından biri olduğunu gösterir.

Tarımda kullanıldığı dönemde büyük bir çığır açan karasaban insanlık tarihinin en önemli buluşlarından birisidir. Geçmişte Anadolu’da tarlalar sabanla sürülür ve sabanı öküz çekerdi (Tanoğlu, 1968: 43). Günümüzde olduğu kadar tarihsel olarak da Anadolu coğrafyasında önemli yer kaplayan tahıllar, özellikle de buğday, tarımın başlamasıyla birlikte insanın en önemli besin kaynağı olmuştur. Buğdayın insan ile ilişkisi yaklaşık 10 bin yıl önce

bugün İran, Türkiye, Suriye, Lübnan, İsrail ve Filistin topraklarını kapsayan bölgede (Bereketli Hilal) insanlar tarafından kültüre alınması ile başlamıştır. Bu ilişki buğdayın yüksek adaptasyon yeteneği ve kullanım çeşitliliğinden dolayı güçlenerek günümüze kadar gelmiştir. Bitkinin tohumlarından un, bulgur, nişasta ve makarna elde edilirken; sapsarı ise hayvan yemi-altlığı, kültür mantarı yetiştirme ortamı, yapı, izolasyon ve kâğıt malzemesi olarak hatta bitkisel sını örücülüğü gibi farklı alanlarda kullanılır.

Türkiye iklim ve yeryüzü şekilleri bakımından çok farklı özelliklere sahiptir. Yeryüzü şekilleri ve iklim tiplerinin kısa mesafelerde değişmesi Türkiye topraklarının farklı şekillerde kullanılmasına olanak hazırlamıştır. Toprakta yararlanma genel olarak tarım arazisi, çayır-mera alanları, ormançalı alanları ile yerleşim, ulaşım, taşlık, kayalık vb. olarak ayrılır (Karabağ & Şahin, 2014: 166). Bu bağlamda doğal koşulların belirlediği arazide topraktan en iyi şekilde faydalanma yapılan uygulamalarla değer bulmaktadır. Ülkemizdeki işletmelerden %25’inde sadece bitkisel üretim yapılırken, %72’sinde hem bitkisel hem de hayvancılık ve %3’ünde de yalnızca hayvancılık faaliyeti yapılmaktadır. Bu faaliyetler hem ülke içinde hem de ihracatta önemli rol oynamaktadır (Doğanay & Alım, 2019: 113).

Türkiye’de kanunlar tarafından tanımlandığı şekliyle ise tarım arazisi “Toprak, topoğrafya ve diğer ekolojik özellikleri bitkisel, hayvansal ve su ürünleri üretimi için uygun olan ve halihazırda bu amaçla kullanılan veya ekonomik olarak imar, ıslah ve ihya edilerek bitkisel, hayvansal ve su ürünleri üretimi için uygun hale dönüştürülebilen araziler”dir (TÖİK, 2014; TÖİK, 2018).

Türkiye tarım toprakları yapısal özellikleri açısından genel anlamda değerlendirilecek olursa; organik maddece fakir, ciddi anlamda rehabilitasyona ihtiyacı bulunan ve amaç dışı kullanım tehdidi (yapılaşma, endüstriyel faaliyetler, turizme terkedilmesi gibi) ile karşı karşıya bulunduğu söylenebilir. Bununla birlikte doğal faktörlerde Türkiye topraklarını önemli ölçüde etkilemektedir. Memleketimizin yüksek bir ülke oluşu, arazinin kuvvetli eğimi, topraklarımızın bazı hususiyetleri üzerinde derin tesirler yapar (Göney, 1987: 49). Bu durumun en tipik örnek ise Türkiye Topraklarının erozyona karşı olan duyarlılığıdır.

Türkiye’nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, nehirleri, doğal ve yapay gölleriyle 26,2 milyon hektarlık su yüzeyi bulunmasına rağmen, tarımsal

faaliyetlerde özellikle bazı bölgelerde su problemi yaşanmaktadır. Türkiye’de kırsal alanlardaki faaliyetler henüz istenilen seviyeye ulaşmamıştır. Bu sebeple elde edilen gelir yeterli olmadığından aileler ekonomik sıkıntı yaşadığından ülke içi göç hareketi devam etmektedir (Doğanay & Alım, 2019: 113).

Türkiye genel olarak dağlık bir arazi yapısına sahiptir. Topografyası engebeli bir özellik taşıyan Türkiye’de, tarım alanları dağınık, parçalı, toplu ve küçük alanlar ihtiva etmektedir. Özellikle Karadeniz, Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri’nde bu durum açıkça görülmektedir. Bu nedenle tarımsal faaliyetlerin verimi ve elde edilen üretimi de yine çok yüksek olmamaktadır. Türkiye’de ziraata tesis edilen arazilerin en geniş ve verimli kısmı, kıyı kuşağı dahilinde eski ve yeni alüvyal topraklar üzerinde bulunmaktadır (Göney, 1987: 56). Bir yandan tabiatın meydana getirdiği zorlu topografik ve iklim koşulları diğer yandan farklı kültürlerden kırsal toplulukların oluşturduğu değerler, Türkiye’de çok sayıda dağınık ve plansız kırsal yerleşmede, içine kapalı bir ekonomik yapının muhafaza edilmesine yol açmıştır (Bakırcı; 2007: 54). Ayrıca Türkiye’de tam anlamıyla Toprak reformunun hayata geçirilememiş oluşu da mevcut arazi varlığından ekonomik ölçüde yararlanılmasını büyük ölçüde engellemiştir.

Yüksek yayla karakterinde, engebeli ve dağlık arazi durumunda olan ülkemizin yarısından fazlası yükseltisi 1.000 metreyi aşan alanlardan oluşur. Yükseltiye bağlı olarak araziler de fazla eğime sahiptir. Ülkemizdeki toplam arazilerin %20 kadarı, %15 ve daha az eğimde; geriye kalan %80’i ise %15’ten yukarı eğimli arazilerden meydana gelmektedir. Topraklarımızın %70’e yakını, özellikle aşırı eğimli topoğrafya ve tarımsal tahribat sonucu erozyona maruz kaldığı için çok sığ ya da sığ derinliktedir. Derin toprak bakımından tarla tarımının yapılamadığı Doğu Karadeniz kıyı illeri en yoksun durumdadır. Trakya illeri ise ülkemizdeki tarla tarımı yoğunluğu ve dağılımı ile doğru orantılı olarak, derin ve çok derin topraklara sahip olma açısından başta gelir. Konya hem düze yakın eğime hem de miktar bakımından en fazla seviyede derin veya çok derin topraklara sahip ilimizdir (Dengiz, 2015).

Hâkim rüzgârların ve bunların getirdiği deniz etkisinin altında olsa da kuzeydeki ve güneydeki sıradağların neden olduğu “yağmur gölgesi” etkisi nedeniyle Türkiye’nin iklim özellikleri ile yeryüzü şekli özellikleri arasında sıkı bir bağ vardır. Türkiye’nin arazi yapısı ile buna bağlı olarak değişen iklim

özellikleri farklı coğrafi bölgelerin, bunların içinde de mikro iklimlerin oluşumunu mümkün kılmıştır.

Tarım arazilerinin ekonomik olarak kullanılabilirliğini belirlerken bu arazilerin sulanabilir olması da göz önüne alınmalıdır. Türkiye'nin yüz ölçümünün %36'lık kısmını oluşturan ekilebilir arazilerin yaklaşık %16'sı sulanmaktadır (TOB ve FAO, 2019a). Sahip olduğumuz kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su potansiyelinin %77'si gibi oldukça yüksek bir miktarsa tarımsal sulama için kullanılmaktadır (DSİ, 2020). Ülke topraklarının bu durumu, susuz tarıma eğilimi artırmış ve tahıl üretiminin tarımdaki payının yüksek olmasına yol açmıştır. Yağışların susuz tarım için yetersiz oluşu ve sulama yetersizliği ise nadas uygulamasının yaygın şekilde benimsenmesine neden olmuştur.

Türkiye son yıllara kadar bir tarım ülkesi olarak ekonomisi tarıma dayanmaktaydı. Ancak, 1970'li yılların sonu ve 80'li yılların başından itibaren diğer sektörlerin özellikle sanayinin büyük bir gelişme göstererek tarımdan elde edilen gelirlerin geri plana itildiği ve lokomotif sektör özelliğini kaybettiği görülmektedir. Nitekim 1980'deki GSYİH (Gayri safi yurtiçi hasıla)'nın %54,6'sını hizmetler, %21,2'sini sanayi, %24,2'sini ise tarım oluşturmaktaydı. Öte yandan 1980'e kadar ihracatımızda tarım ürünlerinin payı devamlı olarak sanayi ve maden ürünlerine nazaran kıyas edilmeyecek derecede yüksek iken, 1981'den itibaren sanayi ürünlerinin ihracatından elde edilen döviz geliri tarımı aşmıştır.

Tarım sektöründe çalışan nüfus her yıl azalmakla birlikte, diğer sektörlerde çalışan nüfusa oranla üstünlüğünü korumaktaydı. Bunun yanında tarıma tahsis edilen toprakların dağılışında az da olsa önemsenmeyecek gelişmeler olmuştur. Başta verimli tarımsal alanlar adeta sanayi ve yerleşmenin urbanı olur duruma gelmiştir. Nitekim başta Çukurova olmak üzere Bursa, Düzce (Bolu), İzmir illerinde vs. çoğu I. ve II. sınıf olan tarımsal alanlar, yerleşmeye ve sanayi sahalarına kaydırılmış, bunun yerine tarıma uygun olmayan mera ve hatta orman rejimi altında bulunması gereken sahalar tarıma tahsis edilmiştir.

Tarım arazilerinin %42'sini oluşturan 100 dekarın altındaki araziler, tarım işletmelerinin %85'ine aittir (TÖİK, 2018). 2001 yılında gerçekleştirilen Genel Tarım Sayımına göre tarım işletmelerinin binde 7'lik kısmı 50 hektar ve üzeri, %65,5'i de 5 hektardan küçük bir arazi varlığına sahiptir (ÇMUSEP, 2019). Çiftçi Kayıt Sistemine bakıldığında Türkiye'de işletmeler ortalama



olarak 2002 yılında 5,9 adet parselde sahipken, bu sayı 2011 yılında 6,9 adet parselde çıkmıştır. Ortalama arazi büyüklüğü ise 2011-2016 yılları arasında değişmeyecek 68 dekadır (TÖİK, 2018).

Ülkemiz ortalama 1.132 m. yükseltisiyle engebeli bir karakter göstermektedir. Tarım alanları ülke yüzölçümünün %34,6'sını oluşturmaktadır. Bunun dışında çayır ve mera alanları %13,3'ünü, % 27,8'ini ormanlık alan, % 24,3'ünü tarıma elverişsiz alanlar, kayalıklar ve yerleşim alanları oluşturmaktadır (Doğanay & Alım, 2019: 122).

Arızalı ve meyilli bir özellikte bulunan Türkiye topraklarının araziden faydalanılma tasnifi şöyledir. Tarıma elverişli topraklar toplam yüzölçümün %34,6'sını oluşturmaktadır. Tablo 4.2.'de görüldüğü gibi Türkiye'de I.-IV. Sınıf topraklar 26.546.585 hektar alan kaplamaktadır. Bu topraklar içinde bile 1. ve 2. sınıf arazinin toplam alanı %15,3'tür. Tarım açısından nitelik ve eğim bakımından en iyi özellikte olan I. Sınıf topraklar 5.012.537 hektarla toplam tarım alanının %19'unu oluşturmaktadır. İlk 4 sınıf içinde en fazla alan kaplayan III. Sınıf topraklardır. Bunu sırasıyla IV., II. Ve I. Sınıf topraklar izlemektedir. Tablodan da anlaşıldığı üzere I. Ve II. Sınıf toprakların azlığı, Türkiye gibi büyük ve nüfus artışı çoğu Avrupa ülkesine kıyasla yüksek bir ülke için ne kadar hayati bir öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır. Tarıma elverişli olmayan toprakların alanı %65,4 dür (Tablo 4.2.).

**Tablo 4.2.:** Türkiye'de Tarım Arazilerinin Sınıf Özellikleri (Akova Balcı, 2016).

Arazi Sınıfı	Tarım Açısından Niteliği	Eğimi (%)	Alan (Ha)	Oranı (%)
I. Sınıf	En İyi	≤ 2	5.012.537	6,5
II. Sınıf	İyi - Orta	3-6	6.758.702	8,8
III. Sınıf	Orta	7-12	7.574.330	9,7
IV. Sınıf	Yetersiz	13-20	7.201.016	9,5
<b>TOPLAM</b>			<b>26.546.585</b>	<b>34,6</b>

Tablo 4.3.'de görüldüğü gibi Türkiye topraklarının 2021 yılı itibariyle 38.063.000 hektarı tarım alanı olarak kullanılmaktadır. 2021 yılı itibariyle mevcut tarım topraklarının 19.851.000 hektarı işlenmektedir. Bu topraklar mevcut verimli ovalar ve vadi tabanları ile eğimin fazla olmadığı meyilli araziler ve orman arazisinin tahribi sonucu ziraata kazandırılan topraklar ile mera alanlarıdır.

**Tablo 4.3.:** Tarım ve Orman alanlarının Dağılışı (2019-2021) (TÜİK İstatistiklerle Türkiye 2021, 2022: 78).

	Bin Hektar		
	2019	2020(r)	2021*
Toplam Tarım Alanı	37.716	37.762	38.063
Toplam İşlenen Tarım Alanı	19.580	19.586	19.851
Ekilen Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alanı	15.398	15.628	16.031
Nadas Bırakılan Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alanı	3.387	3 173	3.059
Sebze Bahçeleri Alanı	790	779	755
Süs Bitkileri Alanı	5	5	5
Toplam Uzun Ömürlü Bitkilerin Alanı	3.519	3.559	3.595
Diğer Meyveler, İçecek ve Baharat Bitkileri Alanı	2.235	2 271	2.316
Bağ Alanı	405	401	390
Zeytin Ağaçlarının Kapladığı Alan	879	887	889
Çayır ve Mera Arazisi	14.617	14.617	14.617
Orman Alanı	22.740	22.740	22.933

Tarım alanları içinde ise %39,6'lık bir oranda ekili tarla alanı 1. sırayı teşkil etmekte %10,52'lik alanda nadas yapılmakta %5,5'lik alanda meyve-zeytin- bağ ziraatı, 1,6'lık alanda ise sebze ziraatı yapılmaktadır.

Ekili ve dikili alanlar (orman hariç %42,1)'in oranı 1965'te %23.0 iken 1997'da %47.1 oranına yükselmiştir. Ekili topraklar sözü ile de meyve ve sebzeler, bağlar, zeytinlikler, çay ve gül bahçeleri kastedilmiştir. %42,1 oranla 1. sırada bulunan ormanlar Türkiye topraklarının 1/4'ünü kaplamakta, bu oran gerçekte koru denilen iri gövdeli ağaç toplulukları ile ince gövdeli ağaçları, bozulmuş ormanları, çalıları ihtiva etmektedir. Türkiye topraklarının bölünüşünde ekili dikili alanların 1/5'ine yakın bir oran nadas (%10,8) alanları teşkil eder. Ülke yüzeyinin ¼'den fazlasını çayır ve otlaklar (%28) oluşturur. Bunlar hayvancılık bakımından önemli bir oran olarak kaşımıza çıkar. Ürün getirmeyen topraklar ise %4,1 oranında bataklık ve kumsal alanlardır.

Türkiye'de bölgelere göre yetişen ürünler zengin bir çeşitlilik ve buna bağlı farklılık göstermektedir. Kuşkusuz bunun sebebi doğal ve beşerî koşullardır. Türkiye'de tarımı etkileyen doğal faktörler içinde topografya (yükselti, bakı, eğim), iklim (sıcaklık, yağış), toprak şartları (derinlik, erozyon)

ve su kaynakları gelmektedir. Örneğin Batı Anadolu'da Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Bakırçay ovalarında ilkbahar mevsiminde yağışların normalin üstüne çıktığı ve taşkınların ovalardan geç çekildiği yerlerde pamuk ekimi gecikmektedir. Böyle hallerde pamuk ekiminden o yıl için vazgeçilmekte ve pamuk yerine yetiştirme devresi daha kısa olan mısır ve susam gibi mahsuller yetiştirilmektedir (Göney & Doğan Sertkaya, 2014: 149). Beşerî faktörler içinde de işgücü, ekonomik durum, tohum ıslahı, bilgi, emek, teknoloji (makineleşme), ulaşım, yasal düzenlemeler, gelenekler ve Pazar şartları kendini göstermektedir. Tarımsal faaliyetler insanın kültürel gelişimine ve paralel olarak önemli ölçüde değişmiştir. İnsanın geliştirdiği her türlü bilimsel ve teknolojik yenilik tarıma uygulanmış bunun sonucunda geçmiş dönemlerde kıyaslanmayacak şekilde ekim alanları genişlemiş ve üretim artışları sağlanmıştır (Bulut, 2006: 12-13).

Türkiye kurak sahalarında hâkim olan ekonomik faaliyet hububat ziraatıdır. Bu tip ziraatın yanında, bölgelere göre önem dereceleri değişerek sulama ile endüstri bitkileri, meyve yetiştiriciliği ve hayvancılık da bölgelerin zirai faaliyetlerini temsil eder. Kurak bölgelerde hububat ziraatı, özellikle güneydoğu, İç Anadolu ve Trakya'da zirai faaliyetlerin en yaygın ve hâkim karakteri halindedir. Akdeniz bölgesinde ise ziraat çeşitlilik göstermektedir. Turunçgiller, zeytin, bağlar, endüstri bitkileri vb. Sulamanın esas olduğu bu faaliyetler dışında, genel ekim alanlarının %50 sini kaplayan hububat tarlaları bu çeşitliliğe yardım etmektedir. Ege bölgesi ise, hububat tarlaları ekim alanlarının %50-60'ını teşkil etmesine rağmen, endüstri bitkileri ekiminin ve meyve ağaçları yetiştirilmesinin Türkiye'de en ileri gittiği sahadır. Trakya, İç Anadolu ve güneydoğu Anadolu bölgelerinde hayvancılık, ekstansif bir hayvancılık, hububat ziraatının yanında görülen diğer bir faaliyettir.

Arazi tahribatı ile erken tanışan topraklarımızın sınırları içinde bulunan ormanlar, meralar ve tarım arazileri yoğun kullanım neticesinde sürekli tahrip edilmiştir. Ülkemizde görülen arazi tahribatının, çölleşmenin ve bu olumsuzluklar nedeniyle beliren riskin büyük bölümünün, beşerî faaliyetler sonucu ortaya çıktığı söylenebilir. Yaygın olarak uygulanan tarım yöntemleri toprağın kalitesini azaltmış; fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliğini yitirmesine, verimliliğinin düşmesine neden olmuştur. Türkiye'deki çölleşme/arazi tahribatı konusunda en önemli çalışmalardan biri olan Çölleşme Hassasiyet Haritasına göre Türkiye'nin %22,5'i yüksek çölleşme hassasiyetine

sahipken %50,9'u ise orta düzeyde çölleşme hassasiyetine sahiptir (ÇMUSEP, 2019).

Tarım yılı bazında yapılan analizler yaşanan kurak dönemlerin bitkisel üretimi nasıl etkilediğinin görülmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda yapılan iki çalışmada (Şimşek vd. 2008; Şimşek, 2010) 2006-2007 ve 2007-2008 tarım yılları analiz edilmiş ve bu dönemde yaşanan şiddetli kuraklığın bitkisel üretim üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkiler değerlendirilmiştir. Bir diğer çalışmada ise tarım yılı bazında 1981-2009 dönemi analiz edilmiş, kurak ve nemli dönemler belirlenmiş ve bunların trend analizleri yapılmıştır (Şimşek, 2010). Bu çalışmalar yaşanacak benzer kurak süreçlerde üreticiler için yol haritası niteliği taşıdığından büyük önem arz etmektedir.

Türkiye'de kullanılabilir durumdaki tarımsal alanların yaklaşık olarak %85'lik kısmında kuru tarım yapılmaktadır. Su ayak izi analizleri açısından bakıldığında ise Türkiye'de tarımsal üretimden kaynaklanan su ayak izinin %64'ünün üretim süreci boyunca kullanılan yağmur suyuna karşılık gelen yeşil su ayak izine ait olduğu bilinmektedir. Üretim süreci boyunca kullanılan yüzey ve yeraltı su miktarına karşılık gelen mavi su ayak izi ise %19'dur (WWF, 2014). Buradaki verilere göre ülkedeki tarımsal üretimin büyük çoğunluğunda yağmur sularının etkili olduğu söylenebilir. Kuru şartlardaki tarımsal üretimde yağışın durumuna göre birim alandan elde edilen ürün düzeyi oldukça değişkendir.

Gelecekteki kuraklık senaryolarına göre yağışın azalmasına bağlı olarak verimin düşeceği ve ürün kayıpları yaşanarak bu konunun kriz boyutuna geleceği tahmin edilmektedir (Doran vd., 2009). Bu sorunu hafifletebilmek ve gıda güvenliğini arttırabilmek adına Türkiye'de 8,5 milyon hektarlık alan sulu tarıma, uygun arazilerin 6,5 milyon hektarı ise sulamaya açılmıştır (Aydın, 2019). 2018 yılı itibariyle DSİ'ce inşa edilerek işletmeye açılan 3.334.521 ha net sulama alanının 317.299 ha (%9,5'i) DSİ'ce, 2.501.282 hektarı (%75'i) ise tesis işletme bakım ve yönetim sorumluluğunu devralan kuruluşlar tarafından işletilmektedir. DSİ tarafından yapılan sulama alanlarının %83'ü yerüstü su kaynaklarından %17'si yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır. İşletmeye açılan sulama alanlarının %56'sı barajlardan, %7'si göletlerden ve %20'si ise göl ve akarsulardan sağlanmaktadır. DSİ'ce işletilen sulamalarda, sulanan alanların %62'si yüzeysel sulama, %21 yağmurlama ve %17 ise damla sulama

yöntemiyle sulanmaktadır (DSİ, 2019). Sulanan alanlarda mısır, hububat ve pamuk en yüksek ekiliş oranlarına sahiptir. 2018 yılına ait sulama sonuçlarına göre DSİ tarafından işletmeye açılan tesislerden sulanan alandaki bitki desende %21,9'lık pay ile mısır ilk sırada, %19,7'lik oran ile pamuk ikinci sırada ve %12'lik payla hububat üçüncü sırada yer almaktadır (DSİ, 2019).

84 milyona yaklaşan ülke nüfusunun dağılımında yıllar içinde büyük değişiklikler yaşanmıştır. 1927 yılında, ülke nüfusunun yaklaşık %76'sı kırsalda yaşarken 1960'lı yıllarda başlayan göç dalgaları ile nüfus kentsel alanlarda toplanmaya başlamıştır (TÜİK, 2020b). Bugün, kırsal nüfusun toplam nüfus içindeki oranı 2012 yılında çıkarılan Büyükşehir Yasası ve azalan köy sayısının da etkisi ile TÜİK verilerine göre %7'lere düşmüştür.

Hem kırsal nüfusun azalması hem de kırsalda kalan nüfusun yaşlanması, beraberinde işgücü sıkıntısı ve yeniliklere adaptasyonda zorlukları getirmektedir. Yapılan hane halkı işgücü araştırması sonuçlarına göre istihdam edilen yaşlı nüfusun (65 yaş ve üzeri) sektörel dağılımı incelendiğinde, 2018 yılında yaşlı nüfusun %65,5'inin tarım, %27,3'ünün hizmet, %4,7'sinin sanayi, %2,5'inin ise inşaat sektöründe yer aldığı görülmektedir (AÇSHB, 2020).

Tarım topraklarımızı tehdit eden bir diğer önemli sorun da tuzluluktur. Dünyada ve Türkiye'de sulu tarım alanlarının yüzde 20'si hatalı ve fazla sulamadan ötürü aşırı tuzlanmıştır. Ülkemizde 4,2 milyon hektar alan; tuzlanma nedeniyle verimliliğini ve üretkenliğini kısmen ya da tamamen yitirmiştir (Doğan, 2011; TÖİK, 2014).

İklim değişikliğinin etkisi sonucu, ülkemizin de içinde yer aldığı Akdeniz Bölgesi'nde artan sıcaklıklar nedeniyle; orta, güney ve güneydoğu bölgelerimiz şu an için bile yarı kurak iklim kuşağı içerisinde ve çölleşme riski ile karşı karşıya bulunmaktadır. Etkisini hızlanarak gösterecek olan iklim değişikliği nedeniyle güney bölgelerimizdeki iklim, Suriye ve Irak ile benzerlik gösterecek; orta ve kuzey bölgelerimiz de şu an güney bölgelerimizdeki iklim yapısına sahip olacaktır. Kısacası, iklim değişikliği nedeniyle tüm bölgelerimizde kuraklık ve çölleşme riski artacaktır (Şahin & Kurnaz, 2014).

Ülkemiz tarımını tehdit eden toprak problemleri ve bu problemlerin yol açacağı verim kaybı öncelikli olarak kendini tahıl üretiminde gösterecektir. En çok üretilen ve tüketilen ana ürün olan buğdaydaki verim kayıpları, ülke ekonomisini zedeleyeceği gibi insanların yeterli gıdaya ulaşamaması ve dışa bağımlılık gibi büyük sorunlara yol açabilir. Ayrıca, buğday ekili alanların

%78’inde kuru tarım yapıldığı düşünülürse; ülkemizde buğday üretimi yağış miktarı ve rejimi ile doğrudan ilgilidir. Bu da iklim değişikliği kaynaklı beklenen kuraktan, kuru tarım üzerinden buğday üretiminin etkileneceğini göstermektedir. Beklenen kuraklık karşısında ürün rekoltesinde yaşanacak kayıpların engellenmesi ve tarım topraklarımızın tekrar sağlığına kavuşabilmesi için on yılı aşkın süredir ülkenin çeşitli bölgelerinde, özellikle buğday üretim alanlarında Tarım ve Orman Bakanlığı, üniversiteler ve üreticiler koruyucu tarım yöntemlerinin yaygınlaşması için çalışmaktadır. Türkiye genelinde en çok uygulanan koruyucu tarım yöntemi doğrudan ekimdir. 2015 yılı itibarıyla doğrudan ekim yapılan alanların, toplam işlenebilir tarım alanlarının %1’i kadar olduğu tahmin edilmektedir (Çelik, 2016).

Tarım sektörü geçmişten günümüze ülkelerin gündeminde önemli bir yere sahiptir. Türkiye de bu alandaki eğilimlerden istisna değildir. Dünya tarım ekonomileri arasında onuncu sırada bulunan Türkiye yaklaşık 50 milyar dolarlık yıllık üretim kapasitesiyle küresel tarım sektörünü etkileyebilecek güçtedir. Son yirmi yılda kendi tarımsal üretimini dönüştüren Türkiye yeni bir eşığe gelmiştir. Osmanlı’dan itibaren önemini koruyan tarım sektörü teknolojik değişimle eski dönem üretim tekniklerini geride bırakırken teknoloji geliştikçe üretim daha kolay hale gelmekte ve eski teknikleri benimseyenler küresel trendleri takip edememektedir. 85 milyonluk nüfusuyla Türkiye ise kendi kendine yeterli bir tarım sektörünü inşa edebilir. Bu inşa aşamasında son on sekiz yıllık dönemde meydana gelen değişimler önemli bir konuma sahiptir. Özellikle teknolojinin daha fazla kullanılmaya başlanması tarımsal üretimi artırırken kas gücüne olan ihtiyacı azaltmıştır.<sup>9</sup> Böylelikle istihdam edilen kişi başına tarımsal üretim değeri dünya ortalamasının üzerine çıkmıştır. 2002-2020 döneminde 3 bin 285 dolardan 9 bin 281 dolara çıkan istihdam edilen kişi başına tarımsal üretim dünya ortalamasının yüzde 232 üzerindedir.<sup>10</sup> Tarımsal üretim değeri 2002-2020 döneminde yüzde 94 artarak 24,48 milyar dolardan 48,52 milyar dolara yükselmiştir. İhracat da 4,57 milyar dolardan 24,34 milyar dolara çıkarak yüzde 432,6 artış göstermiştir (İstikbal, 2022: 10).

2020 itibarıyla Türk tarımının üretim gücü incelendiğinde küresel gıda ekonomisinde önemli bir güce eriştiği görülmektedir. Özellikle sebze, meyve, tahıl ve hayvansal üretimin üç kattan fazla arttığı anlaşılmaktadır. Örneğin 2002- 2020 döneminde süt üretimi 8,4 milyon tondan 22,96 milyon tona; et üretimi 420 bin tondan 1,2 milyon tona; tohum üretimi 145 bin tondan 1,24

milyon tona; yem bitkisi üretimi 758 bin tondan 2,46 milyon tona; meyve üretimi 14,5 milyon tondan 23,6 milyon tona; sebze üretimi 25,8 milyon tondan 31,2 milyon tona ve tahıl üretimi 30,83 milyon tondan 37,2 milyon tona çıkmıştır (İstikbal, 2022: 10).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz düzensiz bir yağış rejimine sahiptir. Yağışlardaki değişkenlikler anlamlı bir seyir takip etmemektedir. Bu da ülkemizin, şiddeti değişmekle birlikte zaman zaman kuraklık riskiyle karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Bölgesel olarak bu tarım yılında yaşanan kuraklık sadece Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde kendisini hissettirmiştir. Diğer bölgelerimiz ise normalleri ve üzerinde yağış almıştır. En fazla artış %35 ile İç Anadolu bölgesinde yaşanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi %7 ile normallerinin altında yağış alan tek bölgemizdir.

Ülkemiz kurak bölgelerindeki buğday üretimi mevcut iklim tiplerinin çok değişken olan şartlarına sıkı sıkıya bağlıdır. Bu bağlılığın sebebi ise sulamalı tarım yapılan araziler dışındaki tarım sahalarında modern tarım metotlarının uygulanmamasıdır. Türkiye'de bazı yıllarda yıllık buğday üretim miktarları ülke ihtiyacının üstünde olurken bazı yıllarda ise ülke ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bunun nedeni ise tarım faaliyetleri ile iklim arasındaki sıkı ilişkidir.

Bugün ekim alanlarının gelecekte büyük ölçüde gelişeceği beklenmemektedir. Türkiye topraklarını bilimsel yolda incelemiş olan Hervey OAKES, 1954'te ciddi bir toprak erozyonu tehlikesi olmadan sürülebilecek alanın Türkiye'de 16,4 milyon hektarı geçmediğini ileri sürmektedir. Halbuki bu alan nadas toprakları ile 1956'da 24,3 milyon hektar, 1965'te 26,4 milyon hektar, 1990'da 27,7 milyon hektara yükselmiştir.

Ekili- dikili alanlar genişledikçe, özellikle kuru tarım (tahıl ekimi) alanı büyüdükçe nadas topraklarının da hızla arttığı görülmektedir. Son 50 yılda nadas topraklarının %4,8'den, %10,8'e yükseldiği görülmektedir. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi ekili dikili alanların genişlemesi tüm kategorilerdeki tarım alanlarından alan kazanma şeklinde olmuştur.

Türkiye'de 2000'li yıllara kadar en önemli ekonomik faaliyet olan tarım, güç kaybetmeye başlayarak sanayi ve hizmet sektörleri de gelişmeye ve büyümeye başlamıştır. Elbette bu sevindirici bir husustur. Ancak tarımsal faaliyetlerin güç kaybetmesi büyük sorunları da beraberinde getirmektedir.

Türkiye'nin çeşitli bölge, bölüm ve yöreleri arasında; iklim, bitki örtüsü, yerleşme ve ulaşım bakımından olduğu gibi topraktan faydalanma bakımından da büyük ayrılıklar görülür. Türkiye'nin faydalanma bakımından toprakların bölünüş oranları coğrafi bölgeler arasında da çok değişir. Ekili- dikili topraklar



bakımından rölyefin fazla kuvvetli olmadığı Marmara ve İç Anadolu bölgeleri başta gelir. Bunları Ege bölgesi izler. Yine rölyefi kuvvetli olmayan Güneydoğu Anadolu bölgesinin de Türkiye ortalamasını aşacak derecede ekili-dikili alanı bulunur. Buna karşılık Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde dağların fazla alan kaplaması bu bölgelerde ekili dikili alanların Türkiye ortalamasından aşağı düşmesine sebep olmuştur. Bu sebeple ekili dikili alanların rölyefi kuvvetli Doğu Anadolu bölgesinde, İç ve Marmara bölgesine göre 3 kat daha az olduğu görülür. Bu bölgede çayır ve otlakların Türkiye'nin 3/5'i kadar olduğu görülür. Bu oran doğudan batıya doğru azalarak Marmara bölgesinde 1/4' e kadar düşer.

Dağınık bir karakter gösteren ekim alanları bazı yerlerde geniş, bazı yerlerde ise dar alanlar işgal etmektedir. Makineli ziraatın büyük ölçüde yapıldığı İç Anadolu platoları, Çukurova, Amik Ovası, Ege ovalarında alanlar genişlemektedir. Ekim alanların fazla dağınıklık gösterdiği asıl alanlar, dağ sıralarının fazla yer tuttuğu kenar bölgeler, başka bir deyişle yüzey şekillerinin fazla dağınık olduğu yerlerdir ki, gerçekten buralarda tarım toprakları birbirinden boş arazilerle ayrılmış, irili ufaklı parçalar halinde vadi tabanlarının elverişli yerleri, vadi yamaçlarındaki taraçalar, plato satırları, dağlar arasında çukur alanlar dağılmış vaziyettedir. İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde geniş düzlüklerin bulunması yağış eksikliği gibi nedenlerle tahıl ekimi yapılır.

Genel olarak yazların sıcak ve kurak geçtiği ülkemizde ziraatta su, problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Sulama ile topraktan yılda 2 ve daha fazla ürün alınmaktadır. Bugün gelişi güzel yapılan sulamanın 1/4'ü pamuğa ayrılmakta, ikinci sırada ise sebze, buğday meyve bahçeleri, şekerpancarı, mısır ve pirinç tarlaları gelmektedir.

Bugün sulamanın en önemli problemi çok pahalıya mal olmuş büyük tesisler ile suyun kullanılması arasındaki dengesizliktir. Bu durumu düzeltmek için su dağıtma kanalları ile tarla içi sulama tesisleri yapmaya önem vermek gerekmektedir.

Ayrıca sulamanın tahıldan ziyade ihracat elverişli ürünleri teşvik edecek ürünlere yöneltilmesi gerekmektedir. Tahıl ürünleri, endüstri bitkileri ile nöbetleşmeye gidildiği için sulanan tarlalara ekileceği gibi bazı yerlerde sulama imkânları sınırlı olduğundan tahılların nöbetleşmeye girdiği görülür. Bu şartlarda iyi tohum ve uygun gübre kullanılması şartıyla buğdaydan yüksek

verim sağlanabilir. Ayrıca sulama işi, iyi tohum ve gübre kullanımı ile birlikte yürütülmelidir.

Suya en çok gereksinim duyan sektör tarımdır. Tarıma harcanan suyun büyük bir bölümü sulama tekniğindeki aksaklıklardan dolayı boşa gitmektedir. Sulamada, geleneksel yöntemler yerine modern yöntemler kullanılmalıdır. Günümüzde çiftçilerin büyük bir bölümü tarlaya su basarak, ya da suyu paralel hendeklerden akıtarak sulamakta ve suya yön vermek için yerçekiminden yararlanmaktadır. Bu durumda bitkiler suyun çok azını emmekte geri kalanı ise toprağa karışmaktadır. Bu uygulama birçok yerde suyun boşa gitmesine ve kirlenmesine yol açmaktadır. Aynı zamanda toprağın aşınma, suyla dolma ve tuzlanması sonucunda verimini yitirmesine de neden olmaktadır. Günümüzde su gereksinimini neredeyse yarıya indiren çok daha verimli ve çevreye çok daha az zarar veren yöntemler bulunmaktadır.

Sulama tekniklerinden en verimli olanı yağmurlama ve damlatmalı sulama sistemidir. Yağmurlama veya damlatmalı sulama sistemi, su kullanımını %70 azaltırken, ürün miktarını ise %90 artırmaktadır. Ancak bu sistemlerden ülkemizde çok az faydalanılmaktadır.

Son yıllarda tarımsal tekniklerinde görülen gelişim, ilaç ve gübre kullanımının yaygınlaşması sayesinde çeşitli ürünlerimizde eskiye oranla önemli artışlar olmuştur. Nitekim buğdaydan 1 ton civarında hektardan alınan 1 ton ürün 1982'de 2 tona yaklaşmış, 1990'da 2 tonun üzerine çıkmıştır.

Memleketimizde her bölgenin kendine has coğrafi muhit şartlarının en iyi şekilde değerlendirilmesi ve bu muhit şartlarına en uygun ziraat sistemlerinin uygulanması gerekir. Bu husus sadece Türkiye ziraatını değil ayrıca Türkiye iktisadi hayatının gelişmesi ve düzelmesinde de çok büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde tarımla sektöründe çalışanlara bölgesel bazda ekim yaptıkları tarım topraklarının özellikleri öğretilmeli ve bu topraklara uygun en ekonomik tarım bitkileri seçilmeli, seçilmiş tohumlarla ekim yapılmalı ve özellikle sulamalı tarım yapılan bölgelerde modern sulama yöntemleri hakkında sektör bilgilendirilerek bu yöntemleri uygulamaya teşvik edilmelidir.

Ülkemizde kurak sahalarda halen basit sulama şebekeleri ile sulanan sahalardan mevcuttur. Buradaki şebekelerin ıslahı, aynı zamanda asıl önemli geniş sahalardan sulanmasını sağlayacak sulama şebekelerinin oluşturulması kurak bölgeler açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye, dünya üzerinde kuraklığın sürekli olarak tehdit oluşturduğu yarı kurak bir kuşakta yer

almaktadır. Geçmiş dönemlerde kuraklık zaman zaman ülkemizde büyük zararlara sebep olmuştur. Özellikle tarımda doğal koşulların etkisine açık bir yapıda olan bitkisel üretimimizde kuraklık nedeniyle büyük dalgalanmalar oluşmuş, gıda açığı ve yüksek fiyatlar ortaya çıkmıştır. Halen günümüzde de tarımda ve içme suyu temininde sıkıntılar yaşanmakta, 21. yüzyılda yaşanabilecek iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkacak kuraklığın bu sıkıntıların daha da artmasına sebep olması beklenmektedir. Bu nedenle kuraklığın, değişik disiplinlerden uzmanların oluşturduğu bir merkez tarafından sürekli olarak izlenmesi ve tehlike iyice büyümeden gerekli uyarılar yapılarak oluşabilecek zararların en aza indirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu gayeyle kanunla oluşturulan “Türkiye Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı” Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Koordinatörlüğü’nde, başta MGM olmak üzere ilgili resmi ve sivil kurum ve kuruluş uzmanlarından oluşan kurul komisyonlar tarafından, her ay düzenli olarak takip edilmektedir ve konunun ciddiyeti açısından gerekli ve önemlidir. Bu çalışmaların kesintisiz olarak sürdürülmesinde ve takip edilmesinde yarar vardır.

Büyük sermaye yatırımları, kurak bölge çiftçileri açısından yeni ziraat tekniği ve daha değerli ve verimli bitkilerin yetiştirilmesini sağlayacak olan sulu tarım sahalarının artırılması gereklidir. Ancak sulama imkânının mevcut olmadığı veya modern sulama tesislerinin uygun görülmediği sahalarda zirai faaliyetlerde modern kuru tarım metodunun uygulanması gerekmektedir. Ayrıca bu tip sahalarda tarımsal faaliyetlere yardımcı olarak yapılacak hayvancılık faaliyetleri tarımla uğraşan sektör insanlarının ekonomilerine katkı sağlamakla birlikte kuraklığın yol açtığı olumsuzluğu nispeten azaltacaktır.

Kısa süren şiddetli kurak dönemlerde karşılaşılan sorunlar ile daha uzun süreli yaşanan kuraklığın neden olduğu sorunlar aynı olmasına karşılık, uzun süreli yaşanan kurak dönemlerde ortaya çıkan zararlar daha etkili olacaktır. Bu nedenle, kuraklık için alınacak önlemler, kuraklık olaylarının şiddeti, alansal tutarlığı ve süresi dikkate alınarak oluşturulmalıdır.

Ülkemizde yağışların alansal ve zamansal dağılımlarının düzenli bir rejim izlememesi farklı şiddette kuraklık olaylarının yaşanmasına neden olmaktadır. Yer altı ve yer üstü sularının varlığının devamı için özellikle Türkiye’deki kış ve bahar yağışlarındaki değişimler (yağışın miktarı ve şekli) oldukça önemlidir. Küresel iklim değişimi sonucunda, Türkiye ortalama

sıcaklıklarda 1994 yılından itibaren bir artış trendine girmiş ve bu artış trendi 2005'lerden itibaren belirginleşmiştir (Çamalan vd., 2019b).

Analizler zaman dönemi arttıkça kuraklığın daha az tekrar ettiği ama daha uzun süreli etkili olduğunu göstermektedir. 3 aylık zaman ölçeğinde kuraklık daha sık ama daha kısa süreli etkili olmakta, 12 aylık zaman ölçeğinde kuraklığın etki süresi artmakta sıklığı azalmaktadır.

Kısa süren şiddetli kurak dönemlerde karşılaşılan sorunlar ile daha uzun süreli yaşanan kuraklığın neden olduğu sorunlar aynı olmasına karşılık, uzun süreli yaşanan kurak dönemlerde ortaya çıkan zararlar daha etkili olacaktır. Bu nedenle, kuraklık için alınacak önlemler, kuraklık olaylarının şiddeti, alansal tutarlığı ve süresi dikkate alınarak oluşturulmalıdır.

Çok çeşitli yöntemlerle yaşanmış ve yaşanması muhtemel meteorolojik kuraklıkların özelliklerinin ortaya konması ve elde edilen sonuçların kuraklık yönetim planlamalarında çeşitli kullanıcılara ileriye yönelik daha sağlıklı plan ve programlama yapmalarına yarar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- ADİYAMAN, A. & GÜNAY, S. (2011). Türkiye’de Yüksek Tarım Maliyeti Sorununun Çözümünde Biyodizelin Yeri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 13 (19): 105-122.
- AİLE, ÇALIŞMA VE SOSYAL HİZMETLER BAKANLIĞI (AÇSHB) (2020). Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Yaşlı Nüfusun Demografik Değişimi (pdf dosyası), <https://www.ailevecalisma.gov.tr/media/45354/yasli-nufus-demografik-degisimi-2020>,
- AKAR, S. (2013). Doğal Afetlerin Kamu Maliyesine ve Makro Ekonomiye Etkileri: Türkiye Değerlendirmesi, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 21: 185-206, Bandırma, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/203402>, (E.T: 06.06.2023).
- AKBAŞ, A. (2014). Türkiye Üzerindeki Önemli Kurak Yıllar, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12 (2): 101-118.
- AKHTARI, R. & MORID, S. & MAHDIAN, M. H. & SMAKHTIN, V. (2009). Assessment of Areal Interpolation Methods for Spatial Analysis of SPI and EDI drought indices, *International Journal of Climatology*, 29: 135–145.
- AKIN, M. & AKIN, G. (2007). Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, *Ankara Üniversitesi DTCF Dergisi*, 47(2): 105-118.
- AKOVA BALCI, S. (2015). Aquaculture and Its Distribution in Turkey, *Journal Of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 1: 160-190.
- ALLEY, W. M. (1984). The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. *Journal of Application Meteorology*, 23 (7): 1100–1109.
- ANISFELD, S. C. (2010). Water Resources, Island Press, Washington, Dc, Us.
- ANJUM, S. A. & XIE, X. & WANG, L. & SALEEM, M.F. & MAN, C. & LEI, W. (2011). Morphological, Physiological and Biochemical Responses of Plants to Drought Stres, *African Journal of Agricultural Research*, 6: 2026-2032.
- ARDEL, A. (1940). Umumi Coğrafya Dersleri Klimatoloji I, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Enstitüsü Yayın No: 7, Yenidevir Basımevi, İstanbul.

- ASAR, M. & YALÇIN, S. & YÜCEL, G. & NADAROĞLU, Y. & ERCİYAS, H. (2007). Zirai Meteoroloji, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/zirai-meteoroloji.pdf>, (E.T: 12.05.2023).
- ASHRAF, M. & ROUTRAY, J. K. (2013). Perception and understanding of drought and coping strategies of farming households in north-west Balochistan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 5: 49-60.
- AYDIN, M. (2019). Tarımsal Sulama, *Türk Tarım Orman Dergisi*. Mayıs-Haziran 2019: 10-26.
- AYDIN, F. & SARPTAŞ, H. (2018). İklim Değişikliğinin Bitki Yetiştiriciliğine Etkisi: Model Bitkiler İle Türkiye Durumu, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24 (3): 512-521.
- BACANLI, Ü. G. & SAF, B. (2005). Kuraklık Belirleme Yöntemlerinin Antalya İli Örneğinde İncelenmesi, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Sempozyumu, Antalya, 22-25/09/2005.
- BACANLI, Ü. G. & SAF, B. (2012). Kuraklık Belirleme Yöntemlerinin Antalya İli Örneğinde İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli.
- BAKIRCI, M. (2007), Türkiye’de Kırsal Kalkınma Kavramlar-Politikalar-Uygulamalar, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- BARUA, S. & NG, A. W. M. & PEREIRA, B. J. C. (2011). Comparative Evaluation of Drought Indexes: Case Study on the Yarra River Catchment in Australia, *Journal of Water Resources Planning and Management-ASCE*, 37: 215-226.
- BATIMA, P. & BAT, B. & TSERENDORJ, TS. (2006). Evaluation of Adaptation Measures for Livestock Sector in Mongolia. AIACC Working papers, [http://www.start.org/Projects/AIACC\\_Project/working\\_papers/Working%20Papers/AIACC\\_WP41\\_Batima.pdf](http://www.start.org/Projects/AIACC_Project/working_papers/Working%20Papers/AIACC_WP41_Batima.pdf), (E.T: 10.06.2023).
- BENCHAAR, C. & POMAR, C. & CHIQUETTE. J. (2001). Evaluation of Dietary Strategies to Reduce Methane Production in Ruminants: A Modeling Approach, *Canadian Journal of Animal Science*, 81: 563-574.
- BERIHULAY, H. & ABIED, A. & HE, X. & JIANG, L. & MA, Y. (2019). Adaptation Mechanisms of Small Ruminants to Environmental Heat Stress, *Animals*, 9(3): 75.
- BİRLEŞMİŞ MİLLETLER ÇÖLLEŞME İLE MÜCADELE SÖZLEŞMESİ (BMÇMS) (1997). Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara.

- BOUSTANI HEZARANI, A. (2010). Urmia Gölü Havzasında Kuraklık İncelenmesi, Azad İslami Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mahabad, İran.
- BULUT, İ. (2006), Genel Tarım Bilgileri ve Tarımın Coğrafi Esasları (Ziraat Coğrafyası), Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara.
- BRYANT, E. A. (1993). Natural Hazards, Cambridge University Pres, [Aktaran: MMO (1999), Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Meteorolojik Önlemler Raporu, Armoni Ofset: Ankara].
- BYUN, H. R. & WILHITE, D. A. (1999). Objective quantification of drought severity and duration, *Journal of Climate*, 12: 2747–2756.
- CHARNEY, J. & STONE, P. H. & QUIRK, W. J. (1975). Drought in the Sahara: A Biophysical Feedback Mechanism, *Science*, 187: 434-435.
- CHEN, J. & LIN, L. & LÜ, G. (2010). An Index of Soil Drought Intensity And Degree: An Application on Corn and a Comparison with CWSI, *Agricultural Water Management*, 97(6): 865-871.
- COOK, E.R. & MEKO, D. M. & STAHL, D. W. & CLEVELAND, M. K. (1999). Drought Reconstructions for the Continental United States, *Journal of Climate*, 12 (4): 1145–1162.
- ÇAKMAK, B. & AKÜZÜM, A. (2009). Tarımsal Altyapı ve Sulama. Ziraat Mühendisleri Odası. "Küresel Kriz, Türkiye ve Gıda Güvencesi" Sempozyumu 15 Ekim 2009. S.189-214, Ankara.
- ÇALIKOĞLU, M. (2002). Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp.pallasiana Lamb.Holmboe) Orijinlerinin Kuraklığa Karşı Reaksiyonlarının Ekofizyolojik Analizi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- ÇAMALAN, G. & AKGÜNDÜZ, A. S. & ÇETİN S. & ARABACI, H. (2019a). SPEI Kuraklık İndisi İle Türkiye’de Kuraklık Olaylarının Analizi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, 10. Ulusal Hidroloji Kongresi, 2019 Muğla/TURKEY.
- ÇAMALAN, G. & AKGÜNDÜZ, A. S. & ÇETİN, S. & ARABACI H. (2019b). “Normalleştirilmiş Yağış-Evapotranspirasyon Kuraklık İndisi (SPEI) İle Türkiye İçin Kuraklık Projeksiyonları, 9. Uluslararası Atmosfer Bilimleri Sempozyumu (ATMOS 2019), İstanbul/Türkiye.
- ÇAMALAN, G. AKGÜNDÜZ, A. SERAP & ÇETİN, S. & DOĞAN, H. (2021), Türkiye Kuraklık Projeksiyonları, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü, Ankara, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/kuraklilprojeksiyon.pdf>,

(E. T: 12.04. 2023).

- ÇELİK, A. (2016). Türkiye’de Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekimin Benimsenmesi ve Yaygınlaştırılması için Atılması Gereken Adımlar. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12 (4): 243-253.
- ÇOMAKLI, B. & ÖNER, T. & DAŞCI, M. (2012). Farklı Kullanım Geçmişine Sahip Mera Alanlarında Bitki Örtüsünün Değişimi, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(2): 75-82.
- ÇÖLLEŞME/ARAZİ BOZULUMU VE KURAKLIKLA MÜCADELE TERİMLER SÖZLÜĞÜ (2015). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cem/icerikler/collesmesozluk-20211108120304.pdf>, (E.T: 18.05.2023).
- ÇÖLLEŞMEYLE MÜCADELE ULUSAL STRATEJİSİ VE EYLEM PLANI (ÇMUSEP) (2019). Çölleşmeyle Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2019-2030. Tarım ve Orman Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- DEMİR, E. & CECCOBELLI, S. & BILGINER, U. & PASQUINI, M. & ATTARD, G. & KARSLI, T. (2022). Conservation and Selection of Genes Related to Environmental Adaptation in Native Small Ruminant Breeds: A Review. *Ruminants*, 2(2): 255-270.
- DEMİRDÖĞEN, A. (2020). Türkiye’de Sıcaklık Değişimi ve Tarım Alanları. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 26 (2), 167-176.
- DENGİZ, O. (2015). Türkiye Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal Ve Verimlilik Özellikleri. Toprak Amenajmanı Kitabı (Der). Gazi Kitabevi. Ankara.
- DOĞAN, O. (2011). Toprak ve Su Kaynaklarımız ve Geleceği. II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. Ankara.
- DEVLET SU İŞLERİ (DSİ) (2009). Su ve DSİ, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri, 5. Dünya Su Formu, İstanbul 2009.
- DEVLET SU İŞLERİ (DSİ) (2017). 2. Ormancılık ve Su Şurası - DSİ Barajlar ve HES Dairesi Raporu. Afyonkarahisar: OSİB.
- DEVLET SU İŞLERİ (DSİ) (2018). DSİ 2018 Ajandası, DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, Ankara.
- DEVLET SU İŞLERİ (DSİ) (2018). DSİ Genel Müdürlüğü Resmi Görüşü, DSİ, Ankara.
- DEVLET SU İŞLERİ (DSİ) (2019). 2018 Yılı DSİ’ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme Raporu, DSİ’ce İşletilen ve Devredilen



- Sulama Tesisleri 2018 Yılı Sulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi, s.5-8.
- DEVLET SU İŞLERİ (DSİ) (2020). Yılı Faaliyet Raporu, <https://cdn.nys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/759/1107/DosyaGaleri/DS%C4%B0%202020-yili-faaliyet-raporu.pdf>, (E.T: 29.05.2023).
- DEVLET SU İŞLERİ (DSİ) (2021). 2021 Faaliyet Raporu, Toprak ve Su Kaynakları, erişim adresi: [https://cdn.nys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/2021\\_yili\\_faaliyet\\_raporu.pdf#page=42](https://cdn.nys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/2021_yili_faaliyet_raporu.pdf#page=42), (E.T: 19.11.2022).
- DEVLET SU İŞLERİ (DSİ) (2022). Toprak Su Kaynakları, Erişim adresi: <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>, (E.T:19.11.2022).
- DINLER, Z. (1996). Tarım Ekonomisi, IV. Basım, Ekin Yayınları, Bursa.
- DRACUP, J.A & LEE, K. S. & PAULSON, E. G. (1980). On the Definition of Droughts. *Water Resources Research* 16(2):297-302.
- DOĞAN, S. (2013). Konya Kapalı Havzası Kuraklık Karakterizasyonunun Zamansal Konumsal Analizi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Konya.
- DOĞAN, S. & BERKTAY, A. & SINGH, V. P. (2012). Comparison of Multi-Monthly Rainfall Based Drought Severity Indices, With Application to Semi-Arid Konya Closed Basin, Turkey, *Journal of Hydrology*, 470-471: 255-268.
- DOĞANAY, S. & ALIM, M. (2019). Türkiye Beşerî ve Ekonomik Coğrafyası, PEGEM Akademi, 2. Baskı, Ankara.
- DORAN, İ., KOCA, Y. K., KILIÇ, T. (2009). Olası İklim Değişiminin Diyarbakır Tarımına Etkileri. V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 16-17 Ekim 2008, 369-377, Ankara.
- DOWNER, R. N. & SIDDIQUI, M. M. & YEVJEVICH, V. (1967). Applications Of Runs to Hydrologic Droughts. In. In Proc. Int. Hydrology Symp. Fort Collins, CO: Colorado State University, 496-505.
- DUNKEL, Z. (2009). Brief Surveying and Discussing of Drought Indices Used in Agricultural Meteorology, *Idjárs*, 113: 23-37.
- EKICI, M. & AKAY A. (2011), Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Afet Çalışmaları, Dönem Projesi, Türkiye Ortadoğu AMME İdaresi Enstitüsü Kamu Yönetimi Yüksek Lisans Programı, Ankara.

- EKİNCİ K. & SAYILI M. (2010). Tarım Arazilerinin Parçalanmasını Önlemeye Yönelik Mevzuat Üzerine Bir İnceleme. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2): 121-129.
- ELLIS, J. E. & SWIFT, D. M. (1988). Stability of African Pastoral Ecosystems: Alternate Paradigms and Implications for Development, *Journal of Range Management*, 41: 450-459.
- ERDOĞAN, Z. & ZEYDAN, Ö. & SERT, H. (2008). İklim değişikliği ve sağlık üzerine etkileri. *İstanbul Üniversitesi Florance Nightingale Hemşirelik Dergisi*, 16(61): 71-76.
- EREM KAYA, T. & ATSAN, T. (2008). Küresel Isınmanın Tarım Üzerine Etkileri. Türkiye 8. Tarım Ekonomisi Kongresi, 25-27 Haziran 2008, 155-163, Bursa.
- ERİNÇ, S. (1957). Tatbiki Klimatoloji ve Türkiye İklimi, İstanbul Teknik Üniversitesi Hidroloji Enstitüsü Yayınları, İstanbul.
- ERİNÇ, S. (1965). Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayın No: 41, İstanbul.
- FARAJZADEH, M. & MOVEHHEDE DANEŞ, A. E. & KAEMI, H. (1999). İran'da kuraklık, *Daneşe Keşaverzi Dergisi*, 5 (1 ve 2): 13-50.
- FAO/UNEP (1984), Methodology for Assessment and Mapping of Provisional Desertification, FAO, Rome / ITALY.
- FAO (2022). Dünya Gıda ve Tarım Örgütü. FAOSTAT, Livestock Primary. Erişim tarihi: 01.06.2023.
- GBECKOR-KOVE, N. (1989), Drought and Desertification, WMO / TD-No:286, WCAP No: 7: 41-73, Geneva.
- GIBBS, W. J. & MAHER, J. V. (1967). Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of Meteorology Bulletin, No. 48. Commonwealth of Australia. Melbourne.
- GÖKTÜRK, S. & UYSAL, T. (2020). İklim Değişikliği ve Mera Islahının Önemi, *Apelasyon*, Sayı: 77.
- GÖNEY, S. (1987). Türkiye'de Ziraatın Coğrafi Esasları, İstanbul Üniversitesi Yayın no: 2600, Coğrafya Enstitüsü Yayın No: 110, İstanbul Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- GÖNEY, S. & DOĞAN SERTKAYA, Ö. (2014). Sıcak Bölgelerde Ziraat Hayatı, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- GUTTMAN, N. B. (1998). Comparing the Palmer Drought Index and The Standardized Precipitation Index, *Journal of the American Water Resources Association*, 34(1): 113-121.

- GUTTMAN, N. B. (1999). Accepting the Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm, *Journal of the American Water Resources Association*, 35(2): 311-322.
- GÜRBÜZ, M. (1989). Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı'nın Tarihi Gelişimi, TODAİ Uzmanlık Tezi, Ankara.
- HARE, F. K. (1983). Climate and Desertification, WMO WCP No: 134, Geneva,
- HARE, F. K. (1985). Climate Variations Drought and Desertification, WMO No: 653, (İklim Değişmeleri, Kuraklık ve Çölleşme D.M.İ.Genel Müdürlüğü Yayını (1987), Çeviren: M. Türkeş, Ankara), Geneva.
- HAYES, M. J. (2000). Drought indices, National Drought Mitigation Center, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA.
- HAYES, M. J. & ALVORD, C. & LOWREY, J. (2007). Drought Indices, *Intermountain West Climate Summary*, 3(6): 1-6.
- HEİM, R. R. (2002) A review of twentieth-century drought indices used in the United, *States. Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83: 1149–1165.
- HEJAZIZADEH, Z. & JAVIZADEH, S. (2011). Introduction to Drought and its Indices. Samt Publications. 358s, İran.
- HEZARANI, A. B. (2018). Farklı Kuraklık Analiz Yöntemlerinin Yeşilirmak Havzasında İncelenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Samsun.
- HOEKSTRA, A. Y. & CHAPAGAIN, A. K. & ALDAYA, M. M. & MEKONNEN, M. M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard, Earthscan, London, UK.
- HONG, X. & GUO, S. & ZHOU, Y. & XIONG, L. (2015). Uncertainties in Assessing Hydrological Drought Using Streamflow Drought Inde for the Upper Yangtze River Basin, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 29(4): 1235-1247.
- HOLECHEK, J. L. & PIEPER, R. D. & HERBEL, C. H. (2004). Range Management: Principles and Practicies. Prentice Hall, New Jersey 607 p
- IŞIK, F. & KESKİN., S. & SABUNCU, R. & ŞAHİN, M. & BAŞ. N. & KAYA, Z. (2002). Kızılcımda (*Pinus brutia* Ten.) Farklı Populasyonlara Ait Fidanların Kuraklık Stresine Morfolojik ve Fenolojik Tepkileri Bakımından Genetik Çeşitlilik. T.C. Orman Bakanlığı Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayını. Orman Bakanlığı Yayın No: 159. Müdürlük Yayın No: 017. ISSN: 1302-3624. 37 s.

- İSTİKBAL, D. (2022). Küresel Trendler Çerçevesinde: Türkiye Tarımının Gelişimi ve Gelecek Vizyonu, SETA | Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı (SETA), Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık A.Ş., İstanbul.
- JENSEN G. M. & MOORE, L. G. (1997). The Effect of High Altitude and Other Risk Factors on Birth Weight: Independent or Interactive Effects? *American Journal of Public Health*, 87(6): 1003-1007.
- KADIOĞLU, M. (MART 2001). “Kuraklık Kıranı”, *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi*, 17-24, İstanbul.
- KADIOĞLU, M. (2008A). Kuraklık Risk Yönetimi ve Uygulaması. Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı (11-12 Eylül 2008) Bildiri Kitabı. Konya, s.1-16.
- KADIOĞLU, M., (2008B): Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi; Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”; s. 277-300, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.
- KADIOĞLU, M. (2011). Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek, T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını, İstanbul.
- KAHYA, E. & KALAYCI, S. (2004). Trend Analysis of Stream Flow in Turkey, *Journal of Hydrology*, 289: 128–144.
- KALAMARAS, N. & MICHALOPOULOU, H. & BYUN, H. R. (2010). Detection of Drought Events in Greece Using Daily Precipitation, *Hydrology Research*, 41(2): 126-133.
- KALEFETOĞLU, T. & EKMEKÇİ, Y. (2005). Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri ve Dayanıklılık Mekanizmaları. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*. 18(4): 723 – 740.
- KANG, K.W. & PARK, C.Y. & KIM, J. H. (1992). Neural Network and its Application to Rainfall-runoff Forecasting. *Korean Journal of Hydrosience*, 4: 1-9.
- KAPLUHAN, E. (2013). Türkiye’de Kuraklık ve Kuraklığın Tarıma Etkisi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27: 487-510, İstanbul.
- KARABAĞ, S. & ŞAHİN, S. (2014), Türkiye Beşerî ve Ekonomik Coğrafyası, PEGEM Akademi, Ankara.
- KAO, S. C. & GOVINDARAJU, R. S. (2010). A Copula-Based Joint Deficit Index for Droughts, *Journal of Hydrology*, 380 (1–2): 121-134.
- KEYANTASH, J. & J. A. DRACUP (2002). The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices, *American Meteorological Society*, 83: 1167–1180.

- KHARIN, N. G. & PETROV, M. P. (1977), Glossary of Terms on the Natural Conditions and Development of Deserts, Ylym, Askhabad.
- KIYMAZ, S. & GÜNEŞ, V. & ASAR, M. (2011). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi İle Seyfe Gölünün Kuraklık Dönemlerinin Belirlenmesi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 28 (1): 91-102.
- KIM, D. W. & BYUN, H. R. & CHOI, K. S. (2009). Evaluation, Modification, and Application of the Effective Drought Index to 200-Year Drought Climatology of Seoul/Korea, *Journal of Hydrology*, 378: 1-12.
- KIM, D. W. & BYUN, H. R. (2009), Future Pattern of Asian Drought Under Global Warming Scenario, *Theoretical and Applied Climatology*, 98: 137-150.
- KIM, C. K. (2011). The Effects of Natural Disasters on Long – Run Economic Growth, *Michigan Journal of Business*, 4(1):11- 49, <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/79459/chulkyu.pdf?se>, (E.T: 06.06.2023).
- KOLUMAN DARCAN, N. & DAŞKIRAN, İ. & ŞENER, B. (2013). Ekstansif Sistemde Yetiştirilen Keçilerde Sıcaklık Stresinin T4 (Tiroksin), T3 (Triiyodotironin), Kortizol Hormonları Üzerine Etkileri, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(3): 29-36.
- KOYUNCU, M. (2017). Küresel İklim Değişikliği ve Hayvancılık, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(2): 98-106.
- KÖMÜŞÇÜ, A.Ü. (1999). Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey, *Drought Network News*, 11: 7-13.
- KÖMÜŞÇÜ, A.Ü & ERKAN, A. & TURGU. E. (2002). Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu ile Türkiye’de Kuraklık Oluşumunun Coğrafik Analizi, DMI Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara.
- KURNAZ, L. (2014). Kuraklık ve Türkiye. İstanbul Politikalar Merkezi-Mercator Politika Notu, 1-18.
- KUŞVURAN, S. & DASGAN, Y. & ABAK, K. (2011). Responses of Different Melon Genotypes to Drought Stress, *Yüzüncü Yıl University Journal of Agriculture Science*, 21: 209-219.
- LANA, X. & BURGUENO, A. (2000). Statistical distribution and spectral analysis of rainfall anomalies for Barcelona (NE Spain), *Theoretical and Applied Climatology*, 66: 211-227.
- LE HOUÉROU, H. N., BINGHAM, R. L., SKERBEK, W. (1988). Relationship between the Variability of Primary Production and the Variability of Annual Precipitation in World Arid Lands, *Journal of Arid*

*Environments*, 15: 1-18.

- LINSLEY R. K, JR. & KOHLER, M. A. & PAULHUS, L.H. JOSEPH (1958). *Hydrology for Engineers*, McGraw-Hill Book Company, <https://blog.dil.com.bd/wp-content/uploads/2021/07/Hydrology-for-Engineers-by-Ray-K.-Linsley-pdf.pdf>, (E.T: 11.06.2023).
- MANIKAVELU, A. & NADARAJAN, N. & GANESH, S. K. & GNANAMALAR, R. P. & BABU, R. C. (2006). Drought tolerance in rice: morphological and molecular genetic consideration, *Plant Growth Regulation*, 50: 121-138.
- KAYA, M. D. & OKÇU, G. & ATAK, M. & ÇIKILI, Y. & KOLSANCI, Ö. (2006). Seed Treatments to Overcome Salt and Drought Stress During Germination in Sunflower (*Helianthus annuus* L.), *European Journal of Agronomy*, 24 (4): 291-295.
- MCKEE, T. B. & DOESKEN, N. J. & KLEIST, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, 17-22 January 1993, Pp: 179-184, Boston, American Meteorological Society.
- MCKEE, T.B. & DOESKEN, N. J. & KLEIST, J. (1995). Drought Monitoring with Multiple Timescales. In: Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology, Dallas, Texas, 15–20 January 1995. Boston American Meteorological Society, 233–236 January 15–20. Dallas. Texas.
- METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (MGM) (2016). GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Türkiye İçin Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları (pdf dosyası), Ankara, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2016/6.pdf>, (E.T: 19.04.2023).
- METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (MGM) (2019). “Yağış Değerlendirmesi”, MGM Yayınları, Ankara.
- METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (MGM) (2019). “İklim Değerlendirmesi”, MGM Yayınları, Ankara.
- MEIXIU, Y. & QIONGFANG, L. & MICHAEL, S. H. & MARK, D.S & RICHARD, R. H. (2014). Are Droughts Becoming More Frequent or Severe in China Based on the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index: 1951–2010?, *International Journal of Climatology*, 34(3): 545-558.
- MEENA, R. S. & LAL, R. (2018). Legumes for Soil Health and Sustainable Management. *Springer*, Singapore.

- MENGÜ, P. G. & ANAÇ, S. & ÖZÇAKAL, E. (2011). Kuraklık Yönetim Stratejileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48 (2): 175-181.
- MISHRA, A. K. & SINGH, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391: 202–216.
- MISHRA A. K. & SINGH VP. (2011). Drought Modeling - A Review. *Journal of Hydrology*, 403: 157-175.
- MOA(MINISTRY OF AGRICULTURE OF INDIA)(2009). Manual for Drought Management, Dept. Of Agriculture and Cooperation, Government of India, New Delhi.
- MODARRES, R. (2007). Streamflow Drought Time Series Forecasting. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 21 (3): 223-233.
- MOLDENHAUER, L. (1998). Drought, No fear! *Rangelands*, 20(6): 30-31.
- MORID, S. & SMAKHTIN, V. & MOGHADDASI, M. (2006). Comparison of Seven Meteorological Indices for Drought Monitoring in Iran, *International Journal of Climatology*, 26: 971–985.
- MORID, S. & SMAKHTIN, V. & BAGHERZADEH, K. (2007). Drought Forecasting Using Artificial Neural Networks and Time Series of Drought Indices, *International Journal of Climatology*, 27: 2103–2111.
- MULINDE, C. & MAJALIWA, M. & TWESIGOMWE, E. & EGERU, A., (2016). Meteorological Drought Occurrence and Severity in Uganda, 185-208, *Disasters and Climate Resilience in Uganda: Processes, Knowledge and Practices*, Nakileza, BR, Bamjtaze, Y, Mukwaya, P (Eds), UNDP, Kampala, Uganda, 185-208.
- MULUK, Ç. B. & KURT, B. & TURAK, A. & TÜRKER, A. & ÇALIŞKAN M. A. & BALKIZ, Ö. & GÜMRÜKÇÜ, S. & SARIGÜL, G. & ZEYDANLI, U. (2013). Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi*.
- NAQVI, S.M.K., DE, K., KUMAR, D., SAHOO, A. (2017). Mitigation of Climatic Change Effect on Sheep Farming Under Arid Environment. In *Abiotic Stress Management for Resilient Agriculture* (pp. 455-474). Springer, Singapore.
- NALBANTIS, I. (2008). Evaluation of a Hydrological Drought Index. *European Water*, 23(24): 67–77.
- NARASIMHAN, B. & SRINIVASAN, R. (2005). Development and Evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for Agricultural Drought

- Monitoring, *Agricultural and Forest Meteorology*, 133: 69–88.
- NTALE, H. K. & GAN, T. (2003). Drought indices and their application to East Africa, *International Journal of Climatology*, 23: 1335–1357.
- OKUR, B. & YAĞMUR, B. & OKUR, N. (2022), *KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SÜRECİNDE TARIMSAL ÜRETİMİN KALİTESİ*, Kitabı İçinde Bölüm: İklim Değişikliğinin Tarımsal Faaliyetler Üzerine Olası Etkileri, Sayfa: 7-31, IKSAD Yayınevi, Ankara.
- OAKES, H. (1958). Türkiye Toprakları, TYZMO Yayınları, No:18, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.
- ÖZ, M. (2000). Osmanlıda Klasik Dönemde Tarım, Yeni Türkiye Yayınları, Cilt:3, Ankara.
- PALMER, W. C. (1965). Meteorological Drought, Research Paper No: 45, US Department of Commerce Weather Bureau, Washington DC.
- PALABIYIK, D. Ç. (20 OCAK 2021). Türkiye’de 2020 yılı 984 ile en fazla ekstrem hava olayının yaşandığı yıl oldu; Anadolu Haber Ajansı, <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/turkiyede-2020-yili-984-ile-en-fazlaekstremhava-olayininyasandigi-yil-oldu/2116209>, (E.T:22.05.2023).
- PANU, U. S. & SHARMA, T. C. (2002). Challenges in drought research: some perspectives and future directions. *Journal of Hydrological Sciences*, 47: 19-30.
- PANDEY, R. P. & DASH, B. B. & MISHRA, S. K. & SINGH, R. (2008). Study of indices for drought characterization in KBK districts in Orissa (India), *Hydrological Processes*, 22: 1895–1907.
- PATEL, N. R. & CHOPRA, P. & DADHWAL, V. K. (2007). Analyzing spatial patterns of meteorological drought using standardized precipitation index, *Meteorological Applications*, 14, 329–336.
- PEGRAM, G. & CONYNGHAM, S. & AKSOY, A. & BAHAR, B. & ÖZTOK, D. (2014). Türkiye’nin Su Ayak İzi Raporu: Su, Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi, WWF-Türkiye.
- PETERSON, P. R. & SHEAFFER, C. C. & HALL, M. H. (1992). Drought Effects on Perennial Legume Yield and Quality. *Journal of the American Society of Agronom*, 84, 774-779.
- QUIRING, S.M. & PAPAERYIAKOU, T. N. (2003). An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies, *Agricultural and forest meteorology*, 118(1-2): 49-62.
- REID, R. S., GALVIN, K. A., KRUSHA., R.L. (2008). Global significance of



- extensive grazing lands and pastoral societies. In: Galvin K.A., editor. Fragmentation in semi-arid and arid landscapes: consequences for human and natural systems. Dordrecht, Netherlands.
- RESHMA NAIR, M. R. & SEJIAN, V. & SILPA, M. V. & FONSECA, V. F. C. & DE MELO COSTA, C. C. & DEVARAJ, C. & KRISHNAN, G. & BAGATH, M. & NAMEER, P. O. & BHATTA, R. (2021). Goat as the ideal climate resilient animal model in tropical environment: Revisiting advantages over other livestock species. *International Journal of Biometeorology*, 65(12): 2229-2240.
- ROUDIER, P. & MAHE, G. (2010). Study of Water Stress and Droughts with Indicators Using Daily Data on the Bani River (Niger basin, Mali), *International Journal of Climatology*, 30: 1689–1705.
- SANDFORD, S. (1979). Towards a definition of drought. In Proceedings Symposium on Drought in Botswana June 5-8, 1978, Gaborone, Published by the Botswana Society in collaboration with Clark University Press, Gaborone, 33-40.
- SHAFER, B. & DEZMAN, L. (1982). Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to Assess the Severity of Drought Conditions in Snowpack Runoff Areas. Proceedings of the Western Snow Conference. 50. Colorado State University Fort Collins, CO, 164-75.
- SIRDAŞ, S. (2002). Meteorolojik kuraklık modellenmesi ve Türkiye uygulaması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- SIRDAŞ, S. & ŞEN, Z. (2003). Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi. Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, *İ.T.Ü. Dergisi Mühendislik*, 2 (2): 95 – 103.
- SIMMONDS, I. & HOPE, P. (2000). Persistence characteristics of Australian rainfall anomalies, *International Journal of Climatology*, 17: 597–613.
- SNYMAN, H. A. & FOUCHE, H. J. (1993). Estimating Seasonal Herbage Production of a Semiarid Grassland Based on Veld Condition, Rainfall and Evapotranspiration, *African Journal of Range and Forage Science*, 10: 21-24.
- SMAKHTIN, V. U. & HUGHES D. A. (2007). Automated Estimation and Analyses of Meteorological Drought Characteristics From Monthly Rainfall data, *Environmental Modelling and Software*, 22: 880-890.
- SON, N. T. & CHEN, C. F. & CHEN, C. R. & CHANG, L. Y. & MINH, V. Q. (2012). Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 18: 417–427.

- SOYLU, S. & SADE, B. (2012). İklim Değişikliğinin Tarımsal Ürünlere Etkisi Üzerine Bir Araştırma Projesi. Mevlâna Kalkınma Ajansı, Proje No: TR51/12/TD/01/020, Konya.
- STEINEMANN, A. C. & HAYES M. J. & CAVALCANTI, L. F. N. (2005). Drought Indicators and Triggers, Drought and Water Crises, *Science, Technology, and Management Issues* (pp. 71-92). CRC Press.
- ŞAHİN, Ü. & KURNAZ, D. (2014). İklim Değişikliği ve Kuraklık (pdf dosyası), İstanbul Politikalar Merkezi, İstanbul, <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200326-02031103.pdf>, (E.T: 13.05.2023).
- ŞAYLAN, L. & DURAK, M. & ŞEN, O. (1997). Kuraklık ve etkileri, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Sempozyumu Bildirileri (7-9 Ekim 1997, Ankara), s. 433-444.
- ŞİMŞEK, O. & MURAT, A. & ÇAKMAK, B. (2008). 2006-2007 Tarım Yılı Kuraklık Analizi. Kuraklık ve Su Yönetimi Toplantısı Bildiri Kitabı, 15-16 Mayıs 2008 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantısı. ÇOB DSİ Genel Müdürlüğü V. Bölge Müdürlüğü, s.199-213, Ankara.
- ŞİMŞEK, O. (2010). Türkiye’de Tarım Yılı Kuraklık Değerlendirmesi Ve Bitki Gelişim Modeli İle Buğdayda Kuraklık-Verim Analizi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Ankara.
- ŞİMŞEK, O. & ÇAKMAK, B. (2010). Su Bütçesi Yöntemiyle Buğday Üretimi Risk Analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü*, 1: 431-441.
- SHUKLA, V. (2007). Modeling Spatio-Temporal Pattern of Drought Using Three Dimensional Markov Random Field. International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede”, The Netherlands Master of Science, 1-53.
- SYGM, 2016: İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi, Proje Nihai Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- TANOĞLU, A. (1968), Ziraat Hayatı (Ziraat Tarihine Bir Bakış ve Orta İklim Memleketlerinde Ziraat), Genişletilmiş 2. Baskı, Cilt I, İst. Üniv. Yay. No:177, Coğrafya. Ens. Yay. No: 8, İstanbul.
- TATLI, H. & TÜRKES, M. (2011). “Empirical orthogonal function analysis of the Palmer drought indices”, *Agricultural and Forest Meteorology*, 151: 981-991.

- TARIM ORMAN DERGİSİ (2019),  
<http://www.turktarim.gov.tr/EDergi/253/mobile/html5forpc.html>, (E.T: 18.05.2023).
- TARIM ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU (TÖİK) (2014). Onuncu Kalkınma Planı Tarım Özel İhtisas Komisyonu Tarım Arazilerinin Sürdürülebilir Kullanımı Raporu, Kalkınma Bakanlığı, Ankara.
- TARIM ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU (TÖİK) (2018). On Birinci Kalkınma Planı Toprak ve Suyun Sürdürülebilir Kullanımı Tarım Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Kalkınma Bakanlığı, Ankara.
- TEKELİ, İ. (2020). İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri, TAGEM e-Bülten, 2020, Sayı:7,  
[https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/E\\_BULTEN/ebu%C%88lten\\_Temmuz\\_2020.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/E_BULTEN/ebu%C%88lten_Temmuz_2020.pdf), (E.T: 12.06.2023).
- THOM, H. C. S. (1966). Some Methods of Climatological Analysis. WMO Technical Note Number 81, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- THORNTON, P. K. & HERRERO, M. T. & FREEMAN, H. A. & OKEYO MWAI, A. & REGE, J. E. O. & JONES, P. G. & MCDERMOTT, J. J. (2007). Vulnerability, Climate Change and Livestock-Opportunities and Challenges for the Poor. *J Semi-Arid Trop Agric Res* 4(1): 1-23.
- THORNTON, P. K. & VAN DE STEEG, J. & NOTENBAERT, A. & HERRERO, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural systems*, 101(3): 113-127.
- THUROW, T. L. & CHARLES, A. & TAYLOR, JR. (1999). Viewpoint: The role of drought in range management. *Journal of Range Manag.*, 52 (5): 413-419.
- TOB ve FAO. (2019a). Küresel Toprak Paydaşlığı ve Türkiye Toprak Bilgi Sistemi. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, Ankara.
- TOPÇU, E., (2013). L-Momentler Ve Standard Yağış İndeksi (Syi) Yardımıyla Seyhan Havzası Kuraklık Analizi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı – Yüksek Lisans Tezi.
- TOSUNOĞLU, F. (2014). Türkiye'deki Meteorolojik Ve Hidrolojik Kuraklıkların Atmosferik Salınımlarla Olan İlişkilerinin İncelenmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Konya.
- TUCKER, C. J. (1989). "Comparing SMMR and AVHRR data for drought monitoring", *International Journal of Remote Sensing* 10 (10), ss. 1663–

1672.

TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU (TÜİK) (2020a). Tarımsal Alet ve Makine İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>, (E.T: 19.05.2023).

TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU (TÜİK) (2020b). Genel Nüfus Sayımları, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=>, (E.T: 19.05.2023).

TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU (TÜİK) (2022). İstatistiklerle Türkiye 2021, [https://www.tuik.gov.tr/media/announcements/istatistiklerle\\_turkiye\\_2021.pdf](https://www.tuik.gov.tr/media/announcements/istatistiklerle_turkiye_2021.pdf), (E.T: 19.05.2023).

TÜMERTEKİN, E. (1957). Kurak Bölgelerde Ziraat, İst Üniv Yay. No: 713, İktisat Fak. Yay. No: 96, İstanbul.

TÜRKEŞ, M. (1990). Türkiye’de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. Basılmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.

TÜRKEŞ, M. (1999). Vulnerability Of Turkey To Desertification With Respect To Precipitation And Aridity Conditions. Tr. J. OfEngineering And Environmental Science 23. Tübitak.

TÜRKEŞ, M. (2007). İnsanın küresel iklim üzerindeki etkileri, gözlenen ve öngörülen iklim değişkenliği ve değişiklikleri ile sonuçları, Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu, 13-14 Aralık 2007, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Bildiriler Kitabı, İstanbul.

TÜRKEŞ, M. & TATLI, H. (2010). Kuraklık ve Yağış Etkinliği indislerinin Çölleşmenin Belirlenmesi, Nitelenmesi ve izlenmesindeki Rolü içinde Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 245-263, Çorum.

TÜRKEŞ, M. (2012). “Kuraklık, Çölleşme Ve Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Savaşım Sözleşmesi’nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi”, Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi 20, ss. 7-55.

TÜRKİYE TARIMSAL KURAKLIKLA MÜCADELE STRATEJİSİ VE EYLEM PLANI (2023-2027) (TTKMSEP) (2022), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Tarımsal Çevre ve Doğal Kaynakları Koruma Daire Başkanlığı, <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/0TARIMSAL%20C3%87EVRE%20VE%20DO%20C4%9EAL%20KAYNAKLARI%20KORUMA%20DA%20C4%B0RE%20BA%20C5%9EKANLI%20C4%9EI/Yay%20C4%B1nlar%20C4%B1m%20C4%B1z/Tar%20C4%B1msal%20Kurakl%20C4%B1kla%20Mu%20CC%88cadele.pdf>, (E.T: 03.06.2023).

- TSAKIRIS, G. AND VANGELIS, H. (2004). Towards a Drought Watch System Based on Spatial SPI, *Water Resources Management*, 18:1–12.
- TSAKIRIS G. & VANGELIS H. (2005). Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. *European Water*, 9 (10): 1-9.
- TSAKİRİS, G. & ROSSİ, G. & IGLESİAS, A. & TSİOURTİS, N. & GARROTE, L. & CANCELLİERE, A. (2006). Drought indicators report. *Report made for the needs of the European Research Program MEDROPLAN (Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning)*.
- TSAKIRIS, G. & PANGALOU, D. & VANGELIS, H. (2007). Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI), *Water Resources Management*, 21(5): 821-833.
- TSKB (2019). Su Yeni Elmas, erişim adresi: [https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/TSKBBakis\\_SUYeniElmas\\_Subat2019.pdf](https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/TSKBBakis_SUYeniElmas_Subat2019.pdf) erişim tarihi:10.10.2022.
- UÇAN, K. & KILLI, F. & GENÇOĞLAN, C. & MERDUN, H. (2007). “Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under field conditions”. *Field Crops Research* 101, ss. 249–258.
- ULUSAL SU PLANI (2019-2023). T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NHYP%20DEN%C4%B0Z/ULUSAL%20SU%20PLANI.pdf>, (E.T: 19.05.2023).
- UNCCD (The United Nations Convention to Combat Desertification), (1995). *The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. Text with Annexes, United Nations Environment Programme (UNEP), Geneva.*
- UYDURANOĞLU ÖKTEM, A. & AKSOY, A. (2014), Türkiye'nin Su Riskleri Raporu, WWF-Türkiye, [http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiyenin\\_su\\_riskleri\\_\\_raporu\\_web.pdf](http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiyenin_su_riskleri__raporu_web.pdf), (E. T: 27.05.2023).
- UZUNOĞLU F. & BAYAZIT S. & MAVI K. (2015). Küresel İklim Değişikliğinin Süs Bitkileri Yetiştiriciliğine Etkisi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2):66-75, Hatay, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/183841>, (E.T: 10.06.2023).
- VAN LANEN, H. A. J. & PETERS, E. (2000). Definition, Effects and Assessment of Groundwater Droughts. In: Vogt, J.V., Somma, F. (Eds.), *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Academic

- Publishers, Dordrecht, 49–61. Van Rooy, M.P. (1965). A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos*, 14, 43.
- VAN ROOY, M. P. (1965). A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space. *Notos* 14, 43.
- WAN, Z. & WANG, P. & LI, X. (2004). “Using MODIS Land Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index products for monitoring drought in the southern Great Plain”, USA, *International Journal of Remote Sensing*, 25 (1): 61–72.
- VICENTE-SERRANO, S. M., S. BEGUERÍA, AND J. I. LÓPEZ-MORENO (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23: 1696-1718.
- WHIPPLE, W. (1966). Regional drought frequency analysis, *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 92(2): 11-32.
- WHITE, D. H. & WALCOTT, J. J. (2009). The role of seasonal indices in monitoring and assessing agricultural and other droughts: a review, *Crop & Pasture Science*, 60: 599–616.
- WILHITE, D. A. & GLANTZ, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3): 111-120.
- WILHITE, D. A. (1993). The Enigma of Drought, *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies*, Wilhite, DA, (Ed.), *Natural Resource Management and Policy*, 2: 3-15, Springer, Boston, MA, [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-3224-8\\_1#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-3224-8_1#citeas), (E.T: 10.05.2023).
- WILHITE, D. A. (1994). *Preparing for drought: A guidebook for developing countries*, Diane Publishing, USA.
- WILHITE, D. A. (1995). Developing a precipitation-based index to assess climatic condition across Nebraska, Final report submitted to the Natural Resources Commission, Lincoln, Nebraska.
- WILHITE, D. A. (1996). A methodology for drought preparedness, *Natural Hazards*, 13: 229-252.
- WILHITE, D. A. (2000). *Drought: A global assessment*, Routledge Press, London and New York, Volume I.
- WILHITE D. A. (2007). Preparedness and Coping Strategies for Agricultural Drought Risk Management: Recent Progress and Trends. In: Sivakumar MVK, Motha R (Eds.) *Managing Weather and Climate Risks in Agriculture*. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 21–38.

- WILHITE, D. A. & BUCHANAN SMITH, M. (2005). Drought as Hazard: Understanding the Natural and Social Context. In: Wilhite, D. A. (Ed.), Proceeding of Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues. CRC Press, Boca Raton, FL, pp.3–29.
- WILKS, D. S. (1995). Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Academic Press.
- WILLEKE, G. & HOSKING, J. R. & WALLIS, J. R. & GUTTMAN, N. B. (1994). The National Drought Atlas. Institute for Water Resources Report 94–NDS–4. U.S. Army Corps of Engineers.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) (1975a), Drought: Special Environmental Report No:5, WMO No: 403, Geneva, Switzerland.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) (1975b). Drought and agriculture. Technical Note No. 138, Report of the CAGM Working Group on Assessment of Drought, WMO, Geneva, Switzerland, 127s.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) (1989), Drought and Desertification, WCAP-7, WMO/TD- No: 286, Geneva, Switzerland.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) (2012). Standardized Precipitation Index, User Guide.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) (2016). Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2.
- WU, H. & HAYES, M. J. & WEISS, A. & HU, Q. (2001). An evaluation of the Standardized Precipitation Index, the China-Z Index and the Statistical Z-Score, *International Journal of Climatology*, 21: 745-758.
- WWF (2014). Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu, Su, Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi.
- YACOUB, E., & TAYFUR, G. (2017). Evaluation and Assessment of Meteorological Drought by Different Methods in Trazza Region, Mauritania, *Water Resources Management*. 31: 825-845.
- YETMEN, H. (2013). Türkiye'nin Kuraklık Analizi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Fiziki Coğrafya Bilim Dalı Doktora Tezi, Ankara.
- YILDIZ, O. (2008). Standart Yağış İndisi (SYİ) Metodu İle Kırıkkale İlinde Kuraklık Analizi. 21. Yüzyılın Başında II. Kırıkkale Sempozyumu (13 – 14 Mart 2008). Kırıkkale Üniversitesi. Kızılırmak Araştırma Merkezi.

Kırıkkale, 1 – 8.

YILMAZ, E. & ÇİÇEK, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite İklim Sınıflandırması, *Journal of Human Sciences*, 13(3): 3973-3994, <https://www.j-humansciences.com/ojs/index.php/IJHS/article/view/3994/1914>, (E.T: 02.06.2023).

YÜREKLI K. & ANLI, A. P. (2008). Standartlaştırılmış yağış indeksi ile Karaman ili kuraklığının analizi, Konya Kapalı Havzası Yeralıtısuuyu ve Kuraklık Konferansı, Konya, Türkiye, 246-251.

ZAİDMAN, M. D. & REES, H. G. & YOUNG, A. R. (2002). Spatio-Temporal Development of Streamflow Droughts in North-west Europe, *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(4): 733-751, <https://hess.copernicus.org/articles/6/733/2002/hess-6-733-2002.pdf>, (E.T: 26.04.2023).

2022 YILI YAĞIŞ DEĞERLENDİRMESİ (Ocak 2023), T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI Meteoroloji Genel Müdürlüğü, ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI Hidrometeoroloji Şube Müdürlüğü, Ankara, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf>, (E.T: 10.06.2023).

<https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=4>, (E.T: 26.04.2023).

<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/prelim/drought/spi.html>, (E.T: 26.04.2023).

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k>, (E.T: 26.05.2023).

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=aylik&k=pni#sfB>, (E.T: 06.03.2023).

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB>, (E.T: 12.06.2023).

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k>, (E.T: 17.04.2023).

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=m>, (E.T: 24.05.2023)..

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx?s=a#sfB>, (22.02.2023).

<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022yagisdegerlendirmesi.pdf>, (12.04.2023).



<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2022AlansalYagisDegerlendirmesi.pdf>, 18.05.2023).

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1.</b> Genel Hatlarıyla Su Döngüsü.....	1
<b>Şekil 1.1.</b> Kuraklık Türleri ve Etkileri.....	16
<b>Şekil 2.1.</b> Kuraklık Nicelikleri Tanımı.....	29
<b>Şekil 4.1.</b> Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye’de PE Oranı Sınıfları.....	76
<b>Şekil 4.2.</b> Su Yılı Alansal Yağış Haritası .....	78
<b>Şekil 4.3.</b> 1 Ekim- 30 Nisan Su Yılı Alansal Yağış Anomalileri (1991-2020).....	79
<b>Şekil 4.4.</b> Türkiye Alansal Yağış Normalleri (1981-2010) Dağılımı.....	88
<b>Şekil 4.5.</b> 1981-2010 Türkiye Geneli Yıllık Alansal Yağış Dağılımı.....	89
<b>Şekil 4.6.</b> MGM Fevk Gözlemlerine Göre Türkiye’de 1940-2019 Yılları Arasında Rapor Edilen Kuraklık Afet Sayıları Dağılımı.....	90
<b>Şekil 4.7.</b> Ocak 2022-Aralık 2022 SPI Meteorolojik Kuraklık Haritası.....	95
<b>Şekil 4.8.</b> Ocak 2022-Aralık 2023 PNI Meteorolojik Kuraklık Haritası.....	96

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 1.1.</b> Dünyadaki Doğal Afetlerin Karakteristik Özellikleri ve Çeşitli Etkilerinin Puanlanmasına Göre Önem Sıraları.....	10
<b>Tablo 2.1.</b> Kuraklık İndisine (Im) Karşılık Gelen Erinç İklim ve Vejetasyon Türleri.....	31
<b>Tablo 2.2.</b> Aydeniz Aridite İndeksi Sınıfları ve Açıklaması.....	32
<b>Tablo 2.3.</b> Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI) Kuraklık Sınıflandırması ve Eşik Değerleri.....	38
<b>Tablo 2.4.</b> Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) Yaklaşımına Göre Kuraklık/Nemlilik Sınıflandırması.....	42
<b>Tablo 2.5.</b> PNPI Kuraklık Sınıflandırması.....	45
<b>Tablo 2.6.</b> RDI Kuraklık Sınıflandırması.....	48
<b>Tablo 2.7.</b> De Martonne İndeksi'ne Göre İklim Tipler.....	50
<b>Tablo 2.8.</b> Thorntwaite'a Göre İklim Tipleri.....	53
<b>Tablo 2.9.</b> Yağış Anomali İndisi sınıfları.....	54
<b>Tablo 2.10.</b> AKİ Değerlerinin Sınıflandırması.....	55
<b>Tablo 4.1.</b> Türkiye'nin Su Kaynakları Potansiyeli.....	100
<b>Tablo 4.2.</b> Türkiye'de Tarım Arazilerinin Sınıf Özellikleri.....	110
<b>Tablo 4.3.</b> Tarım ve Orman alanlarının Dağılışı (2019-2021).....	111



### **Doç. Dr. Erol KAPLUHAN**

Yazar 1976 yılında Denizli İli Çal İlçesinde doğdu. Orta ve Lise eğitimini Denizli’de tamamlayan yazar, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde Lisans, Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Coğrafya Öğretmenliği Ortaöğretim Sosyal Alanlar Ana Bilim Dalı, Coğrafya Öğretmenliği Bilim Dalında Yüksek Lisans ve aynı Enstitüde Doktora eğitimini tamamladı. 2013-2020 Yılları arasında Kırşehir

Ahi Evran Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde Öğretim Üyesi Olarak görev yaptı. 2020 Yılından itibaren Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümüne geçen yazar Bölüm Başkanlığı ve Türkiye Coğrafyası Anabilim Dalı Başkanlığını görevlerini yürüttü. 2018 Yılında Doçent kadrosuna atanan yazar halen aynı bölümde görev yapmaktadır. Yurt dışında çeşitli Uluslararası dergilerde yayınlanmış 20’den fazla makalesi olan Kapluhan’ın Yurt içinde Ulusal ve Uluslararası çok çeşitli dergilerde yayınlanmış 30’dan fazla makalesi Türkiye’de ve yurt dışında yayınlanmış 3 Kitap ve 25’ten fazla kitap bölümü vardır. Uluslararası kongrelerde tam metin olarak yayımlanmış 25’ten fazla bildiriye sahip olan Kapluhan, Enerji Coğrafyası, Ziraat Coğrafyası, Siyasi Coğrafya, Nüfus Coğrafyası, Ulaşım Coğrafyası, Ülkeler Coğrafyası, Turizm Coğrafyası ve Coğrafya Eğitimi alanlarında çok sayıda bilimsel araştırması vardır. Evli ve iki çocuk babası olan Yazar İngilizce bilmektedir.

### **Yazarın Daha Önce Yayınlanmış Kitapları**

- 1- ATATÜRK DÖNEMİ EĞİTİM POLİTİKALARI (1923-1938) VE COĞRAFYA EĞİTİM (2017), LAMBERT Academic Publishing.
- 2- KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ’NİN COĞRAFİ ÖZELLİKLERİ VE BU ÖZELLİKLERİN EĞİTİME YANSIMASI (2018), IKSAD Publishing.
- 3- COĞRAFYA VE JEOPOLİTİK PERSPEKTİFİNDEN RUSYA FEDERASYONU (Emin Atasoy & Erol Kapluhan) (2022), Sentez Yayıncılık.





**ISBN: 978-625-367-143-3**