



**anadolum**  
e K a m p ü s  
ve  
**anadolu mobil**  
dilediğin yerden,  
dilediğin zaman,  
öğrenme fırsatı!



(ekampus.anadolu.edu.tr)



(mobil.anadolu.edu.tr)

**ekampus.anadolu.edu.tr**



Takvim



Duyurular



Ders  
Kitabı (PDF)



Epub



Html5



Mobi  
Kitap



Sesli Kitap



Canlı Ders



Video



Ünite  
Özeti



Sesli Özet



Sorularla  
Öğrenelim



Alıştırma



Çözümlü  
Sorular



Deneme  
Sınavı



Tartışma  
Forumu



Çıkmış Sınav  
Soruları



Sınav Giriş  
Bilgisi



Sınav  
Sonuçları



Öğrenci  
Toplulukları



**AOS DESTEK**  
AÇIKÖĞRETİM DESTEK SİSTEMİ

Açıköğretim Sistemi ile ilgili  
merak ettiğiniz her şey AOS Destek Sistemimde...

- Kolay Soru Sorma ve Soru-Yanıt Takibi
- Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları
- Canlı Destek (Hafta İçi Her Gün)
- Telefonla Destek

**aosdestek.anadolu.edu.tr**

AOS DESTEK Sistemi İletişim ve Çözüm Masası

**0850 200 46 10**

[www.anadolu.edu.tr](http://www.anadolu.edu.tr)

## Bölüm 1

### Temel Kavramlar

Öğrenme çıktıları	<b>Önemli Kavramlar</b> 1. Bilgi, enformasyon ve veri kavramlarını ayırt edebilme	<b>Bilgi İşleme Modeli ve Bilgi İşleme Süreci</b> 2. Bilgi işleme süreci ve aşamalarını örnekledirebilme
	<b>Bilgisayarların Özellikleri</b> 3. Bilgisayarları oluşturan bileşenleri sıralayabilme	<b>Bilgi İşleme ve Teknoloji</b> 4. Bilgi işleme konusunda teknolojinin oynadığı rolü açıklayabilme
	<b>Sosyal Hayatta Teknoloji</b> 5. Teknolojinin sosyal yaşam üzerindeki etkilerini tartışabilme	

### Öğrenme çıktıları

Bölüm içinde hangi bilgi, beceri ve yeterlikleri kazanacağınızı ifade eder.

### Bölüm Özeti

Bölümün kısa özetini gösterir.

### Sözlük

Bölüm içinde geçen önemli kavramlardan oluşan sözlük ünite sonunda paylaşılır.

### Karekod

Bölüm içinde verilen karekodlar, mobil cihazlarınız aracılığıyla sizi ek kaynaklara, videolara veya web adreslerine ulaştırır.

### Tanım

Bölüm içinde geçen önemli kavramların tanımları verilir.

### Dikkat

Konuya ilişkin önemli uyarıları gösterir.

### Neler Öğrendik ve Yanıt Anahtarları

Bölüm içeriğine ilişkin 10 adet çoktan seçmeli soru ve cevapları paylaşılır.

### Öğrenme Çıktısı Tablosu

#### Araştır/İlişkilendir/Anlat-Paylaş

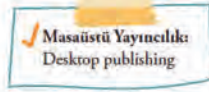
İlgili konuların altında cevaplayacağınız soruları, okuyabileceğiniz ek kaynakları ve konuyla ilgili yapabileceğiniz ekstra etkinlikleri gösterir.

#### Yaşamla İlişkilendir

Bölümün içeriğine uygun paylaşılan yaşama dair gerçek kesitler veya örnekleri gösterir.

#### Araştırmalarla İlişkilendir

Bölüm içeriği ile ilişkili araştırmaların ve bilimsel çalışmalarını gösterir.



Kıyıştır	İlişkilendir	Anlat/Paylaş
1958 yılında Pablo Picasso bir girişiminde "Bilgisayarlar için yaratıcıdır. Size yalnızca cevapları vermezler" demiştir. Bu girişim kastediyor musunuz? Eğer bu girişim bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ışığında hala geçerli midir?	VERB program ile teknolojik gelişmeler arasındaki ilişkileri değerlendirin.	Bilginin, okullardaki eğitim ile aramayı boyutları arasındaki bağlantıyı anlatın.

# Bitki Su İlişkileri

Editör

Prof.Dr. Ersin YÜCEL

Yazarlar

BÖLÜM 1 Prof.Dr. Merih KIVANÇ

BÖLÜM 2 Doç.Dr. Harun BÖCÜK

BÖLÜM 3 Doç.Dr. Onur KOYUNCU

BÖLÜM 4 Prof.Dr. Naime ARSLAN

BÖLÜM 5 Prof.Dr. Murat OLGUN

BÖLÜM 6 Doç.Dr. Mehmet CANDAN

BÖLÜM 7 Prof.Dr. Süleyman KAYTAKOĞLU

BÖLÜM 8 Dr.Öğr.Üyesi Duran KATAR



# ANADOLU ÜNİVERSİTESİ

## Genel Koordinatör

Doç.Dr. Murat Akyıldız

## Grafik Tasarım Koordinatörü

Doç.Dr. Halit Turgay Ünalın

## Kitap Basım ve Dağıtım Koordinatörü

Dr.Öğr.Üyesi Murat Doğan Şahin

## Öğretim Tasarım Koordinatörü

Dr.Öğr.Üyesi İlker Usta

## Öğretim Tasarımcısı

Doç.Dr. Gökhan Kuş

## Grafikerler

Ayşegül Dibek  
Gülşah Karabulut  
Hilal Özcan

## Kapak Düzeni

Doç.Dr. Halit Turgay Ünalın

## Dizgi ve Yayıma Hazırlama

Mehmet Emin Yüksel  
Diğdem Koca  
Gizem Dalmış  
Halil Kaya  
Kader Abpak Arul  
Saner Coşkun  
Zülfiye Çevir

T.C.  
ANADOLU  
ÜNİVERSİTESİ  
YAYINI NO: 3720

AÇIKÖĞRETİM  
FAKÜLTESİ  
YAYINI NO: 2539

BİTKİ SU İLİŞKİLERİ

E-ISBN: 978-975-06-2767-5

Bu kitabın basım, yayım ve satış hakları Anadolu Üniversitesine aittir.

“Uzaktan Öğretim” tekniğine uygun olarak hazırlanan bu kitabın bütün hakları saklıdır. İlgili kuruluştan izin almadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt veya başka şekillerde çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz.

Copyright © 2018 by Anadolu University

All rights reserved

No part of this book may be reproduced or stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means mechanical, electronic, photocopy, magnetic tape or otherwise, without permission in writing from the University.

Bu kitabın tüm hakları Anadolu Üniversitesi'ne aittir.

ESKİŞEHİR, Ağustos 2018

2242-0-0-0-1909-V01



# İçindekiler

## BÖLÜM 1

### Su Kaynakları ve Yönetimi



Giriş .....	3
Su Çevrimi (Hidrolojik Çevrim) .....	3
Dünyadaki Su Dağılımı ve Türkiye'deki Su Kaynakları .....	5
Hidrolojik Su Havzaları .....	7
Yerüstü Suları .....	10
Yeraltı Suları .....	11
Su Kaynaklarının Sektörel Kullanımı .....	14
Su Kalitesi ve Yönetimi .....	16
Türkiyedeki Su Kaynakları Yönetimi ..	19
Su Yönetiminden Sorumlu Kurumlar...	20

## BÖLÜM 2

### Bitkilerde Su Alımı



Giriş .....	35
Temel Kavramlar .....	35
Suyun Yapısı ve Özellikleri .....	36
Su ve Besin Maddelerinin Taşınması ..	37
Suyun Toprak-Bitki-Atmosfer Devamlılığı .....	40
Bitkilerde Su Alımı .....	41
Su Alımında Etkili Olan Toprak Faktörleri .....	41
Toprakta Su .....	42
Bitki Kökleri .....	43
Bitki Tarafından Suyun Alınımı .....	46
Bitkilerde Suyun Taşınması .....	48
Bitkilerde İletim Demetlerinin Yapısı .....	48
Ksilemde Su Taşınması .....	50
Bitkilerde Su Kaybı .....	51
Terleme (Transpirasyon) .....	52
Gutasyon, Eksudasyon ve Sekresyon .....	54
Bitkilerde Su Uyumları .....	55
Su Durumlarındaki Değişimlere Göre Bitkiler .....	55
Su İhtiyacına Göre Bitkilerin Sınıflandırılması .....	55

## BÖLÜM 3

### Bitkilerde Su Stresi ve Drenaj



Giriş .....	67
Bitkilerde Stres Kavramı .....	68
Bitkilerde Strese Neden Olan Faktörlerin Sınıflandırılması .....	69
Bitkilerde Su Stresinin Nedenleri: Kuraklık ve Sel Etkisi .....	71
Bitkiler Açısından Meteorolojik Kuraklık Kavramı .....	72
Bitkiler Açısından Tarımsal Kuraklık Kavramı .....	72
Bitkiler Açısından Hidrolojik Kuraklık Kavramı .....	73
Bitkiler Açısından Su Baskını (Sel Etkisi) Kavramı .....	73
Bitkilerde Kuraklık Stresi .....	74
Bitkilerde Su Stresinin (Kuraklık) Belirtileri .....	76
Su Stresinin (Kuraklık) Bitkiler Üzerindeki Olumsuz Etkileri .....	76
Su Stresine Maruz Kalan Bitkilerin Geliştirdikleri Adaptasyonlar (Uyumlar) .....	79
Bitkilerde Su Fazlalığına Bağlı Stres (Sel Etkisi) .....	82
Fazla Su Bitkiler İçin Yarardan Çok Zarar Verir .....	83
Aşırı ve Yanlış Sulamanın Zararları .....	83
Bitkilerde Tuzluluğa Bağlı Su Stresi .....	84
Tarımsal Alanlarda Drenaj .....	85
Tarımsal Drenajın Genel Amaçları .....	86
Sulamada Drenajın Önemi .....	86
Tarım Alanlarındaki Fazla Suyun Nedenleri .....	86
Tarım Alanındaki Fazla Suyun Tespit Edilmesi .....	86
Toprakta Fazla Suyun Zararları .....	87
Drenaj Nasıl Yapılır? .....	88
Drenaj Sisteminin Tasarımlanması .....	88
Drenaj Tipleri .....	89

**BÖLÜM 4****İklim Değişikliği,  
Kuraklık ve Çölleşme**

Giriş .....	99
İklim, İklim Değişikliği, Sera Etkisi Tanımları, Kavramlar ve Ayrımlar .....	99
Sera Etkisi, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği .....	100
Sera Gazı Kaynakları ve Etkileri .....	103
<b>Toprak ve Arazi Bozulumu .....</b>	<b>107</b>
Erozyon .....	108
Kuraklık ve Çölleşme .....	110
<b>Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Ekosistemler Üzerine Etkisi .....</b>	<b>116</b>
Ekosistem Kavramı .....	116
Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Etkileri .....	119
Gözlenen Bazı İklim Değişikliği Örnekleri .....	121
İnsanların Ekosistem ve Biyosfer Üzerindeki Etkileri ve Sonuçları .....	122
<b>İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü .....</b>	<b>124</b>
<b>Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İçin Alınması Gerekten Önlemler .....</b>	<b>124</b>

**BÖLÜM 5****Tarla Bitkileri, Su ve  
Sulama**

Giriş .....	135
<b>Tarla Bitkilerinin Genel Özellikleri .....</b>	<b>135</b>
Tahıllar .....	135
Yemelik Tane Baklagiller .....	135
Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri ..	136
Endüstri Bitkileri .....	136
Ülkemizde Bölgelere Göre En Çok Üretimi Yapılan Tarla Bitkileri .....	136
<b>Tarla Bitkileri, Su ve Sulama .....</b>	<b>137</b>
Suyun Elverişliliğine Bağlı Olarak Ortaya Çıkan Tarla Tarım Sistemleri ..	137
Tarla Bitkilerinde Bitki Su Etkileşimi ..	139
<b>Tarla Bitkilerinde Sulamanın Etkinliği .....</b>	<b>145</b>
Tarla Bitkilerinde Sulamanın Amaçları ve Yararları .....	145
Tarla Bitkileri Sulamasında Kullanılabilecek Sulama Suyu Kaynakları .....	146
Tarla Tarımı Yapılan Topraklarında Oluşan Tuzluluk, Drenaj ve Taban Suyu Sorunu .....	146
Sulu Tarımda Arazi Tesviyesi .....	148
<b>Tarla Bitkilerinde Uygulanan Bitki Sulama Sistemleri .....</b>	<b>151</b>
Yüzey Sulama Sistemleri .....	151
Göllendirerek Tava ve Uzun Tava Sulama Sistemleri .....	152
Karık Usulü Sulama Sistemi .....	153
Yağmurlama Sulama Sistemi .....	154
<b>Sulama Suyunun Kalitesi, Toprak Özellikleri ve Bitki Sağlığına Olan Etkileri .....</b>	<b>157</b>
Sulama Suyundaki Tuzluluk .....	158
Geçirgenlik .....	158
Toksik Olma Durumu .....	159
Diğer Faktörler .....	159
<b>Seralarda Sulama Sistemlerinin Uygulaması .....</b>	<b>159</b>
Hortumla veya Süzgülü Kova Yöntemi ile Sulama Sistemi .....	160
Yüze Uygulanan Sulama Sistemleri .....	160
Yağmurlama Sulama Sistemi .....	160
Damla Sulama Sistemi .....	161
Sisleme Sulama Yöntemi .....	161

**BÖLÜM 6****Su Bitkileri ve Su  
Kültürleri**

Giriş .....	171
Su Bitkileri .....	171
Su Bitkilerinin Sınıflandırılması .....	172
Su Bitkilerinin Ekolojisi .....	175
Sucul Ortamlarda Yabancı Ot Sorunları ve Mücadele Yöntemleri .....	176
Su Bitkilerinin Yetiştiriciliği .....	179
Akvaryum Bitkileri .....	179
Su Bitkilerinin Farklı Kullanım Alanları .....	180
Su Bitkilerinin Tarımı .....	181
Çeltik Yetiştiriciliği .....	182
Topraksız Tarım .....	186
Topraksız Tarımın Avantaj ve Dezavantajları .....	188
Topraksız Tarımda Yetiştirme Teknikleri ve Ortamları .....	188
Topraksız Tarımda Bitki Besleme .....	197
Topraksız Tarımın Çevreye Etkileri ...	199

**BÖLÜM 7****Temel Kavramlar**

Giriş .....	207
Kirlilik ve Çevre .....	207
Hava Kirliliği ve Sonuçları .....	210
Başlıca Hava Kirleticiler .....	211
Bölgesel ve Küresel Olarak Yaşanan Hava Kirliliği Problemleri .....	212
Hava Kirliliğinin Kontrolü .....	215
Su Kirliliği ve Sonuçları .....	219
Su Kirliliği Kaynakları .....	222
Su Kaynaklarında Kirlilik .....	223
Su Kalitesinin Belirlenmesi .....	225
Su Kirliliğinin Kontrolü .....	225
Toprak Kirliliği ve Sonuçları .....	228
Toprak Kirleticilerin Sınıflandırılması .	228
Toprak Kirliliğinin Kontrolü .....	231

**BÖLÜM 8****Su ve Arazi  
Toplulaştırma**

Giriş .....	241
Arazi Toplulaştırmasının Tarihçesi .....	241
Su Kullanımında Arazi Toplulaştırmanın Önemi .....	242
Arazi Toplulaştırması Yapılacak Alanlarının Belirlenmesi ve Kesinleştirilmesi .....	243
Ön Etüt Çalışmaları .....	244
Ayrıntılı Etüt Çalışmaları .....	244
Arazi Toplulaştırmasının Paydaşlarımıza Anlatılması .....	244
Sosyal Yapı Etüt Raporlarının Hazırlanması .....	245
Arazi Toplulaştırma Uygulaması .....	251
Kadastro İşlemleri .....	251
Arazi Malikleri ile Ön Görüşme Yapılması ve Muvafakat Alınması .....	251
Tapu Siciline Şerh Konulması .....	252
Toplulaştırma Alanlarında Alınacak Önlemler .....	252
Arazi Derecelendirme Komisyonu .....	252
Arazi Toplulaştırması Kapsamında Kırsal Alan Düzenlemesi, Arazi Dağıtımı, Satışı ve Kamulaştırma .....	259
Proje Alanlarında Kırsal Alan Düzenlemesi .....	259
Sözlük .....	269

## Önsöz

Sevgili öğrenciler,

Su yaşam için en gerekli madde olup, canlılığın kaynağını oluşturur. Bitki hücrelerinin yaklaşık %75-95'i sudan oluşur. Buna göre su, hücrelerin yaşamı için temel sıvı ortamı olup, suyun olmadığı bir ortamda yaşamın mümkün olamayacağı açıktır. Canlılar hayatlarını sürdürebilmeleri suya bağlıdır. Ancak bu kitapta su; bitki ve tarımsal üretim bakış açısıyla, bitki su ilişkileri kapsamında incelenecektir.

Bitkilerde gözlenen pek çok morfolojik değişimin ve fizyolojik olayın temelinde su vardır. Bitkiler gerekli olan çeşitli maddeleri ortamdan suda erimiş olarak alırlar ve metabolizma artıklarını su ile birlikte dışarı atarlar. Bitkilerin yaşamlarının sürdürülebilirliği bu süreçlerin sağlıklı işlemesine bağlıdır. Bu özelliği ile su cansız ortamlarla canlı ortam arasındaki ilişkiyi kurar ve canlılığın devamlılığını sağlar. Ayrıca su sahip olduğu termal özellikleri nedeni ile mevsimler ve gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkını düzenleyerek bitki yaşamına önemli katkıda bulunur.

Günümüzde bitki toprak ilişkilerini konu alan çok sayıda kitap ve benzeri kaynak bulunmasına karşın doğrudan bitki su ilişkilerini konu alan kaynak oldukça azdır. Halbuki esas olarak, toprakla bitki sistemleri su sayesinde birbirlerine bağlanır. Toprakta bulunan ve bitkiler için gerekli olan çok sayıda mineral su ile birlikte bitkilere, oradan da tüm canlı sisteme taşınır. Ayrıca bitkiler esas olarak suyu kökleri ile almakla birlikte bazen toprak üstü organları ile de alırlar.

Dünyamızın %70'i sularla kaplı olmasına karşın, ancak %2.5'i tatlı sudur. Bunun da yaklaşık %87'si toprak, atmosfer, yeraltı suları ve buzullarda olup canlı sistem tarafından kullanılamaz haldedir. Buna göre bitkiler tarafından kullanılan suyun son derece kıt olduğu açıkça görülmektedir. Bu nedenle suyun tarım alanlarında bitkisel üretim için kullanımında yeni yaklaşım ve tekniklere ihtiyaç vardır. Bitki sulama uygulamalarında suyun toprak içindeki davranışı ve suyun kökler yardımıyla alımı bitkisel üretimin sürdürülebilirliği bakımından

büyük önem taşımaktadır. İnsanoğlunun başta gıda olmak üzere, ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük ölçüde bitkilere bağlı olması, suyun bitkiler açısından önemini vurgulayan bir başka yön olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu anlamda bitki su ilişkilerinin daha iyi anlaşılması ve bilinmesi tarımda üretim artışlarının sağlanması bakımından gereklilik halini almıştır.

Sulama, suyun toprağa bitki kök bölgesine verilmiş biçimi olarak tanımlanmaktadır. Tarımsal amaçlı sulamada kullanılan su miktarı çeşitli faktörlere bağlı olup, ülkemizde toplam kullanılabilir suyun % 75'i sulamada kullanılmaktadır. Sulama teknolojilerinin doğru kullanılarak, ekonomik ve çevresel sorunların önlenmesi, bitki su ilişkilerinin iyi bilinmesiyle mümkün olabilir. Hızlı nüfus artışı, tarım alanlarının daralması, iklim değişiklikleri, bilinçsiz yapılan tarım ve sanayileşmenin yarattığı çeşitli sorunlar toprak temelli tarıma alternatif çözümler aranmasına neden olmuştur. Bunun sonucu olarak, gıda kalitesi bakımından bazı eleştirilere hedef olmasına karşın topraksız tarım uygulamaları giderek yaygınlaşmıştır. Topraksız tarım uygulamalarında bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için gerekli olan mineral maddeler hazır şekilde su içinde çözündürülerek verilir. Üretim süreçlerinde sadece suyun kullanıldığı sulu tarım uygulamalarında suyun bitkisel üretimdeki rolü ve kullanım tekniği daha da önem kazanmaktadır.

Bitkiler suyu ve karbondioksiti kullanarak fotosentezle güneş enerjisini organik bileşiklere bağlar ve diğer tüm canlılar bu enerjiyi sırayla kullanır. Dolayısıyla canlılığın sürdürülebilirliği, bitki su ilişkilerinin doğru bir şekilde yönetilmesine bağlıdır.

Bu kitabın bitki su ilişkilerin kavranması ve bitki su ilişkilerinin yönetimi konusunda yararlı olması temennisi ve dileğiyle.

Editör

Prof.Dr. Ersin YÜCEL





# Bölüm 1

## Su Kaynakları ve Yönetimi

### öğrenme çıktıları

#### 1 Su Çevrimi (Hidrolojik Çevrim)

- 1 Hidrolojik çevrimi açıklayabilme
- 2 Hidrolojik çevrimin önemini sıralayabilme

#### 2 Dünyadaki Su Dağılımı ve Türkiye'deki Su Kaynakları

- 3 Dünyadaki su dağılımını öğrenebilme
- 4 Ülkemizdeki su kaynaklarını öğrenebilme
- 5 Yeraltı ve yerüstü sularının özelliklerini açıklayabilme

#### 3 Su Kaynaklarının Sektörel Kullanımı

- 6 Su yönetiminin önemini kavrayabilme
- 7 Türkiye'deki su kaynaklarının kullanımı hakkında bilgi sahibi olabilme

#### 4 Su Kalitesi ve Yönetimi

- 8 Suyun kalite kriterlerini sıralayabilme
- 9 Su kalitesinin canlılık için önemini kavrayabilme
- 10 Türkiye'deki su yönetimi hakkında bilgi sahibi olabilme

**Anahtar Sözcükler:** • Hidrolojik Çevrim • Yerüstü Sular • Yeraltı Sular • Su Tablası • Akifer • Su Kalitesi • Su Yönetimi • Su Güvenliği



## GİRİŞ

Su canlıların hayatta kalması için gerekli olan en önemli maddelerden biri olup susuz bir hayat düşünülemez. Yirminci yüzyılın son yarısından zamanımıza kadar hızlı nüfus artışı ve tüketim alışkanlıklarının değişmesine bağlı olarak su talebinin sürekli olarak artması ve endüstrideki gelişmeler ile suya olan gereksinimin artmasına paralel olarak yerel, bölgesel ve küresel çapta su sorunları ortaya çıkmaya başlamıştır. Su krizinin en önemli etkenleri arasında su ihtiyacı ile kullanılabilir su miktarı arasındaki farklılık, küresel iklim değişikliği, kentsel ve endüstriyel atık suyun deşarjının ortaya çıkardığı su kirliliği sayılabilir. Ayrıca su havzalarındaki aşırı ve çarpık yapılaşmalar, arazilerin yanlış kullanıma bağlı olarak ortaya çıkan taşkın, sel gibi olayların artması ve bütün bu etkenlerin sonucunda ekosistemlerin bozulması su kıtlığına sebep olacaktır. Küresel ölçekte bakıldığında, su krizi ile ilgili bütün veriler durumun daha kötüye gittiğini göstermektedir. Bu durumda gerekli önlemler alınmazsa su sıkıntısının git-tikçe artacağı görülmektedir.

Su kıtlığı, geleceğin en önemli problemlerinden biri olacağı tahmin edilmektedir. Yapılan çalışmalar son 50 yılda, yeraltı su çekiminin üç katına çıktığını ortaya koymuştur. Buna karşın su kaynaklarının miktarı değişmemiştir. Birçok bölgede yeraltı su çekimlerinin geri beslemenin çok üstünde olması nedeniyle yeraltı sularının sürdürülebilir olması etkilenmektedir.

Bu ünite de su çevrimi, su kaynakları, ülkemizin su kaynakları ve su yönetimi ile su yönetiminden sorumlu kurum ve kuruluşlar ele alınarak incelenmeye çalışılacaktır.

## SU ÇEVİRİMİ (HİDROLOJİK ÇEVİRİM)

Hidroloji; "Hidro" su ve "logos" bilim anlamına gelen Yunanca hidro ve logos kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmiştir. Su bilimi anlamına gelen "Hidroloji" Dünyada ve atmosferde suyun oluşumunu, yayılımını, dolaşımını, yerüstü ve yer altındaki hareketlerini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevre ile ve doğayla ilişkilerini inceleyen bir bilimdir.

### ✓ Hidroloji

Dünyada ve atmosferde suyun oluşumunu, dolaşımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve doğayla ilişkilerini inceleyen su bilimidir.

Sürekli dolaşım halinde olan su tabiatta katı, sıvı ve gaz halinde bulunur. Suyun tabiatta dolaştığı yolların hepsine birden "hidrolojik çevrim" adı verilir. Diğer bir ifade ile "su çevrimi" olarak isimlendirilir.

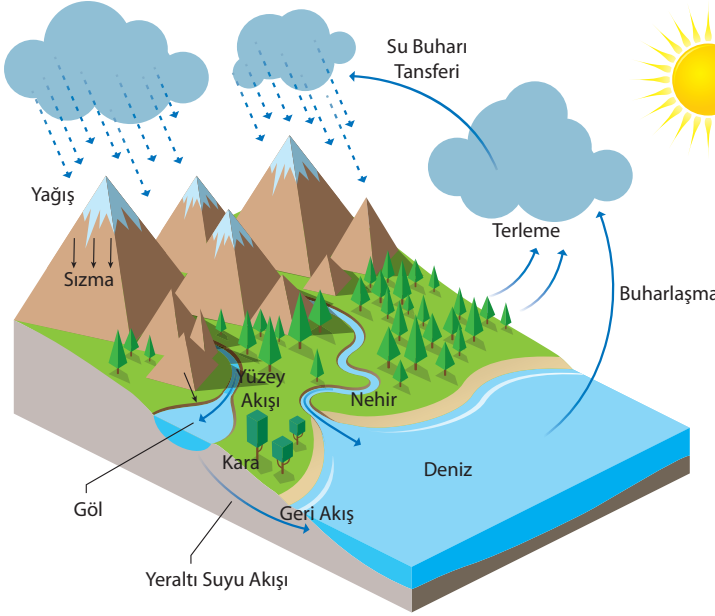
Su, çevrim boyunca, atmosferde, okyanuslarda, denizlerde, göllerde, rezervuarlarda, akarsularda, bitkilerin yapısında, kar içinde, toprak neminde, akiferlerde bulunur. Dünyadaki suyun toplam hacmi sabittir. Ancak suyun kalitesi ve kullanılabilirliği çeşitli faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişir. Döngü içinde su güneş enerjisi ile sürekli hareket etmektedir. Güneş okyanuslardan buharlaşmaya neden olur bulutları ve yağışı oluşturur. Yağışın büyük kısmı okyanuslara düşse de %20'lik kısmı karalar üzerine düşmektedir. Bu su akarsu ve gölleri besler, toprak ve yeraltı suyunu yeniler. Bitkilerin, hayvanların ve insanların kullandığı bütün suyu sağlar.

### ✓ Su Çevrimi

Suyun yerüstünde, yeraltında ve atmosferdeki hareketini içeren bir süreçtir.

Atmosferden sıvı veya katı halde yeryüzüne düşen sulara yağış adı verilmektedir. Sıvı halde ki yağışlar yağmur ya da çığ şeklindedir, katı haldeki yağış ise kar, dolu, kırağı şekillerinde olabilir. Kar halinde düşen yağış uzun süre düştüğü yerde kalırken, yağmur yeryüzüne düştüğünde akış haline geçer. Yağışların bir kısmı bitki ve yapı yüzeyleri tarafından tutulurken, tutulamayan kısmı yüzey akış haline geçerek nehirleri ve gölleri besler, bir kısmı ise yer altına sızarak yeraltı sularını besler. Yeraltı suları sonradan eğime bağlı olarak kaynaklardan ve açılan kuyulardan tekrar yeryüzüne çıkar, yeryüzünde ise buharlaşma ve terleme ile atmosfere geri

döner. Buharlaştırma ve terleme ile yükselen su bulutlarda yoğunlaşarak tekrar yağış haline geçer. Herhangi bir havzaya (alana) düşen yağışın, sızma (infiltrasyon) ve buharlaşmadan sonra geri kalan suyun bu alanı terk eden kısmına **yüzeysel akış** adı verilmektedir. Uzun ve şiddetli yağışlarda yüzeysel akış suyu artar, akarsular bu suyu taşıyamadığından taşkın başlar. Yağış hızı toprağa sızma kapasitesinden fazla olduğu zaman yüzeysel akış meydana gelir. Yağış, iklim ve havza özellikleri yüzeysel akışını etkiler (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Su çevrimi.

**dikkat**  
Atmosferden sıvı veya katı halde yeryüzüne düşen sulara yağış adı verilmektedir.

Yağış miktarı ve yüzeysel akış miktarı tarımsal üretimde büyük önem taşımaktadır. Çünkü bitkinin su ihtiyacı doğal yağışlar ile karşılanamıyorsa bu suyun bitki kök bölgesine dengeli bir şekilde verilmesi gerekmektedir. Yağış miktarı, şiddeti, mevsimlere göre dağılışı da önem taşımaktadır. Şiddeti düşük olan yağışa çisenti, şiddetli yağışa sağanak, çok şiddetli yağışa ise seylap adı verilir.

✓ **Yağış Şiddeti**  
Birim zamanda düşen yağış miktarıdır. Saatte düşen yağışın miktarı mm olarak verilir.

Buharlaştırma (evaporasyon) suyun sıvı halden gaz haline geçerek atmosfere iletilmesidir. Buharlaştırma deniz, göl, nehir gibi açık su yüzeylerinden ve nemli toprak yüzeyinde meydana gelir. İklim ve yüzeyin özellikleri buharlaşmayı etkiler.

Bitkiler topraktan aldıkları suyun bir kısmını yapraklardaki stomalar yolu ile atmosfere verirler ki buna terleme (transpirasyon) adı verilir. İklim, bitki türü ve yoğunluğu, toprak nemi ve toprak özellikleri terlemeyi etkiler. Buharlaştırma ve terleme olaylarının ikisine birden **evapotranspirasyon** adı verilir.

Suyun toprak yüzeyinden toprak içerisine girmesi sızma (infiltrasyon) olarak isimlendirilir. Birimi mm/saat veya cm/saat'dir. Sızma kapasitesi yüzeysel akışın hesaplanmasında önem taşır. Toprakların sızma kapasitesi başlangıçta yüksek iken toprakta su miktarı arttıkça düşer. Belli bir süre sonra sabit hale gelir. Sızma kapasitesi zeminin geçirimli olup olmamasına, zemindeki partikül büyüklüğüne, başlangıçtaki nem miktarına, bitki örtüsüne, organik madde miktarına, zemin yüzeyinin durumuna ve toprağın işlenme durumu ile topraktaki hava durumuna bağlı olarak değişir. Yeraltına sızan suyun bir kısmı toprak partikülleri tarafından tutulurken bir kısmında yeraltı sularını oluşturur. Bu sular topoğrafik yapıya bağlı olarak yer altı akışına bağlı olarak yeryüzüne çıkarak yerüstü sularına katılırlar. Denizlerden ve okyanuslardan ise tekrar buharlaşarak atmosfere geri döner. Su çevrimi bu şekilde devam eder.

**dikkat**  
Bitkilerden su kaybı konusu Bölüm 2'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

✓ **Sızma Kapasitesi**  
Birim zamanda toprağa sızabilecek maksimum su miktarıdır.

✓ **İnfiltrasyon Hızı**  
Yağış sırasında birim zamanda toprağa giren su miktarı.



## Öğrenme Çıktısı

- 1 Hidrolojik çevrimi açıklayabilme
- 2 Hidrolojik çevrimin önemini sıralayabilme



## Araştır 1

Su döngüsü değiştirilebilir mi?  
Su yüzeyinden mi yoksa toprak yüzeyinden mi daha fazla buharlaşma meydana gelir?

## İlişkilendir

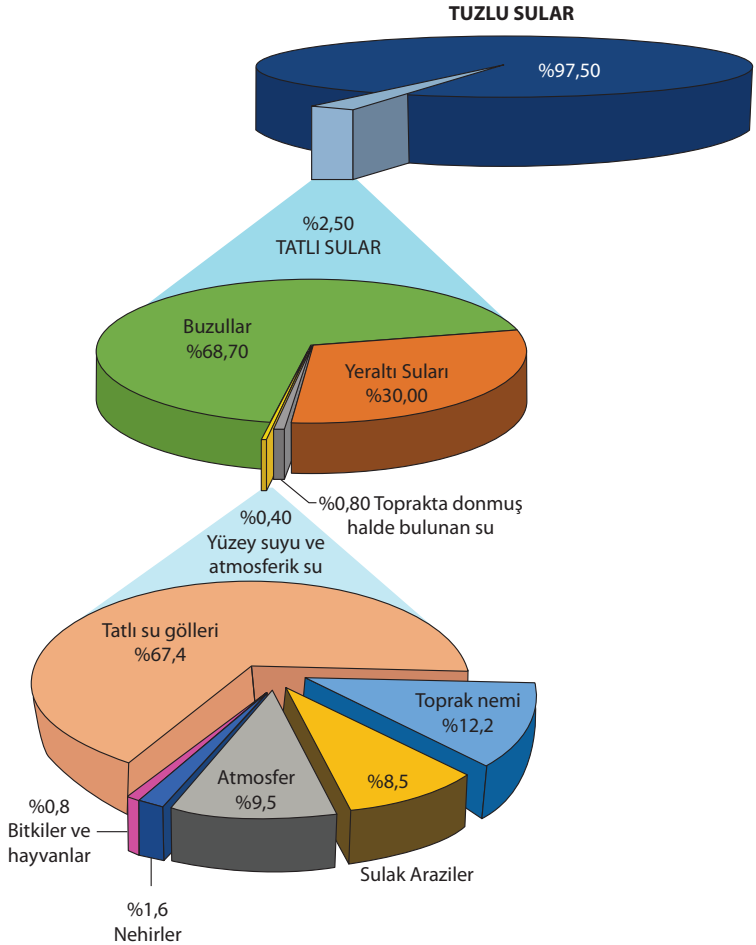
Yerküredeki suyun katı, sıvı ve gaz halleri ile su döngüsü arasındaki ilişkileri değerlendirin.

## Anlat/Paylaş

Su döngüsünün canlılık için önemini anlatın.

## DÜNYADAKİ SU DAĞILIMI VE TÜRKİYE'DEKİ SU KAYNAKLARI

Yerkürenin dörtte üçünü kaplayan dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km<sup>3</sup> tür. Bu su miktarının hepsi kullanılamaz. Bunun başlıca nedeni yerüstündeki su miktarının %97,5'i tuzlu su olarak okyanuslarda ve denizlerde bulunmaktadır. Toplam su miktarının ancak %2,5'i tatlı su olarak göllerde, nehirlerde, yeraltı sularında ve buzullarda bulunmaktadır. Bu tatlı su miktarının 2/3 (%68,70) kutuplarda buzul halinde, daimi kar örtüsü halinde veya toprak tabakasında bulunur. Buzullar suyu kar ve buz halinde depolar ve mevsimlere bağlı olarak değişik miktarlardaki suyu yerel akıntılara bırakır. Buzullar iklim değişikliğinin sonucunda azalmaktadır. Tatlı suların %30'u yeraltı suları, %0,4'ü ise atmosfer ve yüzey sularıdır (Şekil 1.2). 8.000 km<sup>3</sup> civarındaki su, tatlı su göllerinde, nehirlerde, baraj ve akiferlerde tutulmaktadır. Önemli tatlı su kaynaklarından olan göllerin ve akarsuların toplam su miktarı, dünyada mevcut su miktarının yaklaşık on binde bir buçuk kadardır. Tatlı su kaynaklarının miktarına bakıldığında dünyada fazla miktarda su olmasına karşın insanların yararlanabileceği suyun ne kadar az olduğu ortaya çıkmaktadır.



## dikkat

Yeryüzünde kullanılacak su miktarı çok azdır.

Şekil 1.2 Dünyadaki su dağılımı.

Dünyada bir yılda 3.800 km<sup>3</sup> civarında tatlı su kullanılmaktadır. Tatlı suların % 70'i tarımda, %20'si endüstride, %10'u evsel, %0.18'i ise gıda ve içecek sanayinde kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi suyun büyük bir kısmı tarımsal alanda kullanılmaktadır. Ancak bu su miktarının nerede ise yarısı yanlış kullanımdan dolayı kaybolmaktadır.

Ülkemizin su kaynaklarını yağışlar oluşturmaktadır. Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık olarak 643 mm dir. Bu miktardaki yağış yılda ortalama olarak 501 milyar m<sup>3</sup> su demektir. Toplam yağışın 186 milyar m<sup>3</sup> lük kısmı yüzey akışı ile akarsulara karışır ve akarsular vasıtası ile de denizlere ve göllere ulaşır. 69 milyar m<sup>3</sup> lük kısmı ise yer altına sızarak yeraltı suyunu besler. Yeraltı suyunu besleyen bu suyun 28 milyar m<sup>3</sup>'ü pınarlardan ve kuyulardan çıkarak tekrar yerüstü suyuna ilave olur. Toprak ve su yüzeylerinden, bitkilerden buharlaşma yoluyla 274 milyar m<sup>3</sup> su ise atmosfere geri dönmektedir. Ayrıca 7 milyar m<sup>3</sup> su komşu ülkelerden ülkemize gelmektedir.

Ülkemizin yerüstü toplam su potansiyeli 193 milyar m<sup>3</sup> dür. Toplam yerüstü su potansiyeline yeraltı suyunu besleyen akiferlerde bulunan 41 milyar m<sup>3</sup> su da ilave edilirse ülkemizin toplam su potansiyeli 234 milyar m<sup>3</sup> olmaktadır (Şekil 1.3). Ülkemizde yılda ortalama olarak kullanılan 98 milyar m<sup>3</sup> yüzey suyunun yurt içindeki akarsularda 95 milyar m<sup>3</sup> karşılanmaktadır. 3 milyar m<sup>3</sup> su ise komşu ülkelerden ülkemize gelen akarsulardan sağlanmaktadır. Kullanılabilir yeraltı su potansiyelimiz ise 14 milyar m<sup>3</sup>'dür. Ülkemizde kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yıllık toplam 112 milyar m<sup>3</sup> olmaktadır (Çizelge 1.1).

#### ✓ Akifer

Suyu depolayan yeterli miktarda yeraltı suyu akışına ve kullanılmasına izin veren gözenekli ve geçirgen özelliğe sahip jeolojik birim.

Ülkemizde halen sulamada 32 milyar m<sup>3</sup>, içme suyu olarak 7 milyar m<sup>3</sup> ve sanayide 5 milyar m<sup>3</sup> olmak üzere toplam 44 milyar m<sup>3</sup> su kullanılmaktadır.



Şekil 1.3 Ülkemizdeki su kaynakları.

Uluslararası standartlara göre, su potansiyeli yönünden ülkeler yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı dikkate alınarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre su kıtlığı olan ülkelerde kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yılda 500-1.000 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Su sıkıntısı olan ülkelerde ise kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yılda 1.000-1.700 m<sup>3</sup> arasındadır. Kişi başına kullanılabilir su miktarının yılda 1.700 m<sup>3</sup> den fazla olan ülkeler ise su potansiyeli yönünden zengin bir ülke olarak sınıflandırılmaktadır. Kişi başına düşen su miktarı yılda 500m<sup>3</sup> den az ise mutlak su kıtlığı olan ülke olarak tanımlanmaktadır.

Çizelge 1.1 Türkiye'de su kaynakları potansiyeli (Anonim, 2014).

SU KAYNAKLARI POTANSİYELİ	
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>
Yer altına sızma	41 milyar m <sup>3</sup>
<b>Yüzey Suyu</b>	
Yıllık yüzey akışı	186 milyar m <sup>3</sup>
Kullanılabilir yüzey suyu	98 milyar m <sup>3</sup>
<b>Yeraltı Suyu</b>	
Yıllık çekilebilir su miktarı	14 milyar m <sup>3</sup>
<b>Toplam Kullanılabilir Su (net)</b>	<b>112 milyar m<sup>3</sup></b>

Bu sınıflandırmaya göre ülkemiz yüzey alanına düşen ve 234 milyar m<sup>3</sup> olan yıllık su potansiyeli dikkate alındığında ve ülkemizin nüfusunun da 70 milyon olduğu kabul edilirse kişi başına düşen yerüstü suyu potansiyeli yaklaşık 3.343 m<sup>3</sup>/yıl yapmaktadır. Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı ise 1.600 m<sup>3</sup>/yıl olmaktadır. Bu değere göre ülkemiz yukarıda verilen su potansiyeli yönünden sınıflandırma ya göre su azlığı yaşayan ülkeler sınıfına girmektedir. Kısacası ülkemiz su potansiyeli bakımından zengini bir ülke değildir. Ülkemizdeki hızlı nüfus artışı da dikkate alındığında bugünkü koşullarda su zengini olmayan ülkemizin ileriki yıllarda su fakiri ülkeler arasında yer alması kaçınılmazdır.



dikkat

Ülkemiz su sıkıntısı olan ülkeler arasındadır.

2030 yılında nüfusumuzun 100 milyon olacağı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından öngörülmektedir. Bu dikkate alındığında 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1.120 m<sup>3</sup>/yıl civarında olacaktır. Bu değer ancak bugünkü mevcut su kaynaklarının hiç bozulmadan korunması durumunda sağlanabilecektir. Bu nedenle gelecek kuşaklara güvenli ve yeterli su bırakabilmek için mevcut su kaynaklarının çok iyi korunması ve en uygun şekilde planlanarak kullanılması gerekmektedir.

### Hidrolojik Su Havzaları

Tatlı su kaynaklarının hemen hemen tamamı bir toplama alanı içine düşen yağıştan oluşur. Bu toplama alanı havza ya da nehir havzası olarak isimlendirilir. Havzalar çoğunlukla dağlarla sınırlanmış, düşen suyun belirli bir nehir sistemine tahliye olduğu karasal alandır. Büyük bir nehir havzası her biri nehre boşalan birçok küçük alt havzadan oluşur.

#### ✓ Havza

Bir akarsu, göl, baraj rezervuarı veya yeraltı suyu haznesi gibi bir su kaynağını besleyen yeraltı ve yüzeysel suların toplandığı bölgenin tamamı.

İklim koşullarına ve yüzey şekillerine bağlı olarak havzanın genişliği değişir. Akarsu havzaları açık ve kapalı havza olmak üzere ikiye ayrılır. Suları denize ulaşan havzalara açık havza, suları denize ulaşmayan havzalara ise kapalı havza adı verilir. Yer şekilleri, sıcaklık ve nem kapalı havzaların oluşmasında etkili faktörlerdir. Ülkemiz topoğrafik yapısına göre 25 hidrolojik su havzasına ayrılmıştır (Şekil 1.4). Bu havzaların toplam yıllık ortalama akışları 186 milyar m<sup>3</sup>tür. Ancak, havzalara düşen yağış miktarı farklıdır. Havzalar farklı zamanlarda yağış almaktadır. Ülkemizde yağış fazla gibi gözükmese karşın su ihtiyacı her zaman karşılanamaz. Hidrolojik su havzalarında yıllık yağış miktarı aynı olmadığından, verimleri ve su potansiyelleri de farklılık göstermektedir. Fırat – Dicle Havzası 52,94 milyar m<sup>3</sup> ile en fazla su verimine sahiptir. Fırat havzasında yıllık akış 31.61 milyar m<sup>3</sup>, Dicle Havzasının ise yıllık akışı 21.33 milyar m<sup>3</sup> tür. Fırat Dicle havzası toplam ülke su potansiyelinin yaklaşık % 28,5'ini oluşturur. Su potansiyeli en düşük havzalar ise 0.49 milyar m<sup>3</sup> ile Akarçay Havzası ve yıllık akışı 0.50 milyar m<sup>3</sup> olan Burdur Gölü havzasıdır. Havzalar arasında Fırat-Dicle havzası, Aras havzası, Çoruh havzası, Asi havzası, Meriç-Ergene havzası sınır aşan sular kapsamında yer almaktadır (Çizelge 1.2).

Türkiye jeolojik olarak oldukça genç bir yapıya sahiptir. Arazi ise fazla eğimlidir. Bu faktörlere bağlı olarak akarsuların rejimleri genellikle düzensizdir. Bu sebeple doğrudan su kullanımı genellikle zordur. Bazı önlemlere ve düzenlemelere gerek vardır.

Çizelge 1.2 Türkiye Su Havzaları ve yüzey suyu potansiyeli (DSİ, 2014).

Havza No	Havzanın Adı	Havza Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	Ortalama Yıllık Akış (km <sup>3</sup> )(***)	Potansiyel İştirak Oranı (%)
01	Meriç Ergene	14.560	1,33	0,7
02	Marmara	24.100	8,33	4,5
03	Susurluk	22.399	5,43	2,9
04	Kuzey Ege	10.003	2,09	1,1
05	Gediz	18.000	1,95	1,0
06	Küçük Menderes	6.907	1,19	0,6
07	Büyük Menderes	24.976	3,03	1,6
08	Batı Akdeniz	20.953	8,93	4,8
09	Antalya	19.577	11,06	5,9
10	Burdur Göller	6.374	0,5	0,3
11	Akarçay	7.605	0,49	0,3
12	Sakarya	58.160	6,4	3,4
13	Batı Karadeniz	29.598	9,93	5,3
14	Yeşilirmak	36.114	5,8	3,1
15	Kızılırmak	78.180	6,48	3,5
16	Konya Kapalı	53.850	4,52	2,4
17	Doğu Akdeniz	22.048	11,07	6,0
18	Seyhan	20.450	8,01	4,3
19	Asi	7.796	1,17	0,6
20	Ceyhan	21.982	7,18	3,9
21	Fırat - Dicle (*)(**)	184.918	52,94	28,5
22	Doğu Karadeniz	24.077	14,9	8,0
23	Çoruh	19.872	6,3	3,4
24	Aras	27.548	4,63	2,5
25	Van Gölü	19.405	2,39	1,3
<b>Toplam</b>		<b>779.452</b>	<b>186,05</b>	<b>100</b>

(\*) Fırat Nehri anakol yıllık akışı 31,61 km<sup>3</sup> tür, (\*\*) Dicle Nehri anakol yıllık akışı 21,33 km<sup>3</sup> tür. (\*\*\*) Bu değerler havzaların en mansabındaki baz istasyon akışlarından elde edilmiştir.

Yağış bir havza içine düştüğünde ya yüzey nemi olarak yüzeyde kalır ve daha sonra buharlaşma ile atmosfere geri verilebilir veya sıcaklığa bağlı olarak yüzeyde kar şeklinde depolanabilir. Bu bazı bölgelerde içme suyunun başlıca kaynağıdır. Yağış yüzeysel akış halinde akarsulara karışabilir. Bu yüzeysel su kaynaklarının temelini oluşturur. Yağışın bir kısmı toprağa sızar, gözenekli tortul kayalarda ve kayalarda depolanan yeraltı suyunu oluşturur. Daha sonra kılcal hareket ile yukarıya doğru çıkar ve bitkilerin alımı ve bitkilerden buharlaşma yolu ile atmosfere geri döner veya sızan su nehirlere, göllere veya doğrudan denize yeraltı sızıntısı ile karışır. Yine kuyu veya sondaj kuyusundan pompaj ile yüzey üstüne taşınır. Havzalara göre yıllık yeraltı suyu potansiyeli Çizelge 1.3'de verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde Fırat-Dicle havzasının yeraltı suyu beslenimi ve işletme rezervi açısından en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir.





Şekil 1.4 Türkiye'deki havzalar

Kaynak: Anonim, 2014a.

Çizelge 1.3 Havzalara göre yıllık yeraltı suyu potansiyeli (hm<sup>3</sup>/yıl) (DSİ, 2014).

Havza No	Havza Adı	Yeraltı Suyu Beslenimi	Yeraltı Suyu İşletme Rezervi
01	Meriç - Ergene	507,7	498,2
02	Marmara	241,7	210,7
03	Susurluk	780,4	585,9
04	Kuzey Ege	289,4	212,9
05	Gediz	555,0	248,0
06	Küçük Menderes	179,2	179,2
07	Büyük Menderes	1045,4	761,5
08	Batı Akdeniz	473,2	316,7
09	Antalya	1093,3	526,3
10	Burdur Göller	106,4	89,5
11	Akarçay	345,4	345,4
12	Sakarya	2197,1	1545,2
13	Batı Karadeniz	442,0	438,5
14	Yeşilirmak	907,2	872,8
15	Kızılırmak	2003,1	1762,9
16	Konya Kapalı	2524,8	2418,5
17	Doğu Akdeniz	96,5	70,5
18	Seyhan	838,8	749,9
19	Asi	393,2	289,5
20	Ceyhan	985,3	533,5
21	Fırat - Dicle	4737,0	3571,2
22	Doğu Karadeniz	490,9	490,9
23	Çoruh	30,0	20,0
24	Aras	406,1	312,1
25	Van Gölü	179,2	148,2
<b>Toplam</b>		<b>21848,3</b>	<b>17197,9</b>

Su döngüsü içerisinde su kaynaklarını yerüstü ve yeraltı suyu oluşturmaktadır. Bunlar birbirleri ile ilişkilidir. Su kalitesi de bu kaynaklara göre değişmektedir.

## Yerüstü Suları

Yerüstü suları akarsular, nehirler, havuzlar, göller ve barajlar gibi akan ya da durgun su kütlesidir. Yüzeysel suyun kalitesi ve miktarı iklimsel ve jeolojik faktörlere bağlı olarak değişir. Yağış beraberinde toz, polen, mikroorganizma, çeşitli katı partikülleri yeryüzüne taşımaktadır. Evsel ve sanayiden atmosfere verilen maddelerde yağışla birlikte geri döner. Bu durumda asit yağışlara neden olmaktadır. Yağıştaki maddelerin miktarı ve türü konumla ve zamanla değişmektedir. Buda gölleri ve nehirleri etkileyebilir. Kentleşme ve sanayileşme su kalitesini önemli ölçüde etkiler. Tarım ise su kaynakları üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Denizler yağmur suyunda bulunan klorür, sodyum, magnezyum, kalsiyum, potasyum, sülfat gibi birçok iyonun kaynağıdır.

Yüzeysel suların kalitesi ve miktarı havzanın jeolojisine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin granit gibi geçirimsiz kayalar bulanık yumuşak suları oluştururken, tebeşir taşı ve kireç taşı içeren havzalarda berrak sert sular oluşur. Sert suların olduğu havzalarda nehirler pınarlar ile oluşur ve su akiferlerden beslenmektedir. Akiferlerde uzun süre kalan su kayalarda bulunan kalsiyum ve magnezyumu çözerek pH değeri nötr ile alkali arasında olan sert suları oluşturur. Yumuşak suya sahip olan nehirler ise genellikle dağlardan gelen akışla olduğu için yağış ile yakından ilişkilidir. Bu tip nehirlerin sel ve kuraklık gibi durumlarda debileri değişir.

### ✓ Sert Su

İçerisinde kalsiyum, magnezyum ve demir iyonları gibi +2 ve daha yüksek değerli katyonları bulunduran sulardır.

Göllerin çoğunda bir giriş ve birde çıkış bulunmaktadır. Akış hızı çok yavaştır. Suyun burada uzun süre kalması sonucu bakteriyel aktivite ile organik maddeler giderilirken su içinde bulunan maddele flokülasyon ve çökme ile suyun temiz olmasını sağlar. Ancak bazı durumlarda alg çoğalması olduğu için sorunlar ortaya çıkabilir.

### ✓ Flokülasyon

Su içinde bulunan partiküllerin birleşerek çökmesidir.

Çevre Kanunu'na bağlı olarak 2004 yılında 25687 sayılı resmi gazetede yayınlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (SKKY), su kalitesi yönetimine ilişkin suların korunması, su havzaları ve havzaların korunması ile ilişkili olarak düzenlemeler getirmiştir. 2015 yılında 29327 sayılı resmi gazetede yayınlanan Yüzeysel Su Kalitesi Yönetmeliği göre yüzey suları, kalitesine göre 4 sınıfa ayrılmıştır.

- Yüksek kaliteli yerüstü suları içeren Sınıf I sular, içme suyu olarak kullanılma potansiyeline sahip sulardır. Bu sınıfa giren sular yüzme ve benzeri amaçlarla kullanılabilir. Rekreatiyonel amaçla kullanılabilir. Alabalık üretiminde, hayvan üretiminde ve çiftlik ihtiyacını karşılamak için kullanılabilir.
- Az kirlenmiş suları gösteren Sınıf II suların ise içme suyu olarak kullanılma potansiyeli vardır. Alabalık dışındaki balık üretiminde ve rekreatiyonel maksatlar için kullanılabilir.
- Bu suların sulama suyu olarak kullanılabilmesi için sulama suyu kalite kriterlerini sağlaması gerekmektedir.
- Sınıf III sular ise kirlenmiş sulardır ancak uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliğinde ve sanayinin ihtiyacı olan suyu karşılamak için kullanılabilir. Ancak bu sular gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren işletmelerde kullanılamaz.

- Çok kirlenmiş suları göstere sınıf IV sular ancak belli işlemlerden geçirildikten sonra III. Sınıf su özellikleri kazandırıldıktan sonra kullanılabilir.

Bu suların sınıflarına göre taşınması gereken özellikler yerüstü su kalitesi yönetmeliğinde ve 2016 yılında yapılan değişiklik yönetmeliğinde verilmiştir. Bu çizelgede tehlikeli maddeler ve diğer kirleticiler ile ilgili veriler yer almamıştır. Bunlar ülkemiz için referans değerler belirlendikten sonra verilecektir.



Yerüstü su kalitesi yönetmeliğini ve 2016 yılında yapılan değişiklik ile ilgili yönetmeliği inceleyiniz.

Çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj sularının kalite özellikleri Çizelge 1.4 de verilen kriterlere göre belirlenmektedir. Ancak göl, gölet ve baraj sularının sınıflandırılmasında Çizelge 1.4 de verilen çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluk parametreleri dikkate alınmaz.



Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğini inceleyiniz.

## Yeraltı Suları

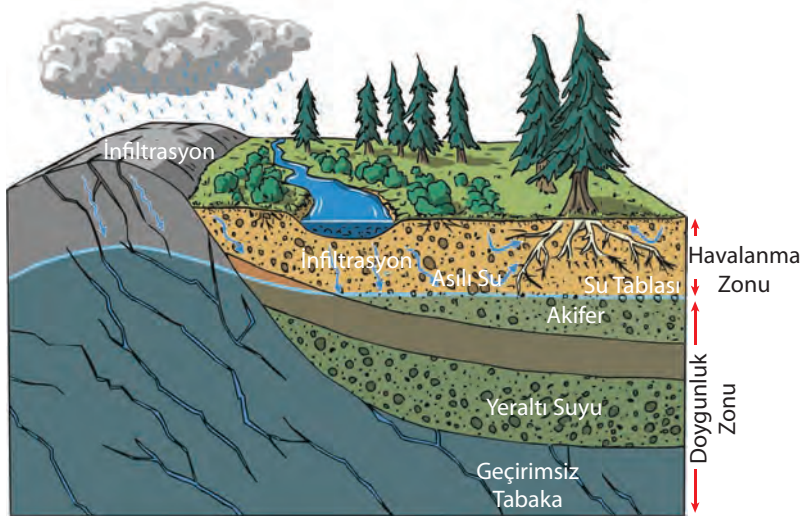
En önemli su kaynaklarından biri doğal su kaynakları içinde yer alan yeraltı sularıdır. Kar ve yağmur suları yerüstü ve yeraltı sularının ana kaynağını oluşturmaktadır. Yağışların bir kısmı toprağın içine sızar. Sızan suyun bir kısmı içinden geçtiği partiküller tarafından tutulur. Bu sulara asılı su adı verilir. Geri kalan su aşağıya doğru hareket eder. Hareket ederken önündeki tüm boşlukları doldurur. Yeraltı sularını havalanma zonu ya da doygun olmayan zon ile doygun zon oluşturur. Havalanma zonu yağışların süzülerek ulaştığı ilk bölge olup doygun zonun üstünde bulunur. Bu bölgede bitki kökleri çevresinde toprak nemi görülür. Havalanma zonunda toprak suyu, çekim suyu ve kapiler saçak zonlar bulunur. Havalanma zonunun altında ise doygunluk zonu bulunur. “Doygunluk Zonunda” ise asıl yeraltı suyu bölgesi bulunur ( Şekil 1.5). Havalanma zonu ile doygunluk zonunu ayıran yüzeye su tablası adı verilir.

### ✓ Yeraltı Suyu

Yer yüzeyinin altındaki toprak parçaları ve kaya tabakaları arasında bulunan su. Yeraltındaki durgun veya hareket halinde olan bütün sulardır.

### ✓ Kapillar Saçak (Kılcal Saçak Bölge) Bölge

Doygunluk kuşağında düzensiz olarak yukarıya doğru değişik kalınlıklarda olabilen bölge. Bu bölgede yüzey gerilim nedeniyle su yukarıya doğru hareket eder.



Şekil 1.5 Yeraltı suyu şematik gösterimi.

Yağışla yeryüzüne inen sular yukarıda da belirttiğimiz gibi bir kısmı buharlaşırken bir kısmı akışa geçer, bir kısmı bitkiler tarafından tutulur bir kısmı da toprak, çatlak ve yarıklardan yer altına sızar. Yer altına sızan sular geçirimsiz bir tabaka üzerinde birikerek yeraltı sularını oluşturur. Yeraltı suyu taşıyan tabakalara "akifer" adı verilir. Yeraltı sularının kendiliğinden yeryüzüne çıktığı yerler "Kaynak" olarak isimlendirilir. Kaynaklar yatay olarak hareket eden yeraltı sularının yüzeyi kestiği bölgelerde oluşur. Yeraltı suları yeraltında birikerek topraktaki boşlukların tamamını doldurarak akan sulardır. Yeraltı suları, başlıca sedimanter kayalarda bulunur. Sedimanter kayalar, pekişmiş ve pekişmemiş oluşuklar diye ikiye ayrılır. Bunun dışında magmatik kayaların bir bölümü de akifer özelliği göstermektedir. Kaynak sularının bir kısmı bu tür oluşuklardan çıkmaktadır. Yeraltı suları kullanım amacıyla doğrudan çekildiği gibi pınarlar vasıtasıyla veya taban akışı şeklinde nehre boşalabilir. Bu yolla nehirlere önemli bir katkı sağlar. Bu durum su tablasının yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Yağış akiferden kaybolan veya çekilen suyu yeniler. Böylece su tablası yükselir. Su temini için aşırı çekimlerde özellikle kurak dönemlerde su tablasının seviyesi düşer. Bu durumda nehri besleyen su kaynağı da kesilebilir.



**dikkat**

Bazı durumlarda nehri besleyen tek su kaynağı yeraltı suyu olabilir.



**dikkat**

Su tablası sondaj boruları ve kuyulardaki su seviyesi belirlenerek ölçülür.

Bu sular içme, tarımda sulama gibi su ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük öneme sahip olan sulardır. Yeraltı suları derinlere doğru sızarken geçtikleri yerdeki minerallere ve kimyasal değişimlere göre tat alırlar. Yeraltı suları yağış miktarına, yağış türüne, zeminin geçirimsizliğine, arazinin eğimine ve bitki örtüsüne bağlı olarak önemli ölçüde etkilenir. Bitki örtüsü yüzeysel akışı engelleyerek suyun sızmasının artırırken eğim fazla ise su sızmadan akar. Bu nedenle eğimi az olan yerlerde yeraltı suyu birikimi daha fazladır. Az yağışlı eğimi fazla ve geçirimsiz zemin bulunan bölgelerde yeraltı suyu daha az birikir. Buna karşın kumlu alanlarda geçirimsizlik daha fazla olur. Yeraltında biriken sular serbest yeraltı suları, basınçlı su yüzeyli (artezyen) suları ve kaya çatlakları içindeki yeraltı suları olarak 3 kısımda toplanabilir.

#### ✓ Artezyen

İki geçirimsiz olmayan tabaka arasında sıkışmış halde bulunan yeraltı suyunun (basınçlı yeraltı suları) üst tabakanın delinmesiyle fişkırlarak yeryüzüne çıkması ile oluşan kaynaklar.

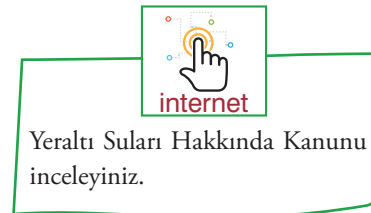
Yeraltı suları kentsel ve endüstriyel atıklar, tarımsal ilaç ve gübrelerin bilinçsiz kullanımı ve evsel atıklar nedeniyle kirlenebilir. Ayrıca çöp depolama sahalarında gelen sızıntı suları da yeraltı sularının kirlenmesine neden olmaktadır. Yeraltı suyunun kalitesi birçok faktöre bağlı olarak değişebilir. Kirlilik nedeniyle asitlik bakımından önemli ölçüde değişebilen yağmur suyunun yapısı, suyun süzülmesi toprağın yapısı, akiferleri çevreleyen kayanın yapısı önem taşımaktadır. Yeraltı suyu kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, daha az oranda demir ve manganez gibi birçok iyon içermektedir. Yeraltı sularının kalitelerine göre 3 sınıfta incelenmektedir. I. Sınıf yeraltı suları (Sınıf YAS I) yüksek kaliteli yeraltı sularıdır. II. Sınıf yeraltı suları (Sınıf YAS II) orta kaliteli yeraltı suları, III. Sınıf yeraltı suları ise (Sınıf YAS III) düşük kaliteli yeraltı sularını içermektedir (Su kirliliği kontrol yönetmeliği Resmi gazete).

İçme suyu olarak ve gıda sanayinde kullanılan sular Sınıf YAS I sularıdır. Bu sular her türlü kullanım amacına uygun sulardır. YAS I sular içme suyu olarak uygun bir dezenfeksiyon işleminden geçirilerek kullanılabilir. Yeraltı suları I. Sınıf yüzeysel sulara ait kalite parametrelerini sağlıyorsa havalandırılarak gerekli oksijen sağlandıktan sonra I. Sınıf YAS olarak kabul edilmektedir. Orta kaliteli yeraltı sularının içme suyu olarak kullanılabilmesi için bir arıtma işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Sınıf YAS II sular herhangi bir arıtma işlemi uygulanmadan hayvan sulamada, tarımsal amaçlı sulamada ve sanayide soğutma suyu olarak kullanılabilir. II. Sınıf yüzeysel sulara ait kalite parametrelerini sağlayan yeraltı suları Sınıf II YAS olarak kabul edilir. Bu sınıfa giren yeraltı sularında, II sınıf yüzey üstü sulara istenilen amonyum, demir, mangan ve çözünmüş oksijen için konulmuş sınırların sağlanması gerekli değildir. Düşük kaliteli olarak sınıflandırılan III sınıf yeraltı sularının kullanım yerleri ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir.

Yeraltı sularının içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilmesi için gerekli parametreler insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelikte belirtilmiştir. Burada mikrobiyolojik ve kimyasal parametrelerin hangi değerler arasında olması gerektiği gösterilmiştir.



Akiferlerdeki yeraltı suyu ağırlıklı olarak yağış kaynaklı olduğu için tarım uygulamalarından ve sanayiden kaynaklanan atmosferik kirlilik nedeniyle kirlenebilir. Kanalizasyon sızıntısı, tarımsal drenaj da yeraltı sularındaki kirliliğin kaynağıdır. Bu kirliliğin başında yeraltı sularındaki nitrat gelmektedir. Yeraltı sularının kullanılabilmesi için 50 µg/L sınırı getirilmiştir. Yeraltı sularının diğer önemli kirleticileri eser miktarda bulunan organik bileşiklerdir. Bu maddeler dökülmeler ya da depolama tanklarından sızma sonucu yeraltı sularına karışır. Bu maddeler akifer içinde dağıldığında uzun bir süre burada kalabilir. Bu organik kirleticiler önemli sağlık sorunlarına neden olabilir. Bu organik kirleticilerin bir kaynağı da tarımda kullanılan pestisitlerdir (Çizelge 1.5).





## Öğrenme Çıktısı



- 3 Dünyadaki su dağılımını öğrenebilme  
4 Ülkemizdeki su kaynaklarını öğrenebilme  
5 Yeraltı ve yerüstü sularının özelliklerini açıklayabilme

## Araştır 2

Ülkemizdeki kapalı ve açık havzalar hangileridir? Suların yer altına sızmasında hangi faktörler etki eder?

## İlişkilendir

Dünyadaki su kaynaklarını canlıların kullanabilecekleri su bakımından değerlendirin.

## Anlat/Paylaş

Ülkemizdeki su kaynakları ile dünyadaki su kaynaklarını kıyaslayarak anlatın.

## SU KAYNAKLARININ SEKTÖREL KULLANIMI

Günümüzde suyun %65-%70 i tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Tarımda su tüketimi yüksektir. Bir kilogram buğday elde etmek için 1500 litre, 1kg pirinç için 4500 litre ve 1 kg et elde etmek için bunun on katı suya gereksinim vardır (Çizelge 7). Tarımda kullanılan su gerçek su tüketimi olup suyun çok az bir kısmı geri dönmektedir. Dönen su ise genellikle kirlenmiş olmaktadır. Suyun bir kısmı ise buharlaşma ve terleme ile atmosfere geri döner. Sanayide kullanılan su ise %20 ile %25 civarında olup bu miktarın büyük bir kısmı termik santrallerin soğutulmasında kullanılmaktadır. Bu su ise sıcak sudur ya da buharlaşmış haldedir. Suyun %10 u ise evlerde tüketilen sudur. Bu suyun %2 si içme diğerleri ise çeşitli faaliyetlerde kullanılmaktadır. Eysel amaçlı su kullanım miktarı bir kişinin bir günde tükettiği su miktarı üzerinden hesaplanmaktadır. Eysel su kullanım miktarı gelişmişlik düzeyi ile değişmektedir. Kişi başına günlük su kullanımı gelişmiş ülkelerde 500-800m<sup>3</sup> iken gelişmekte olan ülkelerde ise bunun yaklaşık on katıdır. Bu oran su kıtlığı çekilen bölgelerde ise günlük kişi başına 20-60 m<sup>3</sup> civarındadır. Eysel amaçlı olarak kullanılan suyun büyük bir kısmı geri döner. Çeşitli geri dönüşlerde dikkate alındığında gerçek olarak kullanılan suyun %85 i sulamaya gitmektedir. Ülkemizde 112 milyar m<sup>3</sup> olan kullanılabilir su miktarının 32 milyar m<sup>3</sup>'ü sulamada, 7 milyar m<sup>3</sup>'ü içme ve kullanmada, 5 milyar m<sup>3</sup>'ü sanayide kullanılmak üzere

yaklaşık 44 milyar m<sup>3</sup>'ü kullanılmaktadır. Dünyada su kaynaklarının %69'unun sulamada, %19'unun sanayide ve %12'sinin ise evsel tüketimde kullanılmaktadır. Avrupa'da ise bu oranlar %22, %57 ve %22 iken ülkemizde sulamada su kaynaklarının yaklaşık %73'ü, sanayide %11'i, evsel tüketimde ise %16'sı kullanılmaktadır.

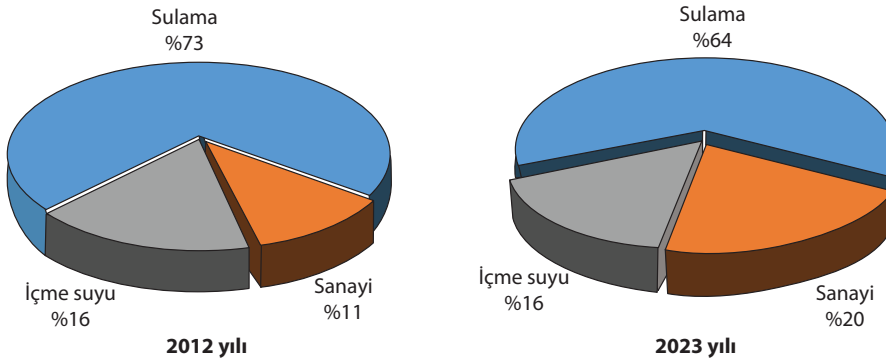
Günümüzde, Dünyada mevcut tarım alanlarının % 17'sinde sulu tarım yapılmaktadır. Besin ihtiyacının %40 ı bu alanlardan karşılanmaktadır. Daha fazla ürün elde etmek için sulanan alanların genişletilmesi planlanmaktadır. Sulu tarım alanlarının genişlemesi, hızlı nüfus artışı, kente göç ve gelişen endüstri nedeniyle su tüketimi artmakta ve dünyada suya olan istek giderek artmaktadır. Su tüketimindeki hızlı artış birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bunların başında yeraltı su kaynaklarının hızla tüketimi gelmektedir. Buna paralel olarak diğer ekosistemler kirlenmekte ve bozulmaktadır. Ayrıca uygun yapılmayan sulu tarımda birçok çevresel problem de ortaya çıkmasına neden olabilir.

Yenilebilir doğal bir kaynak olarak kabul edilen su bu özelliğini kaybetmekle karşı karşıya kalmaktadır. Bunun sonucu yeni su kaynaklarının sağlanması ve geliştirilmesi ya çok pahalıya mal olur ya da olanaksız hale gelmektedir. Bu durum gelecekte yeterli gıda üretimini engelleyebilecek en önemli etmen olarak karşımıza çıkacaktır. Ancak toplumun büyük bir kısmı tarafından bu durumla ilgilenilmemektedir.

Ülkemizde 28 milyon hektar tarım yapılan arazinin 8,5 milyon hektarı ekonomik olarak sulanabilecek alan olarak hesaplanmıştır. Ancak sulanan alan 5,9 milyon hektardır (Çizelge 1.4). Suyun en verimli ve ekonomik olarak kullanılmasında sulama suyunun araziye iletiminde, dağıtımında ve sistemin işletilmesinde büyük özen gösterilmesi gerekmektedir.

Çizelge 1.4 Türkiye’de toprak potansiyeli ve kullanım durumu (Anonim, 2014a).

Toprak Kaynakları	Alan (milyon ha)
Tarım alanı	28,05
Sulanabilir alan	25,75
Kuru tarım alanı	7,25
Sulanabilir alan hedefi	8,50
Sulanan alan	5,90



Şekil 1.6 Yıllara göre su kaynaklarının sektörel dağılımı.

2023 yılına kadar ülkemizde sulanabilir 8.5 milyon hektar alanının sulanması planlanmaktadır. Uygun sulama yöntemleri kullanılarak sulama suyunun tüketim oranının %73 den %64 de düşürülmesi öngörülmektedir (Şekil 1.6).

Sulamada kullanılan suyun miktarı ürün tipine, iklim ve toprak yapısı bağlı olarak değişmektedir (Çizelge 1.5). Ayrıca su kalitesi ve sulama teknikleri de kullanılan suyun miktarına etki yapmaktadır. Sulamada modern teknolojilerin kullanılmaması çevresel ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır. Etkin kullanım önlemleri alınmaz ise tarımsal su kullanım oranının 2030 yılında 4.500 km<sup>3</sup> olacağı tahmin edilmektedir (küresel su kullanımının %65’i). Birleşmiş Milletler tarafından hazırlanan raporda, 2030 yılına kadar tarımsal üretim, gelişmekte olan ülkelerde %67 oranında artması beklenmektedir. Bu artışın mevcut su potansiyeli ile karşılanmasının zor olduğu görülmektedir. Bu nedenle bir takım düzenlemelere ihtiyaç vardır. Tarım sektörü daha az su kullanarak daha fazla tarımsal ürün üretmek zorundadır. Ülkemizde yaygın olarak yüzey sulama metotlarının kullanımı nedeniyle aşırı su uygulandığı ortaya konmuştur. Bu durum suyun israfına neden olduğu gibi toprakların çoraklaşmasına da sebep olmaktadır. Toprak, bitki ve iklim koşulları göz önüne alınarak sulamada damla ve yağmurlama sulama sistemlerinin kullanılmasının, su kayıplarını %30-80 oranında azalttığı ortaya konmuştur. Bu nedenle su tasarrufu sağlayan sulama metotlarının kullanılması su tasarrufu sağlayacaktır.



**dikkat**

Bu konuda daha geniş bilgi kitabınızın 5. Bölümünde verilecektir.

Çizelge 1.5 Bir ton tarımsal ürün elde etmek için gerekli su miktarı (Anonim, 2009).

Ürün	Miktar (m <sup>3</sup> /ton)
Patates	160
Mısır	450
Süt	900
Buğday	1.200
Soya	2.300
Çeltik	2.700
Tavuk	2.800
Yumurta	4.700
Peynir	5.300
Siğir eti	15.000

Ülkemizde yerüstü su kaynakları ile sulanabilir tarım arazilerinin %75-80'i sulanmaktadır. Geri kalan kısmı ise yeraltı su kaynaklarından yararlanılarak sulanmaktadır. Sulu tarımda % 86 oranında açık kanal/kanalet sistemleri ve %14 kapalı boru sistemleri kullanılmaktadır. Açık su kanal veya kanaletlerinde buharlaşma ve kaçaklar nedeniyle önemli miktarda su kayıpları olmaktadır.

### Öğrenme Çıktısı



6 Su yönetiminin önemini kavrayabilme  
7 Türkiye'deki su kaynaklarının kullanımı hakkında bilgi sahibi olabilme

Araştır 3

Su kullanımına yönelik alternatif bir tanım olarak Su Ayak İzi nedir?

İlişkilendir

Dünyadaki sulama, sanayi ve içme suyu tüketimleri arasındaki oranları teknolojik gelişme açısından değerlendirin.

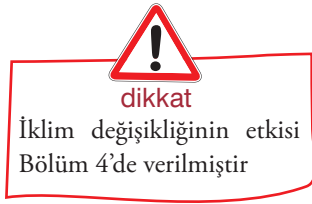
Anlat/Paylaş

Tarım sektöründe kullanılan su miktarının ürünlere göre dağılımını anlatın.

## SU KALİTESİ VE YÖNETİMİ

Geleceğin en önemli sorunlarından biri sürekli olarak artan nüfusun ihtiyacı olan suyu sağlamak olacağı görülmektedir. Burada mevcut kaynakların yönetimi büyük önem taşımaktadır. Su doğal olarak yenilenebilir bir kaynaktır. Tükenmez ancak özellikleri değişmektedir. Suyu yenilemek için enerji sağlayan süreçler sürekli çalışmaktadır. Otlakların aşırı kullanımı, geniş baraj göllerinin oluşturulması, ormansızlaştırma su çevrimini önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu kirlenme de su dolaşımının dengesini bozmaktadır. Burada önem taşıyan diğer bir hususta sulama ve enerji sağlamada kullanılan baraj ve rezervuarlardan kaynaklanan buharlaşma kullanılabilir suyun azalmasına neden olmaktadır. Buralardan önemli miktarlarda su kaybolmaktadır.

Tatlı su kaynakları iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilenmektedir. İklim değişikliği su çevrimi etkiler. Akarsu rezervuarlarında toplanan su miktarı akarsuyun akış miktarından etkilenir. Bu durum aynı zamanda yeraltı sularının geri beslemesini de etkilemektedir. Yine sıcaklık yükselmesi ile daha fazla buharlaşma meydana gelecek buda sulanan tarım arazilerinde ve su kaynaklarında tuzlanmaya neden olabilecektir. Su kaynaklarının yönetiminde iklim değişikliklerine uyum önem taşımaktadır.



Ülkemizde özellikle kentsel yerleşim bölgeleri ile tarım, endüstri ve enerji faaliyetlerinin fazla olduğu bölgelerde iklim değişikliğine bağlı olarak gerek yerüstü ve gerekse yeraltı su kaynaklarını tehdit altındadır. İklim değişikliği ile tarım arasında önemli bir ilişki vardır. Tarımsal faaliyetler sonucu atmosfere metan ve sera gazları salınımı iklim değişikliklerine neden olur. İklim değişikliği de en fazla tarımsal üretimi etkilemektedir.

Yağışların mevsimlere bağlı olarak dağılımı, mevsimlere bağlı olarak yağış miktarındaki değişiklikler, yağış yoğunluğundaki artış, buharlaşmanın artması, toprak neminin azalması kar ve yağmur arasındaki dengenin değişmesi, yağışlara ve sıcaklığa bağlı olarak bitki örtüsündeki değişimler buzulların erimesindeki artma ile deniz seviyesinin yükselmesi ve yeraltı sularında tuzlanma meydana gelir.

Enerji ile su kullanımı arasında da önemli bir ilişki vardır. Enerji üretimi sırasında ham materyalin elde edilmesi, soğutma, temizlik, türbinlerin çalıştırılması gibi birçok basamakta su kullanılmaktadır. Buna karşın suyun sağlanmasında da enerjiye gereksinim bulunmaktadır. Su kaynaklarının azalmasına ve su kirliliğinin artmasına bağlı olarak gelecekte enerji tüketimin de artışa neden olacağı öngörülmektedir. Bu durumda metal, maden, petrol ve enerji sektörlerinde yüksek kalitede ve fazla miktarda su tüketen firmalar için sorunların ortaya çıkması muhtemeldir. Küresel enerji tüketimi 2030 yılında önemli ölçüde artacağı tahmin edil-

mektedir. Buna bağlı olarak kullanılan su miktarı da artacaktır. Biyoyakıt üretimi son yıllara üzerinde durulan konulardan biridir. Biyoyakıt üretimi üretim ve biyorafineri basamaklarında fazla miktarda su kullanılmaktadır. Bu da su kaynakları üzerine bir baskı oluşturacaktır.

Tarımda çok fazla su kullanılmaktadır. Su kullanımındaki artış, su kirliliğinin artması evsel ve tarımsal su kullanımında rekabete neden olacaktır. Gıda üretimi, toprak verimliliği, taşkın kontrolü, karbon tutumu gibi karasal ve sucul ekosistem su ile desteklenmektedir. Tatlı su kaynakları ise sürekli ve sağlıklı ekosistemlere ihtiyaç duymaktadır.

Dünyada su kullanımı sıralaması beş başlık altında toplanmaktadır. Bunlardan ilk sırada gıda ve tarım gelmektedir. Bu sektörler en fazla su kullanan sektörlerin başında gelmektedir. Bunu enerji ve sanayi takip etmektedir. Evsel su kullanımı ve içme suyu kullanımı 4. sırada yer almaktadır. Son olarak ise ekosistemlerin su ihtiyacı gelmektedir. Su kullanım alanlarından her biri birçok farklı faktör tarafından etkilenmektedir. Bu durum su ihtiyacı planlamalarında dikkate alınması gerekmektedir. Su ihtiyacının belirlenmesinde gıda, enerji ve sanayi sektörlerinin su ihtiyaçları yanında nüfus artışının ve sosyo-ekonomik yapının değişmesi sonucunda ortaya çıkacak su ihtiyacının göz önünde tutulması gerekmektedir. Gıda üretimi, toprak verimliliği, taşkın kontrolü, karbon tutumu gibi karasal ve sucul ekosistem su ile desteklenmektedir. Tatlı su kaynakları ise sürekli ve sağlıklı ekosistemlere ihtiyaç duymaktadır. Bütün bu hususlar dikkate alınarak kısıtlı su kaynaklarının nasıl kullanılacağını ve nasıl sürdürülebileceği planlanmalıdır. Bu nedenle yerüstü su kaynakları ve yeraltı suları sürekli izlenmek zorundadır. Bu şekilde hem su kalitesi korunabilir hem de su kaynaklarının iyileştirilmesi amacıyla alınması gereken önlemler belirlenebilir. Yerüstü su kaynaklarının ve yeraltı sularının kalitesinin korunabilmesi, izlenebilmesi, etkin ve verimli bir şekilde yönetilebilmesi ancak gerekli hukuki ve teknik esasları ortaya koyan yasal düzenlemelerle sağlanabilir.



Nüfus, tarım ve sanayi faaliyetlerin sürekli artışı suya olan talebi de artırmaktadır. Buna karşılık mevcut su kaynakları her zaman istenilen miktar ve kalitede değildir. Bu durum mevcut su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması için suyun yönetimini zorunlu hale getirmiştir. Su kaynaklarının yönetimi, doğal su çevrimi içerisinde suyun insanlar tarafından ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar içinde en verimli şekilde kullanımınıdır. Su yönetiminde suyun farklı amaçlarla kullanımının sağlanması yanında bunun sürekliliğinin de sağlanması önem taşımaktadır.

### ✓ Su Yönetimi

Su kaynaklarının geliştirilmesi, dağıtılması ve kullanıma sunulmasıdır.

Su güvenliği bir toplumun ihtiyacı olan suya erişimi, bunun sürekli olarak sağlanması ve suyun ortaya çıkarabileceği zararlarından korunma etkinliği olarak tanımlanmaktadır. Hızlı nüfus artışı, tüketim alışkanlıklarındaki değişiklikler ve endüstriyel gelişmeler, çarpık kentleşme, tarım alanlarının tarım dışı amaçlarla kullanılması, ormansızlaşma 20. yüzyılın son yarısından itibaren önemli su sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu durum günümüzde su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanımını gündeme getirmiştir. Su kaynaklarının etkin kullanımı ise çevresel, ekonomik ve sosyal kriterler doğrultusunda suyun israf edilmeden, kalitesi korunarak bütün su kullanıcılarına tahsis edilecek şekilde kullanımınıdır. Dünya, su krizinin çözümünde "bütünleşik su kaynakları yönetimi" gündeme gelmiştir. Bu bağlamda, 2000 yılında yürürlüğe giren Avrupa Birliği (AB) "Su Çerçeve Direktifi"(2000/60/EC) ile havza bazlı yönetimi benimsenmiştir. Bu şekilde su kaynaklarının miktar ve kalite olarak korunması ve kontrol edilmesi hedeflenmiştir. Su çerçeve direktifi ile su yönetiminde ortak yönetim ile sektörel uyum sağlanarak Avrupadaki yüzeysel suların ekolojik ve kimyasal açıdan, yeraltı suların ise miktar ve kimyasal açıdan iyi duruma ulaşması hedeflenmiştir.



**dikkat**

Çevre, su, hava ve toprak bir bütündür. Bunlardan birine yapılan bir uygulama diğerlerini de etkiler.

Su çerçeve Direktifi su sorununun çözümünde tüm kullanıcıların aktif olarak katılımını ve suyun fiyatlandırılmasında doğru ve gerçekçi bir yaklaşım izlenmesini kabul etmiştir. Bu şekilde Avrupa birliğinde su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamayı hedeflemiştir. Gerek Birleşmiş milletler gerekse Avrupa birliği su yönetiminde bütünleşik yönetimin önemini benimsemiştir.



**dikkat**

Su kaynaklarının etkin şekilde kullanımında su kaynaklarının hava, toprak ve çevre ile ilişkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle su kaynaklarının havza bazında ve çevresel kaynaklarla birlikte yönetimi zorunludur.



**dikkat**

Küresel iklim değişikliği tüm çevresel kaynakları etkilediği için entegre su yönetimi zorunludur.

Su yönetimi su kaynaklarının geliştirilmesini sağlayacak politik ve teknik kararların alınmasını, su hakları ve su tahsisini düzenleyen yasaları, çevrenin korunmasını, su fiyatlandırılması ait düzenlemeleri, arazi kullanım ilkelerini ve kullanıcıların katılımını kapsamaktadır.





## Yaşamla İlişkilendir

Dünya nüfusunun artan su ihtiyacını yeterli ve güvenli şekilde karşılamak yirmi birinci yüzyılın en önemli sorunlarından birisidir. İçilebilir su kaynakları yeryüzünde eşit şekilde dağılmamıştır. Bu nedenle bölgelere göre su sorunu da farklılık göstermektedir. Su sağlanan alanların günümüzde dış etkenler nedeniyle kirlenmesi su kaynaklarının korunmasını özellikle de suyun kıt olduğu bölgelerde daha büyük önem taşımaktadır. Bu durum “su yönetimi ve güvenliği” konularının üzerinde önemle durulması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Su güvenliği; bir toplumun ihtiyaç duyduğu içme, kullanma, sulama suyu ile enerji üretimi gibi konularda suya erişiminin sağlanması, bunun sürdürülebilmesi ve suyun olası zararlarından korunması olarak tanımlanmaktadır.

Ülkemizde de toplam kullanılabilir suyun % 75'i sulamada kullanılmaktadır. Sulamada kullanılan suyun miktarını birçok faktör etkilemektedir. Toprak yapısı, ürünün tipi, iklim, su kalitesi ve sulama teknikleri bu faktörlerin en önemlileridir. Sulama teknolojilerinin yaygın olarak kullanılmaması birçok ekonomik ve çevresel sorunun da ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Su kaynakları küresel değişimlerden hızlı bir şekilde etkilenmektedir. Bugün kullanılabilir su kaynakları insan faaliyetleri ve doğal güçler nedeniyle azalmış durumdadır. Dünyada insan aktivitelerinden etkilenmemiş çok az yerüstü ve yeraltı suyu bulunmaktadır. Bugünkü ortalama ekonomik gelişme dikkate alınarak hazırlanan senaryolar ışığı altında günümüzde 4.500 km<sup>3</sup> olan su ihtiyacının 2030 yılında 6.900 km<sup>3</sup> çıkacağı öngörülmektedir. Bu su miktarı ise güvenli kullanılabilir mevcut su miktarının %40 üzerindedir. Yine 2030 yılında Dünya nüfusunun 8.3 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Nüfus artışına paralel olarak kentleşmenin artması ve nüfusun % 60 gibi büyük bir kısmının kentlerde yaşamaya başlaması beklenmektedir. Bu durumda ise su kaynakları üzerindeki baskılar giderek artacaktır. Ayrıca enerji ve sulama amaçlı olarak tesis edilen baraj ve rezervuarlardan meydana gelen buharlaşmada kullanılabilir suyun kaybına neden olmaktadır. Baraj ve rezervuarlardan kaybolan su miktarının sanayide ve evde kullanılan su miktarından fazla olduğu belirlenmiştir.

## Türkiyedeki Su Kaynakları Yönetimi

Devlet su işlerinin (DSİ) 1950'li yıllarda kurulmasından sonra, Türkiye'de su yönetimi genel olarak su kaynaklarının geliştirilmesi yönünde olmuştur. 1980'li yıllara gelindiğinde nüfustaki artış, artan şehirleşme ve endüstrideki gelişmeye bağlı olarak çevre ve su kirliliği artışı ortaya çıkmıştır. 1983 yılında çevre ve su kirliliğinin önlenmesi için Çevre Kanunu çıkarılmıştır. Daha sonra Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği 1988 yılında kabul edilmiştir. Çevre Bakanlığı ise 1991 yılında kurulmuştur. 1980 yıllarından itibaren su kalitesi önem kazanmaya başlamıştır. Ancak su kaynaklarının geliştirilmesi halen öncelikli konu olarak devam etmiştir.

Türkiye'de su kaynaklarının korunmasında uygulanan en önemli mevzuatlardan biri "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğidir". Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği suların korunması ile ilgili esasları, havza

planı ve havza korunması, su kalitesi ile ilgili yasakları düzenlemektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliği ayrıca yeraltı suları ile ilgili kirletme yasaklarını ve düzenlemelerini, atıksu boşaltım ilkelerini, atık su boşaltım izni esaslarını, atık su altyapı tesisleriyle ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını da kapsamaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nin yayınlanması ile 'Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği içerisindeki maddelerden bazıları yürürlükten kaldırılmıştır. "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'deki revizyon çalışmalarına 2011 yılında başlanılmıştır. Bu çalışmalar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülmektedir.

2011 yılında Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na bağlı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Avrupa birliği nez-

dinde su ile ilgili konularda yetkili bir otorite olup su yönetiminde koordinasyonu sağlamaktadır. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü çalışmalarında “Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi” önerileri doğrultusunda havza bazında yönetim yaklaşımını esas almıştır. Bu şekilde Ülkemizde suyun korunması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasının sağlanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda Su Yönetimi Genel Müdürlüğü havza bazında su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve iyileştirilmesi çalışmalarını yanında havzada kirliliğin önlenmesi için gerekli çalışmaları yapmaktadır. Havza bazında su kaynaklarının korunması için etüt ve planlamalar yapılarak, ilgili kurum ve kuruluşlarla birlikte alınması gereken önlemler alınmakta ve uygulamalar takip edilmektedir.

Su kaynağının kullanımında, hayatın sürdürülebilmesi için gerekli olan temel gereksinimlerin karşılanması prensibi genel olarak bütün ülkeler tarafında kabul edilen bir önceliktir. Temel ihtiyaçlar karşılandıktan sonra mevcut su kaynağı en uygun şekilde diğer gereksinimlere paylaştırılır. Bu prensip dikkate alınarak ülkemizde Devlet Planlama Teşkilatının 2001 yılında hazırladığı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planında “Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu’nda mevcut su potansiyelin paylaşılmasında kullanım önceliği aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

1. İçme ve kullanma suyu ihtiyacı
2. Hayvanlar ve doğal hayatın, devamı için gerekli su ihtiyacı.
3. Tarımsal sulama suyu ihtiyacı
4. Enerji ve sanayi suyu ihtiyacı
5. Ticaret, turizm, balıkçılık vb. su. ihtiyacı

Suya olan talebin belirlenen önceliklere uygun olarak karşılanabilmesi, su kaynaklarının et-

kin bir şekilde yönetilebilmesiyle ancak mümkün olabilmektedir. Ülkemizde su kaynakları, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Türkiye’de su yönetimi merkezidir. Merkezi hükümet planları yapar ve stratejik kararları alır. Yapılan plan ve alınan kararlar ilgili bakanlıkların uygulayıcı birimleri ve yerel idareler tarafından uygulanır. Su kaynaklarının içme-kullanma, tarım ve sanayide kullanımı, enerji üretimi, su ürünleri üretimi, turizm ve rekreasyon faaliyetleri amacıyla tüm kullanıcıların hizmetine sunulması ve korunması devletin görevleri içinde yer almaktadır. Bu hizmet kamu hizmeti olarak adlandırılır. Su teminine ve korunmasına yönelik faaliyetler, çok çeşitli kamu kurum ve kuruluşlarının eliyle yönetilmektedir.

### Su Yönetiminden Sorumlu Kurumlar

Ülkemizde doğrudan ve dolaylı olarak su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve yönetimi için çeşitli, kamu ve özel sektör kuruluşları görev almaktadır. Bu yapıya kurumsal çerçeveden bakıldığında karar verme, yönetim ve kullanıcılar olmak üzere üç aşamadan oluştuğu görülür. Karar mekanizmasında ve ilgili diğer bakanlıklar yer alır (Çizelge 1.8).

Bakanlıklar kendi kuruluş ve yönetmelikleri kapsamında su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi ve su kaynaklarının korunması ile ilgili çalışmaları yapmaktadır. Yönetim ve geliştirmede Devlet Su İşleri Genel müdürlüğü, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İller Bankası, İl Özel İdareleri ve benzer kuruluşlar görev almaktadır. Çiftçiler, Su Kullanıcı Birlikleri ve diğer su tüketicileri de kullanım aşamasında yer almaktadır (Çizelge 1. 6). Su yönetiminde sorumlu kurumlar ve görevleri Çizelge 1.8’de özetlenmiştir.

Çizelge 1.6 Su yönetiminde sorumlu kurumlar ve görevleri (Anonim, 2014b).

KURUM	GÖREVLERİ
Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İçme, sulama ve kullanma suyu temin etmek</li> <li>• Sulama tesisi kurmak</li> <li>• Sulak alanları ıslah etmek</li> <li>• Yerüstü ve yeraltı sularını kalite yönünden izlemek</li> <li>• Atık su arıtımını sağlamak</li> <li>• Taşkınlara karşı koruma tedbirleri almak</li> <li>• Sulu ziraatı yaygınlaştırmak</li> <li>• Hidroelektrik enerji üretmek</li> <li>• Yeraltı suyu etüt ve araştırmaları için kuyu açmak veya açtırmak</li> <li>• Yeraltı suyu tahsisi ve tescili işlemlerini yapmak</li> <li>• Yeraltı sularının korunmasını sağlamak</li> <li>• Baraj kurmak</li> <li>• Su tasfiye tesisi inşaatlarını yapmak</li> <li>• Su depoları yapmak</li> <li>• Nehirleri ve bataklıkları ıslah etmek</li> </ul>
Tarım ve Orman Bakanlığı; Su Yönetimi Genel Müdürlüğü	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su kaynaklarının korunması, iyileştirilmesi ve kullanılmasına ilişkin politikaları belirlemek</li> <li>• Su yönetiminin ulusal ve uluslararası düzeyde koordinasyonunu sağlamak</li> <li>• Sucul çevrenin ekolojik ve kimyasal kalitesinin korunmasını sağlamak, bunun için havza bazında nehir havza yönetim planları hazırlamak, hazırlatmak</li> <li>• Bütüncül nehir havzaları yönetimi ile ilgili mevzuat çalışmalarını yürütmek</li> <li>• Kurak dönemlerde yönetim stratejilerini belirlemek</li> <li>• Yerüstü ve yeraltı sularının kalite ve miktarının korunmasına yönelik çalışmalar yapmak, izlemek ya da izletmek</li> <li>• Taşkın yönetim planlarını hazırlamak</li> <li>• İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi ile ilgili çalışmalar yapmak</li> <li>• Ulusal su bilgi sistemini oluşturmak, izleme ağını kurmak ve izleme programları hazırlamak</li> <li>• Su kirliliği ve nitrat kirliliği açısından hassas alanları belirlemek ve izlemek</li> <li>• Sektörel bazda su kaynaklarının tahsislerine ait gerekli koordinasyonu yapmak,</li> <li>• Taşkınlarla ilgili strateji ve politikaları belirlemek</li> </ul>
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı; Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su kaynakları için koruma ve kullanma planlarını yapmak</li> <li>• Kıta içi su kaynakları ile toprak kaynaklarının havza bazında bütüncül yönetimi için gerekli çalışmaları yapmak</li> <li>• Su kaynaklarının kalite sınıflarının belirlenmesi</li> <li>• Su kalitesini artırmak için gerekli çalışmaları yapmak ya da yaptırmak</li> <li>• Tesislerin deşarjları ve arıtma sistemlerini izlemek ve denetlemek</li> <li>• Su ve toprak kirliliğine neden olan her türlü faaliyeti ülke bütününde izlemek ve denetlemek</li> </ul>
Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulak alanlar ve biyolojik çeşitliliği korumak</li> <li>• Korunan sulak alanların yönetimini yapmak</li> </ul>

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (mülga Elektrik İşleri Etüd İdaresi-EİE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrik üretimi amaçlı su kaynaklarının araştırmak</li> </ul>
Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hidroelektrik üretimi için lisans vermek</li> </ul>
Sağlık Bakanlığı	<ul style="list-style-type: none"> <li>İçme ve kullanma suyu, kaynak suları, doğal mineralli suların kalitesi için standartlar belirlemek ve bunlara uyumu izlemek yüzme suyu ve jeotermal suların kalitesini izlemek</li> <li>Yerleşim yerlerine sağlıklı içme ve kullanma suyu temini için gerekli araştırma ve geliştirme çalışmalarına katılmak</li> </ul>
İl Özel İdareler	<ul style="list-style-type: none"> <li>Belediye alanlarının dışındaki yerleşim yerlerine su, kanalizasyon ve atıksu arıtımı hizmetlerini sağlamak</li> </ul>
Tarım ve Orman Bakanlığı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sulama projelerinin etüt ve uygulamalarını yapmak ya da yaptırtmak</li> <li>Tarımsal sulamada uygun sulama tekniklerinin kullanılması sağlamak, bunları iyileştirici tedbirleri almak</li> <li>Sulama ile ilgili politikaların ve stratejilerin belirlenmesi</li> <li>Sulama veri tabanının hazırlanması</li> <li>Balıkçılık ve su ürünleri mevzuatı</li> <li>Kıyı suları da dahil tüm su ürünleri sahalarının kalitesinin denetlenmesi</li> </ul>
İller Bankası	<ul style="list-style-type: none"> <li>Belediyelere su, kanalizasyon ve atıksu arıtımı tesisleri yapımı için kredi ve teknik destek sağlanması</li> </ul>
Sulama Birlikleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yerel düzeyde sulama suyu dağıtımı</li> </ul>
Belediyeler	<ul style="list-style-type: none"> <li>Şehir suyu şebekesi, kanalizasyon ve arıtma tesis kurmak</li> </ul>
Kültür ve Turizm Bakanlığı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Turistik bölgelerde içme suyu temini ve atık su arıtım alt yapılarının yapımı</li> </ul>
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Barajlar, rezervuarlar, kanalizasyon ve arıtım gibi su kaynakları yatırımlarının genel planlamasını yapmak</li> </ul>

Ülkemizde su yönetiminin temelinde üç ana mevzuat esas olarak alınmaktadır. Bunlardan biri 2872 sayılı Çevre Kanunu, diğeri 6200 sayılı Devlet Su İşleri Kuruluş Kanunu ve 167 sayılı Yeraltı Suları Hakkındaki Kanundur. Bunlara ek olarak su yönetimi ile ilgili birçok yönetmelik, tebliğ ve genelge bulunmaktadır. Su yönetimi ile ilgili kanun ve yönetmelikler Çizelge 1.7’de verilmiştir. Zaman zaman mevzuatlarda çakışmalar görülebildiği gibi mevzuatların farklı kurumlara sorumluluklar vermesi sonucunda bazen çakışmalar ve boşluklar da ortaya çıkabilmektedir. Bu karışıklığın ortadan kaldırılması ve AB “Su Çerçeve Direktifine” uyum amacıyla Su Yasası çalışmaları başlatılmıştır. Burada Havza bazında yönetim benimsenmiştir. Bütünleşik yönetim ve ekosistem yaklaşımı doğrultusunda bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

Çizelge 1.7 Su yönetimi ile ilgili kanun ve yönetmelikler

Kanun ve Yönetmelikler	Kaynaklar
Çevre Kanunu	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr">http://www.mevzuat.gov.tr</a> 9/8/1983, Sayı:2872
Tarım ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname,	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/07/20110704M1-2.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/07/20110704M1-2.htm</a> 4/7/2011
Sular Hakkında Kanun	<a href="http://www.ormansu.gov.tr/osb/Libraries/Dok%C3%BCmanlar/831_say%C4%B1%C4%B1_Sular_Hakk%C4%B1nda_Kanun_4.sflb.ashx">http://www.ormansu.gov.tr/osb/Libraries/Dok%C3%BCmanlar/831_say%C4%B1%C4%B1_Sular_Hakk%C4%B1nda_Kanun_4.sflb.ashx</a> 10.05.1926 Sayı: 368
DSİ Kuruluş Kanunu	<a href="http://www2.dsi.gov.tr/duyuru/mevzuat/kanun/6200kanun.pdf">http://www2.dsi.gov.tr/duyuru/mevzuat/kanun/6200kanun.pdf</a>
Köylerin İçme ve Kullanma Suları Hakkında Kanun	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.3.7478.pdf">http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.3.7478.pdf</a> 9/5/1960
Yeraltı Suları Hakkında Kanun	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.4.167.pdf">http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.4.167.pdf</a> 23/12/1960 Sayı: 10688
Kıyı Kanunu	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.3621.pdf">http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.3621.pdf</a> 17.4.1990 Sayı: 20495
Su Ürünleri Kanunu	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.1380.pdf">http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.1380.pdf</a> 4/4/1971 Sayı: 13799
Belediye Teşkilatı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstriyel Suyun Temini Hakkından Kanun	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.1053.pdf">http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.1053.pdf</a> 16/7/1968 Sayı: 12951
Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Koruma Kanunu	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.3.4373.pdf">http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.3.4373.pdf</a> 21/1/1943 Sayı: 5310
Sulama Birlikleri Kanunu	<a href="http://www.ormansu.gov.tr/osb/Libraries/Dok%C3%BCmanlar/6172_say%C4%B1%C4%B1_Sulama_Birlikleri_Kanunu_4.sflb.ashx">http://www.ormansu.gov.tr/osb/Libraries/Dok%C3%BCmanlar/6172_say%C4%B1%C4%B1_Sulama_Birlikleri_Kanunu_4.sflb.ashx</a> 22/3/2011 Sayı: 27882
Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/06/20070613-1.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/06/20070613-1.htm</a> 3/6/2007 Sayı:26551
İSKİ Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr">http://www.mevzuat.gov.tr</a> 23/11/1981 Sayı: 17523 1.6.1984 Sayı: 184
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr">http://www.mevzuat.gov.tr</a> 31.12.2004 Sayı: 25687
Yeraltı Sularının kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/04/20120407-10.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/04/20120407-10.htm</a> 7 Nisan 2012 Sayı: 28257
İçme Suyu Elde Edilen veya Edinilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120629-9.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120629-9.htm</a> 29 Haziran 2012 Sayı: 28338
İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/03/20130307-7.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/03/20130307-7.htm</a> 7/3/2013 Sayı: 28580



Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/04/20140404-11.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/04/20140404-11.htm</a> 4 Nisan 2014 Sayı: 28962
Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/06/20090627-18.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/06/20090627-18.htm</a> 27 Haziran 2009 Sayı: 27271
Kentsel Atık su Arıtımı Yönetmeliği	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr">http://www.mevzuat.gov.tr</a> 08.01.2006 Sayı: 26047
Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/10/20121017-2.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/10/20121017-2.htm</a> 17 Ekim 2012 Sayı: 28444
Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm</a> 15 Nisan 2015 Sayı: 29327
DSİ Yeraltı suyu Ölçüm Sistemleri Yönetmeliği	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/10/20131012-48.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/10/20131012-48.htm</a> 12 Ekim 2013 Sayı: 28793
Tarımsal kaynaklı nitratın neden olduğu kirliliğe karşı suların korunması yönetmeliği	<a href="http://www.mevzuat.gov.tr">http://www.mevzuat.gov.tr</a> 18.02.2004 Sayı: 25377
Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği	<a href="http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/11/20051126-4.htm">http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/11/20051126-4.htm</a> 26 Kas 2005

### Öğrenme Çıktısı



8 Suyun kalite kriterlerini sıralayabilme  
 9 Su kalitesinin canlılık için önemini kavrayabilme  
 10 Türkiye'deki su yönetimi hakkında bilgi sahibi olabilme

Araştır 4

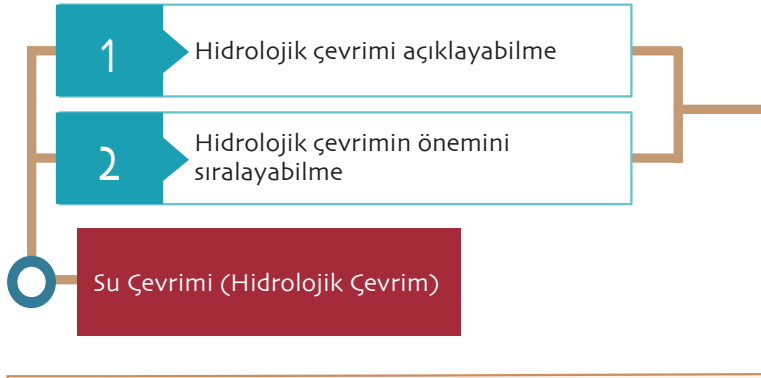
İklim değişikliği su çevrimini nasıl etkiler? Yeryüzündeki su kaynaklarının azalmasının başlıca nedenleri nelerdir?

İlişkilendir

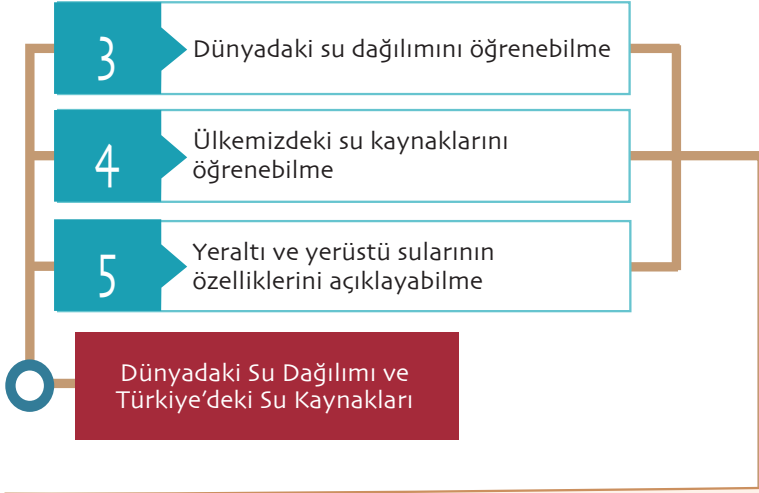
Su kalitesinin insan sağlığı ile olan ilişkilerini değerlendirin.

Anlat/Paylaş

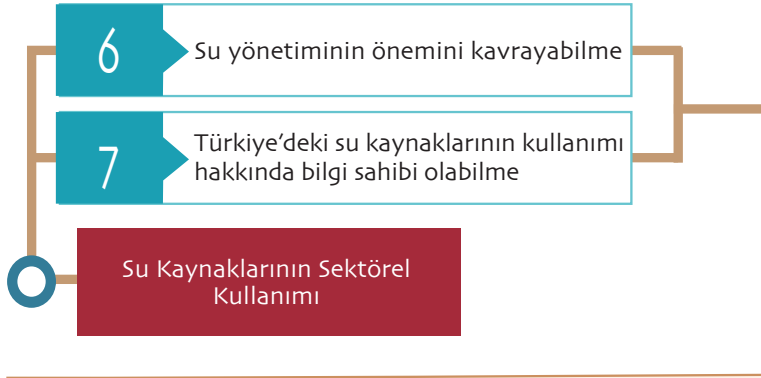
Tarım sektöründe kullanılan su miktarının ürünlere göre dağılımını anlatın.



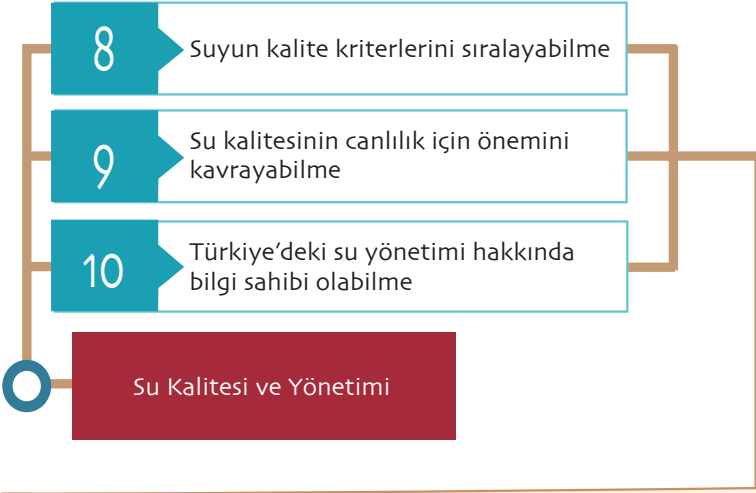
Tabiatta katı, sıvı ve gaz halinde bulunan su, sürekli bir dolaşım halindedir. Suyun tabiatta dolaştığı yolların tümüne **“su çevrimi”** adı verilir. Diğer bir ifade ile **“hidrolojik çevrim”** olarak isimlendirilir. Su, çevrimi boyunca, atmosferde, bitkilerin yapısında, karda, toprak neminde, akarsu ve göllerde, akiferlerde, okyanus ve denizlerde bulunur. Dünyadaki suyun toplam hacmi sabit kalırken, kalitesi ve kullanılabilirliği önemli ölçüde değişmektedir. Döngü içinde su güneş enerjisi ile sürekli hareket etmektedir. Güneş okyanuslardan buharlaşmaya neden olur bulutları ve yağışı oluşturur. Yağmur ve kar sularının yüzeyde akışı ve yeraltına süzülmesi, sonradan kaynaklarda ve kuyularda tekrar yüzeye çıkması, yüzeyde ise buharlaşma ve terleme ile kaybedilmesi bir döngü şeklindedir. Bu nedenle de su yenilenebilir bir kaynaktır tükenmez ancak çevrim içinde özellikleri değişebilir.



Dünyadaki toplam su miktarının tümü kullanılmaya uygun değildir. Bu suların %97,5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Ancak tatlı suların 2/3'ü kutuplarda buzul ya da daimi kar örtüsü halinde veya donmuş toprak tabakasında bulunur. Tatlı suların yaklaşık %30'u yeraltı suyu, kalan %0,4'ü ise atmosfer suları ve yüzey sularıdır. Ülkemizin su kaynaklarını yağışlar oluşturmaktadır. Türkiye'de yıllık ortalama yağış yaklaşık olarak 501 milyar m<sup>3</sup> tür. Toplam yağışın 186 milyar m<sup>3</sup> lük kısmı yüzey akış ile yerüstü sularını beslerken, 69 milyar m<sup>3</sup>'lük kısmı ise yer altına sızarak yeraltı suyunu besler. Yeraltı suyunu besleyen bu suyun 28 milyar m<sup>3</sup>'ü pınarlar vasıtasıyla tekrar yerüstü suyuna katılır. Toprak ve su yüzeylerinden, bitkilerden buharlaşma yoluyla 274 milyar m<sup>3</sup> su ise atmosfere geri dönmektedir. Ayrıca 7 milyar m<sup>3</sup> su komşu ülkelerden ülkemize gelmektedir. Ülkemizin ortalama olarak yıllık kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli toplam 112 milyar m<sup>3</sup> dür. Ülkemiz topoğrafik yapısına göre 25 hidrolojik su havzasına ayrılmıştır. Havzalara düşen yağış miktarı farklıdır ve havzalar farklı zamanlarda yağış almaktadır. Yerüstü suları, akarsular, nehirler, havuzlar, göller ve barajlar gibi akan ya da durgun su kütesidir. Yerüstü suyun kalitesi ve miktarı iklimsel ve jeolojik faktörlere bağlı olarak değişir. Yağıştaki maddelerin türü ve miktarı yerüstü su kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Kentleşme ve sanayileşme su kalitesini önemli ölçüde etkiler. Tarım ise su kaynakları üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Yerüstü suların kalitesi ve miktarı havzanın jeolojisine bağlı olarak değişmektedir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (SKKY), su kalitesi yönetimine ilişkin suların korunması, su havzaları ve havzaların korunması ile ilişkili olarak düzenlemeler getirmiştir. Yerüstü suları 4 sınıfa ayrılmış ve her birinin özellikleri ve kalite kriterleri ile nerelerde kullanılacağı yüzeysel su kalitesi yönetimi yönetmeliği ile belirlenmiştir. Yeraltı sularının ana kaynağı yağmur ve kar sularıdır. Yer altına sızan sular geçirimsiz bir tabaka üzerinde birikerek yeraltı sularını oluşturur. Yeraltı suyu taşıyan tabakalara "**akifer**" adı verilir. Bu sular içme, kullanma, tarımda sulama gibi su ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük öneme sahip olan sulardır. Yeraltı suları kentsel ve endüstriyel atıklar, tarımsal ilaç ve gübrelere bilinçsiz kullanımı ve evsel atıklar nedeniyle kirlenebilir. Ayrıca çöp depolama sahalarında gelen sızıntı suları da yeraltı sularının kirlenmesine neden olmaktadır. Yeraltı sularının kalitelerine göre 3 sınıfta incelenmektedir.



Günümüzde suyun %65-%70 i tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Sanayide kullanılan su ise %20 ile %25 civarında olup bu miktarın büyük bir kısmı termik santrallerin soğutulmasında kullanılmaktadır. Suyun %10 u ise evlerde tüketilen sudur. Ülkemizde mevcut 112 milyar m<sup>3</sup> kullanılabilir su kaynağının halen yararlanma oranı %44 civarındadır. Bunun 32 milyar m<sup>3</sup>'ü sulamada, 7 milyar m<sup>3</sup>'ü içme ve kullanmada, 5 milyar m<sup>3</sup>'ü sanayide kullanılmaktadır. Günümüzde, Dünya'da toplam tarım alanlarının %17'si sulanmakta ve buralarda besin gereksiniminin %40'ı üretilmektedir. Daha fazla ürün elde etmek için sulanan alanların genişletilmesi planlanmaktadır. Sulu tarım alanlarının genişlemesi, hızlı nüfus artışı, kente göç ve gelişen endüstri nedeniyle su tüketimi artmakta ve dünyada suya olan istek giderek artmaktadır. Su tüketimindeki hızlı artış birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bunların başında yeraltı su kaynaklarının hızla tüketimi gelmektedir. Buna paralel olarak diğer ekosistemler kirlenmekte ve bozulmaktadır. Ayrıca sulu tarımda birçok çevresel problem de ortaya çıkmaktadır. Yenilebilir doğal bir kaynak olarak kabul edilen su bu özelliğini kaybetmekle karşı karşıya kalmaktadır.



Geleceğin en önemli sorunlarından biri sürekli olarak artan nüfusun ihtiyacı olan suyu sağlamak olduğu düşünüldüğünde bu kaynakların yönetimi büyük önem taşımaktadır. Tatlı su kaynakları iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Yağışların mevsimlere bağlı olarak dağılımı ve miktarındaki değişiklikler, yağış yoğunluğundaki artış, buharlaşmanın artması, toprak neminin azalması kar ve yağmur arasındaki dengenin değişmesi, yağışlara ve sıcaklığa bağlı olarak bitki örtüsündeki değişimler buzulların erimesindeki artış ile deniz seviyesinin yükselmesi ve yeraltı sularında tuzlanmaya neden olur. Su kaynaklarının azalmasına ve su kirliliğinin artmasına bağlı olarak gelecekte enerji tüketiminin de artışa neden olacağı öngörülmektedir. Bu durum yüksek kalitede ve fazla miktarda su tüketen sektörlerde sorunların ortaya çıkmasına neden olabilir. Su kullanımındaki artış, su kirliliğinin artması evsel ve tarımsal su kullanımında rekabete neden olacaktır. Dünyada su kullanımı sıralaması beş başlık altında toplanmaktadır. Bunlar gıda-tarım, enerji, sanayi, kullanma ve içme suyu kullanımı ile ekosistemlerin su ihtiyacı olarak sıralanır. Gelecekteki su ihtiyacını gıda, enerji ve sanayi ihtiyaçları ile artan nüfus ve değişen sosyo-ekonomik yapı belirlemektedir. Bütün bu hususlar dikkate alınarak kısıtlı su kaynaklarının nasıl kullanılacağını ve nasıl sürdürülebileceği planlanmalıdır. Yerüstü su kaynaklarının ve yeraltı sularının kalitesinin etkin ve verimli bir şekilde yönetilebilmesi ancak su kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi amacıyla ile izlenmesi ve kalite sınıflandırmasının yapılması için gerekli hukuki ve teknik esasları ortaya koyan yasal düzenlemelere ihtiyaç vardır. Nüfus, tarım ve sanayi faaliyetlerin sürekli artışı suya olan talebi de artırmaktadır. Buna karşılık mevcut su kaynakları her zaman istenilen miktar ve kalitede değildir. Bu durum mevcut su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması için suyun yönetimini zorunlu hale getirmiştir. Su kaynaklarının yönetimi, doğal çevrim içerisinde suyun insanlar tarafından en verimli şekilde ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar içinde sistematik olarak kullanımı anlamına gelmektedir. Bu yönetim, suyun çok amaçlı kullanımının yanı sıra sürekli olmasını da sağlamak zorundadır. Su yönetimi su kaynaklarının geliştirilmesini sağlayacak politik ve teknik kararların alınmasını, su hakları ve su tahsisini düzenleyen yasaları, çevrenin korunmasını, su fiyatlandırılması ait düzenlemeleri, arazi kullanım ilkelerini ve kullanıcıların katılımını kapsamaktadır.



1 Dünyada ve atmosferde suyun oluşumunu, dolaşımını, yayılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve doğayla ilişkilerini inceleyen bir bilim dalı aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Hidroloji
- B. Hidrobiyoloji
- C. Hidrolik
- D. Hidrostatik
- E. Hidrosfer

2 Dünyadaki kullanılabilir tatlı su miktarı aşağıdakilerden hangisidir?

- A. %2.5
- B. % 0.80
- C. %0.40
- D. %67.75
- E. %97.50

3 Ülkemizin kullanılabilir toplam su potansiyeli aşağıda verilenlerden hangisidir?

- A. 112milyar m<sup>3</sup>
- B. 7milyar m<sup>3</sup>
- C. 186 milyar m<sup>3</sup>
- D. 501 milyar m<sup>3</sup>
- E. 41 milyar m<sup>3</sup>

4 Bir ülkenin su potansiyeli yönünden zengin bir ülke olarak değerlendirilebilmesi için kişi başına su düşen kullanılabilir su miktarının aşağıdakilerden hangisidir?

- A. 2.000m<sup>3</sup>/yıl
- B. 1200 m<sup>3</sup>/yıl
- C. 1500 m<sup>3</sup>/yıl
- D. 1000 m<sup>3</sup>/yıl
- E. 500 m<sup>3</sup>/yıl

5 Aşağıda verilenlerden hangisi yerüstü sularının oluşumunda rol **oynamaz**?

- A. Yüzeysel akış
- B. Doğrudan yağış
- C. Toprak altı akış sürekli su kütlesine süzülen aşırı toprak nemi
- D. Su tablası deşarjı
- E. Asılı su

6 Aşağıda verilenlerden en fazla su kullanan sektör hangisidir?

- A. Evsel kullanma
- B. İçme suyu
- C. Gıda
- D. Sanayi
- E. Tarımsal sulama

7 Aşağıda verilenlerden hangisi yerüstü ve yeraltı su kaynaklarını tehdit etmektedir?

- A. İklim
- B. Toprak verimliliği
- C. Taşkın
- D. Gıda üretimi
- E. Evsel kullanım

8 Su kullanımında ilk öncelik aşağıda verilenlerden hangisine verilmektedir?

- A. İçme ve kullanma
- B. Enerji üretimi
- C. Tarımsal sulama suyu
- D. Sanayi suyu ihtiyaçları
- E. Ticaret, turizm, rekreasyon

9 Aşağıda verilen havzalardan en yüksek su verimine sahip olan havza hangisidir?

- A. Yeşilirmak
- B. Konya
- C. Akarçay
- D. Fırat
- E. Meriç-Ergene

10 Aşağıda verilen kurumlardan hangisi su yönetiminden sorumlu **değildir**?

- A. Devlet su işleri
- B. Su yönetimi genel Müdürlüğü
- C. Çevre yönetimi genel müdürlüğü
- D. Mahalli idareler genel müdürlüğü
- E. Gıda, tarım ve hayvancılık Bakanlığı

1. A

Yanıtınız yanlış ise “Su Çevrimi” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

2. C

Yanıtınız yanlış ise “Dünyadaki Su Dağılımı” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

3. A

Yanıtınız yanlış ise “Türkiye’deki Su Kaynakları” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

4. E

Yanıtınız yanlış ise “Yerüstü Suları” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

5. E

Yanıtınız yanlış ise “Yeraltı Suları” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

6. E

Yanıtınız yanlış ise “Su Kaynaklarının Sektörel Kullanımı” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

7. A

Yanıtınız yanlış ise “Su Kalitesi ve Yönetimi” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

8. A

Yanıtınız yanlış ise “Türkiye’de Su Kaynakları Yönetimi” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

9. D

Yanıtınız yanlış ise “Türkiye’de Su Kaynakları Yönetimi” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

10. D

Yanıtınız yanlış ise “Su Yönetiminde Sorumlu Kurumlar” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

1

### Araştır Yanıt Anahtarı

Araştır 1

İnsanın su kullanımı ile su döngüsü etkilenebilir. Sulama ya da baraj kurulması su döngüsünü değiştirebilir. Toprak yüzeyinde meydana gelen buharlaşma daha azdır. Ancak toprak tamamen su ile doymuş halde ise buharlaşma su yüzeyine yakın olabilir.

Araştır 2

Açık Havza, Yeşilirmak, Kızılırmak, Yenice, Sakarya, Susurluk, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Aksu, Göksu, Seyhan, Ceyhan, Fırat, Dicle Çoruh Kapalı Havza, Van Gölü Kapalı Havzası, Tuz Gölü Kapalı Havzası, Konya Kapalı Havzası, Göller Yöresi Kapalı Havzası. Yağış miktarı ve yağışın şekli, Sıcaklık ve buharlaşma, Arazinin eğimi, Arazinin geçirimsizlik derecesi ve Bitki örtüsü.

Araştır 3

Su Ayak İzi, birim zamanda harcanan (buharlaşma dâhil) ve/veya kirletilen su miktarı ile ölçülmektedir. Bir bireyin, toplumun veya iş kolunun su ayak izi; bireyin veya toplumun tükettiği malların ve hizmetlerin üretimi için kullanılan veya üreticinin mal ve hizmet üretimi için kullandığı toplam temiz su kaynaklarının miktarıdır.

Araştır 4

İklim değişikliği nedeniyle buharlaşma artar bu su çevrimini etkiler. Yağış, akış, buharlaşma değişir. Buna bağlı olarak nehir ve rezervuarlardaki su miktarı ile yeraltı suyunun beslenmesi değişir. Bilinçsizce yapılan tarım, Düzensiz yerleşme, Çarpık sanayileşme ve Hızlı nüfus artışı şeklinde sıralanabilir.

## Kaynakça

- Akın, M., Akın, G., (2007). **Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği**. Ankara: Üniversitesi Dil Ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi. 47(2), 105-118.
- Aküzüm, T., Çakmak, B., ve Gökalp, Z. (2010). **Türkiye’de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi**. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1), 67-74.
- Anonim (1998). **21. Yüzyıla girerken Türkiye’nin enerji stratejisinin değerlendirilmesi**. İstanbul: TÜSİAD Yayın No. T/98-12/239.
- Anonim (2001). **Su havzaları kullanımı ve yönetimi özel ihtisas komisyonu raporu**. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara: DPT 2555, ÖİK 571.
- Anonim (2005). **Avrupa’da çevrenin mevcut durumu ve görünümü 2005 yönetici özeti**, www.reports.eea.eu.int/state\_of\_environment\_report\_2005\_1/en/soer\_files/TRsummary. (Erişim tarihi: 01.05.2016).
- Anonim (2006). **Hidroloji**. <http://www.dsi.gov.tr/faaliyetler/turkiye-ulusal-hidroloji-komisyonu> (Erişim tarihi: 10.04.2016).
- Anonim (2008). **Türkiye’de su yönetimi: sorunlar ve öneriler**. İstanbul: TÜSİAD Yayın No. T/2008-09/469.
- Anonim (2009). **Su kaynakları hakkındaki gerçekler**. Birleşmiş Milletler Dünya su Gelişim Raporu 2’nin özeti. <http://www.greenfacts.org/tr/water-resources/water-resources-foldout-tr.pdf> (Erişim tarihi: 10.04.2016).
- Anonim (2014a). **Toprak su kaynakları**. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (Erişim tarihi: 01.04.2016).
- Anonim (2014b). **Yüzeysel sular ve yeraltı sularının izlenmesine dair yönetmelik**. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/02/20140211-4.htm> (Erişim tarihi: 10.04.2016).
- Anonim (2015). **Yüzeysel su kalitesi yönetimi yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik**. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm> (Erişim tarihi: 15.04.2016).
- Çakmak, B. (2011). **Su kaynakları ve yönetimi**, (Olgun, M., Demir A.O. Tarımsal yapılar ve sulama). Eskişehir, T.C. Anadolu Üniv. Yayın No. 2269. Açık öğretim Fak. Yayın No 1266.
- Demir, A.O. (2011). **Hidrolik ve tarımsal hidroloji**, (Olgun, M., Demir A.O., Tarımsal yapılar ve sulama). Eskişehir: T.C. Anadolu Üniv. Yayın No. 2269, Açık öğretim Fak. Yayın No 1266.
- DSİ (2014). **Devlet Su İşleri 2014 yılı resmi su potansiyeli istatistikleri** <http://www.dsi.gov.tr/dsi-resmi-istatistikler/2014-yili-verileri> (Erişim tarihi: 10.04.2016).
- EIA (US Energy Information Administration). (2010) . **International energy outlook 2010: Highlights**.
- Falkenmark, M., Lindh, G. (1976). **How can we cope with the water resources situation by the year 2015**. Ambio, 3, 114-22.
- FAO, Food and Agriculture Organisation, AQUASTAT. (2013). <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm> (Erişim tarihi: 01.05.2016).
- Gray, N.F. (2015). İçme suyu kalitesi, problemler ve çözümleri (Işık, M.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Günay, G. (2011). **Türkiye’nin yüzey suları ve yeraltı suları potansiyeli**. Bilim Ve Aklın Aydınlığında Eğitim, 132, 56-60.
- Kıbaroğlu, A., Başkan, A. (2011). **Turkey’s water policy framework, Turkey’s national water policy: National framework and international cooperation**. Heidelberg: Springer.
- Matricon, J. (2015). **Yaşasın su** (Derman, A.). İstanbul: Yapı Kredi Yayınları 4399.
- Meriç, B.T. (2004). **Su kaynakları yönetimi ve Türkiye**. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28(1), 27-38.
- Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. (2013). **Türkiye’de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: çevresel perspektif**. Ankara: İş Dünyası Ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi.
- TUİK. (2013). **Su istatistikleri**. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1019](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019) (Erişim tarihi: 10.04.2016).
- Washington DC, Office of Integrated Analysis and Forecasting, EIA, US Department of Energy.

Water Resources Group. (2009). **Charting our water future: economic frameworks to inform decision-making**. New York: McKinsey &Company.

WWAP (World Water Assessment Programme). (2012). **The united nations world water development report 4: managing water under uncertainty and risk**. Paris: UNESCO.

Yudelman, M. (1994). **Feeding the world**. Int. Irrig. Manage Institute Rev. 8(1) 4-15.

## Görsel Kaynaklar

Çizelge 1.1-1.4: <http://www.dsi.gov.tr>

Çizelge 1.5: <http://www.greenfacts.org>

Çizelge 1.6: <http://www.resmigazete.gov.tr>

Şekil 1.4: <http://www.dsi.gov.tr>





# ■ Bölüm 2

## Bitkilerde Su Alımı

### öğrenme çıktıları

#### Temel Kavramlar

- 1 Suyun yapısı ve özelliklerini kavrayabilme
- 2 Su ve besin maddelerinin taşınması ilişkisini öğrenebilme
- 3 Suyun toprak-bitki-atmosfer devamlılığını kavrayabilme

#### Bitkilerde Suyun Taşınması

- 7 Bitkilerde iletim demetlerinin yapısı öğrenebilme
- 8 Bitki bünyesinde suyun taşınım yollarını kavrayabilme

#### Bitkilerde Su Uyumları

- 11 Bitkilerin su isteklerine göre sınıflandırılmalarını öğrenebilme
- 12 Bitkilerdeki su ile ilgili uyum mekanizmalarını kavrayabilme

#### Bitkilerde Su Alımı

- 4 Bitki tarafından su alınımında etkili olan toprak faktörlerini kavrayabilme
- 5 Bitki kökleri ile su alanımı arasındaki ilişkiyi öğrenebilme
- 6 Bitki tarafından suyun alınım yollarını kavrayabilme

#### Bitkilerde Su Kaybı

- 9 Bitkiler tarafından suyun yapraklardan kaybedilme yollarını öğrenebilme
- 10 Bitkilerde su kaybı nedenleri kavrayabilme

**Anahtar Sözcükler:** • Suyun Yapı ve Özellikleri • Su Taşınım Yolları • Bitkilerde Su Alma Mekanizmaları • Su Alınımında Etkili Toprak Faktörleri • İletim Demetleri • Su Durumundaki Değişimlere Göre Bitkiler • Su İhtiyacına Göre Bitkiler • Fotosentez Yolları ve Su Tasarrufu



## GİRİŞ

Su, yaşam için gerekli en önemli kimyasal moleküldür ve “yaşam sıvısı” olarak da tanımlanmaktadır. Mevcut bilgilerimiz suyun olmadığı ortamda yaşamın mümkün olamayacağı ve dolayısıyla bir yaşam olgusundan bahsedebilmemiz için mutlaka fiziksel bir su varlığının bulunması gerektiği yönündedir. Özellikle gezegenimiz dışında yaşam olasılıklarının araştırıldığı bilimsel çalışmalarda bir organizmanın kendisinin tespitinden çok, su varlığının/yokluğunun ya da başka bir ifadeyle yaşam olasılığının tespiti üzerine öncelikle odaklanılmaktadır. Bütün canlılar suya bağımlıdır ve hepsinin su ile olan ilişkisi çok önemli ve özeldir. Ancak bu ünite, özellikle bitkilerin su ile ilişkileri detaylı olarak ele alınacaktır. Şimdi gelin birlikte şöyle bir düşünelim: “Acaba su, bitki yaşamı için neden bu kadar önemlidir?”. Bitkiden bitkiye değişimle birlikte, tipik bir bitkinin toplam ağırlığının yaklaşık %75-95’i sudan oluşmaktadır. Bitki bünyesinde bu kadar yoğun miktarda su bulunmasının temel nedeni, canlılık olaylarının tümünün gerçekleşmesi için sulu bir ortama ihtiyaç duyulmasıdır. Gerek sucul gerek karasal bitkilerde, ortamda bulunan ve gelişim için çok önemli olan mineral besin elementlerinin bitki bünyesine alınması ve gerekli hücre/doku/organlara taşınması su ile mümkün olmaktadır. Ekosistemin birincil üreticisi konumunda olan bitkilerin besin ve oksijen (O<sub>2</sub>) üretebilmesini sağlayan fotosentez reaksiyonlarının gerçekleştirilmesi, sentezlenen besinlerin (organik maddelerin) bitkide ihtiyaç duyulan kısımlara ya da depo alanlarına taşınması yine su varlığında başarılabilir. Benzer şekilde, kimyasal uyarıcıların (hormon) bitkide hedef bölgeye taşınması, atık maddelerin uzaklaştırılması, salgı maddelerinin salınımı hep su ile gerçekleşmektedir. Özellikle otsu bitkilerde temel destek işlevini yerine getiren turgor basıncının sağlanması noktasında su yine çok önemli bir rol üstlenmektedir. Ayrıca, bitkilerin hem fazla sıcaktan zarar görmesini engellemek için serinlemesini hem de bitkinin üst kısımlarında negatif bir basınç oluşturarak köklerden su ile birlikte bitki için gerekli besin elementlerinin yukarıya doğru taşınmasına katkı sağlayan terleme (transpirasyon) olayının gerçekleşmesi için de yine su gereklidir. Kısacası, aklımıza ilk etapta geliveren ve sayılarını arttırabileceğimiz pek çok işlevin gerçek-

leştirilebilmesi için su, bitkiler için olmazsa olmaz konumdadır. Daha geniş bir pencereden bakacak olursak, suyun varlığı bitki gelişimi için temel unsurdur, birincil üretici konumunda olan bitkilerin varlığı ise ekosistemin varlığı için temel unsurdur.

Bu ünite, konunun daha iyi anlaşılabilmesinin sağlanması amacıyla öncelikle bazı temel kavramlardan bahsedilecek, sonrasında ise ortamda su varlığı, suyun bitkiler tarafından alınması, taşınması, kullanılması, atmosfere salınması ve bu olaylar gerçekleşirken meydana gelen bazı fiziksel veya kimyasal etkileşimler, bitkilerin su ile ilgili olarak gerçekleştirdikleri uyumlar gibi pek çok konu bütüncül bir yaklaşım ile ele alınacaktır.

## TEMEL KAVRAMLAR

Su, yaşam sıvısıdır. Bir bitkinin toplam ağırlığının ortalama olarak %75-95’i sudan, kalan kısmı ise kuru madde olarak da ifade edilen biyokütleden oluşmaktadır. Bu oran türden türe, bireyin gelişim aşamalarına, hatta organlara göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin otsu bir bitkide ya da bir yaprakta su oranı %90’lara ulaşırken, tohum içerisinde %5’lere kadar düşebilir. Buradan bitkide suyun fazla bulunduğu alanların metabolik olarak daha aktif alanlar olduğu çıkarımı yapılabilir. Çünkü bir hücrede aynı anda gerçekleşen çok sayıda reaksiyonu katalizleyen enzimler, ancak sulu ortamda çalışabilmektedir.

Bünyesindeki su oranı ne olursa olsun bir bitkinin 1 gram organik madde oluşturabilmesi için yaklaşık 500 ml suyu ortamdan alması, bünyesinden geçirerek tepe noktasına kadar ulaştırması ve sonrasında atmosfere aktarması gerekmektedir. Su alım ve atmosfere aktarım sürecinde yaşanacak en ufak bir sorun, susuzluğa ve dolayısıyla suya bağlı birçok reaksiyonun aksamasına ya da durmasına sebep olacaktır. O yüzden bitkiler açısından alınan ve kaybedilen su arasındaki oranın korunması kritik önem taşımaktadır. Tam da bu noktada, tüm canlılar için olduğu gibi, bitkiler için de çok önemli olan su ile bitki arasındaki ilişkilerin tam olarak anlaşılabilmesi için suyun yapısı ve özellikleri ile bazı temel kavramların öncelikle bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle ünitemizin ilk bölümünde bu konular ele alınacaktır.

## Suyun Yapısı ve Özellikleri

Suyun molekül yapısı ve özelliklerinin iyi bilinmesi, neden yaşam için bu kadar önemli bir madde olduğunu anlamamız açısından önemlidir. Su ( $H_2O$ ), moleküler yapı olarak 2 adet hidrojen (H) ve 1 adet oksijen (O) atomlarının *hidrojen bağı* ile birleşmesi sonucunda oluşmuş bir moleküldür.

Su molekülünde iki H atomu, O atomuna arada  $105^\circ$ lik bir açı oluşturacak şekilde bağlanmıştır ve polar özelliktedir. Başka bir ifadeyle, molekülün O ucu negatif yüklü iken H ucu pozitif yüklüdür. Bu kimyasal özellik, su moleküllerinin birbirine bağlanarak çekmesini sağlamaktadır. Bu olaya **kohezyon** adı verilmektedir. Kohezyon kuvveti, suya oldukça fazla bir *gerilim direnci* kazandırmakta ve *yüzey gerilimi* sağlamaktadır. Ayrıca, bitkilerde su ve suda erimiş inorganik maddelerin iletim demetleri aracılığıyla kesintisiz bir su filmi oluşturacak şekilde taşınması noktasında önemli bir rol üstlenmektedir. Su filmindeki anlık bir kopma bile, su taşınmasında sorun ortaya çıkmasına ve o iletim demetinin belki bir daha kullanılamamasına neden olabilmektedir.

Suyun sahip olduğu bir diğer önemli özellik de adezyon kuvvetidir. Polar nitelikli su, diğer pek çok madde/malzemeye yapışma özelliği göstermektedir. Bu nedenle de suyun değdiği yüzeyler ıslanır. İşte böyle birbirinden farklı moleküllerin arasında gerçekleşen bağlantıya/çekme kuvvetine **adezyon** adı verilir. Adezyon kuvveti, özellikle mikro çaplı iletim demeti borucuklarında (ksilem), suyun taşınması sırasında kohezyon kuvveti ile birlikte suyun yukarıdaki doku ve hücrelere taşınmasını desteklemektedir.

Suyun önemli özellikleri arasında, yüksek buharlaşma ısı ve yüksek özgül ısısının da sayılması gerekir. *Yüksek (latent) buharlaşma ısı*, özellikle yaz aylarında sıcaklık artışı ile birlikte su moleküllerinin arasındaki hidrojen bağlarının kopmasıyla meydana gelen *terleme (transpirasyon)* yolu ile bitkilerin serinlemesi, dolayısıyla metabolizma faaliyetlerini gerçekleştirebilmeleri ve yeşil kalabilmeleri için gerekli olan en uygun sıcaklık aralığında kalabilmelerini sağlamaktadır. *Özgül (spesifik) ısı*, bir maddenin bir gramının sıcaklığını  $1^\circ C$  arttırmak için gerekli olan ısı miktarı olarak tanımlanır. Suyun özgül ısı yüksektir ve bu su moleküllerinin yüksek miktarda ısıya maruz kalmalarında bile sıcaklığının o kadar fazla yükselmediği anlamına

gelmektedir. Yüksek buharlaşma sıcaklığı ve yüksek özgül ısı sayesinde, bitkileri de içeren canlıların önemli bir kısmında ısı enerjisinin alınması ya da yitirilmesi durumlarında sıcaklığın önemli oranda sabit kalması ya da başka bir ifade ile *homeostasisin* (organizmanın içsel dengesi) sağlanması mümkün olabilmektedir. Çünkü canlıların çok önemli bir kısmı *stenoterm* özellik göstermektedir. Stenoterm canlılar, yaşamsal faaliyetlerini sağlıklı bir şekilde sürdürebilmek için belirli sıcaklık değerlerine ihtiyaç duyarlar.

Suyun bir diğer özelliği, gerek yüksek gerekse donma noktasının üzerindeki düşük sıcaklıklarda viskozitesi yani akışkanlığa karşı direnci son derece düşük olmasıdır. Bu da suya kolay hareket ettirilebilen ve taşınabilen bir molekül özelliği kazanmasını sağlamaktadır. Suyun düşük viskozitesini de yine sahip olduğu H bağları sağlamaktadır. Sıvı haldeyken, her H bağının ortalama iki su molekülü tarafından paylaşılması nedeniyle bağ, nispeten zayıflamakta ve kolay kırılabilir. Bu da suyun düşük viskoz haline gelmesini sağlamaktadır. Su donduğunda akışkanlığını kaybeder. Toprakta bulunan donmuş haldeki su, bitki bünyesine alınamaz, bitki içerisinde donan su da hareket ettirilemez. Dolayısıyla bitki terleme yoluyla kaybettiği suyu alamayınca bir kuraklık meydana gelir ki buna *fizyolojik kuraklık* adı verilir. Fizyolojik kuraklık suyun donması dışında aşırı su varlığı nedeniyle ortaya çıkan oksijen yetersizliği ve kök çürümüne bağlı ya da toprağın yüksek osmotik potansiyeli nedeniyle de ortaya çıkabilmektedir. Toprakta su bulunmaması ise *fiziksel kuraklık* olarak adlandırılır.



**dikkat**

Toprakta su bulunmamasına fiziksel kuraklık, yeterli suyun bulunması ancak bitkinin donma vb. sebeplerle mevcut sudan yararlanamaması olayına ise **fizyolojik kuraklık** adı verilir.

Su,  $H^+$  ve  $OH^-$  şeklinde iyonize olmaktadır.  $H^+$  iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması pH olarak adlandırılır. pH 0 ila 14 arasında değer alır. pH'ın 7 olması, her iki iyon konsantrasyonlarının birbirine eşit olduğu ve çözeltinin nötr olduğu anlamına gelir. Eğer pH 7'den küçükse  $H^+$  iyonları derişimi fazla olduğu ve çözeltinin asidik olduğu,

7'den yüksek ise OH<sup>-</sup> iyonlarının derişiminin fazla olduğu ve çözeltinin bazik olduğu anlamı çıkarılır. Özellikle toprak pH'sı, içerisinde çözünmüş besin maddeleri ile yakın ilişkili olduğundan bitkiler açısından son derece önemlidir. Benzer şekilde suyun iyonizasyonu, fotosentez gibi birçok reaksiyonda kritik önem taşıması nedeniyle ayrıca önemlidir.

Suyun belki de en önemli özelliği, “evrensel çözücü” olmasıdır. Bu suyun pek çok bileşiminin (tüm kimyasal elementlerin neredeyse yarısı) az ya da çok çözünmesini sağladığı anlamına gelmektedir. Bir çözücü olarak böylesine geniş bir spektruma sahip olmasının nedeni, suyun küçük ve kısmen de polar yapıda olmasıdır. Polar yapısı nedeniyle çözdüğü eksi yüklü iyonların etrafına artı yönleri ile artı yüklü iyonlara da eksi yönleri ile bağlanarak bir *hidrasyon kılıfı* oluşturur ve böylece iyonların tekrar birleşmelerini engeller. Böylelikle iyonların çözülmüş halde kalmaları sağlanır.



dikkat

Elementlerin bitkiler tarafından alınabilir formları için, kaynaklarda “kullanışlı”, “yarayışlı”, “ekstrakte edilebilir” gibi bazı ifadeler kullanılmaktadır.



dikkat

Bitkinin yaşamı ve sağlıklı gelişimi için gerekli makro ve mikro elementlerin tamamının bitki tarafından alınabilmesi için mutlaka ve mutlaka suda çözülmüş olması gerekir. Aksi takdirde bitki için gerekli bir element toprakta çok fazla miktarda bulunsa bile, suda çözünmemiş ise bitki tarafından alınamaz.

## Su ve Besin Maddelerinin Taşınması

Suyun ve besin maddelerinin gerek bitki içerisinde gerekse bitki dışında taşınması, bazı temel etkileşimlerin kontrolü altında gerçekleşmektedir. Ünitimizin bu bölümünde bu temel etkileşimlerden difüzyon, kütle hareketi, osmoz ve su potansiyeli kavramlarından bahsedeceğiz.

## Difüzyon (Yayıma)

Difüzyon ya da yayılma, esasen molekül, iyon ya da gaz halindeki maddelerin yüksek konsantrasyonda buldukları ortamdan daha küçük konsantrasyonda buldukları ortama doğru (konsantrasyon gradienti yönünde), homojen (her yere eşit miktarda) bir dağılım sağlanıncaya kadar ve enerjiye ihtiyaç duyulmadan gerçekleşen hareketlerine verilen isimdir. Katı, sıvı ya da gaz halindeki maddeler difüze olabilirler. En hızlı difüzyon gazlarda, en yavaşı ise katılarda gerçekleşmektedir. Kısa mesafelerde daha hızlı gerçekleşen difüzyon, uzun mesafelerde oldukça yavaşıdır. Moleküller ne kadar küçükse ve kinetik enerjileri ne kadar fazlaysa difüzyon o oranda hızlıdır. Ortam yoğunluğu arttıkça difüzyon hızı azalmaktadır. En temel mekanizmalardan biri olan difüzyon, ortamda bulunan besin maddelerin bitki bünyesine alınması, yine çeşitli maddelerin bitki bünyesinden dışarı verilmesi sırasında sıklıkla gerçekleşmektedir. Aslına bakılırsa, ortamdan bitkiye veya bitki içinde madde taşınması süreçlerine çok karmaşık mekanizmalar etki etse de, bitkide gerçekleşen fizyolojik reaksiyonların önemli bir kısmı doğrudan ya da dolaylı olarak difüzyon ile bağlantılıdır. *Stomalarda* gerçekleşen gaz alışverişi, difüzyona güzel bir örnektir.



Bitkilerin dış yüzeyini kaplayan epidermis hücrelerinin arasında yer alan, açılıp kapanma özelliğine sahip olan, böylece gaz alışverişi ve terleme olaylarının kontrollü bir şekilde gerçekleşmesini sağlayan yapılara stoma (gözenek) adı verilir. Stomalar, bitkilerin dış ortama açılan pencereleridir.

## Kütle Hareketi

**Kütle hareketi**, aralarında basınç farkı olan iki alan arasında atom ya da moleküllerin birlikte, eşgüdüm halinde hareketine verilen isimdir. Difüzyondan temel farkları, hareketin tek tek moleküller yerine kütle halinde gerçekleşmesi ve akışkanlık değişimleri az miktarda olduğu sürece çözünen madde konsantrasyonu ile ilişkili olmamasıdır. Bitkilerde suyun taşınım yollarından birisi de kütle hareketidir. Çünkü uzun mesafelerde difüzyon son derece yavaş bir iletim şeklidir. Özellikle iletim demetlerinde ksilem boyunca suyun bitki bünyesinde



aşağıdan yukarıya doğru taşınması kök ile yapraklar arasındaki basınç farkı nedeniyle kütle hareketi yolu ile gerçekleşmektedir.

## Osmoz

**Osmoz**, ayrımlı ya da yarı geçirgen bir zarla ayrılmış ortamda bulunan suyun, su yoğunluğunun yüksek olduğu alandan daha düşük olduğu alana doğru geçişine verilen isimdir. Başka bir ifadeyle, *suyun difüzyonuna* osmoz adı verilmektedir. Difüzyon bir konsantrasyon gradienti yönünde gerçekleşirken, kütle hareketinde ise basınç gradienti söz konusudur. Osmozda her iki tip gradient de taşınım üzerinde rol oynamaktadır.



**dikkat**

Difüzyon, maddelerin tek tek ve yoğunluk gradientine göre gerçekleşen bir hareketi olarak ifade edilirken, kütle hareketinde maddelerin topluca ve basınç gradientine bağlı olarak bir hareketi söz konusudur. Osmoz ise hem yoğunluk hem de basınç gradientinin bir bileşkesi şeklinde ortaya çıkan bir harekettir.

*Osmotik basınç* ise, su ile temas eden maddelerin suyu çekme ya da emme potansiyelinin ifadesidir. Başka bir ifadeyle, osmoz gerçekleşirken ortaya çıkan basınca verilen isimdir. Osmoz olayının gerçekleşmesi sırasında iş gören ve gerçekleşmesi için gereken basınçtır. Bir çözeltinin osmotik basıncı bünyesinde bulundurduğu çözünmüş madde miktarı ile doğru orantılıdır. Bir hücrenin osmoz ile su alabilmesi için hipotonik (hücreye kıyasla daha az yoğun) bir ortamda bulunması gerekir. Hücre daha yoğun (hipertonik) bir ortama konursa su kaybederek büzülür, buna *plazmoliz* denir. Plazmolize olmuş bir hücre hipotonik bir ortama konursa bir süre sonra eski haline geri dönecektir ki buna *deplazmoliz* adı verilmektedir. Hücre hipotonik ortamda kalmaya devam ederse, su almaya da devam eder ki bu durumda ileride bahsedeceğimiz turgor oluşur.

Plazmalemma adı verilen hücre zarı, tonoplast adı verilen koful zarı, çekirdek, mitokondri, kloroplast gibi organellerin tamamını çevreleyen zarlar yarı geçirgen ya da seçici geçirgen zarlardır. Bu

her maddenin bu zarlardan geçemeyeceği, belirli özelliklere sahip moleküllerin bu zarlardan geçebileceği anlamına gelmektedir. Su ile elektriksel yük içermeyen küçük moleküller zarlardan kolayca geçerken, büyük ve yüklü moleküller geçemezler. Eğer bu maddeler gerçekten hücrenin ihtiyaç duyduğu maddeler ise, o zaman hücre zarı yapısında bulunan özel taşıyıcı proteinler ile hücre içerisine alınabilir ki buna *kolaylaştırılmış difüzyon* adı verilmektedir. Böylece hücre içi madde konsantrasyonu kontrol altında tutularak hücre canlılığının ve faaliyetlerinin devamlılığı sağlanmış olur.

Hipotonik ortamda bulunan bir hücre içerisine osmoz yolu ile giren su nedeniyle hücrenin şişmesine **turgor** adı verilir. Hücre içerisine giren suyun çepere uyguladığı basınca ise **turgor basıncı** adı verilmektedir. Turgor basıncına karşı koymak amacıyla o basınca eşit ve zıt yönlü olan ve çeper tarafından oluşturulan basınca da **çeper basıncı** denir. Turgor basıncı, bütün canlı bitki hücrelerinde görülmektedir. En kritik rolünü çok gelişmiş bir destek doku sistemine sahip olmayan otsu bitkilere destek sağlayarak oynamaktadır. Susuz kalan bitkilerin solması, ilk etapta hücrelerindeki turgor basıncını kaybetmeleri nedeniyleledir. Çünkü turgor basıncı, nispeten hücrelerin iyi su içerdikleri koşullarda oluşmaktadır.

✓ Difüzyon katı, sıvı ya da gaz halindeki maddelerin çok yoğun oldukları ortamdan daha az yoğun oldukları ortama doğru hareketidir. Osmoz ise, suyun çok yoğun olduğu ortamdan az yoğun olduğu ortama doğru hareketi, yani suyun difüzyonudur.



**dikkat**

Fizyoloji, canlıların hücre, doku ve organlarının görevlerini ve bu görevleri nasıl yerine getirdiği ile ilgilenen bilim dalıdır. Ünite sınırları içerisinde tüm fizyolojik olayların detaylı olarak anlatılması mümkün olmadığından, bahsedilen fizyolojik olaylarla ilgili olarak daha detaylı bilgi edinmek için Bitki Fizyolojisi kitaplarından faydalanabilirsiniz.



## Su Potansiyeli

Bitki su ilişkilerini açıklama noktasında önemli ve sık kullanılan kavramlardan biridir. *Suyun kimyasal potansiyeli* olarak da isimlendirilen **su potansiyeli**, suyun serbest enerjisi ya da suyun iş yapma yeteneği olarak tanımlanır. Psi ( $\psi$ ) sembolü ile gösterilir. Suyun hücreden hücreye geçişi işte bu prensipten hareketle yani su potansiyelleri arasındaki farka bağlı olarak ya da başka bir ifadeyle su potansiyeli gradientine bağlı olarak (yüksek olan yerden düşük olan yere doğru) gerçekleşmektedir. Önceleri *emme kuvveti*, *emme basıncı* gibi terimlerle de ifade edilen bu kuvvetin, günümüzdeki yaygın kullanımı su potansiyeli şeklindedir.

Su potansiyeli temel olarak 4 faktörün kontrolü altındadır ve bu 4 faktörün toplamı ile hesaplanır. Bunlar basınç potansiyeli ( $\psi_p$ ), osmoz potansiyeli ( $\psi_\pi$ ), matriks potansiyeli ( $\psi_m$ ) ve yerçekimi potansiyeli ( $\psi_g$ ).

$$\psi = \psi_\pi + \psi_p + \psi_m + \psi_g$$

*Basınç potansiyeli*, çözeltinin hidrostatik basıncıdır. Su potansiyeli pozitif basınçla artarken negatif basınçla azalmaktadır. Hücre içerisindeki pozitif hidrostatik basınca daha önce de bahsettiğimiz gibi *turgor* adı verilmektedir.

*Osmoz potansiyeli* de, su potansiyeli üzerinde su içerisinde çözünen maddelerin etkisi olarak tanımlanır. Saf suyun normal atmosfer basıncı altında su potansiyeli sıfıra eşitken, içerisinde çözünen madde miktarına bağlı olarak su potansiyeli de negatif değerlere düşmektedir.

*Matriks potansiyeli*, suyun belirli yüzeylere tutunması ve dolayısıyla aralarında oluşan bağı ifade eden bir kavramdır. Su böyle bir etkileşime girdiğinde serbest enerjisi yani su potansiyeli azalmaktadır.

*Yerçekimi potansiyeli* ise, suya aşağı yönlü olarak etki eden ve su potansiyelini düşüren faktörlerden biridir.

Matriks potansiyeli toprakta önemli bir kavram iken, bitki bünyesinde yerçekimi potansiyeli ile birlikte basınç ve osmoz potansiyelinden çok daha az önemli olduğundan genellikle göz ardı edilirler ve canlı bir hücrede su potansiyeli  $\psi = \psi_\pi + \psi_p$  şeklinde hesaplanır.

Sonuç olarak, iki alan arasında su potansiyelleri açısından fark varsa su, su potansiyeli gradienti

yönünde hareket edecektir. Bu hareket, su potansiyelleri dengeye ulaşana kadar devam eder. Eğer su potansiyelleri eşitse su hareketi gerçekleşmez.

## Aktif/Pasif su alımı ve osmoregülasyon

Bitkilerde su alımı pasif ya da aktif olarak gerçekleşir. **Pasif su alımı**, aslında osmoz ile gerçekleşen ve enerji kullanılmayan bir yoldur. Kök tüylerinin osmotik basınçlarının toprak çözeltisinin osmotik basınçlarından yüksek olduğu durumlarda, bitkiye enerji harcanmaksızın bir su girişi olmaktadır. Hücre içerisinde su miktarı azaldığında ya da hücre içerisinde çözünen madde miktarı arttığında hücrede su alma isteği yani osmotik basınç artar. Ve bitki içerisine su girişi gerçekleşir. Bitkilerde su alımını büyük oranda pasif olarak gerçekleşmektedir.

Bitkilerin enerji kullanarak suyu almaları ise **aktif su alınımı**dır. Bazı durumlarda topraktaki su miktarı yeterli olmadığında toprağın osmotik potansiyeli daha yüksek olabilir. Bu durumda bitkinin pasif olarak su alması mümkün değildir. Yine bazı durumlarda topraktaki su potansiyelinin düşük olması, stomaların kapalı olması nedeniyle yukarıdan bir emme basıncının bulunmayışı gibi nedenler de su alınımını zora sokabilir. İşte olası bu durumlar gerçekleştiğinde bitki temel olarak 2 farklı yolla aktif olarak yani enerji alarak su alma yoluna gider. Bunlardan ilki osmotik potansiyelin bitki tarafından düzenlenmesi ile yapılan ve **osmoregülasyon** olarak da isimlendirilen yoldur. Burada bitki toprağın osmotik potansiyelinin yüksek olması sebebiyle su alamadığı için, kendi osmotik potansiyelini artırarak su alımı sorununa çözüm üretmeye çalışır. Yani toprak çözeltisinden enerji harcayarak iyonları bünyesine alır ve osmotik basıncını artırır. Osmotik basıncı artan kök hücrelerine su girmeye başlar. Özellikle *kserofit* ve *halofit* bitkilerde sıklıkla rastlanan bir durumdur. Çünkü *kserofit* ortamlarda su kıtlığı söz konusu iken, *halofit* ortamlarda ise tuz fazlalığı nedeniyle toprağın osmotik basıncı çok yüksektir.

✓ Yılın önemli bir bölümünde su kıtlığı yaşayan kurak ya da çöl koşullarına yetişen bitkilere *kserofit* bitkiler, tuz konsantrasyonu yüksek olan topraklara yetişen bitkilere de *halofit* bitkiler adı verilir.

Bitkilerin aktif olarak su alım yollarından ikincisi de daha önce bahsettiğimiz kolaylaştırılmış difüzyon olayında gerçekleştiği gibi suyun hücre zarında yer alan bazı proteinler ile hücre içine alınması olayıdır. *Aktif taşıma* adı da verilen bu olayda su, toprağın osmotik basıncı yüksek olsa bile meristem bölgesindeki hücreler aracılığıyla enerji alınarak gerçekleşir. Aktif taşıma, kök hücrelerinde gerçekleşen solunum yoluyla elde edilen enerji ile başarılı.



#### dikkat

Bitkilerde aktif taşıma enerji harcamayı gerektiren ve pasif taşımaya oranla çok az suyun bitki bünyesine alınabildiği bir su alım mekanizmasıdır. Bitkiler normalde enerji harcayarak su alma yolunu tercih etmezler, çünkü birçok metabolik faaliyet için gerekli olan enerji bitki için çok değerlidir. Ancak susuz kalarak ölmek yerine, olasılıkla suyun geleceği zamana kadar vakit kazanmak için bitkiler bu yolla su alımını tercih ederler.

## Suyun Toprak-Bitki-Atmosfer Devamlılığı

Bitkilerin yaşamlarını sürdürüp, sağlıklı bir gelişim gösterebilmeleri için suyun toprak-bitki-atmosfer devamlılığının sürekli sağlanması kritik önem taşımaktadır. Bunun ne anlama geldiğini şu şekilde

de açıklamaya çalışalım. Karasal bitkilerde suyun ilk etapta, toprak partikülleri ile temas eden bitki kökleri ile bitki bünyesine alınması gerekmektedir. Daha sonra bu suyun bitki bünyesi boyunca bitkinin üst kısımlarına doğru taşınması ve sonrasında ise atmosfere buhar olarak taşınması gerekmektedir. Bu olay gerçekleşirken bitkide su taşınmasından sorumlu olan iletim demetlerinde kohezyon kuvvetinin de desteğiyle bir su filmi oluşmakta ve yukarıdan su buharlaştıkça yukarıda oluşan negatif basınca doğru aşağıdan su alımı sağlanmaktadır. Su alınırken su ile birlikte suda çözünmüş besin maddeleri de bitki bünyesine alınmakta ve böylece bitki bütün metabolik faaliyetlerini gerçekleştirmek için gerekli olan hammaddeleri sağlamış olmaktadır.

Toprakta ve iletim demetlerinde su, daha önce de belirtildiği gibi kütle akışı ile taşınmaktadır. Buhar halindeki su ise, yaprak içerisindeki dokulardan atmosfere doğru difüzyonla hareket eder. Ve suyun zarlardan taşınması sırasında da su potansiyeli farkı su iletimine yön verir. İşte bu şartlar altında su, su potansiyeli düşük olan alana doğru, yani topraktan yapraklara doğru hareket eder. Eğer bu hareket esnasında, yani su topraktan bitkinin üst kısımlarına iletim demeti boyunca ilerlerken, su filminde bir kopma meydana gelirse bir daha o iletim demeti asla kullanılamayabilir. Bu yüzden, bitkiler mutlaka toprak-bitki-atmosfer devamlılığının sürekliliğini sağlamak zorundadırlar. Bu süreç, bitkilerin suyu alması, taşınması ve kaybetmesi olaylarının peşi sıra gerçekleşmesi ile başarılıdır. Şimdi gelin hep birlikte bu süreçlere biraz daha yakından bakalım.

### Öğrenme Çıktısı

- 1 Suyun yapısı ve özelliklerini kavrayabilme
- 2 Su ve besin maddelerinin taşınması ilişkisini öğrenebilme
- 3 Suyun toprak-bitki-atmosfer devamlılığını kavrayabilme



#### Araştır 1

Bitkilerde su ve inorganik maddelerin köklerden yukarıya taşınması kesintisiz bir su filmi oluşturulması ile başarılı olmaktadır. Bu tarzda bir su ya da kimyasal taşınmasına günlük hayatınızdan örneklerinizi araştırın.

#### İlişkilendir

Aktif su alımını ile pasif su alımını kavramlarını birbiri ile karşılaştırarak çevrenizdeki bitkilerin yaşamları bakımından değerlendirin.

#### Anlat/Paylaş

Suyun bitkiler için önemini anlatın.

## BITKİLERDE SU ALIMI

Bitkiler bir yandan yaşamsal faaliyetleri gerçekleştirmek diğer yandan da neslini devam ettirmek için üremek zorundadırlar. Tüm bu faaliyetler sırasında buldukları ortamda çok sayıda sorun ile mücadele ederler. Bu noktada en kritik konu suya erişimdir. Su içerisinde yaşayan bitkiler için su konusu çok fazla sorun olmamakla birlikte, sucul ortamın mücadele edilmesi gereken başka sorunları bulunmaktadır. Karasal bitkilerde ise su alınımları çok daha karmaşık etkileşimlerle meydana gelmekte ve sadece su alınımları değil nispeten kuru atmosfer şartları nedeniyle mevcut suyu bünyelerinde tutabilme noktasında da mücadele etmek zorunda oldukları sorunları bulunmaktadır.

Ünitemizin bu bölümünde bitkilerde suyun nasıl bitki bünyesine alındığı konusuna odaklanacağız. Bu kapsamda, su alımı üzerinde etkili olan toprak faktörlerinden başlayarak, toprakta suyun bulunuş şekilleri, su durumu açısından bitkiler, bitkilerde suyun alımı yollarından bahsetmeye çalışacağız. Gelin şimdi hep birlikte suyun topraktan bitki bünyesine geçiş sürecine biraz daha yakından bakalım.

### Su Alımında Etkili Olan Toprak Faktörleri

Bitkilerin su alımında etkili olan toprak faktörleri; toprak çözeltisinin osmotik basıncı, toprağın su tutma kapasitesi, toprak sıcaklığı ve toprak havası şeklinde sıralanabilir.

*Toprak çözeltisinin osmotik basıncı:* Bilindiği gibi toprak partikülleri arasında yer alan boşluklarda hava ve su yer almaktadır. Suyun içerisinde de kaynağı toprak olan çözülmüş mineraller yer almaktadır. İşte çözülmüş olan bu mineraller, toprağın içerisindeki suyun yoğunluğunu dolayısıyla toprak çözeltisinin yoğunluğunu da arttırmaktadır. Bu da toprağın osmotik basıncının artmasına neden olduğundan bitki tarafından su alımını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumda bitkinin toprak çözeltisinden su alabilmesi için kökte yüksek osmotik basınca ihtiyaç vardır. Halofitlerin kök osmotik basıncı 25 atm'i, kserofit çöl bitkilerinin 100 atm'i bulabilmesine rağmen glikofit bitkilerde en fazla 10 atm civarına ulaşabilmektedir. Bu da glikofitlerin böylesi ortamlarda hayatta kalma olasılıklarını düşürmektedir.

✓ Tuza karşı gösterdikleri dayanıklılık açısından bitkiler halofitler ve glikofitler olmak üzere 2'ye ayrılırlar. Nispeten yüksek tuz içeren ortamlara karşı toleransı yüksek olan bitkilere **halofit**, hassas olan ve zarar gören bitkilere de **glikofit bitki** adı verilir.

*Su tutma kapasitesi*, toprağın yapısı ile ilgilidir. Toprağı oluşturan farklı taneciklerin birbirine oranına *toprak bünyesi (tekstür)*, topraktaki parçaların bir araya gelmeleri, dizilmeleri ve kümeleşmeleri *toprak yapısı (strüktür)* adı verilir. Toprağın içerdiği kil, kum, silt mineralleri toprağın su tutma kapasitesi üzerinde önemli rol oynar. Kolloidal yapıdaki kil miselleri, toprağın su tutma kapasitesini önemli oranda arttırırken, kum tanecikleri de o oranda düşürmektedir. Bunun dışında toprak organik maddesi de, toprağın su tutma kapasitesini olumlu yönde etkileyen bileşenlerdendir. Özellikle humus kil ile yüzey elektriksel yükü negatif olduğundan katyonları bağlayan, bu katyonların da suyu bağladığı bir yapılanma oluşturarak toprağın su tutma kapasitesini arttırmaktadır.



#### dikkat

Absorpsiyon, difüzyon yoluyla kütle aktarım işidir. Su ve suda erimiş minerallerin bitki içine girişi **absorpsiyon** olayıdır. **Adsorpsiyon** ise yüzeye tutunma olayına verilen addır. Kil yüzeylerine katyonların yapışması adsorpsiyon olayıdır. Birbirine çok karıştırılan bu iki terimin anlam ve kullanımına lütfen dikkat ediniz.

*Toprak sıcaklığı*, su alımında etkilidir. Sıcaklık düştükçe su moleküllerinin kinetik enerjisi yani hareket kabiliyeti azalırken bitki tarafından alınma miktarları da düşer. Ancak tersi durumda suyun bitkiler tarafından alınma miktarı artmaktadır.

*Toprak havası*, ne kadar çok ve kaliteli ise bitki köklerinin gelişimi de o oranda iyi olmaktadır. Ancak toprak iyi drene olmuyor ve içerisinde su çok uzun süre kalarak toprağı havasız bırakıyorsa bitki köklerinin çürümesi ile başlayan süreç bitkinin ölümüne kadar devam edebilmektedir.

## Toprakta Su

Karasal bitkiler için suyun temel kaynağı topraktır. Ancak bitkiler toprakta bulunan suyun tamamından yararlanamazlar. Genel bir prensip olarak, bitkiler suyu almak için uygulanan güç ile suyu toprakta tutan güçlerin bileşkesi oranında toprak suyundan faydalanabilirler. Başka bir ifadeyle bitkiler, topraktan suyu alabilmek için toprağın suyu tutmak için uyguladığı güçten daha fazla bir güç uygulamak zorundadırlar. Toprak bünyesinde bulunan su temel olarak 5 grup altında toplanabilir: Yerçekimi suyu, kapillar su, higroskopik su, bağlı su ve su buharı.

## Yerçekimi Suyu

Yerçekimi suyu, yağışın ya da sulamanın ardından toprağın büyük boşlukları (makro porlar) içinde geçici olarak bulunan ve yerçekimi ile hareket eden sudur. Sızan su ya da ağır su olarak da isimlendirilir. *Drenajın* iyi olduğu topraklarda büyük oranda taban suyuna katılır. Bu olay, toprak tekstürüne bağlı olarak yavaş ya da hızlı bir biçimde gerçekleşebilir. Yerçekimi suyundan bitkiler henüz taban suyuna katılmadan önce, bitki köklerinin ulaşabileceği kadar derinde iken ya da istisnai olarak taban suyunun yüksek olduğu habitatlarda yetişen bitkiler tarafından kullanılabilir. Ancak bu olasılıklar dışında genellikle bitki köklerinin ulaşamayacağı ve bu nedenle bitkiler tarafından kullanılmayan sudur.

### ✓ Drenaj

Bir toprağın su tutma kapasitesi üzerindeki fazla suyun toprağa herhangi bir zarar vermeden alt kısımlara sızması olayına verilen isimdir. Drenajı iyi toprak dendiğinde suyun kolay sızdığı, drenajı kötü toprak dendiğinde ise suyun zor sızdığı topraklar anlaşılmalıdır.

## Kapillar (Kılcal) Su

Kapillar (kılcal) su, genellikle ince yapılı topraklarda ve küçük boşluklarda (mikro porlarda) bulunur. Kapillar suyu iki başlık altında değerlendirmek gerekir. Çapı 0.2  $\mu$ 'un altında olan porlarda bulunan su, toprak tarafından kuvvetle tutulduğundan bitkiler tarafından alınmaz. Bu **absorbe**

**edilemeyen kapillar sudur.** Ancak çapı 0.2 ila 8  $\mu$  olan boşlukları dolduran kapillar su, bitkiler tarafından alınabilmektedir. Bu da **absorbe edilebilir kapillar sudur.** Bitkiler için en önemli su kaynağı kapillar sudur. Özellikle *freatofit bitkiler* için kapillar su kritik önem taşır.



dikkat

Su kıtlığı olan, aşırı kurak bölgelerde yaşayan bitkilere freatofit bitki adı verilir.

## Higroskopik Su

Higroskopik su, toprak partiküllerin üzerinde ince bir tabaka şeklinde (sadece birkaç mikron) ve çok büyük bir enerji ile tutulan sudur. Bu enerji kimi kaynaklara göre 30 atm basıncın üzerine bile çıkabilmektedir. *Hidrasyon suyu* ya da *adhezyon suyu* olarak da bilinen higroskopik su, bitkiler tarafından sadece su tabakasının kalınlığının fazla olduğu durumlarda nadiren kullanılabilir. Bunun dışında bitkiler tarafından kullanımı mümkün değildir.

## Bağlı Su

Bağlı su, toprakta bulunan bazı maddelerin bünyesinde *hidrasyon suyu* şeklinde ya da kolloidlere bağlı şekilde bulunur. Yapıya dahil bir su olduğundan, bitkiler tarafından kullanılması mümkün değildir.



dikkat

Toprak suları içerisinde sadece absorbe edilebilir kapillar (kılcal) su bitkiler tarafından alınabilir. Toprak porlarını doldurabilecek kadar yüksek seviyede olduğu durumlarda, yerçekimi suyu da bitkiler tarafından kullanılabilir bir su çeşididir. Ancak toprak-bitki-su ilişkileri yönünden higroskopik su ve bağlı su fazla önem taşımamaktadır.

## Su Buharı

Su buharı, toprak suyunun buharlaşarak hava boşluklarına geçmesi ve orada kalması ile oluşur. Yani toprak su buharının kaynağı, yine toprak içerisinde yer alan sudur. Su, her ne kadar bitki geli-

şimi için çok önemli bir gereksinim olsa da, suyun topraktaki dengesi de ayrıca çok önemlidir. Unutulmamalıdır ki, çok fazla miktarda ve/veya uzun süre toprakta kalan su, bitki köklerini çürüterek bitkilerin su alamamasına (fizyolojik kuraklık), oksijenin/havanın tükenmesine, toprağın ve besin maddelerinin yıkanıp gitmesine, suyla birlikte gelen çözülmüş tuzlar nedeniyle toprağın çoraklaşmasına, bitkilerin etkileşim halinde olduğu toprak mikro flora ve faunasının zarar görmesine ve nihayet bitki ölümüne sebep olabilir.

Tıpkı bitkiler için olduğu gibi, topraklar için de bir su potansiyelinden bahsetmemiz gerekir. Bünyesinde genellikle az miktarda çözülmüş madde içeren toprağın osmotik potansiyeli de düşük olur. Hidrostatik basınç ıslak topraklarda sifıra yakın bir değerdedir. Ancak toprak kurudukça ve yarayışlı su miktarı azaldıkça hidrostatik basınç negatif değerlere düşer. Bu suyun toprak tanecikleri tarafından daha güçlü tutulması anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle toprak bünyesinde su ne kadar azalırsa, bitki tarafından alımı da o derece zorlaşır. Topraktaki su ile ilgili yapılan tanımlamalarda karşınıza sıklıkla çıkabilecek iki sözcüğü de yeri gelmişken tanımlayalım. Bunlar *Tarla Kapasitesi* ve *Sürekli (Daimi) Solma Noktası* kavramlarıdır. Su ile doymuş toprakta, fazla su süzülükten sonra toprakta kalan su miktarına **Tarla Kapasitesi** adı verilir. Başka bir ifadeyle toprağın nem tutma kapasitesini ifade eder. Bazı durumlarda toprak belirli bir noktaya kadar su kaybettiğinde, bitki terleme ile kaybettiği tüm suyu engellese yine de bitki turgor basınçlarını sağlayamazlar. Bu noktada toprağın su potansiyeli, bitkinin osmotik potansiyeline eşit ya da düşüktür. Böyle bir noktada, bitki artık su alamamaya başlar. İşte bitkinin sürekli solma gösterdiği toprak nemi noktasına **Sürekli Solma Noktası** denir. Sürekli solma noktasına gelen bitki, tekrar normal ortama bırakılsa bile eski haline dönemez.



dikkat

Sürekli solma noktası temel olarak toprağın özellikleri ile ilgili bir kavramdır. Ancak bu noktanın bitki türlerine göre de değişebilen bir özellik olduğunu unutmayınız.

Toprak içerisindeki suyun köklere doğru taşınması daha önce de belirtildiği gibi kütle hareketi ile yani bir basınç gradienti ile gerçekleşmektedir. Toprağın içerisinde yer alan ve içleri su dolu gözenekler adeta bir kılcal damar ağı gibi birbirleriyle bağlantılıdır. Bitkiler suyu topraktan kökleri aracılığıyla aldıkça, köklere yakın alandaki toprağın su miktarı azalmakta ya da tükenmektedir. Dolayısıyla su içeriği açısından köklere yakın olan topraklarla, bu topraklara komşu olan topraklar arasında bir basınç gradienti oluşmaktadır. Bu basınç farkının sonucunda suyun kütsel hareketi bitki köküne doğru gerçekleşmektedir. Basınç farkı ne kadar fazla ise, suyun akış hızı da o kadar fazla olacaktır.

Toprak suyunun akış hızı, toprak tipi ve su içeriği ile de ilişkilidir. Topraklar kumlu topraklarda olduğu gibi büyük boşluklara sahipse akışı nispeten daha kolay olurken, killi topraklar gibi nispeten küçük boşluklara sahip topraklarda daha zor ve yavaş gerçekleşmektedir. Suyun toprakta taşınma kolaylığının bir ifadesi olarak **toprağın hidrolik iletkenliği** terimi de kullanılmaktadır. Tabii ki, kumlu topraklar gibi hidrolik iletkenliği yüksek olan topraklar her ne kadar suyun köklere doğru taşınması anlamında avantajlı gibi gözükseler de, yerçekimi etkisi ile suyun aşağı yönlü olarak da taşınmasının kolay olduğu unutulmamalıdır. Killi bir toprak, aynı miktarda kumlu bir toprağa göre 2 hatta 3 kat daha fazla su tutma kapasitesine sahip olabilir.



dikkat

Tıpkı bitkinin iletim demetlerinde olduğu gibi, toprak mikro kanalları içerisinde de suyun boşalttığı yere hava girdiğinde o kanalın verimi önemli ölçüde düşecek ve belki tekrar su ile dolana kadar o kanal bitki tarafından kullanılamayacaktır. Bu yüzden toprağın su içeriği bitkiler için son derece önemlidir.

## Bitki Kökleri

Sucul bitkiler, suyu osmozla tüm yüzeyleri ile alabilirler. Sucul bitkilerde kök, zaman zaman sadece bir tutunma organı olarak iş görmektedir. Ancak karasal bitkilerde suyun alınımı daha karışık mekanizmaların sonucunda gerçekleşmektedir. O yüzden ünitemizin bu bölümünde karasal bitkiler-



de su alınımı konusuna biraz daha fazla yer vereceğiz. Karasal bitkilerde kök, bazı metamorfozlar hariç toprak altında bulunan oldukça gelişmiş ve değişik işlevleri yerine getiren önemli bir organdır. Her şeyden önce bitkiyi toprağa sabitleyici, su ve mineral maddelerin topraktan alınıp bitkinin üst kısımlara taşınmasını sağlar, fotosentez sonucu sentezlenen organik moleküller için depo alanıdır ve bazı hormon/moleküllerin sentez yeridir. Her ne kadar bitkilerin kendilerine özgü bir kök sistemi bulunsun da esasen özellikle gelişme ve yayılma karakteristikleri ile yapı ve ağırlıkları içerisindeki geliştikleri toprakla ya da başka bir ifadeyle çevre koşulları ile yakından ilişkilidir. Drenajı iyi topraklarda genellikle bitkiler daha derin kök sistemleri geliştirirlerken, drenajı kötü ve suyun nispeten yüzeysel yayıldığı topraklarda bitkiler yayvan bir kök sistemi geliştirirler.

#### ✓ Metamorfoz

Bitki organlarının esas görevleri dışında, farklı görevler üstlenmesi olayına verilen addır. Örneğin bir yaprak normalde fotosentez işlevinin gerçekleştiği bir organ iken, bazı bitkilerde diken şeklinde farklılaşarak bitkiyi hayvan saldırılarına karşı koruma görevi üstlenebilmektedir.

Kök, tohumda yerçekimi etkisiyle aşağıya doğru uzayan ve *radikula* adı verilen embriyonik bölgeden gelişen bir organdır. Türden türe yapı, morfolojik özellikler, dallanma tipi ve bazen metamorfoza uğrayarak görevler anlamında bile farklılıklar gösterebilir. Köklerin yukarıda bahsedilen görevler dışında üstlendiği başka görevlere ilişkin birkaç örnek verilebilir. Örneğin duvar sarmaşığı (*Hedera helix*) bitkisinde kökler, uçlarından salınan yapışkan bir madde aracılığıyla ağaç gövde, duvar vb. yapılara tutunmayı sağlar. Brahman inciri (*Ficus religiosa*) bitkisinde dallardan aşağıya doğru inen ayak kökler, bitkiye ek bir destek sağlar. Örnekler arttırılabilir, ancak bilinmesi gereken nokta gövde ve yapraklar gibi kökler de sadece standart görevleri yapmazlar, bunun yanı sıra farklı görevler de üstlenebilirler.



dikkat

Morfoloji, canlıların dış görünüşüne ait özelliklerle ilgilenen bilim dalıdır. Burada kısaca geçtiğimiz morfolojik özelliklerle ilgili daha geniş bilgilere Açıköğretim Fakültesi Yayınlarından Bitki Morfolojisi kitabından ulaşabilirsiniz.



dikkat

Sistematik, kabaca canlıları akrabalık ilişkilerine göre sınıflandırarak Latince bilimsel isim veren bilim dalıdır. Bu üniteye Latince isimleri verilen bitkilerle ilgili olarak daha detaylı bilgilere ulaşmak için yine Açıköğretim Fakültesi Yayınlarından Bitki Sistematiği kitabını kullanabilirsiniz.

Yapı ve organizasyon bakımından gövdeden farklı özellikler gösteren kökte, çiçek, yaprak ya da bunlara karşılık gelen organlar bulunmaz. Benzer şekilde gaz alışverişini sağlayan stomalar da bulunmaz. Esas yapı itibarıyla bitkiler ya ana bir kök ekseninin hakim olduğu *kazık kök* veya yan köklerin hakimiyetinin söz konusu olduğu bir *saçak kök* sistemine sahiptir. Saçak kök sistemine sahip bitkiler besin maddelerine ulaşım anlamında daha avantajlıdır. Ayrıca yüzeysel toprağı kök sistemleri sayesinde çok iyi tuttuklarından, yüzey toprağının erozyon ile kaybedilmesini önleme noktasında önemli rol üstlenirler.



dikkat

Ağaçlar toprağın su veya rüzgâr erozyonu ile kitlesel olarak kaybını önleme anlamında çok önemli organizmalardır. Ancak saçak köklü otsu bitkiler de, yüzeysel toprağın kaybının önlenmesi anlamında değerlidir. Yani erozyon önleme anlamında her iki bitki grubu da ayrıca önemlidir.

Tohumdan gelişen ilk köke *primer (birincil) kök* adı verilir. Yerçekimi doğrultusunda gelişen birincil kökler zamanla büyür ve kalınlaşır. Sonrasında ise bitkinin su ve besin maddesi ihtiyacının karşılanması için yeterli olamadığından birincil kökler üzerinden yeni kökler gelişir ki bunlara da *sekonder* ya da *ikincil kökler* adı verilir. Birincil kökler ve bunlardan gelişen ikincil kökler birlikte *birincil kök sistemi* olarak da adlandırılır. Bazı durumlarda birincil kökler, çok uzun ömürlü olmayabilir. Bunların yerine zamanla bitki kadar uzun ömürlü olmayan *ek (adventif) kökler* olabilir.

Kökün görev ve dış morfolojisi ile ilgili bazı özelliklerin açıklanmasından sonra esas olarak bitki su ilişkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi açısından bir kökün boyuna kesitindeki yapısal özelliklerine daha yakından bakmamız gerekir. Bitki kökleri hiç de öyle basit yapılar değildir. Birkaç mm'den metrelerce uzunluğa erişebilen köklerin her bölgesi ayrımsal ve işlevsel olarak farklı bölgelerden oluşmaktadır. Genel olarak toprak içerisinde gövdeye nazaran düzensiz bir görüntü veren köklerin uç kısımları *kaliptra* ya da *kök başlığı* adı verilen bir bölüm içermektedir. Kök toprak içerisinde ilerlerken sarımsı kahverengi ve konik biçimde olan kök başlığı, hemen altındaki bölünme özelliğine (meristematik) sahip olan hücreler topluluğunu korumaktadır. Bu koruma faaliyeti bitkiler açısından çok önemlidir, çünkü bu hücreler kökün kökenini teşkil eden yeni hücre ve dokuları veren hücrelerdir.

#### ✓ Kaliptra (kök başlığı)

Bitki köklerinin uç kısmında yer alan, kolloidal yapıya sahip olan ve kök toprak içerisinde ilerlerken bölünme özelliğine sahip hassas hücrelerin korunmasını sağlayan yapının adıdır.

Kök başlığının hemen üzerindeki birkaç mm uzunlukta düzgün bir yüzeye sahip *apikal (uç) meristem bölgesi* yer almaktadır. Apikal meristem esasen kökün büyüme noktalarıdır. Nispeten küçük, ince çeperli ve hücre hacmine göre büyük çekirdekli hücrelerden oluşan bir bölgedir. Apikal meristem bölgesinin hemen üzerinde uzamanın gerçekleştiği *kök uzama bölgesi* yer alır. Kök uzama bölgesini *kök tüyü bölgesi* takip etmektedir. Kökün dış yüzeyini kaplayan epidermis hücrelerinin dış

doğru vermiş olduğu uzantılar olarak tanımlanan *kök tüyleri*, ince çeperli, bol sitoplazmalı hücreler olup, su ve mineral maddelerin alınımında esas görevi üstlenen yapılardır. Bir bitkinin su alma kapasitesi, birim alandaki emme özelliğine sahip kök tüylerinin sayısı ile ilişkili olan **kök tüyü indeksi** ile hesaplanabilir.

Kök tüyü indeksi= (Kök tüyü hücre sayısı/Epiderma hücresi sayısı) x 100

Buna göre, kök tüyü indeksi ne kadar yüksekse, bitkinin su alma kapasitesinin de o oranda fazla olduğu söylenebilir. Kök tüyleri bitki türlerine göre değişmekle birlikte 10 mikron kalınlığa ve 5 -6 cm uzunluğa ulaşabilirler. Tüylerin bu kadar küçük yapıda olmasının temel nedeni, kökün toprak ile temas eden yüzey alanını arttırmaktır. Kökler, toprak ile ne kadar fazla temas ederlere o oranda su ve inorganik besin maddelerini bünyesine alabilirler. Hatta bazen bitkiler köklerinde *mikorizalar* gelişerek toprak bünyesindeki su ve inorganik maddelerinden daha fazla yararlanma imkanına kavuşabilirler. Kök tüyleri sayısı aynı türe ait tüm bireylerde yaklaşık olarak aynı olmayabilir. Çünkü kök tüyleri sayısı çevresel faktörlerin kontrolü altında olabilir. Yarayışlı su, ortam sıcaklığı, toprağın asitlik durumu, topraktaki besleyici ya da toksik element konsantrasyonları da kök tüyü sayısı üzerinde bir noktaya kadar etkili olabilen etmenlerdendir.

#### ✓ Mikoriza (mantar-kök)

Bazı bitkilerin kökleri ile mantarlar arasında gerçekleşen simbiyotik yaşam ilişkisine verilen addır. Mantar sayesinde kök yüzeyi daha da artmakta ve bitki bünyesi su ve inorganik maddelerin daha etkili bir şekilde alınması sağlanmaktadır. Mantar besinini bitkiden karşılayarak bu birlikten faydalanır.

Oldukça hassas olan kök tüyleri sürekli olarak yenilenmekte ve böylece bitkinin su ve inorganik besin alma kapasitesi sürekli yüksek tutulmakta, ayrıca toprağın farklı bölümleri ile de kök irtibatının sağlanması mümkün olabilmektedir. Bazı durumlarda kök tüyleri bitki üzerinde daha uzun süre kalabilir. Böyle durumlarda tüyler ya çeperlerinde süberin adı verilen kimyasalın birikmesiyle *mantar-*

*laşır* ya da lignin adı verilen kimyasalın birikmesiyle *odunlaşır*. Her iki durumda da tüyün su ve inorganik besin alma potansiyeli çok azalmakta hatta tamamen ortadan kalkmaktadır. Kök tüyü bölgesinin üst kısmında ise *mantarlaşmış koruyucu doku bölgesi* bulunur. Bu bölge kök tüylerinin düşmesiyle meydana gelen bir bölgedir. Bu bölümden su ya da besin maddelerinin alınımı gerçekleşmez.

## Bitki Tarafından Suyun Alınımı

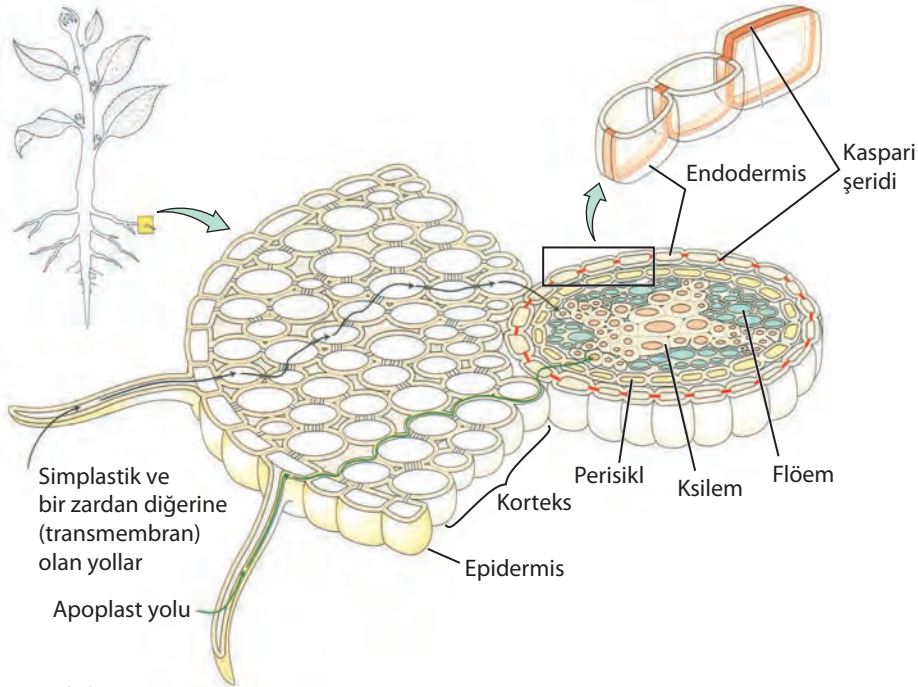
Tipik karasal bir bitkide suyun bitkiler tarafından alınabilmesi için, bitki kökleri ile toprak partikülleri arasında mutlaka fiziksel bir temas olmalıdır. Kök tüyü indeksi olarak daha önce bahsettiğimiz değer ne kadar yüksek olursa, bitki kökünün toprak ile temas eden alanı o kadar yüksek olur ve buna bağlı olarak da su ve mineral madde absorpsiyon kapasitesi o denli artacaktır.

Suyun bitki içerisinde kök iletim demetlerine kadar olan yolculuğu, kök tüyleri tarafından suyun alınımı ile başlar. Önce korteks tabakasına geçen su, sonrasında endoderma tabakasına geçer. Endodermis tabakasına ait hücrelerin çeperleri, aynı epidermis hücre çeperlerinde olduğu gibi kalın ve suya karşı geçirimsizdir. Ancak kökte ksilem kollarının karşısına denk gelen ve geçit hücresi adı verilen hücreler, suyun endodermisi aşarak, periskl tabakasına ve oradan da kök iletim demetine (ksilem) ulaşmasını sağlar. İşte tam da bu noktada, suyun kök epidermasından endodermis tabakasına ulaşması 3 farklı yolla gerçekleşebilir. Bunlar; *Apoplastik yol*, *Transmembran yolu* ve *Simplastik yoldur*.

Şekil 2.1’de verilen detaylı çizimde suyun kök içerisinde izlediği yollar özetlenmeye çalışılmıştır. Şimdi biz de ünitemizin omurgasını oluşturan bu yollardan biraz daha detaylı bahsedelim.

**Apoplastik yol**, suyun diğer yollardan temelden farklı bir şekilde, herhangi bir zardan geçmeden, bitki hücre çeperleri ve hücrelerarası hava boşlukları sistemi boyunca taşınması olayına verilen addır.

**Transmembran yolu**, suyun hücre zarından geçerek taşınması olayına verilen addır. Daha açık bir ifadeyle, su hücrenin bir yanından girer, bütün hücreden geçer ve sonra diğer yanından çıkarak hücreden hücreye iletilmiş olur. Böyle bir durumda su, en az 2 çeper geçişi yapar, buna zaman zaman tonoplast (bir hücre organeli olan vakuol zarı) da eklenebilir.



Şekil 2.1 Kökte su ve mineral maddelerin taşınma yolları (Taiz ve Zeiger 2008'den)

**Simplastik yol** ise, suyun plazmodezmler aracılığıyla taşınması olayına verilen addır. Plazmodezmler, sadece canlı hücrelerde görülen ve hücreden hücreye uzanan plazma köprüleridir. Çeşitli maddelerin taşınması ve iletişim olaylarında önemli roller oynayan plazmodezmler, suyun taşınması noktasında da aktif bir rol üstlenirler. Hücreler, adeta bir sitoplazma köprüleri ağı ile birbirine bağlanmış durumdadır ki, su işte bu ağ aracılığıyla hücreden hücreye taşınmaktadır. Yani, sitoplazma köprüsünden giren su, hücreyi geçerek yine sitoplazma köprüsü aracılığıyla diğer hücreye geçmektedir.

Su, bitki bünyesine neden 3 farklı yolla girmektedir ve bunların birbirine göre önemleri hala bilim dünyasının merak ettiği konular arasındadır. Ancak belirli bitki türlerinde bu 3 yoldan birinin su alınımında daha etkili olduğu görülebilmektedir. Apoplastik yolla, hücre çeperleri ve hücrelerarası boşlukta ilerleyen su molekülleri, endodermise kadar sorunsuz gelirler. Ancak şekilde de görüldüğü gibi endodermis hücrelerinin ışınsal (radyal) çeperleri *kaspari şeridi* adı verilen bir yapı ile kuşatılmış durumdadır. Endodermis hücreleri, süberin adı verilen bir madde ile kuşatılarak suya karşı geçirimsiz hale gelmiştir. Kaspari şeridi, suyun bu noktadan ileriye apoplastik yol ile ilerlemesini durdurur. Kaspari şeridinin burada varlığının esas nedeni, su iletim demetlerine bir kez girdiğinde, yukarıya doğru taşınırken yanal sızmaları engellemesi ve suyun sadece iletim demetleri ile yukarıya taşınmasının sağlanmasıdır. Endodermisi, apoplastik yol ile geçemeyen su mecburen endodermisten simplastik yol ile yani hücre içerisinden taşınır. Başka bir ifadeyle, endodermise kadar apoplastik yol ile gelen su, endodermis hücrelerinden kaspari şeridinin hücrelerin arasını suya geçirimsiz olarak kapatması nedeniyle simplastik yoldan hücre içerisinden girmektedir.



**dikkat**

Bu üç yoldan sadece apoplastik yolda su, hücre içerisine girmeden çeperler ve hücrelerarası boşluklar arasında ilerleyerek bitkinin iletim dokusuna kadar taşınır. Transmembran ve simplastik yolda, su hücre içerisinden geçmektedir. Transmembran ve simplastik yollar ile su, iletim demetlerine kadar taşınabilmektedir. Ancak, endodermise kadar apoplastik yol ile gelen su, endodermis hücrelerinden kaspari şeridinin hücrelerin arasını suya geçirimsiz olarak kapatması nedeniyle simplastik yoldan hücre içerisinden girmektedir.



## Yaşamla İlişkilendir

Bitkiler suya ya doğrudan doğruya ve kolayca ulaşmak ya da düzenli/düzensiz ulaşabildikleri suyu bir şekilde bünyelerinde tutmak zorundadırlar. Yani yaşam koşullarına göre bir su ekonomisine sahip olmalıdırlar. Bu nedenle, bitkiler dünyasında özellikle karasal bitkilerde esas amacı suya ulaşmak ya da suyu korumak olan çok sayıda değişik uyum mekanizmalarını (morfolojik, ekolojik, fizyolojik vb.) görebilirsiniz. Tabii ki

bitkilerin su ile ilişkileri, burada verilen birkaç örnekle sınırlı değildir. Hatta sadece bir bölüm bile bitkilerin su ile ilişkilerini tüm yönleri ile ele almaya yetmez. Çevremizdeki bitkilerin suya olan ihtiyaçları birbirinden farklıdır, bu farklılığı çevremizdeki bitkileri bu bakımdan değerlendirin. Ancak, bu bölümü günlük hayatımızdaki olaylarla ilişkilendirebilerseniz konu ile ilgili olarak oldukça kapsamlı bir fikir sahibi olacaksınız.

## Öğrenme Çıktısı



4 Bitki tarafından su alınımında etkili olan toprak faktörlerini kavrayabilme  
5 Bitki kökleri ile su alanımı arasındaki ilişkiyi öğrenebilme  
6 Bitki tarafından suyun alınım yollarını kavrayabilme

## Araştır 2

Zaman zaman yağmur yağarken tarla ya da bahçelerde sulama yapıldığına şahit olmuşsunuzdur. Sizce neden böyle bir uygulama yapılıyor olabilir?

## İlişkilendir

Bitkilerde topraktan su alınımı üzerinde etkili olan faktörleri mevsimlere göre değerlendirin.

## Anlat/Paylaş

Topraktaki su kökteki iletim demetlerine kaç farklı yolla ulaşabilir?

## BİTKİLERDE SUYUN TAŞINMASI

Ünitemizde bu bölüme kadar, toprakta bulunan suyu bitkilerin iletim demetlerine kadar ulaştırmış bulunmaktayız. Gelin şimdi de, suyun bitki bünyesinde nasıl taşındığına biraz daha yakından bakalım. Ünitemizin bu bölümünü öncelikle bitkilerde iletim demetlerinin yapısı ve sonra da iletim demetleri aracılığıyla suyun taşınması olmak üzere 2 alt başlık halinde ele alacağız.

## Bitkilerde İletim Demetlerinin Yapısı

Sucul bitkilerde su ve mineral madde alımı, bütün bitki yüzeyi ile osmoz ve difüzyon ile gerçekleşirken, karasal bitkilerde suyun topraktan kökler aracılığı ile alınıp üst kısımlara taşınması için özel bir iletim dokusuna ihtiyaç vardır. Aynı şekilde yapraklarda gerçekleştirilen fotosentez sonucu oluşan ürünlerin ihtiyaç duyulan bölgelere ya da depo alanlarına/organlarına taşınması yine iletim dokusu aracılığıyla taşınması gerekmektedir. Temel olarak bitkilerde iletim dokusu *ksilem (odun boruları)* ve *floem (soymuk boruları)* olmak üzere 2 kısımdan oluşur.



## dikkat

Bitkilerde su ve suda çözünmüş maddeleri bitkinin üst kısımlarına taşımakla görevli olan ve ölü hücrelerden oluşmuş *ksilem (odun boruları)* dokusu ile fotosentez sonucu üretilen ürünlerin taşınmasından sorumlu canlı *floem (soymuk boruları)* dokusunun oluşturduğu bütüne **iletim demeti** adı verilir.

## Ksilem (Odun Boruları)

Ksilem, bitki su ilişkileri açısından çok önemli bir dokudur. Çünkü bitki kökleri tarafından alınan su, ksilem dokusu aracılığıyla bitkinin üst kısımlarına taşınmaktadır. Bu nedenle, bu ünite kapsamında ağırlıklı olarak bu dokudan bahsedip, floem (soymuk boruları) üzerinde durmayacağız.

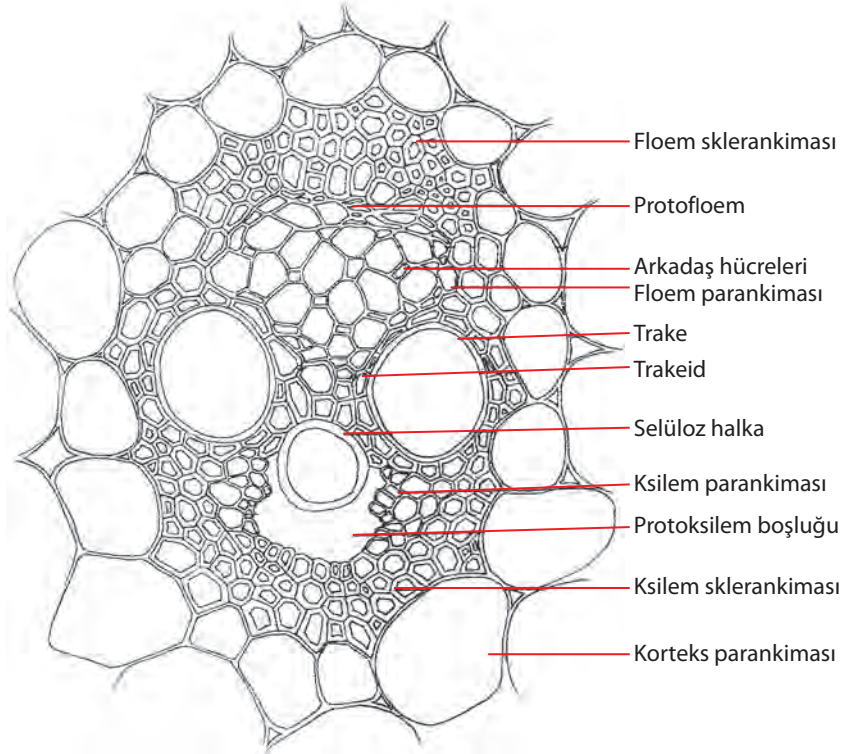
Ksilem aşağıdan (bitki köklerinden) yukarıya (bitkinin üst kısımlarına) doğru iletim yapan bir dokudur. Sadece su ve suda çözülmüş maddeleri bitkinin üst kısmına iletmekle sorumludur. Aslına bakılırsa, bitkilerde su taşınımının en uzun yolunu oluşturmaktadır. Ksilem çeşitli hücre tiplerinden oluşmuş karmaşık bir dokudur. Temel olarak 3 farklı hücreden oluşmuştur: *Trakeal elementler* (trake ve trakeidler), *ksilem lifleri*, *ksilem parankiması*.



Ksilem dokusunun en karakteristik bileşenleri, *trakeal elemanlar*, diğer bir deyişle **trake** ve **trakeid**lerdir. Bunlar su iletimi ve bir dereceye kadar da destek işlevine sahip olan, iletim yönünde sıralanmış tüp şeklinde, protoplastlarını kaybetmiş ölü hücrelerden ibaret olan, çok küçük çaplı, uzun-ince borucuklardır. En önemli özelliği kenarlı geçit adı verilen geçitlerin bulunmasıdır. Enine uzamış geçitler üst üste merdivene benzer sıralar meydana getirirler. Bu nedenle *skalariform borular* da denir. Yan çeperlerinin kalınlaşmasına göre halkalı, spiralli ve ağsı borular meydana gelir.

*Trakeidler*, dikey doğrultuda üst üste dizilmiş, iğ biçiminde morfolojik yapı gösteren hücrelerdir. Su, trakeidlerin yanal çeperlerinde yer alan çok sayıdaki geçit aracılığıyla bir trakeidden diğerine geçer. Geçitler, her iki komşu trakeide karşılıklı aynı noktada oluşarak *geçit çiftlerini* oluşturmaktadır. Geçit çiftlerinin ortasında *geçit zarı* bulunur. Bazı açık tohumlu bitkilerde geçit zarının ortasında *torus* adı verilen bir kalınlaşma görülür. Bu yapı, geçidi kapatan bir valf gibi iş görür. Özellikle trakeid içerisinde emboli ya da gaz kabarcığı oluşumunu engelleme anlamında önemli bir yapıdır. *Trakeler*, daha kısa, geniş ve filogeni olarak daha yeni yapılardır. Her trakenin sonunda perforasyon tablası adı verilen delikli ya da kalburlu çeperler vardır.

*Ksilem lifleri (ksilem sklerankiması)*, trakeal elementlerin etrafını saran destek dokusu elemanlarıdır. İşlevi, trakeal elementlerin kıvrılıp kırılmasını engelleyerek, trakeal elementlerin fonksiyonlarını yerine getirmelerine yardımcı olmaktadır. Ksilem parankiması ise depo ve diğer işlerle yükümlüdür. Ksilem dokusu, köklerden başlayarak bitkinin çeşitli toprak üstü organlarından ilerleyerek en uç tepe noktasına kadar uzanır. Yapısı itibarıyla ksilem, su taşınımı için direnci düşük bir yol oluşturmaktadır. Bu özelliği ile de, bitki yaşamı için kritik bir yapı elemanıdır. Şekil 2.2'de tipik bir monokotil bitkinin (mısır) iletim demetinin enine kesitinin çizimi yer almaktadır.



Şekil 2.2 Mısır (*Zea mays*) bitkisi enine kesitte iletim demeti (Yakar 1983'ten değiştirilerek).



**dikkat**

Trakeler, sadece angiospermlerde (kapalı tohumlu bitkiler) ve gimnospermlerin (açık tohumlu bitkiler) küçük bir grubunda görülürken, trakeidler iletim demetli bitki gruplarının tamamında görülmektedir.



## Ksilemde Su Taşınması

Bitkinin kökleri aracılığıyla aldığı suyun, bitkinin toprak üstü organlarına nasıl iletiildiği konusu ile ilgili olarak çok sayıda araştırma yapılmış ve çeşitli görüşler ileriye sürülmüştür. Çok küçük bitkilerde suyun taşınmasını anlamak ve açıklamak nispeten kolayken, metrelerce boya sahip bir ağaçta suyun taşınmasını açıklamak son derece zordur. Yapılan araştırmalar biraz sonra açıklanmaya çalışılacak kuvvetlerin tek başına suyu bitkinin üst kısımlarına taşımak için yeterli seviyede bir güç oluşturamayacağı ve su taşınmasının bütün bu kuvvetlerin bir bileşkesi şeklinde ortaya çıktığı yönündedir. Temel olarak iki kuram ön plana çıkmaktadır. Bunlardan ilki *kök basıncı*, diğeri ise *kohezyon – gerilim* kuramıdır. Şekil 2.3'te bitkilerde suyun üst kısımlara taşınmasını sağlayan sürükleyici kuvvetleri gösteren bir çizim verilmektedir.

### Kök Basıncı

*Kök basıncı*, bitkilerde kök hücrelerinde gerçekleşen metabolik faaliyetler sonucu ksilem dokusunda oluşan ve suyun yukarı yönlü taşınımını sağlayan bir basınç olarak tanımlanmaktadır. Biraz daha açık olarak ifade etmek gerekirse, bitki kökleri toprak çözeltisinden iyonları absorbe ederek ksileme taşır ve burada pozitif bir hidrostatik basınç oluşumunu sağlar. Ksilemin osmotik basıncı artarken su potansiyeli azalır, böylece suyun sürüklenmesi için gerekli olan güç elde edilmiş olur. Yani, bütün kök adeta tek bir ozmotik hücre gibi davranarak, çözünmüş madde birikimine ksilemde artan bir hidrostatik basınç ile karşılık verir.

Kök basıncı genellikle, bitkide terlemenin (transpirasyon) yapılmadığı ya da düşük olduğu ve toprağın su potansiyelinin yüksek olduğu koşullarda gerçekleşmektedir. Özellikle bazı bitkilerde kök basıncı, su taşınmasında son derece etkili bir kuvvet olarak karşımıza çıkarken bazı bitkilerde kök basıncı neredeyse hiç bulunmayabilir.

Kök basıncının en önemli sonuçlarından birisi, bitkilerin **gutasyon** olarak bilinen ve yaprakların uç kısımlarından sıvı halde su salınması olarak tanımlanabilen fizyolojik faaliyettir. Özellikle geceleri stomaların kapalı olması ve nemin nispeten yüksek oluşu ve dolayısıyla transpirasyonun yapılmaması nedeniyle, bitkinin pasif stomaları olarak da bilinen hidatodlarından ksilem öz suyunun salınmasına neden olur. Çimlerin üzerinde sabahları

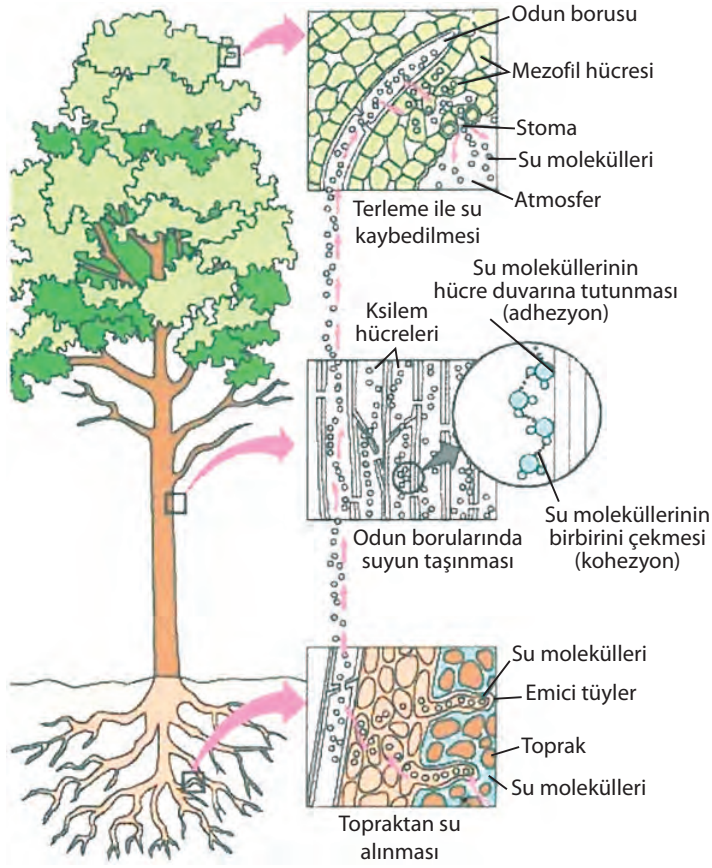
görülen “çiğ damlaları” aslında gutasyon dediğimiz olay sonucu salınan su damlalarıdır.

✓ Bitkilerde kök basıncının etkisiyle, transpirasyonun düşük ve toprağın su potansiyelinin yüksek olduğu koşullarda gerçekleşen ve pasif stomalar olarak da bilinen hidatodlar aracılığıyla yaprak uçlarından sıvı halde su salınması olayına gutasyon adı verilir.

### Kohezyon-Gerilim Kuvveti

Kohezyon-emme kuvveti ise, su moleküllerinin birbirine bağlanma gücü (kohezyon), su moleküllerinin iletim demetlerine bağlanma gücü (adezyon) ve nihayet yapraktan buharlaşan suyun ksilemde oluşturduğu negatif basıncın (emme) bileşkesi sonucunda ortaya çıkan ve suyun yukarıya doğru adeta çekilmesi ile sonuçlanan kuvvetler bileşkesine verilen isimdir. Daha açık bir ifadeyle, su kohezyon ve adezyon kuvvetleri ile bir su filmi oluşturmakta ve terleme nedeniyle oluşan negatif basınçla yukarıya doğru çekilirken bu su filminin kopmamasını ve suyun yukarılara doğru aktif bir şekilde taşınmasını sağlamaktadır.

Suyun ksilem elementlerinden yukarıya doğru taşınmasının önündeki en büyük engel, yüksek emme gücü sebebiyle ksilem elementlerinin içerisine hava kabarcığı girmesi olabilir. *Embolizm* ya da *kavitasyon* adı verilen bu durum, iletim demeti içerisinde yer alan su filminin kopmasına ve belki bir daha o iletim borucuğunun hiç kullanılmaması anlamına gelebilir. Eğer bitki diğer ksilem elemanlarından yeteri kadar su sağlayamazsa önce solma ve sonrasında da ölüm meydana gelebilir. Bunu kalorifer sisteminin hava yapması sonucu, o bölgeye su gelmemesine ve dolayısıyla kaloriferin ısınmaması olayına benzetebiliriz. Bitki böyle bir durumla çeşitli şekillerde mücadele edebilmektedir. Örneğin ksilem kılcalları, birbirleri ile bağlantılı olduklarından su hava kabarcığının çevresindeki elementlerden geçerek yine taşınabilir ve dolayısıyla su akışı tamamen durmaz. Yine bitki transpirasyon oranının düşük olduğu geceleri hidrostatik basıncı yükselterek ya da bazı durumlarda kök basıncını arttırarak hava kabarcığının su içerisinde çözünmesini sağlayabilir. Pek çok bitki her yıl yeni ksilem elementleri oluşturur ve eskisi tamamen devreden çıkmadan önce yenileri aktif hale gelir.



Şekil 2.3 Bitkide su taşınmasını (URL: <http://busrasumru.weebly.com/ta351305ma-sistemi.html>).

### Öğrenme Çıktısı



7 Bitkilerde iletim demetlerinin yapısı öğrenebilme  
8 Bitki bünyesinde suyun taşınım yollarını kavrayabilme

Araştır 3

Ksilemde su ve suda çözülmüş minerallerin taşınmasında kohezyon-gerilim kuvvetinin önemi nedir?

İlişkilendir

Bitkinin kökleri aracılığıyla aldığı suyun, bitkinin toprak üstü organlarına iletilmesini yaşamdaki benzer olaylarla ilişkilendirin.

Anlat/Paylaş

Ksilem ve Floem arasındaki madde taşınımı açısından farklılıklar nelerdir?

### BİTKİLERDE SU KAYBI

Bitkiler toprak-bitki-atmosfer devamlılığının sağlanması için su kaybetmek zorundadır. Bitkiler temel olarak terleme (transpirasyon) ile gutasyon, eksudasyon ve sekresyon yolları ile su kaybetmektedir. Bunlardan özellikle terlemenin, bitkinin üst kısımlarında negatif basınç oluşturarak suyun yukarıya doğru taşınması noktasında çok önemli bir mekanizma olduğunu bir kez daha hatırlatalım.

## Terleme (Transpirasyon)

Bitkilerin köklerinden aldıkları suyu, bünyesinden geçirerek yaprakları aracılığıyla su buharı şeklinde atmosfere vermesi (toprak-bitki-atmosfer devamlılığının tamamlanması) olayına **terleme (transpirasyon)** adı verilmektedir. Alınan suyun çok az bir kısmı bitki tarafından kullanıldıktan sonra, çok büyük bir kısmı (çoğu zaman %95'in üzerinde) terleme yoluyla kaybedilmektedir. Peki, bitki neden bu kadar fazla miktarda suyu kaybetmektedir? Bunun temel olarak 2 sebebi vardır. Bunlardan ilki, sıcaklığın çok fazla olduğu günlerde aktif hareket yetenekleri olmayan bitkilerin su kaybı sayesinde serinlemelerinin sağlanmasıdır. Çünkü buharlaşan su, buharlaşması için gerekli enerjiyi bitki yüzey ısısından sağlamakta ve dolayısıyla bitkinin sıcaklığını ortam sıcaklığına kıyasla birkaç dereceye kadar düşürmektedir. Bu olay elinize kolonyaya döktüğünüzde elinizin serinlemesine benzetilebilir. İkincisi ise, yapraklarda negatif basıncın oluşturularak suyun ksilemde yukarıya doğru taşınması için bir emme kuvveti oluşturulması yine transpirasyon sayesinde başarılıdır.

Suyun atmosfere kontrolsüz bir şekilde kaybını engelleyen mumsu yapıdaki kütikula tüm yaprak yüzeyini sarmaktadır. %5 gibi oldukça düşük bir oranda suyun yapraklardan kaybının kütikula aracılığıyla olduğu sanılmaktadır (*kütikular transpirasyon*). Odunlu bitkiler ise sekonder gelişim ile stomaların yerini alan lentiselleri (kovucuk) aracılığıyla transpirasyon yaparlar (*lentisel transpirasyonu*). Bitkilerde su kaybının büyük çoğunluğu yaprak altındaki bol miktardaki stomadan difüzyon aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (*stoma transpirasyonu*). Yapraktan gerçekleştirilen transpirasyon temel olarak 2 ana faktörle ilişkilidir. Bunlar: *Su buharı konsantrasyon farkı* (yaprak hava boşlukları ve atmosfer arasında) ve *Difüzyon direnci*.

Yaprak içerisinde yer alan ve türden türe değişmekle birlikte oldukça önemli bir alan tutan hava boşlukları ile dış atmosfer arasındaki *su buharı konsantrasyon farkı*, transpirasyon yoluyla su kaybı için gereken enerjiyi sağlamaktadır. Yaprakların içlerindeki hava boşlukları hacim olarak küçük olmasına rağmen yüzey alanı olarak son derece büyüktür. Dolayısıyla bu kadar alandan buharlaşan su, yaprak hava boşluklarında hızlı bir buhar dengesi oluşmasını sağlamaktadır. Yaprığın dış ortamında böylesi

yüksek miktarda bir buhar konsantrasyonu ve dengesi olmadığından, bu iki alan arasında bir konsantrasyon gradienti oluşmaktadır. Bu da transpirasyon için gerekli itici gücü sağlamaktadır. Tabii ki buradaki su buharı konsantrasyonunun yaprağın sıcaklığı ile yakın ilişkili olduğunu da belirtmemiz gerekir.

*Difüzyon direnci* ise, hem yaprakların stomalarının difüzyona karşı gösterdikleri direnç (*yaprak stoma direnci*) hem de yaprak hemen üst yüzeyindeki hava tabakasının göstermiş olduğu ve *sınır tabaka direnci* olarak da isimlendirilen dirençtir. Sınır tabakasının kalınlığı rüzgâr ile ilgilidir. Rüzgârın olmadığı bir ortamda yaprak sınır tabakasının kalınlığı fazla olduğundan direnci de fazladır ve böyle bir durumda stoma etkinliğinin transpirasyon üzerindeki etkisi nispeten küçüktür. Ancak havanın rüzgârlı olduğu zamanlarda yaprak yüzeyindeki sınır tabakanın kalınlığı ve dolayısıyla direnci azaldığından difüzyon hızında önemli bir artış meydana gelecek, bu durumda da su kaybını büyük oranda stoma direnci belirleyecektir. Bunlar dışında *yaprak yüzey alanı*, *stomaların yaprak üzerindeki yoğunluğu ve yerleşimi*, *yaprak özellikleri* de transpirasyon üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Özellikle yaprağın bazı anatomik ve morfolojik özellikleri sınır tabakasının kalınlığını etkilese de (epidermis içine gömülmüş stoma ya da yaprak yüzeyindeki rüzgâr kırıcı tüyler, yaprak şekli vb.), esas etkinlik ayrımsal kalınlıkta çeperlere sahip olan stoma bekçi hücrelerinin etkinliği ile kısa vadede sağlanmaktadır.

✓ Yapraktan gerçekleştirilen transpirasyon temel olarak yaprak içi hava boşlukları ile dış atmosfer arasındaki **su buharı konsantrasyon farkı** ve hem yaprak stomalarının hem de yaprak yüzeyine bitişik bulunan hava tabakasının **difüzyon direnci** tarafından kontrol edilir.

Bitkilerde transpirasyon stomalar aracılığıyla sağlanmaktadır, çünkü daha önce de belirttiğimiz gibi yaprak epidermisinin üst yüzeyini kaplayan kütikula tabakası suya son derece geçirimsizdir. Stomalar bir yandan suyun ve fotosentez sonucu oluşan oksijenin (O<sub>2</sub>) bitki bünyesinden dışarıya salınması bir yandan da atmosferden karbondioksit

(CO<sub>2</sub>) alınmasını sağlarlar. Başka bir ifadeyle hem transpirasyonun hem de fotosentezin kontrollü bir şekilde gerçekleşmesine yardımcı olurlar. Bu alışveriş sırasında da stoma açıklıkları (porları) direnci az olan bir yol oluşturmaktadır. Aslına bakılırsa tüm sorun tam da bu noktada ortaya çıkmaktadır. Çünkü bitkiler bir yandan bünyelerindeki mevcut suyu korumaya çalışırken diğer yandan da fotosentezin sürekliliğini sağlamak için almak zorunda olduğu CO<sub>2</sub> ihtiyacını karşılamak amacıyla stomalarını açtığına da su kaybetmektedir. Suyun bol bulunduğu habitatlarda gelişen bitkiler için bu sorun çok ciddi değildir. Çünkü kaybedilen su, kökler aracılığıyla tekrar topraktan alınarak tamamlanabilmektedir. Esas sorun suyun az olduğu habitatlarda gelişen bitkiler için söz konusudur. Su kısıtı durumlarında, bitki stomalarını ya çok az açabilir ya da hiç açmaz. Bu durum ise bitkinin metabolik faaliyetlerinin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesinin önünde önemli bir engel oluşturmaktadır.

Stoma açıklıklarının (porları) faaliyetleri, stoma porunu çevreleyen özelleşmiş ve **bekçi hücreleri** adı verilen bir çift epiderma kökenli hücre ile düzenlenmektedir. Tüm iletim demetli bitkilerin yapraklarında görülen bekçi hücreleri, çeperlerinde ayrımsal kalınlaşma nedeniyle özel bir yapıya sahiptir. Bitkiler dünyasında genel olarak 3 farklı stoma tipi gözlenmektedir. Bunlar: 1. Mniyum, 2. Amaryllis tipi stoma ve 3. Gramineae tipi stomadır.

*Mniyum tipi stoma*, bazı karayosunları ve eğreltilerde görülmektedir. Bu stoma tipinde aralarında boşluk (stoma poru) bırakacak şekilde karşı karşıya duran iki böbreği andıran bekçi hücrelerinin stoma açıklığına bakan kısımları ince kalırken komşu epiderma hücrelerine bakan kısımları ayrımsal olarak kalınlaşmıştır.

*Amaryllis tipi stoma*, tek ve çift çenekli bitkilerin çoğunda görülen stoma tipidir. Morfolojik olarak Mniyum tipi stomaya çok benzeyen bu stoma tipinde bekçi hücrelerinin ayrımsal kalınlaşma yüzeyleri Mniyum tipi stomadakinin tam tersidir. Yani, pora bakan çeperler kalın, komşu epiderma hücrelerine bakan kısımlar ise incedir.

*Gramineae tipi stoma*, yukarıda bahsedilen her iki stoma tipinden de morfolojik olarak farklıdır. Gramineae (Buğdaygiller) ve Cyperaceae familyasına ait bitkilerde görülen stoma tipidir. Morfolojik

olarak iki ucu şişkin ve aradaki kısmı dar olan ve bu yapısıyla adeta bir dambıla benzeyen 2 bekçi hücrelerinin yan yana gelmesi ile oluşmuş bir stoma tipidir. Şişkin uçların çeperleri ince ve ortada ince kısmın çeperleri de kalındır.



#### dikkat

Bitkiler dünyasında tipik olarak 3 çeşit stoma (gözenek) hücresine rastlanmaktadır. Bazı karayosunu ve eğreltilerde *Mniyum tipi stoma*, tek ve çift çenekli bitkilerin çoğunda *Amaryllis tipi stoma* ve Gramineae (Buğdaygiller) ve Cyperaceae familyasına ait bitkilerde görülen *Gramineae tipi stoma*.

Çeperlerinin ayrımsal kalınlıklara sahip olması ve esneyebilme özelliği sayesinde % 40 ila % 100 oranında hacim değişimi sağlanabilmektedir. Stomanın açılıp kapanmasındaki temel mekanizma, bekçi hücrelerindeki turgorun azalıp artması ile ilişkilidir. Bu da bazı uyarınların etkisiyle gerçekleşen metabolik faaliyetler sonucunda gerçekleşir. Bu metabolik faaliyetler arasında sayabileceğimiz ışık şiddeti, kalitesi, hücre içi CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, sıcaklık, nispi nem gibi uyarınlar bekçi hücreleri tarafından algılanmakta ve stomanın açılması ya da kapanması şeklinde tepki vermektedirler. Stoma hareketlerini kısaca 3 başlık altında toplayabiliriz.

Stoma hareketlerinin ilki, fotosentez ile ilişkili ve en eski teori olan *fotosentez-osmoz teorisidir*. Bu teorinin dayandırıldığı temel ise, epidermisten köken alan stomanın diğer epidermis hücrelerinden farklı olarak kloroplast içermesi ve dolayısıyla fotosentez yapma yeteneğine sahip olmasıdır. Teoriye göre stoma hücresi fotosentez yapıp organik madde sentezleyince, osmotik basıncı artar. Artan osmotik basınç nedeniyle hücre su alır ve böylece stoma açılır. Ters durumda ise karanlıkta stomalarda meydana gelen solunum ile organik madde azalır. Osmotik potansiyel düşer ve su vererek stoma kapanır. Tabii bu teori, sentezlenen şekerin her zaman yeteri kadar olamayabileceği ya da başka yerlere taşınabileceği düşüncesi ile tek başına stoma hareketini açıklamak için yeterli olamayabilir.





dikkat

Stoma hücreleri, bitki yüzeyinde bulunan tüylerle birlikte epidermis (koruyucu) dokusundan köken almaktadır. Ancak epidermis dokusundan köken alan stoma hücrelerinin diğer epidermis hücrelerinden belki de en önemli farkı, kloroplast içermesi ve dolayısıyla fotosentez yapma yeteneğine sahip olmasıdır.



dikkat

Her 3 teoride de hareket, bütünüyle stoma hücrelerinin turgorundaki değişimlere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Her 3 teoride gerçekleşen olayların çıkış noktasında ışık faktörü vardır. Sadece ışık alınması sonucunda hücrede gerçekleşen ve turgora sebep olan etken farklıdır.

Stoma hareketleri ile ilgili teorilerin ikincisi de *klasik teori* olarak da bilinen  $\text{CO}_2$ -pH ilişki üzerine kurulu teoridir. Bu teoriye göre, fotosentezde kullanılan  $\text{CO}_2$  hücrede birikmediği için hücre pH'ı yükselir ve böyle bir durumda nişasta şeker çevrilir. Nişasta şekere çevrilince hücrenin osmotik basıncı artar. Stoma hücresi su alarak şişer ve açılır. Karanlıkta da bu durum tersine gelişir ve stoma kapanır.

Stoma hareketleri ile ilgili olarak öne sürülen son teori ise *K<sup>+</sup> iyonu teorisidir*. Bu teoriye göre, ışık varlığında K<sup>+</sup> iyonları hücre içine doğru hareket ederken, karanlıkta hücreden çıkmaktadır. Hücre içerisine giren K<sup>+</sup> iyonları stoma hücrelerinin osmotik potansiyelini arttırmakta ve su alarak açılmaktadır. Karanlıkta ise olay tersine dönmektedir.

### Gutasyon, Eksudasyon ve Sekresyon

Bitkiler terleme olayı dışında, *guttasyon*, *eksudasyon* ve *sekresyon* olayları ile de su kaybederler. Ancak bu olaylar terleme olayı gibi, bitkinin iletim demetlerinde su taşınımı için destek veren güçlü bir kuvvetten ziyade bitkinin yaşamsal bazı faaliyetleri ile ilgilidir. Daha önce de belirtildiği gibi bitkilerde kök basıncının etkisiyle, transpirasyonun düşük ve toprağın su potansiyelinin yüksek olduğu koşullarda gerçekleşen ve pasif stomalar olarak da bilinen hidatodlar aracılığıyla yaprak uçlarından sıvı halde su salınması olayına *gutasyon* adı verilir. Bitkilerde belirli yerlerde oluşturulan su içerikli salgıların belirli zamanlarda dışarıya salınması olayına *sekresyon* denir. Bitkinin gövde veya dallarında herhangi bir fiziksel etki ile oluşan bir yaradan sıvı olarak su çıkması olayına ise *eksudasyon* adı verilir.

### Öğrenme Çıktısı



9 Bitkiler tarafından suyun yapraklardan kaybedilme yollarını öğrenebilme  
10 Bitkilerde su kaybı nedenleri kavrayabilme

Araştır 4

Bitkilerde su kaybı yaşamsal açıdan neden önemlidir?

İlişkilendir

Bitkilerde su kaybı ile topraktan su ve suda çözülmüş minerallerin alınımı arasındaki ilişkiyi güncel yaşamdaki olaylarla birlikte değerlendirin.

Anlat/Paylaş

Transpirasyon nedir? Anlatın.



## BİTKİLERDE SU UYUMLARI

Su, topraktan bitkiyi geçerek atmosfere doğru hareket ederken su varlığına bağlı olarak bitkinin su durumu da aktif bir değişim göstermektedir.

### Su Durumlarındaki Değişimlere Göre Bitkiler

Bitki türlerinin su durumu buldukları yaşam ortamları ile paralel olarak değişim göstermektedir. Bitki türleri, su durumundaki değişimlere bağlı olarak esasen 2 büyük grup altında değerlendirilmektedirler.

**Hidrolabil türler**, kendilerine özgü su durumları olmayan, bünyelerindeki su miktarının yaşadıkları çevreden elde edecekleri su miktarına bağlı olan bitkilere verilen isimdir. Hidro (su) ve labil (değişken) terimlerinin birleşmesi ile oluşan bu terim, su içeriği bakımından değişkenliği tanımlar. Likenler ve karayosunları örnek olarak verilebilir. Kurak ortam koşullarında çok uzun süre durgun (latent) bir evre geçiren hidrolabil türlerin, ortam koşulları su içeriği bakımından uygun hale geldiğinde yaşamsal aktiviteleri hızlanır.

#### ✓ Likenler

Mantar ve alg birlikteliğinden oluşan simbiyotik bir yaşam biçimidir. Alg, mantar için besin ve oksijen üretirken mantar da alg için karbondioksit temin eder. Kırsal bir alan gittiğinizde çoğunlukla çıplak kayaların üzerinde genellikle yuvarlağa yakın şekilli ve değişik renklerde gözüken yapılar likenlerdir.

**Hidrostabil türler** ise, kendilerine özgü su durumları olan, bünyelerindeki su miktarı belirli sınırlar arasında değişen, bunu sağlayabilmek için yaşadıkları ekolojik koşullara göre bazı uyum mekanizmaları geliştirmiş olan tüm bitkilere verilen isimdir. Hidro (su) ve stabil (sabit) terimlerinin birleşmesi ile oluşan bu terim, su içeriği bakımından bir dengeyi tanımlar. Ortam koşulları kurak da olsa nemli de olsa, yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmeye çalışan bitkilerdir. Çiçekli bitkilerin tamamı hidrostabil türlere örnek olarak verilebilir.

Hidrostabil türler de kendi içlerinde su durumuna adaptasyonlarına bağlı olarak 2 grup altında değerlendirilirler. Su bitkileri, gölge bitkileri ya da sukulent bitkiler gibi bazı bitkiler büyük oranda su ya da nem dengesi değişimlerine tahammül edemezler, yani su içeriği bakımından sınırları çok dar olan belirli ortamlarda yetişebilirler. Böyle hidrostabil türlere, *stenohidrik bitkiler* adı verilir. Bazı bitkiler de büyük oranda su ya da nem değişimlerine tahammül gösterebilen, su sınırları nispeten geniş olan ortamlarda yetişebilen ve zarar görmeden kuraklığa uyum sağlayabilen bitkilerdir. Böyle hidrostabil türlere de *eurihidrik bitkiler* adı verilir.

✓ Gövde ve yapraklarında yer alan özel dokularda su tutma, biriktirme yeteneğinde olan bitkilere sukulent bitkiler adı verilir. Kaktüsler, sukulent bitkilere örnek olarak verilebilir.

Bitkiler su ile ilgili olarak bazı ekolojik, morfolojik ve nihayet fizyolojik adaptasyonlar göstermektedirler. Ünitimizin bundan sonraki bölümünde su ihtiyaçlarına göre bitkilerin sınıflandırılması ile su ile ilişkilendirilen uyumlardan bahsedilecektir.

### Su İhtiyacına Göre Bitkilerin Sınıflandırılması

Bitkiler su ihtiyaçları açısından 3 büyük grup altında değerlendirilmektedir. Bunlar *hidrofitler*, *mezofitler (higrofitler)* ve *kserofitlerdir*.

#### Hidrofitler

Su içerisinde yaşayan ve su bitkileri olarak da bilinen bitkilerdir. Su içerisinde yaşam özellikle gelen güneş ışınlarının su tarafından belirli bir absorbe edilmesi ya da yansıtılması, CO<sub>2</sub> ile mineral besin maddelerinin su içerisinde sınırlı miktarda olması, su hareketleri nedeniyle maruz kalınabilecek fiziksel hasar stresi ve su içerisinde kalan dokularda O<sub>2</sub> azlığı gibi nedenlerle nispeten zor hale gelmekte ve bu nedenle özel uyumlara gerek duyulmaktadır.

Su içerisinde yaşamının doğası gereği karşılaşılan bu problemlerle bitkiler çeşitli şekillerde mücadele etmeye çalışırlar:

- Su bitkilerinin yaprak mezofilinde, diğer karasal bitkiler gibi palizat ve sünger parankimasi şeklinde bir farklılaşma bulunmaz. Onun yerine *aerankima* (*havalandırma parankimasi*) olarak da bilinen geniş hücrelerarası boşluklar bulunmaktadır. Bu yapı hem hidrofitterde gaz değişimini sağlamakta ama özellikle bitki kısımlarının su üzerinde ya da içerisinde askıda durmasına yardımcı olmaktadır. Bu boşluklar solunum için gerekli olan havayı depo edebilmek için kök ve gövdede de mevcuttur.
- Karasal bitkilerde su kaybını engellemek için salınan kütikula ya da mum tabakası su içindeki bitkilerde hiç bulunmaz, yaprağı su üzerinde kalan bitkilerde yaprağın üst yüzeyinde olabilir. Ancak yaprak üzerine gelebilecek suyun, bitkinin gaz alışverişini engellemesinin önüne geçmek amacıyla yaprağın üzeri çoğu zaman mumsu bir tabaka ile kaplıdır.
- Epidermis tabakası da ince olabilir. Su içerisinde çürümeyi engellemek için fazla miktarda mülisaj salgılanabilir.
- Su bitkilerinde kök olmayabilir, ya da varsa esasen sadece bitkiyi tespit (sabitleme) görevi üstlenmektedir. Karasal bitkilerde kökün görevi olan su ve besin maddesi alışverişini, tüm bitki yüzeyi ile yapılmaktadır. Bu nedenle iletim dokusu da iyi gelişmemiştir.
- Kökler, bataklık bitkilerinde bitkiden yukarıya doğru çıkarak gerekli olan hava değişiminin sağlanabilmesi için hava kökleri olarak görev yapabilir.
- Bazı su bitkilerinde gövdeler nispeten uzun ve esnek olup, böylece su salınımlarına karşı bir direnç oluşturmayacak yapıdadır. Bitki ihtiyaç duyduğu desteği sudan aldığı için, destek dokusu iyi gelişmemiştir. *Typha latifolia* (su kamışı) gibi bazı su bitkilerinde de suyun akışına direnç oluşturacak şekilde sağlam bir kök ve destek dokusu gelişmiştir.
- Yapraklar da yine gövdeler gibi direnci en aza indirecek morfolojik yapıya sahiptir. Genellikle ince ipliksi formda olup, bazen heterofili görülmektedir.

✓ Aynı bitki üzerinde farklı morfolojik yapıda (farklı tipte) yapraklar bulunması olmasına heterofili denir.

Hidrofitter, sudaki yaşam şekillerine göre 5 grup altında değerlendirilmektedir.

- Su üzerinde yüzen hidrofitter. Su mercimeği (*Lemna sp.*) örnek olarak verilebilir.
- Su içerisinde asıl halde bulunan hidrofitter. Planktonlar örnek olarak verilebilir.
- Kökleri ile toprağa bağlı, su altında yaşayan hidrofitter. *Ceratophyllum sp.* örnek olarak verilebilir.
- Kökleri ile toprağa bağlı, fakat yaprakları yüzen hidrofitter. *Nymphaea alba* (Nilüfer) örnek olarak verilebilir.
- Kökleri ile toprağa bağlı, fakat gövdeleri su yüzeyinde bulunan hidrofitterdir. *Typha latifolia* (su kamışı) örnek olarak verilebilir.

### Higrofitter (Mezofitter)

Suyun ne çok eksik ne de çok fazla olduğu, nemli ortamlarda gelişen bitkilerdir. Bilindiği gibi gerek aşırı su gerekse aşırı kuraklık ile mücadele edebilmek, bitkiler için çok sayıda adaptasyonu beraberinde gerektirmektedir. Ancak higrofitterde böyle bir gereksinim bulunmamaktadır. Yıl boyunca yağışın yeterli miktarda ve dengeli yağdığı alanlarda iyi gelişmektedirler. Özellikle ormanlar ve tahıl bitkileri mezofitik koşullarda iyi gelişirler. Kök sistemlerinin iyi geliştiği, gövdelerin ve iletim demetlerinin iyi geliştiği, yaprakların iyi geliştiği bitkilerdir. Yapraklarında stomalar iyi gelişmiş ve kloroplastlar yoğundur.

### Kserofitter (Kurakçıl bitkiler)

Su kısıtının olduğu kurak habitatlarda yetişen bitkilere genel olarak *kserofit bitkiler* adı verilmektedir. Suya ulaşma ve suyun olmadığı zamanlarda suyu ekonomik kullanma ve koruma ile ilgili çok sayıda anatomik /morfolojik ve fizyolojik uyum mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bunlardan bazıları şu şekilde özetlenebilir.

Kserofitler, iyi gelişmiş bir kök sistemine karşın, küçük bir gövde sistemi gelişimi gösterirler. Küçük, bazen iğne şeklinde, derimsi yapraklara sahiptirler. Yapraklar kutikula dışında kalın mumsu bir tabaka ile kaplı olup, stomalar yaprakta derinde ve sık yerleşimlidir. Böylece su kaybı en yüksek oranda engellenmeye çalışılır. Yapraklarda iyi gelişmiş palizat ve zayıf gelişmiş sünger parankiması bulunur. Hızlı bir vejetasyon dönemi geçirerek erken çiçek ve meyve verirler. Düşük terleme, yüksek özümleme oranına sahiptirler. Yüksek osmotik basınca sahiptir, solmaya dayanıklıdır. Bazıları alternatif fotosentez yoluna sahiptir (CAM metabolizması gibi). Kserofit bitkiler, temel olarak 3 grup altında değerlendirilmektedir. Yıllık efemer bitkiler, sukulent bitkiler ve sukulent olmayan çok yıllık bitkiler.

**Yıllık efemer (geçici) bitkiler**, genellikle kurak habitatlarda gelişen, vejetasyon süreleri oldukça kısa olan bitkilerdir. Toprak kurumadan önce gelişimlerini tamamlayarak kurak dönemi tohum halinde geçirirler. **Sukulent (etli) bitkiler**, bünyesindeki doku ve organlarda su depo etme yeteneğine sahip olan bitkilerdir. Yağışların fazla olduğu dönemlerde geniş vakuollere sahip parankima hücreleri aracılığıyla su depo eden ve bunu su kıtlığı yaşandığı dönemlerde kullanan bitkilerdir. Kök, gövde ve yaprak olmak üzere her organda sukulent özellik görülebilir. Kaktüs, iyi bir sukulent bitki örneğidir. **Sukulent olmayan çok yıllık bitkiler**, su kısıtı olan habitatlara adapte olmuş ağaç, çalı ve otsu bitkilerdir. Gelişmiş kök sistemleri toprağın içerisindeki nemli bölgelere kadar oldukça uzun yol alabilir. Toprakta sınırlı miktardaki suyu bünyelerine alabilmek için yüksek osmotik basınca sahiptirler. Ve yine aldıkları suyu en az miktarda kaybetmek için terlemeyi olabildiğince azaltmaya eğilimli bitkilerdir. Bunu yukarıda bahsettiğimiz adaptasyonlar aracılığı ile gerçekleştirmeye çalışırlar.

Bazı araştırmacılar su ihtiyacına göre bitkilerin gruplandırılmasında 4. bir grup olarak da *tropofit (değişen bitkiler)*'e yer vermektedir. Yazın yaprak döken bu bitkiler yazın geniş yaprakları ile mezofitlere, kışın ise yapraksız halleri ile kserofitlere benzemektedir. Yaşamlarının bir gelişme ve takiben bir dinlenme evresi şeklinde geçirirler. Bu özelliklerle ilgili diğer gruplardan ayrılmaktadır.

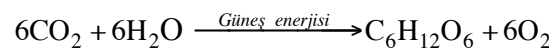
Bitkilerin su ihtiyaçları doğrultusunda belirli habitatları tercih etmelerinin yanı sıra dünya üzerindeki yayılışları da diğer ekolojik unsurlarının yanında

su varlığı ile ilgilidir. Dünya üzerindeki biyomların yayılışı, küresel iklim özellikleri tarafından belirlenmektedir. Küresel iklim unsurlarından en önemlilerinden birisi de su faktörüdür. Karasal biyomlar düşünüldüğünde ekvator kuşağının 20 derece güney ve kuzeyinde yayılış gösteren Tropik Yağmur Ormanları bitki tür çeşitliliği açısından son derece zengin bir orman biyomudur. Ancak düzenli olarak yağış alamayan ve yeryüzündeki karaların yaklaşık 1/3'ünü oluşturan çöller, bitki örtüsünün neredeyse hiç bulunmadığı ya da seyrek olarak bulunduğu alanlardır. Dünyadaki çöller 30° kuzey ve 30° güney enlemlerindeki yengeç ve oğlak dönenceleri çevresinde oluşmuştur. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkının çok yüksek olduğu çöllerde, yıllık yağışın 25 mm'den daha bile daha az olduğu çok kurak alanlar bulunmaktadır. Büyük Sahra Çölü, Kalahari Çölü örnek olarak verilebilir. Çöl biyomları, bu ortama uyum sağlamış kserofit bitkilerden oluşmaktadır. Benzer şekilde tundra, tayga ve boreal ormanları içerisine alan kutup biyomları, birbirinden oldukça uzakta bulunan çok az karayosunu, liken ve alg popülasyonları ile temsil edilen bir biyomdur.

### ✓ **Biyom**

Yeryüzünün geniş alanlarına yayılmış bitki ve hayvanların sınıflandırılmasını belirten bir terimdir. Her biyom, kendine özgü vejetasyon ve hayvan yaşamı ile karakterize edilir. Daha basit bir ifadeyle, biyomlar büyük yaşam birlikleridir. Örneğin tropik yağmur ormanları, tundralar, taygalar, boreal ormanlar hepsi birer biyomdur.

Bitki su ile ilişkilerinde üzerindeki durulması gereken en dikkat çeken konulardan birisi de fotosentez yollarıdır. Çünkü farklı fotosentez yolları, aslında bitkilere su koruma anlamında geliştirdikleri fizyolojik uyumun bir göstergesidir. Fotosentez bitkilerin topraktan su ve inorganik maddeleri alarak güneş ışığı varlığında gerçekleştirilen ve sonuç olarak besin maddesi ve O<sub>2</sub> üretiminin sağlandığı reaksiyonların bütününe verilen isimdir. Toplam reaksiyonlar özetle şu formül ile ifade edilir.



Yakın bir zamana kadar bitkiler dünyasında fotosentezin toplam 3 farklı yol ile gerçekleştirildiği bilinmekteydi. Bu yollar C3, C4 ve CAM (Crassulacean Asit Metabolizması) yollarıdır. Çok geniş ve detaylı bir konu olması nedeniyle, burada tüm fotosentez reaksiyonlarından bahsetmeyeceğiz. Ancak bitkilerin büyük bir çoğunluğu tarafından gerçekleştirilen ve CO<sub>2</sub>'in bitki bünyesinde fotosentez reaksiyonları sırasında fiksasyonu sırasında oluşan ilk kararlı ürün 3 karbonlu bir bileşik olduğundan (PGA-fosfogliserat) bu fotosentez yoluna *C3 yolu* adı verilmektedir. Ancak bilinen bitkilerin yaklaşık %15'i fotosentezde temel amacın su tasarrufu olduğu alternatif yollar geliştirmiştir. Bu adaptasyonlar özellikle kurak ortamlarda yaşayan bitkilerde görülmektedir. Bunlardan biri ilk kararlı fotosentez ürünü 4 karbonlu bir bileşik olan (okzaloasetat) fotosentez yoludur ki, bu yola *C4 yolu* denir. *Gramineae* familyası üyeleri ile birlikte, monokotil ve bazı dikotillerde görülen bir fotosentez yoludur. Bir diğeri ise çöl gibi su kısıtının çok fazla olduğu kserofit ortamlarda gelişen *Cactaceae*, *Crassulaceae* ve *Euphorbiaceae* familyaları üyelerinde görülen ve diğer fotosentez tiplerinden farklı olarak su kaybını engellemek amacıyla stomaların gündüz bütünüyle kapalı olup geceleri açıldığı ve fotosentezde *CAM yolu* olarak da bilinen yoldur.

Yakın bir geçmişte, *Isoetes*, *Crassulea* ve *Littorella* gibi sucul bitkilerde de CAM fotosentez yoluna çok benzeyen ve Akuatik (sucul) Asit Metabolizması (AAM) olarak isimlendirilen bir yolun varlığı daha tespit edilmiştir. Atmosfer ile temas etmeyen sucul bitkilerin kullandığı bu yol, maliyeti yüksek ancak su altında bitkilerin yaşamlarını devam ettirebilmeleri için önemli bir yoldur. Bu bitkiler bir şekilde sudan çıkar (su seviyesinin düşmesi vb. nedenlerle) ve doğrudan atmosfer ile temas ederlerse AAM yoluna bırakarak tekrar C3 yolunu kullanmaktadırlar. Yani bitkiler, suya ulaşmak ve suyu koruyarak yaşamlarını devam ettirebilmek için çok karmaşık reaksiyonların başarılmasını gerektiren fotosentez yollarında bile farklılaşmaya gitmişlerdir. Bu da bitkilerin su ile ilişkilerinin en ilginç örneklerinden birini oluşturmaktadır. Sonuç olarak, ünitemizin en başında söylediğimiz cümleyi tekrar ederek ünitemizi tamamlayalım. Su, yaşam sıvısıdır. Suyun olmadığı yerde aktif bir yaşam olmaz.



dikkat

Fotosentez sırasında bitki için kritik faktörlerden birisi absorbe edilen her CO<sub>2</sub> molekülü için harcanan su miktarıdır. C3 bitkileri absorbe ettikleri her bir CO<sub>2</sub> molekülü için 500 molekül, C4 bitkileri absorbe ettikleri her bir CO<sub>2</sub> molekülü için 250 molekül, CAM bitkileri ise absorbe ettikleri her bir CO<sub>2</sub> molekülü için 50 molekül su kaybetmektedirler.

### Öğrenme Çıktısı



- 11 Bitkilerin su isteklerine göre sınıflandırılmalarını öğrenebilme  
12 Bitkilerdeki su ile ilgili uyum mekanizmalarını kavrayabilme

Araştır 5

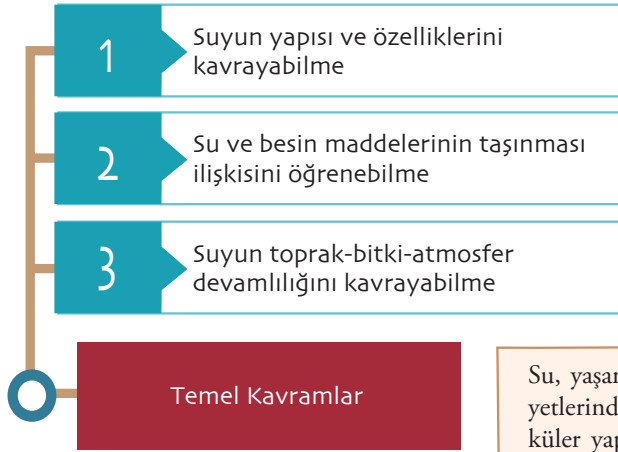
Bir bölgeye düşen yıllık yağış miktarı tanımlanırken sizce neden "mm" birimi kullanılır?

İlişkilendir

Suya olan ihtiyaçlarına göre çevrenizdeki bitkileri değerlendirin.

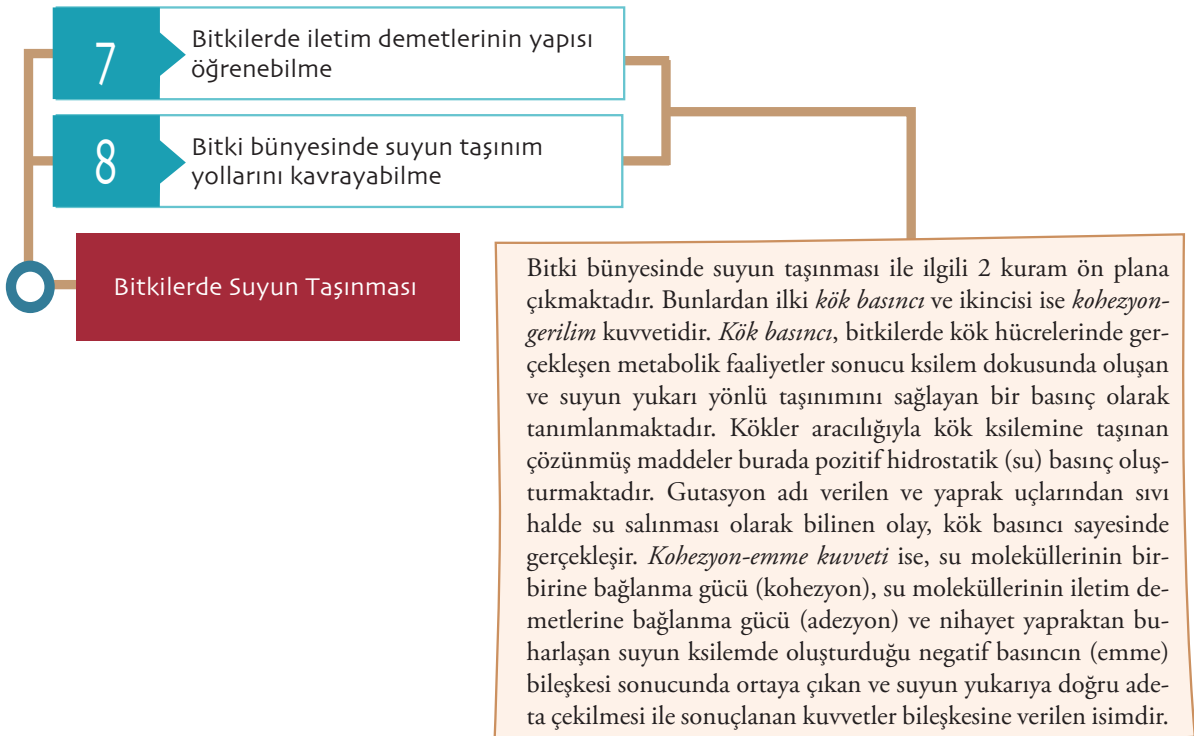
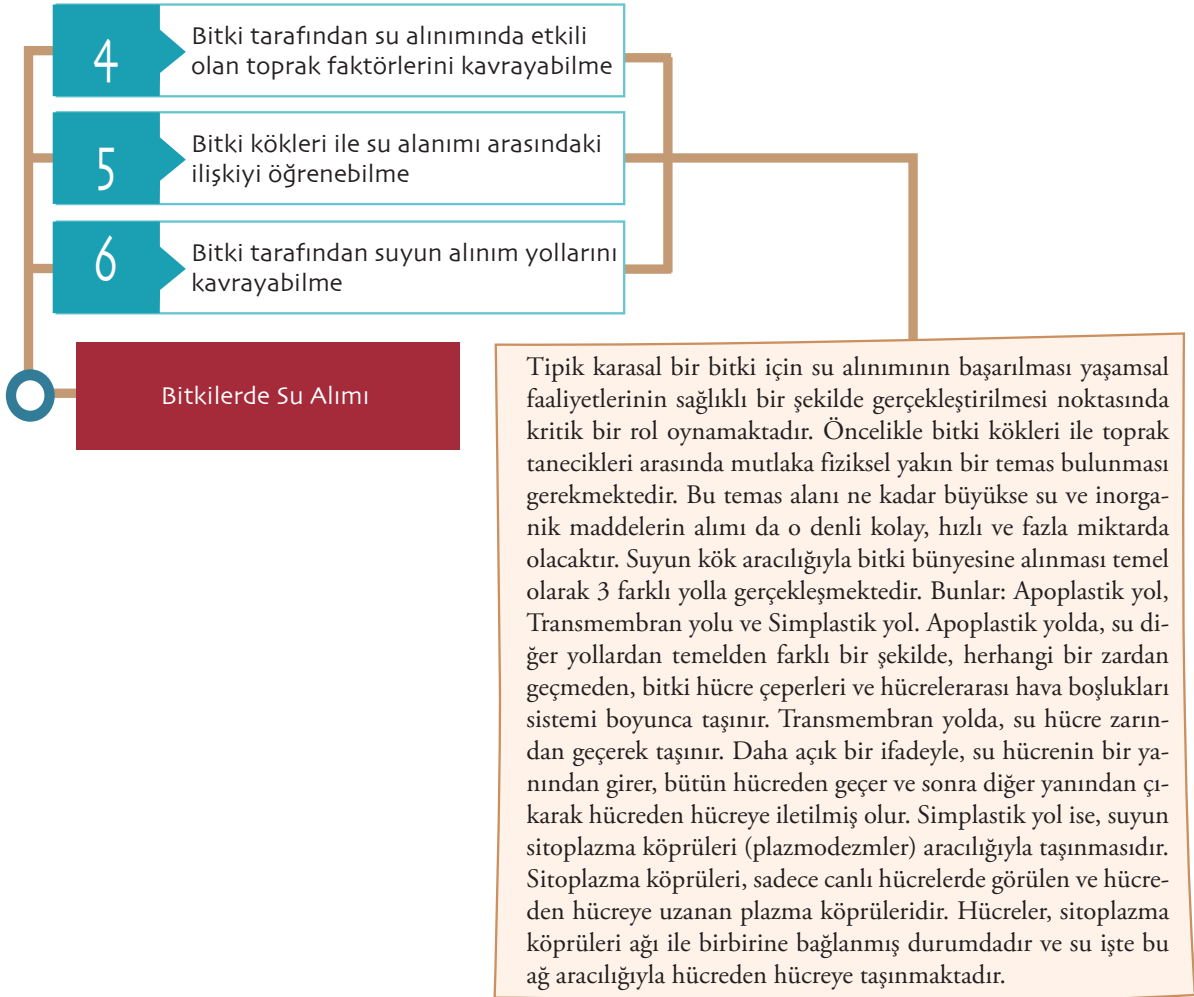
Anlat/Paylaş

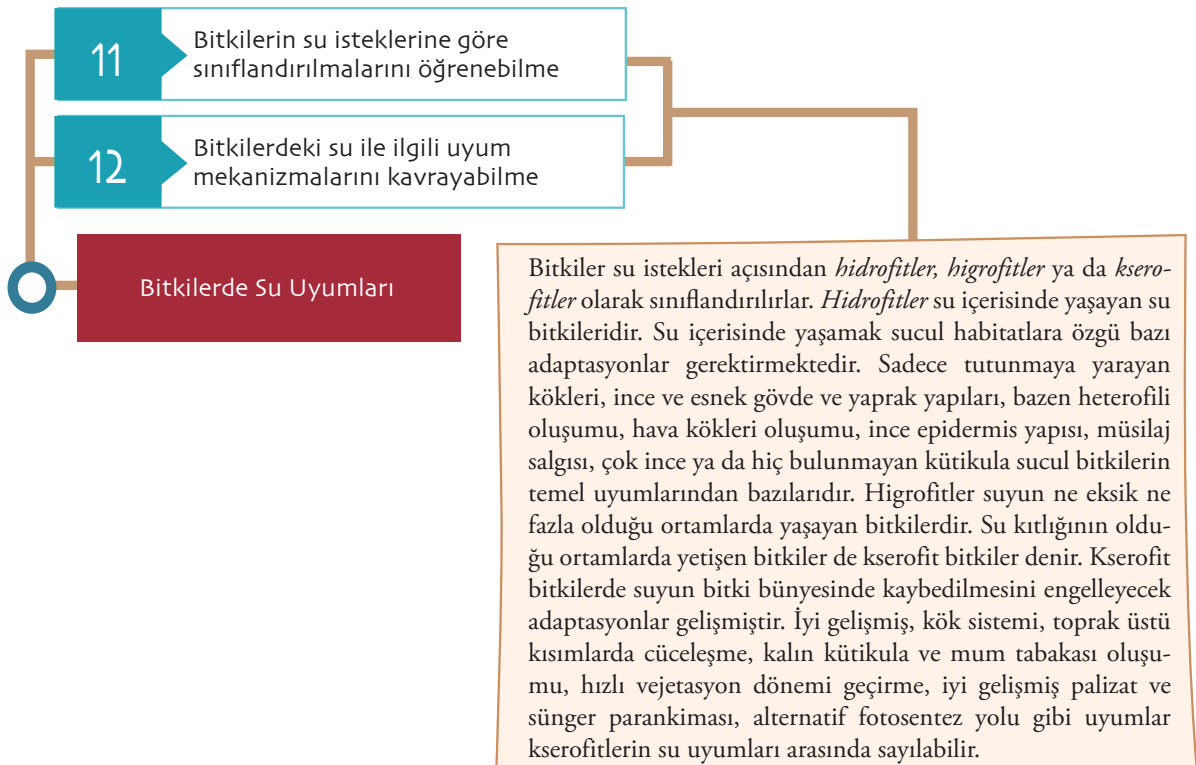
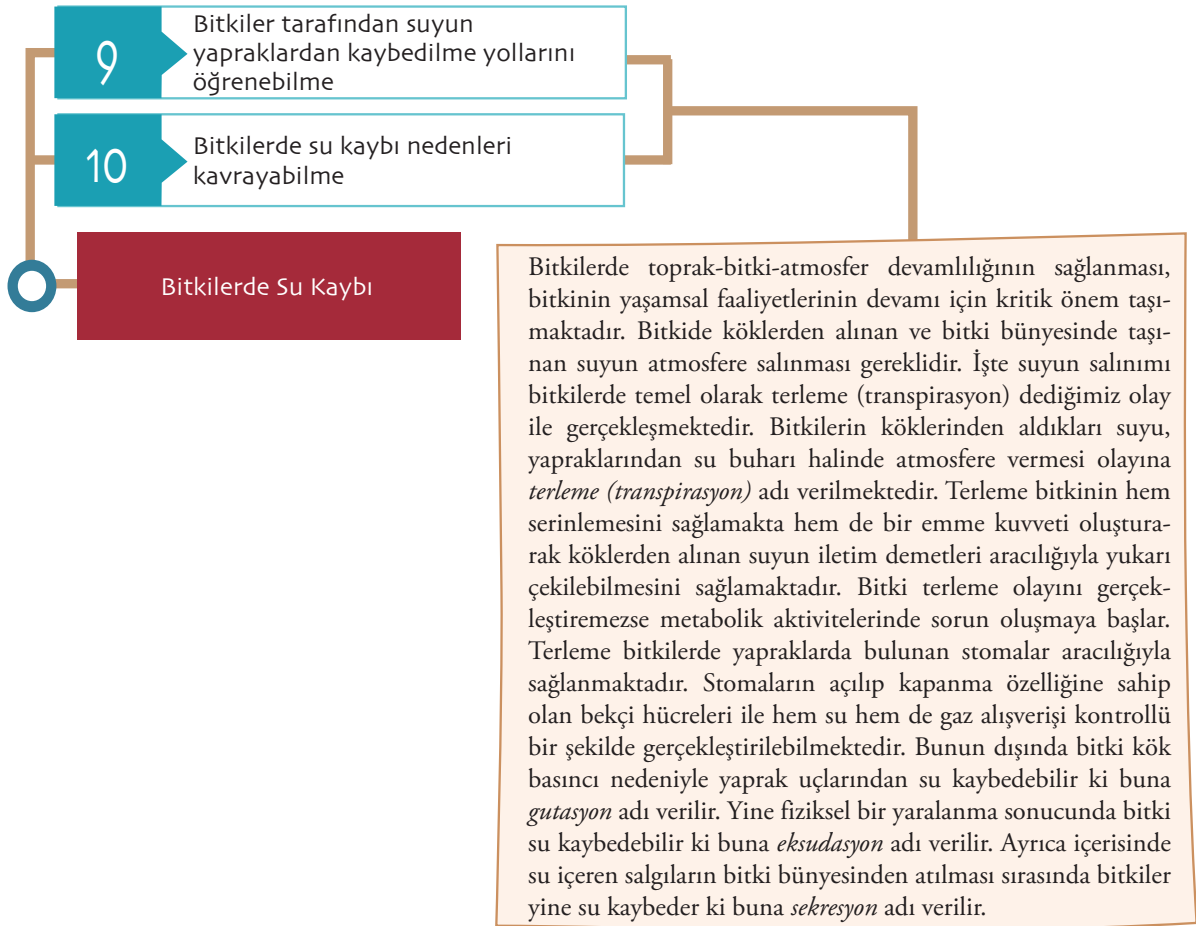
Su ihtiyaçlarına göre bitkiler kaç grup altında toplanmaktadır?



Su, yaşam sıvısıdır ve suyun olmadığı bir yerde canlılık faaliyetlerinden bahsetmemiz mümkün değildir. Su ( $H_2O$ ), moleküler yapı olarak 2 adet hidrojen (H) ve 1 adet oksijen (O) atomlarının *hidrojen bağı* ile birleşmesi sonucunda oluşmuş polar bir moleküldür. Hidrojen bağı, aslında suda görülen ve suyu canlılığın devamı için çok özel bir molekül haline getiren tüm eşsiz özelliklerin sebebidir. Suyun polar yapıda olması, su moleküllerinin birbirini çekmesini sağlar. Kohezyon adı verilen suya bir gerilim direnci kazandıran bu olay, bitkilerde suyun taşınmasını sağlayan önemli bir etkidir. Yine su, temas ettiği diğer yapılarla adezyon adı verilen bir bağ kurar ki bu da kohezyon ile birlikte suyun taşınmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Suyun yüksek (latent) buharlaşma ısısı, bitkilerde terleme (transpirasyon) olayının gerçekleşmesini sağlar. Terleme bitkinin hem sıcak havalarda serinlemesini hem de yukarıya doğru su ve suda çözülmüş maddelerin taşınımı için negatif bir basınç oluşturtulmasını sağlamaktadır. Suyun özgül ısısının yüksek olması da, yüksek miktarda ısıya maruz kaldıklarında bitkinin sıcaklığının o kadar fazla yükselmemesini sağlamaktadır. Viskozitesi düşük olan su, bitkide kolaylıkla taşınabilmektedir. Ve suyun nihayet belki de en önemli özelliği evrensel bir çözücü olmasıdır. Tüm kimyasal maddelerin neredeyse yarısı suda çözünmektedir. Bu bitkiler açısından çok önemlidir. Zira, bitkinin ihtiyaç duyduğu maddeleri alabilmesi o maddelerin suda çözülmüş olmasına bağlıdır.







1 Su moleküllerinin sahip oldukları polar yapı nedeniyle birbirini çekmesi olayına ne ad verilir?

- A. Adezyon
- B. Kohezyon
- C. Transpirasyon
- D. Eksüstasyon
- E. Absorpsiyon

2 Toprakta bitkilerin kullanabileceği yeteri kadar su bulunmasına rağmen bitkiler tarafından bu suyun alınmaması olayına ne ad verilir?

- A. Fiziksel kuraklık
- B. Su direnci
- C. Fizyolojik kuraklık
- D. Çölleşme
- E. Çoraklaşma

3 - Yoğunluk gradientine bağlı olarak gerçekleşir.  
- Uzun mesafeli taşımada etkilidir  
- Maddelerin topluca taşınmasında etkilidir.

Yukarıda özellikleri tanımlanan kavram aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A. Difüzyon
- B. Kolaylaştırılmış difüzyon
- C. Osmoz
- D. Turgor
- E. Kütle hareketi

4 Su ve/veya besin maddelerinin bitkide taşınmasını sağlayan aşağıdaki olaylardan hangisinde hem basınç hem de yoğunluk gradienti etkilidir?

- A. Difüzyon
- B. Kolaylaştırılmış difüzyon
- C. Turgor
- D. Osmoz
- E. Kütle hareketi

5 Bitkilerin toprağın osmotik basıncının fazla olduğu durumda, toprak çözeltisinden enerji harcayarak iyon olarak kendi osmotik basıncını artırması ve böylece su alabilmesi olayına ne ad adı verilir?

- A. Osmoregülasyon
- B. Transpirasyon
- C. Kütle hareketi
- D. Pasif taşıma
- E. Kohezyon

6 Nispeten yüksek tuz konsantrasyonlarına karşı hassas olan ve zarar gören bitkilere ne ad verilir?

- A. Halofit
- B. Glikofit
- C. Freatofit
- D. Hidrofit
- E. Kserofit

7 Toprakta bulunan ve bitkiler tarafından kullanılabilme özelliğine sahip olan su çeşidi, aşağıdaki şıklardan hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A. Bağlı su
- B. Higroskobik su
- C. Yerçekimi suyu
- D. Kapillar su
- E. Su buharı

8 Aşağıdakilerden hangisi suyun herhangi bir zardan geçmeden, bitki hücre çeperleri ve hücrelerarası hava boşlukları sistemi boyunca bitki bünyesine taşınma yoluna verilen addır?

- A. Apoplastik yol
- B. Transmembran yolu
- C. Simplastik yol
- D. C3 yolu
- E. CAM yolu

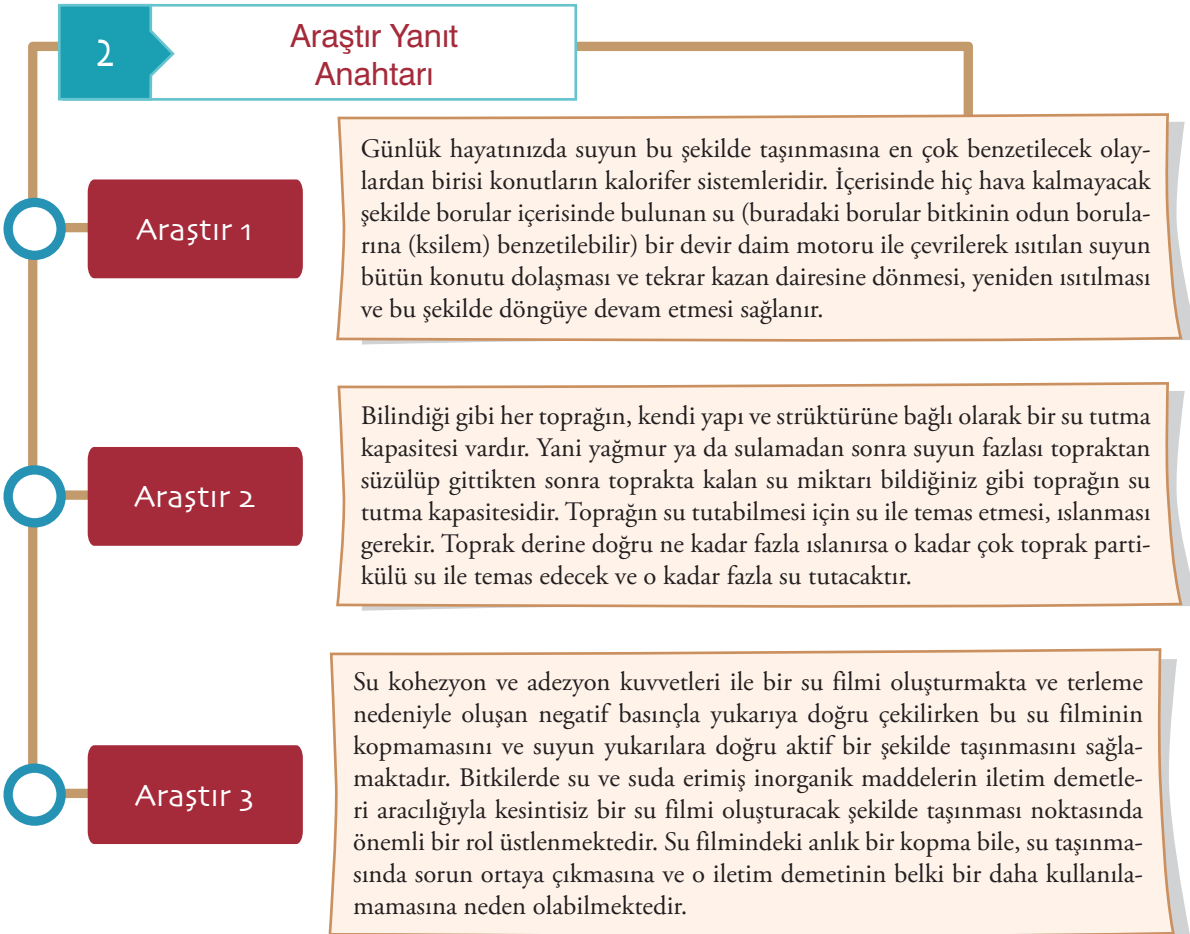
9 Karasal bitkilerde su iletiminden sorumlu olan yapısal iletim elemanı aşağıdaki şıklardan hangisinde doğru verilmiştir?

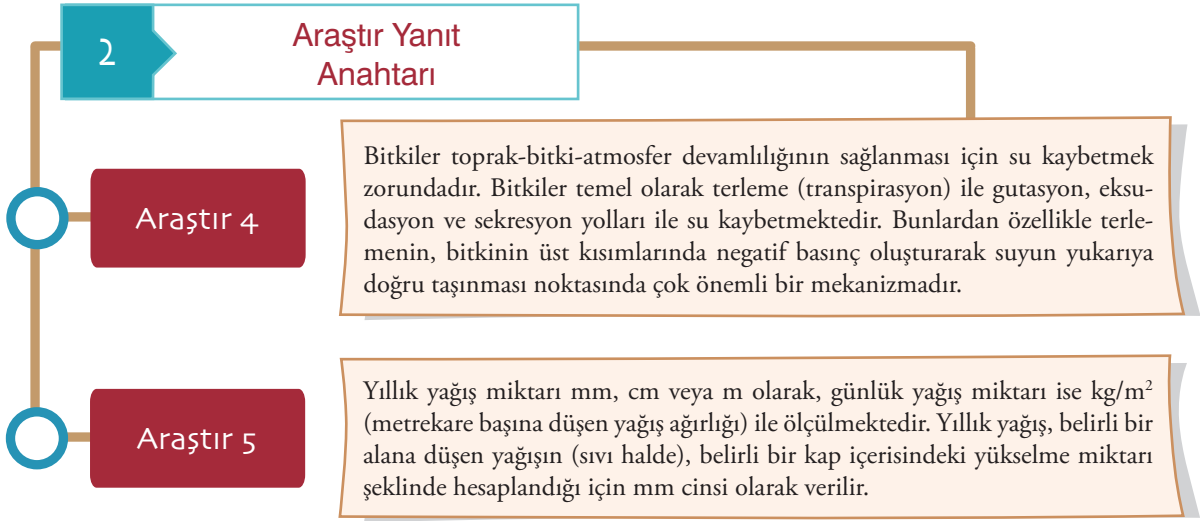
- A. Kök
- B. Ksilem lifleri
- C. Trake ve trakeidler
- D. Ksilem parankiması
- E. Floem

10 Bitkilerde kök basıncının etkisiyle yapraklardan hidatodlar aracılığıyla sıvı halde su salınması olayına ne ad verilir?

- A. Adezyon
- B. Transpirasyon
- C. Sekresyon
- D. Eksüstasyon
- E. Gutasyon

1. B	Yanıtınız yanlış ise “Suyun Yapısı ve Özellikleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	6. B	Yanıtınız yanlış ise “Su Alımında Etkili Olan Toprak Faktörleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. C	Yanıtınız yanlış ise “Suyun Yapısı ve Özellikleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	7. D	Yanıtınız yanlış ise “Toprakta Su” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. E	Yanıtınız yanlış ise “Kütle Hareketi” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	8. A	Yanıtınız yanlış ise “Bitki Tarafından Suyun Alınımı” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. D	Yanıtınız yanlış ise “Osmoz” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	9. C	Yanıtınız yanlış ise “Bitkilerde İletim Demetlerinin Yapısı” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. A	Yanıtınız yanlış ise “Aktif/Pasif Su Alımı ve Osmoregülasyon” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	10. E	Yanıtınız yanlış ise “Kök Basıncı” konusunu yeniden gözden geçiriniz.





## Kaynakça

- Akman, Y., Ketenoglu, O., Kurt, L., Güney, K., Tuğ, G. N. (2004). **Bitki ekolojisi**. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Akman, Y., Küçüköyük, M., Düzenli, S., Tuğ, G. N. (2001). **Bitki fizyolojisi**. Ankara: A.Ü. Yayınları.
- Graham L.E., Graham, J. M., Wilcox, L.W. (2004). **Bitki biyolojisi** (Işık, K.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Kaçar, B., Katkat, A. V., Öztürk, Ş. (2010). **Bitki fizyolojisi**. İstanbul: Nobel Yayın Dağıtım A.Ş.
- Kılınç, M., Kutbay, H. G. (2007). **Bitki coğrafyası**. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Kılınç, M., Kutbay, H. G. (2008). **Bitki ekolojisi**. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Kocaalışkan İ. (2001). **Bitki fizyolojisi**. Kütahya.
- Mauseth, J.D. (2012). **Botanik** (Çeviri Editörü H.Ç. Özen, M. Biricik). Ankara: Nobel Yayınları.
- Odum, E.P., Barrett, G. W. (2008). **Ekoloji'nin temel ilkeleri** (Işık, K.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Önder, N., Yentür, S. (1997). **Bitkilerde metabolizma fizyolojisi**. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Öztürk, M.A., Seçmen, Ö. (1999). **Bitki ekolojisi**. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2008). **Bitki fizyolojisi** (Türkan, İ.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Tan, N.Y. (1976). **Bitki morfolojisine giriş (Tohumlu Bitkilerin İç ve Dış Morfolojisinin Ana Hatları)**. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Türe, C. (2009). **Bitki morfolojisi**. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.







# Bölüm 3

## Bitkilerde Su Stresi ve Drenaj

### öğrenme çıktıları

#### Bitkilerde Stres Kavramı

- 1 Bitkilerde stres kavramını öğrenebilme
- 2 Bitkilerde strese neden olan faktörleri sıralayabilme

#### Bitkilerde Kuraklık Stresi

- 5 Bitkilerde su stresinin (kuraklık) belirtilerini kavrayabilme
- 6 Su stresinin (kuraklık) bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini öğrenebilme
- 7 Su stresine maruz kalan bitkilerin geliştirdikleri adaptasyonları (uyumlar) kavrayabilme

#### Bitkilerde Tuzluluğa Bağlı Su Stresi

- 10 Bitkilerde tuzluluk-su stresi ilişkisini sıralayabilme

#### Bitkilerde Su Stresinin Nedenleri: Kuraklık ve Sel Etkisi

- 3 Bitkiler açısından meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık kavramlarını öğrenebilme
- 4 Bitkiler açısından su baskını (sel etkisi) kavramını değerlendirebilme

#### Bitkilerde Su Fazlalığına Bağlı Stres (Sel Etkisi)

- 8 Fazla suyun bitkiler üzerindeki etkilerini anlayabilme
- 9 Aşırı ve yanlış sulamanın zararlarını kavrayabilme

#### Tarımsal Alanlarda Drenaj

- 11 Tarımsal drenajın genel amaçlarını ve önemini değerlendirebilme
- 12 Tarımsal alanlarda drenaj eksikliğinin nedenleri ve zararlarını örneklendirebilme
- 13 Drenaj sisteminin tasarlanması, drenaj tipleri ve yapılışını sıralayabilme

**Anahtar Sözcükler:** • Fizyolojik Kuraklık • Plazmoliz • Su Fazlalığı (Sel Etkisi) • Tuzluluk • Kuraklık Toleransı • Akut Kuraklık • Kuraklık Stresi • Kuraklık Direnci



## GİRİŞ

Bitkiler aktif yer değiştirme yeteneklerinden yoksun oldukları için çevrelerinde meydana gelen değişikliklerden ve olumsuz koşullardan en fazla etkilenen canlılardır. Yaşamları boyunca çevrelerinde gerçekleşen kuraklık, yağış, sıcaklık, tuzluluk ve donma gibi iklimsel olaylara bağlı çevre koşulları bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz şekilde doğrudan etkiler. Bitkilerin büyümesi hem içsel hem de dışsal olayların etkisi altında meydana gelir. Bitkilerdeki ideal gelişme ve büyüme ancak uygun metabolik ve çevresel koşulların oluşmasıyla gerçekleşebilir. Bitkinin yaşam ortamındaki her türlü zararlı değişim, bitkinin gelişmesinde ve büyümesinde olumsuz etki olarak kendini gösterir. Su, ışık, sıcaklık gibi çevresel faktörlerdeki olumsuz değişimlerin hepsi bitkiyi strese sokarak verimliliğin azalmasına, kalitenin düşmesine neden olur. Genel olarak bitkiler çevrelerinde meydana gelebilecek olan bu değişikliklerden en az zarar görecektir şekilde büyüme ve gelişme mekanizmalarını esnetebilirler. Hatta uzun süreler boyunca aynı iklim koşullarında yetiştiklerinde çevresel faktörlerden en az etkileyecek şekilde uyum geliştirebilirler.

Bitkiler için en temel yaşam maddelerinden biri sudur. Genel olarak bir bitkinin sentez ettiği her bir gram madde için yaklaşık yarım litre suyu bünyesine alması gerekir. Alınan suyun çok önemli bir kısmı bitkideki işi bittikten sonra tekrar atmosfere verilir. Bu su akışı en küçük bir aksamaya uğrayacak olursa bitki su stresine girer ve metabolizmadaki birçok işlem sekteye uğrar. Bu nedenle su dengesi bitkiler için çok önemli bir konudur. Diğer taraftan bitki hücrelerinin önemli bir bölümünü su oluşturur. Her hücre su ile dolu bir kofulla sahiptir. Böyle hücrelerde vakuol hücrenin yaklaşık % 70 ile 90'ını oluşturur. Karpuz, salatalık, domates, marul gibi sebze ve meyvelerin yaklaşık % 80 ile 90'ı sudur. Ayrıca su bilinen en yaygın çözücü maddedir. Hücre içinde ve hücreler arası iletimde büyük rol oynar. Hücre içerisinde birçok biyokimyasal sürecin gerçekleşmesini sağlar. Bitkiler fotosentezde kullanacakları CO<sub>2</sub>'i bünyelerine almak için büyük miktarlarda su kaybederler. Sıcak, kurak ve güneşli bir günde yapraklarda bulunan suyun tamamı atmosfere verilir ve kaybedilen

su köklerle topraktan geri alınır. Bir bitkinin tüm yaşamı boyunca yaş ağırlığının 100 katı kadar su yapraklardan transpirasyonla (suyun buharlaşarak yapraktaki stomalardan atılması) kaybedilebilir. Özetle su, 2. bölümde de belirtildiği üzere bitkiler için yaşam demektir.

Tarımsal bitkilerde stres; bitkinin yaşadığı ortamda bir veya birden fazla etkenin, büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkileyerek, verim düşüklüğü ile sonuçlanan bir dizi gerilemeye neden olması şeklinde tanımlanır. Bitkide strese neden olan etmenler; biyotik (diğer canlıların sebep olduğu) kökenli olabileceği gibi, tuzluluk, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklıklar, besin elementlerinin eksiklik veya fazlalıkları gibi abiyotik kökenli de olabilmektedir.

Bitkilerdeki su stresi genel olarak iki şekilde karşımıza çıkar. Bunlardan birincisi; bitkinin ihtiyacından daha az suyun bulunması (kuraklık stresi), ikincisi ise ortamda bitkinin ihtiyacından daha fazla suyun olması (su birikmesi ya da sel etkisi stresi) durumudur. Bitki her iki ortamda da strese girer.

Genel olarak bir bölgedeki nem miktarının geçici dengesizliğinden kaynaklanan su kıtlığına kuraklık denir. Su kıtlığının etkisinde kalan bitki kuraklık stresi girer. Kuraklık stresi bitkilerde çoğunlukla geri dönüşümsüz hasarlar bırakarak önemli maddi kayıplara neden olur. Bitkiler kuraklığa karşı bazı adaptasyonlar ve dirençler geliştirerek bu kayıpları en aza indirmeye çalışırlar.

Bitkiler için bir diğer stres biçimi olan; suyun bitkinin kök çevresinde aşırı miktarda olması, birkaç saat içinde toprakta anoksi koşullar meydana getirmekte ve kök gelişimini sınırlayarak bitkinin büyümesini ve gelişmesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, topraktaki su birikmesi (sel etkisi) çeşitli tarım bitkilerinin canlılığını, büyümesini, gelişmesini, ürün miktarını ve kalitesi olumsuz etkileyen en önemli faktörler arasında yer alır. Topraktaki gözenekler tamamen su ile dolduğunda gaz difüzyonu azalmakta ve fitotoksik (bitki için zehirli) bileşikler birikmeye başlar ve bunun sonucu olarak oksijensiz bir ortam meydana gelir. Genellikle su ile doymuş topraklarda oksijen seviyesi yaklaşık 40-100 saat sonra bitki gelişimi için zararlı olmaya başlar.

## BİTKİLERDE STRES KAVRAMI

Bitki hayatının herhangi bir aşamasında meydana gelen ve bitkinin yaşamsal faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyen tüm olaylara genel olarak stres (baskı) ya da stres faktörü denir. Stres faktörleri genellikle çevre (dış ortam) kaynaklıdır. Sıcaklık gibi bazı faktörler birkaç dakika gibi çok kısa süreliğine stres oluştururken su kıtlığı (kuraklık), mineral eksikliği gibi faktörler günlerce hatta aylarca devam ederek uzun süreli stres oluşturabilirler. Stres durumundaki bir bitki metabolik faaliyetlerini öncelikle ya başka bir yöne kaydırır ya da azaltır. Bu da bitkilerde önemli fizyolojik ve metabolik olumsuzluklara neden olabilir. Bu durum bitkinin ürün kalitesinin ve miktarının azalmasına, organ kaybına ve hatta ölümüne neden olur. Aynı stres faktörü farklı bitkide farklı derecelerde hasara neden olabilir. Başka bir ifade ile iki farklı bitki aynı stres etmenine farklı tepkiler verebilir ve bu etmenler bitkide farklı hasarlar oluşturabilir. Bu durum esas olarak iki bitkinin genetik yapısının farklılığı ile ilgilidir. Bitkilerin stres faktörlerine gösterdiği tolerans (dayanıklılık) o bitkinin genetik yapısının çevresel değişmelere olan adaptasyon (uyum) kabiliyetine göre değişiklik gösterir. Bitkilerin uygunsuz ortam koşulları ile başa çıkma yeteneği stres toleransı (stres direnci) olarak tanımlanır. Bir bitkinin strese daha önce maruz kalması o bitkinin strese karşı toleransının artmasına, bitkinin söz konusu olumsuz koşullara alışmış olmasına sebep olabilir. Burada alışma ile adaptasyon kavramlarının karıştırılmaması gerekmektedir. Alışma daha kısa süreli uyumlar için kullanılan bir kavram iken adaptasyon ise nesilden nesile aktarılan, bitki türünün kazandığı kalıcı uyumlar olarak açıklanabilir.

Genel olarak bitkilerdeki stres kavramı; çevre koşullarındaki değişimlere verilen fenotipik (canlıdaki gözle görülebilen, şekilsel özellikler) cevaplar olarak açıklanır. Bitkiler değişen çevre koşullarına cevap olarak fizyolojik, metabolik ve morfolojik özelliklerini bir ölçüde değiştirebilirler. Eğer uzun süreli bir adaptasyon söz konusu ise bitki bazı kısımlarını kaybedebilir. Stres faktörü kısa süreli ise bitki daha çok fizyolojik uyumlar geliştirir.

✓ Bazı çevresel faktörlerin bitki üzerinde olumsuz etkiye neden olup bitkide hasar meydana getirmesine stres denir.

Bitkiler bazen stres koşullarına uyum sağlayabilirler. Böyle durumlarda bitki stres altında kalmış olmaz. Örneğin; tuzlu ortamlarda yaşayan bitkiler (halofitler) bu ortamlarda yaşamak için bir takım adaptasyonlar (uyum) geçirdiklerinden normal bitkilerin yaşayamayacakları kadar tuz konsantrasyonuna sahip ortamlarda (Tuz Gölü) rahatlıkla yaşarlar. Yani tuzcul ortamlarda yaşamak halofitler için bir stres faktörü değildir.

✓ Bitkinin olumsuz çevre faktörleri (Stres faktörleri) ile başa çıkabilme yeteneğine stres toleransı denir.



**dikkat**

Her bitki türünün stres toleransı birbirinden farklılık gösterir. Örneğin; domatesin kuraklık stresine toleransı ile kaktüsün kuraklık toleransı birbirinden farklıdır. Kaktüs kuraklık stresine karşı uyum sağladığı halde domates kuraklık stresine karşı duyarlıdır.



**dikkat**

Bitkinin atalarından aldığı genetik özelliklerinden gelen ve stres faktörlerine tolerans gösterme yeteneğine adaptasyon denir. Adaptasyonlar uzun sürede kazanılır ve nesilden nesile aktarılır.

Toprak ve iklimden kaynaklanan stres faktörleri, bitkilerin yeryüzündeki dağılımlarını sınırlar. Bu durum mevcut tarım alanlarının daralmasına, yeni tarım alanlarının oluşturulamamasına etki eden olumsuz bir faktör olarak da karşımıza çıkar. Yani her tarım ürünü her iklim koşullarında yetiştirilemez. Tarımı yapılacak ürünün seçiminde bölgenin iklimsel özellikleri dikkate alınmak zorundadır.

Bitkilerde su stresi, hem suyun fazlalığında veya hem de suyun azlığında karşımıza çıkar. Su fazlalığında kökler yeterli oksijen alamadıklarından oksijen stresine girerler. Oksijenin azalması solunum ve besin alınması gibi kök faaliyetlerin sekteye uğramasına neden olur. Stres faktörlerinin bitkilerde oluşturduğu zararların, bitkilerin bu stres faktörlerine karşı geliştirdikleri adaptasyonların ve bitkilerin strese karşı verdikleri fizyolojik, metabolik, morfolojik ve anatomik tepkilerin bilinmesi, tarımda verimin ve kalitenin yükseltilecek ekonomik kazancın artırılması açısından oldukça önemli bir konudur.



**dikkat**

Bitki fizyolojisi, bitkilerde cereyan eden fizyolojik olayları inceler ve botanik biliminin bir alt dalıdır. Bitkiyi oluşturan tüm yapıların birlikte nasıl çalıştığını anlamaya çalışarak; bitki organizmalarının mekanik, fiziksel ve biyokimyasal süreçlerini inceler. Bitkilerde süregelen yaşamsal olayları ve bu olayların oluşması, sürdürülmesi ve sonlanışının bağlı olduğu temel ilkeleri, fizik ve kimya yasalarına göre açıklamaya çalışır. Bitkilerde stres kavramı bitki fizyolojisinin kapsamı içine girer. Bitkilerde stres kavramını daha detaylı öğrenmek için Bitki Fizyolojisi kitaplarından faydalanabilirsiniz.



**dikkat**

Bitki hücrelerinin önemli bir bölümünü sudan oluşur. Her bir bitki hücresi içerisinde su dolu büyükçe bir vakuol vardır. Normal bir bitki hücresinin yaklaşık % 80-90'ı sudur. Bu nedenle su tüm bitkiler için en önemli yaşam maddesidir.

### ✓ Vakuol

Bitki hücrelerinde suyun depolandığı organeldir. Vakuoller bir bitki hücresinin neredeyse % 90'ını oluşturacak kadar büyük olabilir.

## Bitkilerde Strese Neden Olan Faktörlerin Sınıflandırması

Bitkilerdeki stres faktörleri genel olarak Abiyotik (cansızlardan kaynaklanan) ve Biyotik (canlılardan kaynaklanan) faktörler olmak üzere ikiye ayrılır. Konuyla ilgili bazı araştırmacıların bu faktörleri sınıflandırmasında bazı küçük farklılıklar gözlenir. Örneğin Levitt adlı araştırmacı; stres faktörlerini Biyotik ve Fizikokimyasal olarak sınıflandırırken, Lichtenthaler adlı araştırmacı; doğal ve antropojenik (insan kaynaklı) olarak sınıflandırmaktadır. Ancak bu farklı ifade biçimi çok önemli değildir. Çünkü; özünde yapılan sınıflandırmalar; cansız çevre faktörlerinden kaynaklananlar ile canlı çevre faktörlerinden kaynaklananlar olarak iki ayrılarak yapılmaktadır. Bizde bu bölümde bitkilerdeki stres faktörlerini; Abiyotik (Fizikokimyasal) (Cansızlardan Kaynaklananlar) ve Biyotik (Canlılardan Kaynaklananlar) olmak üzere 2 ana başlık altında sınıflandırarak aktarıyoruz (Çizelge 3.1).



Çizelge 3.1 Bitkilerdeki stres faktörlerinin sınıflandırılması.

Bitkilerdeki Stres Faktörleri						
Abiyotik Faktörler (Fizikokimyasal)		Biyotik Faktörler				
(Cansızlardan Kaynaklanan)		(Canlıdan Kaynaklanan Faktörler)				
Fiziksel Faktörler	Kimyasal Faktörler					
Işık	Artma	Zararlı gazlar	Artma	Bitki	Yabancı Bitkiler	
	Azalma		Azalma		Parazit Bitkiler	
	İstenmeyen dalga boyu (Radyasyon)	Yararlı gazlar	Artma		Allelopati (birbirini sevmeyen bitkiler)	
Yüksek	Azalma		Mikroorganizmalar	Bakteriler		
Sıcaklık	Düşük	Mineral Maddeler		Eksik	Virüsler	Mantarlar
	0 °C'nin altı (donma)		Fazla			
Su	Fazla	Bazik	Dengesiz	Hayvanlar	Yaban Hayvanları	
	Az		Tuzluluk		Otlak Hayvanları	
Toprak	Kuru	Mineral Maddeler	Ağır Metal	İnsanlar (Antropojenik Etkiler)	Böcekler	
	Nemli		Asidik		Ezilme	
	Taşlı		Bazik		İnsanlar (Antropojenik Etkiler)	Yeme
	Sıkı					Kentleşme
	Gevşek					Havayı kirlletme
Mekanik Etkiler	Rüzgar	Bazik	İnsanlar (Antropojenik Etkiler)	Elektromanyetik Alan	Suyu kirlletme	
	Erozyon				Toprağı Kirlletme	
	Toprak Kapatması				Yangın	
	Kar Kapatması				Radyasyon	
	Buz Kapatması					
İklim Değişiklikleri	İklim bölgelerindeki değişimler					

Buna göre Abiyotik faktörler; Fiziksel ve kimyasal faktörler olarak 2'ye ayrılmaktadır. Fiziksel faktörler; Işık, Sıcaklık, Su, Toprak, Mekanik Etkiler ve iklimsel değişimler ana başlıklarında, kimyasal faktörler; gazlar ve mineral maddeler ana başlıklarında incelenmiştir. Fiziksel faktörler; Işığın artması, azalması ve istenmeyen dalga boyundaki ışıklar, sıcaklık; yüksek, düşük ve sıfırın altındaki don olayları, su; su azlığı (Kuraklık), su fazlalığı (Sel etkisi), toprak; kuru, nemli, taşlı, sıkı ve gevşek gibi başlıklarda, mekanik etkiler, rüzgar, erozyon, toprak kapatması, kar kapatması ve buz kapatması ve son olarak da iklim değişimlerinin bölgesel olarak meydana getirdiği olumsuz etkiler başlıklarında sınıflandırılmıştır. Kimyasal faktörler ise zararlı ve yararlı gazlardaki artış ve azalmalar, mineral maddelerdeki (besin maddeleri) eksiklik, fazlalık, bu maddelerin oranlarındaki dengesizlikler, tuzluluk, ağır metal birikimleri, ortamın pH'sındaki artmalar ve azalmalar şeklinde ayrılmıştır.



#### dikkat

Hem suyun azlığı (kuraklık), hem de suyun fazlalığı (sel etkisi) bitkiler için birer stres faktörüdür. Dolayısıyla bitkilerin optimum (en uygun) koşullarda yaşayabilmesi için ne fazla, ne de az su vermek gerekir. Bitkinin ihtiyacı ne kadar ise o kadar su vermek en doğrusudur.

Biyotik faktörler ise bitkiler, mikroorganizmalar, virüsler hayvanlar ve insanlar ana başlıklarında sınıflandırılmıştır. Bitkiler; yabancı otlar, parazit bitkiler ve allelopati (birbirini sevmeyen bitkiler) olarak, mikroorganizmalar bakteriler ve mantarlar, virüsler, hayvanlar; yaban hayvanları, otlak hayvanları, böceklerin yeme ve ezme etkileri olarak insanların etkileri ise kentleşme, havayı, suyu, toprağı kirletmeleri, yangın, radyasyon ve elektromanyetik alan oluşturmaları gibi başlıklarda sınıflandırılmıştır. Yaptığımız bu genel sınıflandırmadan sonra bu bölümün esas konusu olan su azlığı (kuraklık) stresi ve su fazlalığı (sel etkisi) stresi konuları üzerinde durulacaktır.



#### dikkat

Bitki Ekolojisi, Ekolojinin bir alt dalı olup, bitkilerin birbirleri ile olan etkileşimlerini, ilişkilerini ayrıca yine bitkilerin yaşadıkları ortamdaki canlı ve cansız çevre ile olan etkileşimleri inceleyen ve bu konularda çalışmalar yapan bir bilim dalıdır. Bitkilerin çevreleriyle olan ilişkilerini daha detaylı anlayıp kavramak için bitki ekolojisi kitaplarından yararlanılması daha iyi olacaktır.

### Öğrenme Çıktısı



- 1 Bitkilerde stres kavramını öğrenebilme
- 2 Bitkilerde strese neden olan faktörleri sıralayabilme

#### Araştır 1

Stres faktörü kavramı nedir?

#### İlişkilendir

Tuzlu ortamlarda yaşayan bitkilerdeki uyumları çevrenizdeki bitkileri göz önünde bulundurarak irdeleyiniz.

#### Anlat/Paylaş

Çevrenizdeki bitkilerin maruz kaldıkları biyotik ve abiyotik stres faktörleri nelerdir? Anlatın.

## BİTKİLERDE SU STRESİNİN NEDENLERİ: KURAKLIK VE SEL ETKİSİ

Belli bir bölgedeki su azlığı (kıtlığı) kuraklık olarak tanımlanır. Başka bir ifade ile kuraklık; bir bölgenin havasındaki nem miktarının geçici olan dengesizliğinden kaynaklanan su kıtlığıdır. Kuraklık aslında doğal bir iklim olayıdır. Ancak kuraklık bitkiler için en önemli doğal afetler içerisinde kabul edilir. Kuraklık olayı, kuraktan iklim tiplerinden nemli iklim tiplerine kadar, hatta çok yağış alan bölgelerde bile zaman zaman meydana gelebilir. Doğal olarak kurak iklimler nem eksikliğinden ve yüksek değişkenlikteki yağıştan dolayı kuraklığa karşı daha hassas durumdadırlar. Kuraklık genellikle yavaş meydana gelir ve tahmin edilmesi en zor olan meteorolojik olaylar arasında değerlendirilir. Bu nedenlerle etkileri oldukça önemlidir. Kuraklık çiftçiler için çabuk fark edilemeyen çok ciddi bir tehlikedir. Genellikle herhangi bir mevsim veya bir zaman diliminde yağış miktarındaki azalmadan dolayı meydana gelir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgâr ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler birçok bölgede kuraklıkta etkili olur. Kuraklık yalnızca fiziksel bir olay veya bir doğa olayı olarak görülmemelidir. Tarımın su kaynaklarına olan bağımlılığı nedeniyle kuraklığın tarımsal faaliyetler üzerinde çok çeşitli etkileri vardır. Uzun süreli kuru hava nem azlığı yaratarak bitki, orman ve su kaynaklarında azalmaya neden olur ve sonuçta, ciddi çevresel, ekonomik ve sosyal problemlerin ortaya çıkması kaçınılmaz olur.

Günümüzdeki kuraklığın gerçek sebebi yerkünemin maruz kaldığı iklim değişikliğidir. Bu iklim değişikliği de esasen dünyanın oluşumundan bu yana olduğu gibi doğal nedenler ile değil, fosil yakıtlar, yanlış arazi kullanımı, ormansızlaştırma ve sanayi gelişimine bağlı olarak atmosfere salınan gazların oluşturduğu sera etkisine bağlıdır. Doğrudan insan faktörünün rol oynadığı bu değişimin temel etkisi ortalama yüzey sı-

caklıklarındaki artış yani küresel ısınmadır. Küresel iklim değişikliğinin anlaşılmasına yönelik modelleme çalışmaları, 2100 yılına kadar ortalama yerküre sıcaklığının 1-3,5 °C artmasını ve buna bağlı olarak bölgesel aşırı yüksek sıcaklıklar, taşkınlar ve tüm dünya genelinde yaygın ve şiddetli kuraklık olayları gerçekleşeceğini tahmin etmektedir. İlgili kurumlarca son yıllarda hazırlanan raporlara göre Türkiye genelinde ortalama sıcaklık 13,5°C'den 14 °C'ye yükselmiştir. Ayrıca Türkiye yıllık yağış ortalaması olan 646 mm'den 564 mm'ye düşmüştür. İç Anadolu bölgesi ülkemizdeki en az yağış alan bölgedir. Türkiye genelinde yükselen sıcaklık ve azalan yağış miktarına bağlı olarak giderek artan bir kuraklık etkisi vardır. Başka bir ifade ile Türkiye'deki tarım alanları genel bir kuraklık etkisi altındadır. Tüm bu nedenlerle ülkemizde tarım ile uğraşan kişilerin bitkilerdeki kuraklık stresi konusunda bilgili olması gerekmektedir.



**dikkat**

Ülkemizin İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin büyük bir kısmı Yarı Kurak İklim yapısına sahiptir. Bu bölgelerde tarım ile ilgilenenlerin kuraklık konusunda daha da dikkatli olması gerekmektedir.

Kuraklığın en yaygın ifadesi, ortalama değerlerin altında seyreden yağış miktarı nedeniyle arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi durumudur. Tarımsal anlamda kuraklık ise yıl boyu gerçekleşen toplam yağış miktarından ziyade, tarlaya ekilen bitkinin büyüme döneminde köklerinden alabildiği su miktarı ile ilişkilidir. Büyüme döneminde su eksikliği yaşayan bitkilerde gelişim ve özellikle de verim anlamında önemli kayıplar gerçekleşmektedir. Kavramsal olarak kuraklık; meteorolojik, tarımsal, hidrolojik, coğrafik hatta sosyoekonomik yönden farklı biçimlerde tanımlanabilir ve farklı isimler altında değerlendirilebilir. Ancak biz bu ünite de kuraklığı meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık olmak üzere 3'e ayırarak değerlendireceğiz.

## Bitkiler Açısından Meteorolojik Kuraklık Kavramı

Meteorolojik kuraklık kavramı; uzun bir zaman içinde yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesi olarak tanımlanır. Örneğin Adana ilindeki son 30 yıllık yağış miktarının ortalaması normal değerinin altında ise o yıl Adana'da meteorolojik kuraklık var denir. Normal olarak meteorolojik ölçümler kuraklığı ifade etmede başta gelen göstergelerdir. Devam eden bir meteorolojik kuraklık olayı hızlı bir şekilde kuvvetlenebilir veya aniden sona erebilir. Meteorolojik kuraklık ülkemizdeki tarımı olumsuz bir şekilde etkiler. Ürün kalitesinde düşmeye ürün miktarında azalmaya neden olur.

✓ Dünyadaki tropikal kuşağın (ekvator bölgesi) hem kuzey yarı küredeki hem de güney yarı küredeki sınır komşusu olan bölgelere subtropikal iklim bölgeleri denir.

## Bitkiler Açısından Tarımsal Kuraklık Kavramı

Tarımsal kuraklık kavramı basit olarak bitkinin kök bölgesinde, büyüyüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak tanımlanır. Büyüme periyodu boyunca, belirli bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu belirli bir kritik döneminde yeterli toprak nemi olmadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelir. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkan tipik bir durumdur. Tarımsal kuraklık, toprağın derinlikleri doymuş halde olsa bile ürün verimlerini ciddi oranda düşürebilir. Yüksek sıcaklıklar, düşük nispi nem ve kurutucu rüzgarlar yağış azlığının etkilerinin katlanmasına neden olur. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklığın çeşitli özellikleri ile çok yakından ilişkilidir. Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması olarak tanımlanan tarımsal kuraklık nem kaybı ve su kaynaklarında kıtlık olduğu zaman meydana gelir. Ürün miktarında azalmaya, büyümelerinde değişmeye ve hatta ölümlere neden olabilir.

### Bitkiler Açısından Hidrolojik Kuraklık Kavramı

Bitkileri için hidrolojik kuraklık kavramı, uzun süre devam eden yağış eksikliği sonucunda ortaya çıkan yeryüzü ve yer altı sularındaki azalma şeklinde tanımlanabilir. Hidrolojik kuraklık yeraltı su kaynakları, yüzey suları veya yağış dönemlerinin etkisi ile ilişkilidir. Meteorolojik kuraklığın uzaması durumunda hidrolojik kuraklıktan söz edilir. Uzun süreli yağış azlığının kaynak seviyeleri, yüzey akışı ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde kendisini göstermesidir. Yeraltı suları, nehirler ve göllerin seviyesinde keskin bir düşüşe neden olur. İnsan, bitki ve hayvan yaşamı için büyük bir tehlike yaratır. Bir dönemde yaşanan yağış miktarında azalma toprak neminde hızlı azalmaya neden olacağı için tarımla yakından ilgilidir.

### Bitkiler Açısından Su Baskını (Sel Etkisi) Kavramı

Suyun kıtlığında olduğu gibi su fazlalığında da bitkiler strese girerler. Nehir, ırmak, dere ve göllerin taşması ya da aşırı yağışlar sonucu suyu alt katmanlara geçiremeyen topraklarda geçici olarak su baskını (sel etkisi) gözlenir. Bu durumda toprak içerisine oksijen giremediği için bitki kökleri ve diğer organlar solunum yapamazlar. Bunun sonucu olarak da bitkilerde büyüme olumsuz şekilde etkilenir, fotosentez miktarı azalır ve üründe önemli kalite ve miktar kaybı görülür. Bitki köklerine oksijen sağlanmasında; topraktaki boşlukların oranı,

su içeriği, sıcaklık, kök yoğunluğu gibi etmenlerin yanında alglerin ve aerobik mikroorganizmaların bulunup bulunmaması önemli etki yapar. Genel olarak su ile kaplı topraklardaki oksijen yaklaşık iki saat içerisinde tükenir. Bu koşullarda anaerobik (oksijensiz ortam mikroorganizmaları) mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu Fe, Mn, H<sub>2</sub>S, sülfidler, laktik asit, vb. maddelerin miktarları hızla zehir etkisi yapacak düzeylere yükselir. Oksijen eksikliğine dayanıklılık sürelerine göre bitkiler genelde; sulak alan bitkileri, su baskınına dayanıklı bitkiler ve su baskınına duyarlı bitkiler şeklinde sınıflandırılır. Su baskınına hassas bitkiler, su baskınlarında hücre sitoplazmalarının asitlik kazanması nedeniyle hemen ölürlür. Oksijen eksikliği protein sentezini önemli ölçüde azaltır, mitokondriler zarar görür, hücre bölünmesi ve uzaması geriler, iyon taşınması olumsuz olarak etkilenir ve kök meristemi hücreleri ölür. Bu koşullarda duyarlı bitkilerde absisik asit ve etilen (yaprakların dökülmesine sebep olan bitkisel bir hormon, ABA) miktarları hızla artar, topraklardaki stomalar kapanır, yapraklar aşağı doğru bükülüp sarkar ve çoğu zaman ölümler görülür.



**dikkat**

Su bitkiler için olmaz ise olmaz bir maddedir. Ancak suyun bitkilerin köklerinde gereğinden daha uzun süre kalması veya fazla miktarlarda sulama yapılması onların ölümüne kadar giden sonuçlara sebep olabilir.

### Öğrenme Çıktısı



3 Bitkiler açısından meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık kavramlarını öğrenebilme  
4 Bitkiler açısından su baskını (sel etkisi) kavramını değerlendirebilme

Araştır 2

Tarımsal kuraklık nedir?

İlişkilendir

Meteorolojik kuraklık nedir? Tarımsal kuraklık ile ilişkilendirerek açıklayın.

Anlat/Paylaş

Sel etkisi nedir? Anlatın.

## BİTKİLERDE KURAKLIK STRESİ

Bitkilerde belli bir zaman dilimi içerisinde transpirasyon (terleme) ile kaybedilen suyun, yine aynı zaman diliminde dışarıdan alınan sudan daha az olması durumuna su stresi ya da kuraklık stresi adı verilir (Resim 1). Burada kastedilen zaman dilimi günlük, haftalık, aylık, mevsimlik ya da yıllık olabilir. Kuraklık stresi nedeniyle bitkinin bünyesinde azalan su, hücrelerin turgor basıncının azalmasına ve dokular arasındaki su dengesinin bozulmasına neden olur. Hücre özsuynunun sahip olduğu yüksek ozmotik yoğunluğundan dolayı dış ortamdaki su, hücre içine doğru hareket eder ve içeri giren su molekülleri hücre zarını dışarı yani hücre çeperine doğru bir basınçla iter bu basınca turgor basıncı denir. Turgor basıncı bitkinin yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirebilmesi için oldukça önemli bir mekanizmadır.



**dikkat**

Bir bitki hücresi saf suya konduğu zaman içine bir miktar su alır ve şişer. Hücre özsuynunun yüksek ozmotik yoğunluğundan dolayı dış ortamdaki su, hücre içine doğru hareket eder ve içeri giren su molekülleri hücre zarını dışarı yani hücre çeperine doğru bir basınçla iter. Bu basınca "Turgor basıncı" ya da "Hidrostatik basınç" denir. Turgor basıncı, suyun içeri girişine engel olmaya çalışan bir kuvvettir.

Bitkide su miktarının azalmasıyla hücreler ve dokular arasında suyun alınması için rekabet başlar. Tam bu noktada bitki su stresine (kuraklık stresine) girer. Su stresine giren bitkide hücrelerden başlamak üzere dokularda, organlarda ve nihayet bitkinin tamamında olumsuz etkiler meydana gelir. Örneğin, hücreler normalden daha küçük olmaya başlar. Hücredeki küçülmeler çeper sentezindeki süreçleri olumsuz etkiler. Daha sonra hücre organellerinde küçülmelerin meydana gelmesi gibi olumsuz etkiler baş gösterir. Metabolizma genel hatlarıyla aksamaya uğrar. Örneğin fotosentez, solunum, protein sentezi vb. aktivitelerde yavaşlamaların meydana gelmesi gibi anormallikler gözlenir. Su stresi protoplazmadaki solut miktarının artmasına sebep olur ve zarlardan protoplazmaya su girişi

başlar. Suyun uzaklaşması hücre zarının yapısında ve fonksiyonunda bozulmalara neden olur. Tüm bu olumsuzlukların sonucunda bitkilerin tüm biyolojik özelliklerinde nitelik ve nicelik olarak kötüleşmeler meydana gelir. Örneğin; bitkinin tüm organlarında gelişme kusurları meydana gelir (kök, gövde, yaprak, çiçek, meyve, tohum gibi yapıların daha küçük olması, şekilsel olarak bozulması, renk, koku, tat, lezzet gibi özelliklerin istenilen gibi olmaması). Stres faktörleri ürüne bağlı olarak bitki üretkenliğini yaklaşık % 70 ile 80 arasında azaltabilmektedir. Sonuç olarak su stresi (kuraklık) nedeniyle ürünün kalitesi ve miktarı olumsuz etkilenir. Bitkinin türü ve içinde bulunduğu gelişme dönemine göre strese karşı duyarlılığı farklılık gösterir.

Kuraklık, bitkilere verdiği hasar bakımından Akut, Kronik ve Fizyolojik kuraklık olarak 3'e ayrılır.

- **Akut kuraklık:** Geriye dönüş mümkündür. Bitkiye su verildiğinde yeniden büyüme ve gelişme devam eder, solgunluk geçer.
- **Kronik kuraklık:** Taban suyunun bitkinin alacağı mesafenin de altın düşmesi durumudur. Bitki tepe noktasından başlayarak kalıcı olarak kurumaya başlar.
- **Fizyolojik kuraklık:** Toprakta suyun yeterli miktarda olmasına rağmen bitkinin bu suyu kullanamaması durumudur. Bu durum topraktaki tuzluluk ile ilgili olup yüksek tuz konsantrasyonu suyun bitki tarafından alınmasını engellemektedir.

Bitkiler ister akut ister kronik isterse fizyolojik kuraklık faktörleri ile karşı karşıya kalırsa kalsın mutlaka strese girerler. Bu stres bitkilerde sadece fizyolojik değil, metabolik anlamda da birçok değişiklik meydana getirir. Bitkiler kurak koşullarla karşılaştıklarında, meydana gelen su stresinin şiddetine ve süresine bağlı olarak yaşam döngülerini de değiştirecek kadar dramatik bir şekilde metabolizmalarını yeniden yapılandırabilirler.



**dikkat**

Her kuraklık bitkiye aynı hasarı vermez. Akut kuraklıktaki hasarlar bitki tarafından onarılabılırken, kronik kuraklıktaki hasarlar onarılamaz.





Şekil 3.1 Kuraklık stresine girmiş buğday bitkisi.

Kuraklık, bitkilerin büyüme ve gelişmelerini en çok etkileyen abiyotik stres koşullarından birdir. Genel olarak su, odunlu yapıya sahip olan bitkilerin yaklaşık % 50'sini, otsu bitkilerin ise yaklaşık % 90'ını oluşturmaktadır. Su sıkıntısının oluşma dönemindeki bitkinin gelişim evresi, kuraklık stresinin bitki büyüme ve gelişimine olan etkisine bağlıdır. Bitkide verimi belirleyen çok sayıda fizyolojik karakter de kuraklık koşullarından etkilenmektedir. Bitkilerin su sıkıntısına hassasiyeti en fazla generatif dönemde etkilidir. Yapılan araştırmalar sonucunda, tohum oluşumunun başladığı gelişim evresinde gerçekleşen şiddetli kuraklık koşullarının % 95'lere varan oranda verim kaybına yol açtığını ortaya koymaktadır. Özellikle çiçeklenme evresinde gerçekleşen su kıtlığı bitkide kısırlığa yol açar. Bu da hasatı olumsuz etkiler, (Şekil 3.1).



Şekil 3.2 Kuraklıktan çatlayan tarım toprağı.

Kurak koşullarda bitki büyümesi yavaşlar ve önemli ölçüde olumsuz etkilenir. Büyümedeki bu değişim su kıtlığının yaşandığı süreye bağlıdır. Kurak koşulların olduğu ilk dönemlerde, bitki daha fazla suya ulaşabilmek için gövde uzamasını yavaşlatıp kök gelişimine yönelir. Buna karşın, ku-

rak koşulların bitkide hasara yol açabilecek kadar uzun sürmesi durumunda hem gövde hem de kök gelişimi önce yavaşlar sonra durur. Ayrıca bitkideki 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.

Su stresini algılayan bitkilerde ilk olarak ortaya çıkan değişiklik su kaybını engellemek amacıyla stomaların daralması veya kapanmasıdır. Bitkideki fotosentez miktarı, stomalardan bitkiye alınan gaz formundaki karbondioksit miktarı ile ilişkilidir. Stomaların açık olması aynı zamanda bitkinin terleme ile su kaybetmesine de yol açmaktadır. Bu nedenlerle, kurak koşulların oluşması durumunda bitkiler, terleme ile su kaybını en aza indirmek amacıyla stomalarını hızlı bir şekilde kapatırlar. Buna bağlı olarak karbondioksit alınımı da azaldığı için bitkinin fotosentez miktarında bir düşme görülür. Bitki büyümesinde kullanılan karbonhidrat molekülleri ve enerji, fotosentez ile üretildiği için, bu düşüş bitki büyüme ve gelişmesini de olumsuz etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkar. Kuraklık stresini altındaki bir bitkinin özellikle yapraklarındaki su oranının düşmesi ile stomaların kapanmasına neden olur. Bu durum da yaprak sıcaklığının artmasına ve membran sistemlerinin zarar görmesine neden olur. Bunun sonucunda da bitki ölüme gider.

Toprakta tuz oranının artmasına bağlı oluşan tuzluluk stresi de kökler tarafından su alımını olumsuz etkileyerek, su potansiyelinin düşmesine yol açtığı için özellikle kuraklık ve tuzluluk stres sinyal iletim mekanizmaları hemen hemen bitkide aynı şekilde gerçekleşir. Kökler tarafından algılanan su sıkıntısının absisik asit (ABA), sitokininler, etilen ve malat gibi faktörler tarafından gövdeye iletiildiği bilinmektedir. ABA, potasyum iyon ( $K^+$ ) akışını değiştirerek bitkilerin kuraklık altında gerçekleştirdikleri değişimlerden biri olan stomaların kapanmasını sağlamaktadır. Araştırmalar, absisik asidin henüz tam olarak bilinmeyen bazı faktörler aracılığıyla klorofil sentez miktarının azalmasını, kloroplastlarda fonksiyonel ve yapısal değişikliklerin gerçekleşmesini ve fotosentez ürünlerinin birikim, taşınım ve dağıtım mekanizmalarını da etkilediğini ve böylece kuraklık stresi altında fotosentez

mekanizmasının düzenlenmesinde etkin rol oynadığını ortaya koyar. Absisik asit birikiminin genetik değişikliklerine yol açtığı ve kuraklık stresi sırasında metabolizmanın yeniden yapılandırılmasında önemli rol oynadığı da bilinmektedir. Absisik asit seviyesindeki geçici artışlar, genlerin küçük değişimlere neden olarak uyumlu çözünen ve koruyucu proteinlerin birikimi, antioksidanların seviyesinin artması ve enerji tüketim yollarının baskılanması gibi çok sayıda değişikliğe sebep olur.

### Bitkilerde Su Stresinin (Kuraklık) Belirtileri

Tarla, sera, bağ, bahçe ve saksı gibi ortamlarda yetiştirilen bitkilere gereğinden az su verilmiş ise bitkiler kuraklık stresine girmeye başlar. Böyle durumlarda yetiştirilen tarım ürünlerinde ve toprakta bazı olumsuzluklar gözlenir. Bu olumsuzluklar, genç sürgünlerin ve yaprakların solarak pörsümesi, yaprakların doğal renklerinde değişmelerin başlaması, büyümenin yavaşlaması, çiçekler ve daha sonra yaprakların dökülmeye başlaması, meyve dökümleri, çatlama ve genç sürgünlerde kurumaların görülmesi, önce ince daha sonra kalın dalların kurumaya başlaması ve toprak yüzeyinin çatlakların oluşmasıdır, (Şekil 3.2).

### Su Stresinin (Kuraklık) Bitkiler Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Stres koşullarına adaptasyon ve alışma bitkilerde morfolojik, anatomik, sitolojik (hücrenel), biyokimyasal ve moleküler seviyede olabilir. Ancak tüm bu etkiler bitkinin tamamında organizasyon seviyesinde birbirleriyle ilişkili olaylar şeklinde gerçekleşmektedir. Kuraklık (su kıtlığı) stersine giren bir bitkinin yaprakları solar böylece bitkide hem su kaybı, hem de ışığın etkisi azaltılmış olur. Böylece yapraklar üzerindeki ısı stresinin etkisi azaltılmış olur.

Bitkileri genel olarak stres koşullarına iki şekilde cevap verirler. Ya stresten kaçarlar ya da stres durumuna direnç gösterirler. Streten kaçmanın temel şekli stres koşullarının etkisini azaltmak şeklinde gerçekleşir. Bitkiler yaprak yüzeylerin azaltarak, kalınlığını, kutikula kalınlığını ve stoma sayılarını arttırarak ya da yumru oluşturarak bu zor koşullardan kaçmaya çalışırlar. Stres koşullarına direnç gösterme durumu ise stresin oluşturduğu olumsuz etkilerin tamir edilmesi veya tamamen ortadan kaldırılması şeklinde olabilir.

Kuraklığa direnç mekanizmaları kurumanın erelenmesi (hücre ve dokulardaki suyun korunması) ya da kurumaya karşı tolerans (su kaybı sırasında yaşamsal işlevlerin devam ettirilmesi). Diğer bir durumda kuraklıktan kaçıştır. Bu durum da şöyle açıklanabilir; Bitkide meydana gelen mekanizmaların kuraklık başlamadan önce suyun bol olduğu zamanlarda tamamlanabilmesi.

Kuraklığa dayanıklılık şekilleri toprak ve iklim koşullarına göre değişiklik gösterirler. Bitkilerde suyun etkilediği verimlilik genellikle kullanılabilir suyun toplam miktarı ile bitkinin suyu kullanma kabiliyetine bağlıdır. Su kazanma ve kullanma kabiliyeti fazla olan bitkiler kuraklığa daha fazla direnç gösterebilirler. Bazı bitkiler C4, CAM fotosentez yolları gibi uyumlara sahiptir. Bu uyumlar bitkinin daha fazla su kullanmalarını sağlar. Diğer taraftan bitkilerde su stresine cevap verme mekanizmaları da vardır.

Su stresine (kuraklık) maruz kalan bitkilerde meydana gelen olumsuz etkiler başlıca 3 ana başlık altında incelenir. Bunlar fizyolojik, metabolik ve morfolojik etkiler olarak sınıflandırılır.



**dikkat**

Kuraklık stresine giren bir bitki ilk önce fizyolojik, sonra metabolik ve en son olarak da anatomik ve morfolojik tepkiler verir.

### Su Stresinin Bitki Fizyolojisi Üzerine Etkileri

Bitki hücrelerinden belirgin bir su kaybı gerçekleştiği zaman öncelikle bitkideki turgor basıncı azalır. Hücreden su kaybıyla birlikte, membran (hücre zarı) yapısı değişikliğe uğrayarak membran lipidleri sıvı-katı fazında olduğundan daha az kinetik enerji ile lateral ve rotasyonel (hücre çeperine paralel) hareket göstermeye başlar. Su kaybına bağlı olarak hücrenin hacmi azalarak hücreler arasındaki iletişim yalnızca plazmodezma köprüleri aracılığıyla sağlanmaya başlar (bu aşamada hücre plazmoliz olur). Gerilim altındaki plazma membranı ve tonoplastta çökmeler, yırtılmalar ve başkaca bozulmalar meydana gelir. Bu durum hücre metabolizmasında kalıcı hasarlar meydana getirir. Böylece bitkinin hücresel yapısında da düzelme-yecek bozulmalar, deformasyonlar meydana gelmeye başlar.

✓ Hücre protoplazmasının hipertonic bir ortamda suyunu kaybederek hücre çepelerinden büzülerek ayrılması, küçülmesine plazmoliz denir.

✓ İki komşu bitki hücresi arasındaki madde alış-verişini sağlayan sitoplazma köprülerine plazmodezma denir.

artan stomalar açılır. Bitkide turgor sona erdiğinde ise stoma hücrelerindeki K iyonları tekrar bitişik hücrelere geçer ve bu şekilde ozmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanır. Bu mekanizma iyon kontrolü olarak adlandırılır.

✓ Bitkilerin dış ortam ile madde alış verişini yaptıkları ve genellikle yaprakta bulunan küçük gözeneklere stoma denir.

### Osmotik Düzenlemedeki Bozukluklar

Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler, turgor basınçlarını koruyabilmek için, hücreleri içinde bazı organik çözeltileri biriktirerek osmotik potansiyellerini düzenlemeye çalışırlar. Böylece kuraklık stresi altında çözelti artışının başlıca kaynağı olarak, çözünebilir karbonhidratlar meydana gelir. Özellikle glikoz, sakkaroz gibi çözünür şekerler ve malat birikmesi meydana gelir. Bunlar dışında potasyum (K), şeker alkoller ve bazı organik asitler de osmotik düzenleyici olarak birikmektedir. Osmotik düzenlemenin derecesi üzerine bitkilerin yaşı, özellikle de generatif gelişme dönemi etkili olmaktadır. Çiçeklenme öncesinde bitkide, yavaş seyreden osmotik düzenleme, çiçeklenmeden sonra hızlanmaktadır.

### Stoma Hareketlerindeki Bozukluklar

Kuraklık stresi, bitkideki stomalarda da olumsuz etkiler yapar. Stomaların bitki fizyolojisindeki önemi, yaprağın hücreler arası boşluğu ile atmosfer arasındaki gaz alışverişinin sağlanmasından ve su buharı çıkışına izin vermesinden kaynaklanır. Kuraklık stresi altında bitkilerde stomaların kapanmasını kontrol eden iki mekanizma gelişmiştir. Bunlar, hormonal kontrol ve iyon kontrolü mekanizmalarıdır. Kuraklık stresine uğrayan bitkilerde stoma hücrelerinde absisik asit (ABA) miktarı artmakta, bunun sonucu olarak suda çözünmeyen nişasta oluşmakta ve K iyonu azalmaktadır. Böylece osmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanmaktadır. Bu mekanizma, hormonal bir kontrol olarak kabul edilmektedir. Stoma hücrelerindeki K iyonu miktarı da stoma hareketleri üzerine etkide bulunmaktadır. Bitki turgor durumunda iken stoma hücrelerine bitişik hücrelerden K iyonları alınır. Böylece osmotik basıncı

### Su Stresinin Metabolizma Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Kuraklığın zararı sadece su kaybından değil, aynı zamanda protein kaybından da meydana gelir. Kuraklık stresi ile bitkinin protein metabolizmasında bir bozukluk meydana gelmektedir. Bu bozukluk proteinlerin parçalanması ve protein sentezinin azalması şeklinde görülmektedir. Hücre içeriğinin büyük bir kısmını oluşturması, taşıyıcı olması, hücresel reaksiyonlar ve işlevler için çözücü rolü oynaması gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı suyun, hücreden kaybı durumunda, normal işleyiş devam edememekte ve metabolizma bozulmaktadır. Su kaybına bağlı olarak gerçekleşen iyon birikimi, membran bütünlüğünün ve proteinlerin yapısının bozulmasına yol açarak hücreye zarar verebilmektedir. Su kaybı sonucunda; proteinlerin yapısında bulunan hidrofobik ve hidrofilik amino asitlerin su ile etkileşimleri bozulmaktadır. Bu durum protein denatürasyonlarına ve enzimlerin yavaşlamasına neden olmaktadır. Kuraklık stresi sırasındaki hasarda, bir başka etken de, DNA ve RNA gibi nükleik asitlerin bozulmasıdır. Su stresi bitkilerde enzim aktivitesi ve enzim miktarı üzerine de önemli bir etki yapar. Ayrıca Absisik asit (ABA; bitkisel bir hormon) miktarı yapraklarda 40 kat artarken kök dahil diğer organlarda bu artış daha azdır. Absisik asit stomaların kapanmasını sağlayarak suyun transpirasyonunu (terlemeyle kaybını) önler. Bitkinin tepe organlarında gelişmeyi azaltarak suyun kök sisteminde kullanılmasına, dolayısıyla kökün derinlere doğru inebilmesine ve daha fazla suya ulaşabilmesine olanak sağlar.

Bitkilerde kuraklığa dayanma stratejileri şöyle sıralanabilir;

- Kuraklık öncesi hızlı bir olgunlaşma ve yağış sonrası üreme



- b. Su kaybını derin köklere sahip olarak geciktirme
- c. Transpirasyona karşı koruma önlemleri veya taze dokularda suyu depo etme
- d. Dokulardan su kaybına izin verme ve suyun azaldığı durumlarda büyümeye devam etme
- e. Şiddetli su kaybında ise yaşamaya çalışma

Suyun kısıtlı olduğu dönemlerde vejetatif bitki dokularında oksidatif stresin en yaygın nedeni, kloroplastta gerçekleşen ışık-klorofil etkileşimleri diye düşünülmektedir. Su kısıtlı hale gelirken, bitki daha fazla su kaybetmemek için, genelde, stomalarını kapatır, bu da fotosentezle fiksasyon için gerekli CO<sub>2</sub>'nin alınmasını kısıtlanmasına neden olur. Birçok türde, kuraklık stresi altında artan O<sub>2</sub> oluşum hızı; lipid peroksidasyonuna, yağ asidi doygunluğuna ve sonuçta membranların bütünüyle zarar görmesine neden olur. Su stresi fotosentezi genel olarak iki şekilde etkiler. Su stresine giren bitkilerde stomalar kapandığı için fotosentezde kullanılacak CO<sub>2</sub>'in bitkiye alınmasında problemler oluşur. Diğerisi ise bitkilerin temel işlevlerinden olan fotosentezin mekanizma düzeyinde aksamalara neden olmasıdır.

Bitkiler su stresine cevap olarak hücrelerinde solut adı verilen bazı maddeleri biriktirirler. Bitkiler solut adı verilen ozmotik düzenleyicilerle su potansiyelini koruduğu için düşük su potansiyeli durumlarında bile geçici bir süre fotosentez yaparak faaliyetlerini sürdürmeye çalışırlar. Hücre içinde solut biriktirilmesi suyun hücrede tutulması açısından çok önemlidir. Bu solutlar, K, şekerler ve aminoasitlerden oluşur. Prolin bu aminoasitlerden biridir. Betain, sorbitol de su stresinde bitkide biriktirilen solutlardan bazılarıdır. Her bitkide su stresine karşı solut biriktirilmesi gözlenmez. Şeker pancarında su stresine karşı solut birikimi gözlenirken *Vigna* sp. bitkisinde bu adaptasyon gözlenmez.



#### dikkat

Adaptasyon ile alışma farklı kavramlardır. Adaptasyon bitkilerin nesiller boyu kazandığı morfolojik ve genetik uyum iken alışma ise bitkilerin çevre değişimlerine kısa süreli alışma durumudur, adaptasyondan farklı olarak kazanılan bu alışkanlık yeni nesillere aktarılmaz.

## Su Stresinin Bitki Morfolojisi Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Kurak şartlar altında yapraklarda meydana gelen morfolojik değişimler, genelde transpirasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya, köklerde oluşan morfolojik değişimler ise topraktaki suyu daha yüksek bir kuvvetle emmeye yöneliktir. Kuraklık stresi altında ilk olarak kök gelişimi hızlanır ve kökün gövdeye oranı artar. Kurak şartlarda fotosentez yavaşlar ve bunun sonucu olarak fide gelişimi zayıflar. Kısa süreli kurak periyotlarda bile yaprak büyümesi yavaşlar. Kuraklık stresine bir tepki olarak bazı bitkilerde yaprakların üzeri sık tüylerle kaplanır. Bu tüyler, alttaki hücrelerin sıcaklığını 1-2 °C düşürerek, transpirasyon hızını azaltır. Ayrıca yaprak üzerinde mumsu bir tabaka oluşur, bu kutikula tabakası güneş ışınlarını yansıtarak sıcaklığın etkisini azaltır ve böylece transpirasyon hızı kesilir. Su stresinin bitkinin büyümesi üzerine etkileri ilk olarak yaprak genişlemesinin sınırlanması ile gözlenir. Fotosentez asıl olarak yaprak yüzeyi ile ilgili olduğundan yüzeyin artması fotosentezin artmasını sağlayacağından bu da fazla su ihtiyacı doğuracaktır. Kuraklığın etkisi ile bitkinin su içeriği azalır ve böylece hücreler büzülür hücre çeperi gevşer. Hücre hacmindeki bu azalma öncelikle hücredeki turgor basıncının daha sonra da çözünmüş madde konsantrasyonunun düşmesine neden olur.

### ✓ Sınırlı Büyüyen Bitkiler

Önceden belirlenmiş sayıda yaprak ve çiçek üreten bitkiler yani ne kadar yaprağa ve çiçeğe sahip olacakları önceden belirlenmiş olan bitkiler.

Turgor basıncının azalması su stresindeki bitkide gözlenen ilk tepkilerden sayılır. Turgorun azalmasının neden olduğu biyofiziksel etki ilk olarak yaprak genişlemesinin ve kök uzamasının azalması gibi tepkilerle sonuçlanır. Su kıtlığının erken aşamalarında hücre genişlemesinin durması yaprak alanında küçülmesi anlamına gelmektedir. Böylece bitki az miktardaki suyu daha uzun süre kullanabilme kabiliyeti kazanmış olur. Buna göre; kuraklığa karşı bitkide oluşturulan ilk adaptasyon yaprak alanındaki küçülme olarak karşımız çıkmaktadır. Su stresindeki ilk tepkilerden biri de vejetatif organ-

lardaki büyümelerde gözlenen azalmadır. Kuraklık stresinde sürgün ve yaprak büyümesi köke oranla daha hassastır.

#### ✓ Sınırsız Büyüyen Bitkiler

Düzensiz yağış dönemlerinde hızlıca büyük bir yaprak alanı oluşturarak nadiren ortaya çıkan nemli yaz aylarında hem vejetatif hem de generatif büyümeyi sağlayarak üstünlük sağlayabilen bitkiler. Diğer bir deyişle önceden belirlenmiş sayıda yaprak ve çiçek üretmeyen bitkiler.

Su stresi hücre çeperinin esnekliğini de olumsuz etkilemektedir. Bu etki stres ortadan kalksa dahi normale dönmemektedir. Böylece bitki kalıcı hasarlara maruz kalabilmektedir.

✓ Kserofit bitki, çok az su içeren topraklarda yaşamaya adapte olmuş (uyum sağlamış) kurak alan bitkileri.

### Su Stresine Maruz Kalan Bitkilerin Geliştirdikleri Adaptasyonlar (Uyumlar)

Bitki stres koşullarında pek çok yanıt verir. Bu yanıtlar moleküler düzeyden başlayarak biyokimyasal süreçler, hücre, doku, organ ve nihayetinde tüm organizma düzeyinde gerçekleşir. Kuraklık kök çevresinin daha tuzcul bir ortam oluşmasına neden olur. Kuraklık aynı zamanda yapraklarda ısı stresine de neden olur. Su stresine maruz kalan bitkilerin bünyelerinde bu olumsuzluğa karşı dayanabilmek için bir takım adaptasyonlar da gelişir. Bu adaptasyonlarda tıpkı bitkide meydana gelen olumsuzlukların sınıflandırıldığı gibi fizyolojik, metabolik ve morfolojik uyumlar olarak 3 ana başlık altında değerlendirilir. Bitki çeşitleri aynı türe ait olsalar bile kuraklığa toleransları açısından farklılıklar gösterebilmektedirler. Yani aynı türe ait bazı bitki çeşitleri kurağa toleranslı, yani kurak ortamlarda büyüme ve gelişmelerine devam edebilir ve verimli olabilirken, aynı türe ait ama kuraklığa

hassas olan diğer bitki çeşitleri ise az miktarda su kaybında dahi ciddi verim kayıplarına yol açacak kadar hasara uğrayabilmektedirler. Bu nedenle, tarla üretiminde kuraklığa toleransı daha yüksek olan çeşitlerin kullanılması her zaman daha avantajlıdır. Ancak, tarımsal üretimde kullanılan tahıl ve benzeri bitki çeşitlerinin önemli bir kısmı uzun yıllardır ıslah edilmekte ve iyi derecede verimli olabilmeleri için en uygun koşullarda büyütülmektedirler. Bu yüzden tarımsal üretimde kullanılan bitki çeşitlerinin büyük çoğunluğu kurak koşullara çok dayanıklı değildir. Bitkilerde su stresi sırasında gerçekleşen morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerin, kısaca bitkilerin kuraklık stres tepkisinin bilinmesi ve elde edilen bilgilerin tarımsal üretimde kullanılan bitkilerin kurağa toleranslarının artırılmasında kullanılması, biyoteknolojik çalışmalarda halen önemini koruyan konulardan biridir.

#### ✓ Adaptasyon

Canlıların mevcut ortamlarında yaşamlarını devam ettirebilmek için çevreye uyum sağlayacak yapısal, fizyolojik ve davranışsal değişikliklerin bütünüdür. Adaptasyon çok uzun sürelerde kazanılır ve genetik yapıda meydana geldiği için nesilden nesile aktarılır.

### Fizyolojik Uyumlar

Stomalar ile ilgili sorumluluklar, Fotosentez olayı ile ilgili düzenlemeler, Osmotik ayarlama, Yapraklarda koruyucu çözümlerin ortaya çıkışları, Zardaki protein, yağ ve karbonhidrat miktarındaki değişimler, Koruyucu bitki yüzey lipidlerinin artması, Depo lipidlerinin miktarındaki değişimler, Su stresi proteinlerinin varlığı şeklinde sıralanabilir.

Su stresi yaprak absisyonunu (yaprak dökülmesi) tetikler. Bir bitkinin toplam yaprak alanı tüm yaprakları olgunlaştıktan sonrada değişebilir. Yaprak alanı oluştuktan sonra bitkiler su stresine maruz kalırlarsa yapraklarını dökerler. Bu aslında bir adaptasyondur. Su miktarının azalması karşısında bitki yaprak yüzünü azaltarak terleme ile kaybedeceği suyu azaltma eğilimi gösterir. Suyun kısıtlı olduğu dönemlerde bitkinin gösterdiği bu davranış uzun vadede bir adaptasyon olarak ortaya çıkar.



Kurak ortamda yaşayan birçok bitki türü su stresi ile karşılaşmalarında yapraklarını döker ve bir yağmurdan sonra hemen yaprak oluşturabilirler. Bu yaprak dökme ve yaprak oluşturma adaptasyonu aynı yıl içinde birkaç kez tekrarlanabilir. Ayrıca kurak koşullar, bitki hücresinin turgor basıncını yani su potansiyelini değiştirmektedir. Bitki hücrelerinin su stresinden en az etkilenmelerini sağlamak için ozmotik dengeleme çok önemlidir. Bu amaçla bitkiler kuraklık stresini algıladıklarında hücrelerinde “ozmolit” olarak isimlendirilen ve hücre turgor dengesinin korunmasında rol oynayan bir grup çözünür madde sentezler ve biriktirirler. Bu maddeler asparajin, prolin ve glisin gibi serbest aminoasitler, betain, organik asitler ve karbonhidratlar gibi farklı gruplardan olabilmektedir. Su dengesini korumakla görevli olan ozmolitler bitkinin kuraklık stresine toleransını doğrudan arttırmazlar. Ancak, yaprak su basıncını dengeledikleri için stomata iletkenliğini artırır, fotosentezin devamlılığını sağlar ve böylece büyümeye yardımcı olurlar. Ozmolitler aracılığıyla su dengesinin korunması ve hücre metabolik faaliyetlerinin sınırlı da olsa devam edebilmesi kurak koşullarda bitkilere kısa süreli bir dayanıklılık sağlamaktadır. Stres koşullarının uzun süreli devam etmesi durumunda ise ozmolit birikimi su eksikliğine bağlı olarak gerçekleşen turgor kaybını dengelemek için yeterli olmamaktadır. Kurak koşullar oluştuğunda ilk biriken serbest amino asit prolin olduğu için bu molekülün hücre içi konsantrasyonu araştırmalarda gerçekleştirilen deneysel koşullarda bitkilerin su sıkıntısına girdiğini göstermek için sıklıkla kullanılan bir ölçüm değeridir. Prolinin hücre içi temel görevi, lipid oksidasyonunu engelleyerek membran sistemlerini ve oluşturdukları bileşikler aracılığıyla da protein yapılarını korumaktır.

✓ Bitkilerin yaprak, çiçek ve meyve gibi organlarının dökülmesi olayına absisyon denir.

### Metabolik Uyumlar

Bitkilerin kuraklık stresine tepkisi, metabolik seviyede yeniden yapılandırmayı zorunlu hale getirir. Su kıtlığı yaşayan bitkilerde hücre, gen ifadesi ve protein sentezi mekanizmalarında gerçekleşen değişiklikleri anlamaya yönelik çalışmalar çok

uzun yıllardır devam etmektedir. Ancak özellikle tarımsal anlamda önemli bitkilerin kuraklık stres toleransını arttırabilme konusunda henüz dikkate değer bir buluş gerçekleştirilememiştir. Bunun en önemli nedeni, bitkilerin kuraklık stresine tepkileri olarak adlandırılan mekanizmaların çok karmaşık oluşu, tuzluluk, sıcaklık ve soğuk gibi diğer abiyotik stres faktörlerinin bitkide sebep olduğu mekanizmalarının birbiriyle iç içe geçmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Tüm bu stres koşullarında da bitkinin abiyotik strese tepkisi stresin algılanması ile başlar ve strese özgün düzenleme mekanizmalarını oluşturulmasıyla cereyan eder.

Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler, turgorlarını koruyabilmek için, hücreleri içinde bazı organik çözeltileri biriktirmek suretiyle osmotik potansiyellerini düzenlemeye çalışırlar. Kuraklık stresi altında çözelti artışının başlıca kaynağı olarak, çözünebilir karbonhidratlar ortaya çıkar. Özellikle glikoz, sakkaroz gibi çözünür şekerler ve malat birikmesi görülür. Bunlar dışında potasyum (K), şeker alkoller ve bazı organik asitler de osmotik düzenleyici olarak birikmektedir. Osmotik düzenlemenin derecesi üzerine bitkilerin yaşı, özellikle de generatif gelişme dönemi etkili olmaktadır. Çiçeklenme öncesinde bitkide, yavaş seyreden osmotik düzenleme, çiçeklenmeden sonra hızlanmaktadır.

Su stresi fotosentezi sınırlandırır. Fotosentezin sekteye uğraması, yaprak genişlemesi, turgor basıncındaki değişimler ve stomaların kapanmasından sonra harekete geçen bir problem olarak belirir. Kuraklığın ilerleyen evrelerinde yapraktaki mezofil hücrelerinin su kaybetmesine ve fotosentezin sınırlandırılmasına neden olur. Bir toprak kuruyunca su potansiyeli kalıcı solgunluk noktası diye bilinen bir değer altına düşebilir. Bu noktada toprağın su potansiyeli çok düşük olduğundan transpirasyonla tüm su kaybı durdurulsa bile bitkiler turgor basıncılarını yeniden geri kazanamazlar. Bu anda toprağın su potansiyeli bitkinin ozmotik potansiyelinden daha düşüktür.

Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde rol oynayan fonksiyonel proteinlerden en önemlileri su kanal proteinleri ve şaperon olarak görev yapan ısı şoku proteinleridir. Bu proteinlerin miktarı, kuraklık stresi sırasında artar. Plazma ve vakuol membranlarında yer alan su-seçici bu proteinlerin birikimi ve mevcut proteinlerin fosforilasyon gibi mekanizmalarla aktivitelerinin düzenlenmesi, su

sıkıntısının olduğu koşullarda bitkilerin hücre içi, hücreler ve dokular arasında su dağılımının etkin bir şekilde yapılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Kuraklık stresi koşullarında bitkilerin karbonhidrat metabolizması da etkilenmektedir. Fruktoz ve glikoz gibi basit karbonhidratların hücre ve doku konsantrasyonlarının kuraklık stresine tepkileri sırasında değişiklik göstermektedir. Fotosentez metabolizması ile üretilen şeker molekülleri aynı zamanda dokular arasında sinyal iletiminde rol oynarlar. Basit karbonhidratlardaki bu konsantrasyon değişikliğinin fotosentez metabolizmasının tüm bitkide düzenlenmesini sağlamakta görevli olduğu bilinmektedir. Şeker moleküllerinin aynı zamanda oligosakkaritlerin enzimatik ve metabolik antioksidan savunma mekanizmasını aktive ettiği düşünülmektedir. Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde en önemli rol; hücre metabolizmasının yeniden düzenlenmesinde ve korunmasında rol oynadığı ön görülen proteinlerindir.

Kuraklık stresi altındaki bitkilerde gerçekleşen en önemli biyokimyasal tepkiler, fotosentez hızının düşmesine bağlı tekli oksijen, süperoksit anyonu ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen bileşiklerinin oluşmasıdır. Stres koşullarında birikimi gerçekleşen reaktif oksijen bileşikleri, aslında hücre metabolizmasının doğal bir yan ürünüdürler ve sinyal iletim mekanizmasında önemli rol oynamaktadırlar.

#### ✓ Metabolizma

Canlının yaşamını devam ettirirken gerçekleştirdiği tüm yapım (anabolizma) ve yıkım (katabolizma) olayları.

### Morfolojik Uyumlar

Bitkilerin kuraklık stresine tepkisine karşın geliştirdiği morfolojik uyumlar şöyle sıralanabilir;

- Kök sistemlerinin daha derine inmesi veya uzamasında görülen artışlar,
- Yaprak ve gövde şekillerinde yüzey azaltıcı değişimler,
- Yaprak alanlarının değişik ölçülerde küçülmesi, parçalanması,
- Stoma yüzeylerinin korunması amacı ile yaprakların kıvrılması veya yuvarlanması

- Yaprak ve gövde üzerindeki tüylerin miktarlarındaki değişimler,
- Tüyler, gerek yapraklarda gerekse bazı gövdelerde en net olarak görülen kurakçıl karakterli oluşumlardır.

Tüylerin diğer görevlerini; bitki üzerine gelen ışınları dağıtmak veya topraktan yansıyan ışınları kırmak, sinek, böcek gibi canlıların saldırılarından bitkiyi korumak ve yaprak yüzeyinin serinletilmesine katkıda bulunmak olarak sayabiliriz. Su kıtlığında bitkinin kökleri suya ulaşmak için toprak içerisine derinlere doğru büyüme gösterirler. Kuraklık ilerledikçe toprak üst kısmından başlayarak aşağıya doğru kurumaya başlar. Toprağın alt tabakalara doğru kurumaya bitki köklerinin de nemli toprakta kalmak üzere ilerlemesine neden olur. Kökteki bu aşağı tabakalara ilerleme uyumu yaprak yüzeyinin küçülmesi adaptasyonundan sonra bitkinin geliştirdiği ikinci adaptasyondur.

#### ✓ Bitki Morfolojisi

Bitkinin dış görünüşü ile ilgili özellikler. Örneğin, yaprağının büyüklüğü, şekli, kenarlarının düz ya da girintili oluşu gibi çıplak gözle görülebilen tüm özellikler.

Stomaların kapanmasının transpirasyonun azaltılması üzerine önemli bir etkisi vardır ancak, stomaların kısmen kuraklığa dayanıklı bitkilerde daha az dayanıklı bitkilere göre daha hızlı kapandığı bilinmektedir. Stomaların erken kapanmasının, toprağın kurummasına ilişkin bir tepki olduğu, yaprağın transpirasyon hızına bağlı olarak ideal su dengesinin kurulmasına yardımcı olabildiği düşünülmektedir. Ani gelişen kuraklık streslerinde stomalar kapanarak yapraktaki evaporasyonla su kaybını azaltır. Stomaların kapanması su stresi karşısında bitkinin gösterdiği üçüncü tepki olarak karşımıza çıkar. Stomalar, stoma bekçi hücrelerine su alıp vererek açılıp kapanırlar. Yaprak yüzeyinde mum tabakasının birikmesi ve bunun daha kalın kütikula oluşumuna yol açması epidermisten su kaybını azaltmaktadır. Bu aynı zamanda karbondioksit alımını da düşürmekte fakat yaprak fotosentezini etkilememektedir. Çünkü kütikula altındaki epidermal hücreler fotosentetik değildir. Stomalar hidropasif ve hidroaktif olarak kapanırlar.

### ✓ Hidropasif Kapanma

Stoma bekçi hücreleri evaporasyonla atmosfere doğrudan su kaybederek turgor basıncını azaltırlar ve stomalar kapanır.

### ✓ Evaporasyon

Suyun topraktan, su yüzeylerinden ve bitki yapraklarının yüzeylerinden ısı transferi aracılığı ile sıvı halden gaz hale dönüşerek atmosfere geçme olayıdır.

Biyoteknolojik uygulamalarla strese dayanıklı bitki çeşitlerinin üretilmesi ve gelecekte ortaya çıkması muhtemel beslenme sorununun önlenmesi hedeflenmektedir. Strese dayanıklılık mekanizması bitkilerde iki şekilde etkili olup bitkiler ya geliştirdikleri önleyici mekanizmalarla stres faktörlerinin etkinliğini önlemekte ya da tolerans mekanizmalarıyla karşı koyarak yaşamlarını sürdürmektedirler.

Epidermis üzerindeki kutikula ve mum tabakalarının kalınlığındaki artışlar, Stomaların daha derine gömülü olması. Yaprakların kaybedilmesi. Bazı gövdelerin fotosentetik işlev kazanması.

### Öğrenme Çıktısı



- 5 Bitkilerde su stresinin (kuraklık) belirtilerini kavrayabilme
- 6 Su stresinin (kuraklık) bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini öğrenebilme
- 7 Su stresine maruz kalan bitkilerin geliştirdikleri adaptasyonları (uyumlar) kavrayabilme

#### Araştır 3

Bitkilerde kuraklığa dayanma stratejileri nelerdir?

#### İlişkilendir

Kuraklık stresi bitki morfolojisinde nasıl uyumlara sebep olur? Çevrenizdeki bu tip bitkileri (Kaktüs gibi) diğer bitkileri ile mukayese edin.

#### Anlat/Paylaş

Bitkilere verdiği hasar bakımından kuraklığı sınıflandırarak açıklayın.

## BİTKİLERDE SU FAZLALIĞINA BAĞLI STRES (SEL ETKİSİ)

Suyun azlığı kadar suyun fazlalığı da bitki gelişimini olumsuz etkiler. Su fazlalığı durumunda da bitki strese girer. Toprağın uzun süre su ile kaplanması toprak içerisindeki oksijenin azalmasına neden olur. Buda toprak içerisinde oksijensiz bir ortamın oluşmasına sebep olur. Oksijenin sudaki geçiş hızı (difüzyon) karadakinine göre  $10^{-4}$  kat daha azdır. Buna göre suya batmış bir bitkinin oksijen ile teması aşırı şekilde azalmış olur. Bu duruma sel etkisi denir. Toprak içindeki oksijen bitkinin köklerinin oksijenli solunum (aerob) yaparak enerji kazanılmasını sağlar. Eğer bitkinin kökleri yeteri kadar oksijenden mahrum kalır ise az miktarda oksijensiz solunum (anaerobik) yaparak yaşamını devam ettirmeye çalışsa da bu çoğu zaman yeterli olmaz. Oksijenin gerekli miktardan az olması (anaerobiyosis) karasal bitkilerin genellikle ölmesi ile sonuçlanır.

### ✓ Aerob Canlı

Hüresel solunum için oksijen varlığına ihtiyaç duyan canlılar. Besinleri oksijen yardımı ile parçalayarak enerji elde eden canlılar.



#### dikkat

Kuraklık kadar suyun fazla olması da bitkileri strese sokar. Önlem alınmaz ise tıpkı susuzlukta olduğu gibi sel etkisinde de bitkiler ölür.

## Fazla Su Bitkiler İçin Yarardan Çok Zarar Verir

Fazla su verirse fazla ürün alırım şeklindeki düşünce ve uygulamalar yanlıştır. Toprağa bitkinin ihtiyacı olan miktardan fazla su vererek, derine süzülme ile taban suyunun yükselmesine, yüzeyden akıp gidere toprağın taşınmasına ve toprağın tüm gözeneklerini doldurarak havasız kalmasına yol açacak şekilde yapılan sulamaya aşırı sulama denir. Toprakların özelliklerine göre içerisinde tutabilecekleri madde miktarları da değişiklik gösterir. Her toprağın içerisinde tutabileceği su miktarı özelliğine göre farklılık gösterir. Sulama amacıyla verilen suyun bir kısmı topraktaki gözeneklerde tutulur. Buna bağlı su denir. Bir kısım fazla su ise derinlere süzülür veya toprak yüzeyinden akıp gider. İşte böyle bitkinin köklerinin ulaşacağı şekilde toprak içerisinde tutulan, sulamadan sonra toprakta göllenmeler yapmayan, bitkinin yararlanabileceği suya faydalı su denir. Sulama suyu miktarı bitkinin kök bölgesindeki suyun eksikliğini tamamlayacak kadar olmalıdır. Kök bölgesini terk ederek kaybolan su ne kadar az ise sulama o kadar başarılıdır.

### ✓ Anerob canlı

Enerjilerini oksijensiz ortamlarda kazanan canlılar.

## Aşırı ve Yanlış Sulamanın Zararları

Tarımsal ürünlere gereğinden fazla su verilmesi bir çok yanlışı da beraberinde getirir. Örneğin; Aşırı sulama ile su kaynağı boşuna harcanmış olur; toprağın derinliklerine sızar, bitki bundan yararlanamaz; tarlanın çukur yerlerinde göllenen fazla sular buradaki bitki köklerini havasızlıktan çürütebilir; fazla sular topraktaki fazla bitki besin maddelerini bitkilerin faydalanamayacağı derinliklere taşır; taban suyunun yükselmesine sebep olabilir; yüksek taban suyu bitki beslenmesine olumsuz etki yapar; böyle topraklar geç tava gelir; zamanında ekim yapılamaz; aşırı su toprağın yapısını ve bünyesini bozar; taban suyunun yükselmesi veya suyun uzun süre yüzeyde kalması sonucu toprakta bulunan toprakta bulunan çeşitli tuzlar erir ve suyun hareketi ile yüzeye çıkarak çoraklık yapar.



## Yaşamla İlişkilendir

Yeryüzündeki su kıtlığına bağlı olarak artan kuraklık özellikle gelişimleri için fazla miktarda suya ihtiyaç duyan ve su noksanlığının çoğu zaman verim kayıplarına neden olduğu kültür bitkileri yetiştiriciliğinde çok önemlidir. Dünyada görülen kuraklık, sıcaklık, tuzluluk ve aşırı yağış gibi abiyotik stres koşulları tarım alanında ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Kuraklık ya da aşırı yağış sonucu meydana gelen sel baskınları ülkemizde de çok büyük zararlara neden olmaktadır. Bu zararları günlük hayatımızda örneklendirmek gerekirse; ülkemizde özellikle yaz aylarındaki İç Anadolu Bölgesinde yaşanan kuraklık, sonbahar aylarında Trakya Bölgesinde yaşanan sel olayları ve sonuçları bakımından değerlendirin.

## Öğrenme Çıktısı

8 Fazla suyun bitkiler üzerindeki etkilerini anlayabilme  
9 Aşırı ve yanlış sulamanın zararlarını kavrayabilme

Araştır 4

Su fazlalığı bitkilerdeki olumsuz etkileri nelerdir?

İlişkilendir

Aşırı ve yanlış sulamanın ekonomik boyutlarını irdelleyin.

Anlat/Paylaş

Bağlı su kavramını açıklayınız?

## BİTKİLERDE TUZLULUĞA BAĞLI SU STRESİ

Topraktaki tuz miktarının gereğinden fazla olması bitki yetiştiriciliğinin en önemli sorunları arasındadır. Toprak yeterince sulanmaz ise bitki köklerinin çevresindeki tuz ortamdan uzaklaşamaz. Bu durum toprağın tuzlanmasına sebep olur. Bu durum bitki topraktan ihtiyaç duyduğu su, mineral madde vb. malzemelerin alış-verişini yaptığı ortamın dengesinin bozulmasına neden olur. Tuz oranı yüksek olana topraklardaki bitkiler düşük osmotik potansiyelden dolayı topraktan ihtiyaç duydukları suyu almazlar ve ortamdaki iyonların zehir (toksik) etkileri altında kalmalarına sebep olur. Bu da tıpkı su azlığı (kuraklık) ve su fazlalığı (sel etkisi) gibi bitkinin strese girmesine sebep olur. Genel olarak tarım bitkileri (kültür bitkileri) tuzluluk stresine karşı da dayanıksızdır.

Tuzlu ortamlarda yaşayan bitkilere halofit (tuzcul ortam bitkisi) denir. Örneğin Tuz Gölü'nün çevresinde yaşayan bitkiler. Bu tip ortamlarda yaşayan bitkiler bir takım adaptasyonlar kazanmıştır. Yani vücutlarında tuzcul ortam uyum sağlayacak

anatomik, morfolojik, fizyolojik vb. özellikler geliştirmişlerdir. Halofitler sukulent (etsi) bir yapı gösterirler bu durumun onların vücutlarındaki tuz konsantrasyonlarını sınırlı bir oranda tutmalarını sağlar. Bu tip bitkiler yapılarındaki tuz konsantrasyonlarını indirgeyecek tuz salgısı yapan tuz bezleri taşırlar. Halofitler yapılarına su almaya devam etmelerini sağlayacak bileşikler üretirler ve depo ederler. Su almayı kolaylaştıracak yüksek bir içsel iyon konsantrasyonu ve iyon alım kapasiteleri vardır. Ayrıca bir takım anatomik ve morfolojik yapılar geliştirmişlerdir. Örneğin; yaprakları terleme yüzeyini azaltmak için küçülmüştür, su depolayacak tüy vb. yapılar geliştirmişlerdir, kutikula tabakaları kalınlaşmıştır, köklerinde tuzu filtreleyen mumsu yapılar, yapraklarında tuz bezleri ve tuz depolayan vakuoller bulunur.



dikkat

Tuzcul ortam bitkileri (halofitler), tuzlu topraklarda yaşamaya adapte olmuş bitkiler.



dikkat

Bitki köklerinin içerisinde bulunduğu toprakta eğer gereğinden fazla tuz var ise bitki strese girer. Tıpkı diğer stres faktörleri gibi tuzluluk da ilerleyen aşamalarda bitkilerin ölümüne neden olur.



## Öğrenme Çıktısı

10 Bitkilerde tuzluluk-su stresi ilişkisini sıralayabilme



## Araştır 5

Tuzlu ortamlar hangi tip bitkiler için bir stres faktörü değildir?

## İlişkilendir

Topraktaki tuz ile kuraklık stresi arasındaki ilişki değerlendirin.

## Anlat/Paylaş

Toprakta yüksek miktarda tuz bulunmasının bitkiler üzerindeki etkileri nelerdir?

## TARIMSAL ALANLARDA DRENAJ

Toprak yüzeyinde biriken veya toprak içerisindeki gözenekleri dolduran ve bitki gelişmesine zararlı etki yapan fazla suların belli bir derinliğe kadar araziden uzaklaştırılmasına tarımsal drenaj denir. Başka bir ifadeyle drenaj, toprağın yüzeyinde veya içerisinde bulunan fazla suyun, kontrollü olarak arazi dışına taşınması işlemine denir. Bu bölümde daha önce belirtildiği gibi toprağın susuz kalması kadar toprakta gereğinden fazla suyun bulunması da istenmeyen bir durum olup bitkiler için önemli bir stres etmenidir. Fazla su bitkinin kökleri ile topraktan alacağı maddeleri alamamasına ve böylece bitkinin yaşamsal faaliyetlerinde aksamalara neden olmaktadır. Ayrıca uzun süre sulu ve nemli kalan ortamlarda mikroorganizma faaliyetleri artacağından su fazlalığı bitkinin çürümesine neden olmaktadır. Tarımsal alanlarda drenajın amacı; havadar bir kök bölgesi ve tarımsal faaliyetler için yeter derecede kuru bir üst toprak sağlamak için kaynağı ne olursa olsun fazla suyun araziden uzaklaştırılmasıdır. Böylece, fazla sudan zarar gören tarım alanlarında bitkisel üretimi optimum ve sürekli kılmak için toprak, bitki ve su arasında uygun bir denge sağlanmış olur. Toprağın ideal yapısının bozulmasına neden olan faktörlerden birisi olan fazla su bitkinin büyümesini, gelişmesini, verimini ve kalitesini olumsuz etkileyerek büyük miktarlarda zarara sebep olmaktadır. Suyun toprak içerisinde gereğinden fazla olması ve bu fazla su bulunma durumunun gereğinden fazla sürmesi tuzluluğa da neden olur. Tarımsal drenajın genel amacı tarımda verimin artırılmasını sağlamaktır.

Bitkinin ihtiyaç duyduğu sudan daha fazla su bulunduran topraklar drenaj gerektiren topraklardır. Başka bir ifade ile toprakta tarla kapasitesinden daha fazla su tutan ya da 100 mikrondan daha büyük gözeneklerde su tutan topraklar bitki yetiştirmek için uygun değildir. Böyle topraklardaki su ortamdan uzaklaştırılmalıdır (drene edilmelidir).

**Bitki su tüketimi (Evapotranspirasyon):** Toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon) ile bitki yapraklarından olan terleme (transpirasyon) miktarlarının toplamıdır.

**Bitki su tüketimi (BST):** günlük, aylık ve mevsimlik zaman boyutları için belirlenir. BST'nin en yüksek olduğu döneme ilişkin değer, sulama sistem kapasitesinde; günlük değerler, sulama zaman ve aralığının belirlenmesinde; mevsimlik değerler, depolanması gereken sulama suyu miktarının belirlenmesinde kullanılır.

Drenaj ile birlikte toprakta bitkinin yaşam koşullarına uygun bir su miktarı sağlanmış olur. Drenaj bitkinin toprak içerisindeki köklerinin daha iyi gelişmesini sağlayacağı gibi toprak-bitki ilişkisinde madde alış-verişinin de uygun bir ortamda meydana gelmesini sağlayacaktır. Böylece daha sağlıklı, gelişme evrelerini ideal bir biçimde tamamlamış, kaliteli ürünler veren bitkiler yetiştirmek mümkün olabilecektir. Kısaca daha verimli, daha kaliteli ve sürekli bir bitki üretimi için toprak içerisinde bulunan fazla suyun uygun teknikler kullanılarak ortamdan (topraktan) uzaklaştırılması işlemine drenaj (Tarımsal drenaj) adı verilir.

### Tarımsal Drenajın Genel Amaçları

Tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda fazla sudan kaynaklanan ürün azalmalarının önlenmesi ve sonuçta iyi bir ürün alınmasının sağlanmasıdır. İyi bir ürün alınmasını gerçekleştirmek için toprakta uygun su-hava ve tuz dengesinin oluşturulması gerekir. Onun için drenaj sistemi kurulan topraklarda gelişmeler ve değişimler gözlenmelidir.

### Sulamada Drenajın Önemi

Sulama ve drenaj hangi iklim kuşağında olursa olsun üretimde sürekliliği sağlayan, diğer gelişim etmenlerinin değerlendirilmesine olanak yaratan temel önlemler olmaktadır. Bitki yetiştirmede, bitki kök bölgesindeki nem kontrolü, iyi planlanmış sulama ve drenaj sistemleriyle olanaklıdır.

### Tarım Alanlarındaki Fazla Suyun Nedenleri

Nem oranı yüksek bölgelerdeki fazla suyun kaynağı yağışlar ve taban suyunun yüksekliğidir. Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki fazla suyun kaynağı ise genellikle çiftçiler tarafından yapılan bilinçsiz sulamalardır. Genel olarak tarım alanlarındaki fazla suların kaynaklarını sıralamak gerekirse; yağışlar, yer altı suların yüksekliği, taşkınlardan gelen sular, su iletim ve depo sistemlerinden kaçan sular, akarsu ve deniz gibi su havzalarından gelen kontrolsüz sulardan söz edilebilir.

Sulu tarım alanlarındaki drenaj sorununun ortaya çıkmasına neden olan başlıca faktörler;

- Sulama suyunun getirilmesi ve tarlaya uygulanması sırasında ortaya çıkan su kaybı
- Artezyenik kuyular
- Kontrolsüz olarak gereğinden fazla sulama suyunun toprağa verilmesi
- Toprak altından tarım alanlarına gelen yabancı sular.
- Fazla yağış ve taşkın suları
- Yağışlı bölgelerde ve kurak bölgelerde ortaya çıkan drenaj sorunlarının nedenleri birbirinden farklı olması

- Yağışlı bölgelerde ortaya çıkan drenaj sorununun başlıca kaynağını fazla yağışların etkisiyle oluşan yüzey akışları ve taban suyu düzeylerinin yükselmesi
- Kurak ve yarı kurak bölgelerde drenaj sorunu ise sulamalar ile meydana gelen sorunlar



dikkat

Taban suyu, yerçekimi etkisiyle topraktan sızan suların su geçirmez tabakaları geçtikten sonra su geçirmez bölgede biriken su kütlesidir.

### Tarım Alanındaki Fazla Suyun Tespit Edilmesi

Tarım alanındaki fazla suyun tespit edilmesi bazen gözle bazen de bilimsel teknikler kullanılarak yapılır. Örneğin tarım alanında su birikintilerinin oluşması, tuz izlerinin gözlenmesi, bitkilerde çürümelerin oluşması, verimin azalması, özellikle suyu seven yabancı bitkilerin artması, traktör gibi araç ve gereçlerin gereğinden fazla iz bırakması, ekim ve hasat zamanının değişmesi ve toprak yüzeyinin uzun süre ıslak kalması gibi durumlar söz konusu bu tarım arazisinde drenaj yapılması gerekliliğini ortaya koyar.

Drenaj sorununun olup olmadığı aşağıdaki belirtiler ile tespit edilebilir;

- a. Tarım alanının çukur yerlerinde uzun süre su göllenmesi,
- b. Yüzeyde tuz lekelerinin görünmesi,
- c. Yaprak yanması, kök çürüklüğü ile toprak nemiyile ilgili hastalıkların artması,
- d. Fazlaca sivrisinek üremesi,
- e. Suyu seven yabancı otların gelişmesi,
- f. Ekim ve hasat zamanlarının gecikmesi ve tarım makinalarının yüzeyde derin izler bırakması,
- g. Toprak yüzeyinde ıslaklıkların görünmesi,
- h. Toprak içerisinde yeterli hava sağlanmadığından verim azalması görünmesidir.



Şekil 3.3 Tarım alanlarındaki su baskını örneği.

### Toprakta Fazla Suyun Zararları

Islak topraklar, drenajı iyi olan topraklara göre daha soğukturlar. Bunun nedeni, sürekli ve daha fazla buharlaşma olmasıdır. Böyle topraklarda güneşten gelen enerjinin büyük bir kısmı, topraktaki suyun buharlaşmasına harcadığı için, enerjinin toprak yüzeyinden derinlere doğru geçerek toprak katlarını ısıtması zorlaşır. Islak topraklarda suyu seven yabani bitkiler daha iyi geliştiklerinden kültür bitkileri zarar görürler ve kültür bitkilerinin direnci azaldığından çeşitli bitki hastalıkları ortaya çıkar. Islak toprakların işlenmeleri daha zordur. Böyle topraklar için normal topraklara göre % 25-30 oranında daha fazla çeki gücüne gerek vardır. Ayrıca sürümden sonra ortaya çıkan keseklerin parçalanması için de ilave çeki gücüne gerek duyulur. Islak topraklarda normal bakteri faaliyeti bulunmaz. Bunun sonucunda toprağın fiziksel özellikleri bozulur, teksel yapıya dönüşür. Islak toprakların en önemli zararlarından biri de havalanmanın yetersiz oluşudur. Toprak içindeki havanın gerek bitki köklerinin solunumu, gerekse yeterli hava koşullarında yaşayabilen bakterilerin faaliyetleri bakımından çok önemlidir. Yüksek taban suyu, toprak yüzeyinde tuz birikimine neden olur. Toprakta tuzlanmanın temel nedeni toprakta bulunan fazla su miktarıdır.

Tarım alanlarındaki drenajın faydaları şöyle özetlenebilir:

- Toprakta yeterli bir hava akımı sağlanır ve bitki köklerinin solunumu kolaylaşır.
- Toprağın daha çabuk ısınması ve mikroorganizmalar yardımıyla da organik maddelerin daha fazla ve çabuk parçalanması sağlanır.

- Hava ve nem dengesi sağlandığı için bitki kök sistemi kolay gelişir. Böylece derinlere kadar inen kök sistemi ile bitkiler kurak periyotlarda bile yeterli suyu bulabilirler.
- Toprağın yapısı düzelir. Ağır bünyeli topraklar kolay işlenir ve toprak işleme araçlarına gerekli olan çeki gücü gereksinimi azalır.
- Bitkisel üretim artırılarak bitki desenlerinde ve münavebe sisteminde çeşitlilik sağlanır.
- Tarım arazilerinin değeri artar.
- Toprakta tuz birikmesi önlenir.
- Islak ve bataklık araziler ıslah edilerek tarımsal üretime açılır.
- Arazide mevcut yapılar, yollar ve diğer yapılar korunur.
- Çevrede yaşayan toplumun sağlık koşulları iyileştirilir.
- Toprak-su-hava oranını düzelterek, topraktaki bakterilerin ve mikroorganizmaların faaliyetini artırır.
- Diğer arazilere göre toprak ısı 5,5 °C daha sıcaktır.
- Toprakların fiziksel özellikleri düzenlenerek toprakta yeterli bir hava akımı oluşur ve ortamda artan oksijen sayesinde bitki kökleri solunumu kolaylaşır ve iyi bir kök gelişimi sağlanmış olur.
- Hava, sıcaklık ve mikroorganizmalar yardımıyla organik maddelerin daha fazla ayrışması sağlanır.
- Daha bol ve kaliteli ürün elde edilir.
- Toprağın yapısı düzeleceğinden toprağın işlenmesi kolaylaşır ve çeki gücü gereksinimi azalır.

Tarım alanlarında drenaj sorunu, topografya ve toprak koşullarının, yüzey ve yeraltı sularının doğal bir boşaltma ağzına ulaşmasını engellediği veya bu ulaşmanın arzu edilen çabuklukta olmadığı durumlarda ortaya çıkar. Böyle durumlarda suyun yüzeyde birikmesiyle, göllenmeler toprağın yüzeyine kadar su ile doyması ile de bataklıklar ve ıslak araziler oluşur. Drenaj sorunu, toprak yüzeyinde veya bitki kök bölgesinde gereğinden fazla su bulunmasından ortaya çıkmaktadır. Eğer su arazi yüzeyinde gölleniyorsa sorun “yüzey drenajı”, toprak altında birikiyorsa “toprakaltı drenajı”dır. Tarla içi drenaj sorunları genellikle sulamalar sonucunda ortaya çıkar.

Sulu tarım alanlarındaki drenaj sorununun başlıca nedenleri şunlardır:

- Sulama suyunun getirilmesi ve tarlaya uygulanması sırasında ortaya çıkan su kayıpları
- Artezyenik sular
- Kontrolsüz olarak gereğinden fazla suyun toprağa verilmesi
- Toprak altından tarım alanlarına gelen yabancı sular
- Fazla yağış ve taşkın suları
- Yağışlı bölgelerde ortaya çıkan drenaj sorununun başlıca kaynağı fazla yağışlar
- Kurak ve yarı kurak bölgelerde ise drenaj sorunu

Drenaj sorunları aşağıda sıralanan arazi gözlemleri ile belirlenebilir:

1. Çukur yerlerde uzun süre su göllenmesi
2. Yüzeyde tuz lekelerinin birikmesi
3. Bitkilerde, yaprak yanması ve kök çürüklüğü ile toprak nemine bağlı hastalıkların artması
4. Fazla sivrisinek artması
5. Suyu seven yabancı otların artması
6. Tarım makinelerinin toprak yüzeyinde derin iz bırakması
7. Ürünlerdeki verim düşüklüğü

Drenaj etütlerinin amaçları tarım alanlarında, uygun drenaj sistemlerinin planlanması ve projelenmesi için gerekli verileri temin etmektir. Burada mevcut veriler toplanır, ön etüt çalışmaları yapılır ve daha sonra ayrıntılı etüt çalışmaları yapılır. Doyma noktası, kuramsal açıdan, tüm toprak gözenek hacminin su ile dolduğu durumdur. Doyma noktasında nem tansiyonu sıfırdır. Ancak, % 85-90'ı su ile dolar ve bunun sonucunda havalanma istenir. İyi drenaj koşullarında, fazla su, yerçekiminin etkisi ile derinlere sızar.

#### ✓ Tarla Kapasitesi

Serbest drenaj koşullarında, toprak parçacıklarının yerçekimine karşı bünyesinde tuttuğu su miktarıdır.

Tarla kapasitesi bünye, yapı, parçacıkların biçimi ve gözenek durumuna göre değişir. Bitki için tarla kapasitesi en yararlı düzeydir. Hafif topraklar kısa sürede, ağır topraklar uzun sürede tarla kapasitesine ulaşır. Tarla kapasitesinde toprak nem tansiyonu 1/3 atm.'dir.

Solma noktası; bitkinin solmaya başladığı ve topraktan su alamadığı toprak nem düzeyidir. Kumlu topraklarda %2'den, killi topraklarda %30'a kadar değişir. S.N.'daki nem miktarına; bitki su tüketim hızı, bitki çeşidi, topraktaki tuz miktarı ve toprağın bünyesi etkilidir. Uygulamada 15 atm. olarak alınır. Solma noktası, bitki yetiştirme yoluyla ve bozulmamış toprak örnekleriyle belirlenebilir.

Toprakta suyun hareketi doymuş ve doymamış koşullardaki hareketi farklıdır. Doymuş akış yer altı suyunun kuyuya, drenajda borulara, kanallara yakınlığı ile ilgilidir. Sulamada, üst katmanlardaki akış bütünüyle yerçekimi etkisi altında olup, yüksek basınçtan, düşük basınca doğru hareket eder. Doymamış akışta gözenekler dolu değildir. Sulama sırasında, sonra ve suyun bitkiler tarafından kullanılması, bu akışa örnektir. Su emme basıncı düşük yerden yüksek yere doğru akar. Bu hareket kapılar ve yerçekimi kuvvetlerinin etkisi altındadır.

### Drenaj Nasıl Yapılır?

Öncelikle drenaj ihtiyacı olan tarım arazisinde yapılacak saha çalışmaları ile yapılacak drenajın boyutları belirlenmelidir. Bölgenin meteorolojik, jeolojik, topoğrafik, hidrolojik, edafik (toprak ile ilgili) ve hangi tip tarım bitkisinin yetiştirildiğine ilişkin bilgilerin elde edilmesi gereklidir. Daha sonra tarım alanındaki saha çalışmalarından taban suyu yüksekliği, artezyen suyunun varlığı ve topoğrafik özellikleri belirlenmelidir.

### Drenaj Sisteminin Tasarlanması

Drenaj fazla sulardan ileri gelir. Fazla suların kaynağı yağış, sulama suyu ve sızma olabilir. Bir yerde drenaj sorununu çözmek için önce fazla suyun kaynağının belirlenmesi gereklidir. Çünkü fazla suyun kaynağı drenaj sisteminin tipini belirlemede en önemli etkidir. Örneğin drenajın nedeni yağışlar ise buna yüzey drenajı, açık drenaj kanalla-



rı ve yüzey altı borulu sistem etkili olurken, yatay sızmalara kuşaklama dreni, artezyenik basınçlı kaynaklı sızmalara ise pompaj kuyuları gerekir. Eğer bir alanda fazla su varsa, bu sular yüzeyde göllenir veya zamanla toprağa sızar. Sızan sular düşük geçirimli veya geçirimsiz bir katta birikerek zamanla toprak altında taban suyunu oluşturur. Taban suyu düzeyi fazla suyun kaynağına bağlı olarak mevsimlere göre değişir. Eğer fazla suyun kaynağı yağışlar ise taban suyu düzeyi doğal olarak yağışlı dönemlerde yükselir. Fazla suyun kaynağı sulama suyu ise bu durumda taban suyu tablası sulama mevsiminde, başka bir deyişle bitki yetiştirme döneminde yükselir. Sızmaların kaynağı ve nedeni değişik olabilir. Bunlar başka havzalardan, artezyenik basınçtan veya kanal sızmalarından ileri gelebilir. Taban suyunun varlığı, derinliği toprak içinde alçalıp yükselmesi veya dalgalanması gözlem kuyuları ile sızmaların varlığı ve yönü ise piyezometrelerde izlenir ve belirlenir.

### Drenaj Tipleri

Tarımsal alanlarda kullanılan drenajlar genellikle açık drenajlar (Yüzey Drenajları) ve kapalı drenajlar (Yeraltı Drenajları) olarak iki şekilde sınıflandırılır. Toprak yüzeyinde fazla su sorunu var ise açık drenajlar, toprak altında fazla su var ise kapalı drenajlar uygulanır.

### Açık Drenajlar (Yüzey Drenajları)

Yüzey drenajı; arazi yüzeyindeki eğimin düzeltilerek fazla suyun toprak yüzeyinden ve bir kısmının da üst toprak profili içerisinde uzaklaştırılmasıdır. Toprağın üst kısmında (yüzeyinde) fazla su tutuluyor ise bu suyun uzaklaştırılmasında açık drenaj sistemleri uygulanmalıdır. Su toprak yüzeyinde 1 günden fazla durursa bitkiye zarar

vermeye başlar. Açık drenaj yönteminde arazinin eğimi önemli rol oynar. Eğer arazi eğimsiz (eğim %2'den az) ise yastık sistemi uygulanabilir. Yastık sisteminde eğimin olduğu yöne doğru ekim-dikim yapılmayacak derin karıklar açılarak fazla suyun buralarda toplanması ve tarladan uzaklaşması sağlanır. Ya da yan yana bulunan tarlaların aynı yönde işlenmesi oluşturulacak paralel tarla drenajı sistemi uygulanabilir. Eğimli arazilerin yüzey drenajı ise (eğimin % 4'den fazla olduğu alanlar) eğime dik gelecek şekilde açılan hendekler ile yapılabilir. Eğer arazinin eğimi % 10'dan fazla ise eğime paralel teraslar açılarak bu alanlardaki fazla su uzaklaştırılmış olur (Şekil 3.4).

Toprağın üst kısmında (yüzeyinde) fazla su tutuluyor ise bu suyun uzaklaştırılmasında açık drenaj sistemleri uygulanmalıdır. Açık drenaj sistemi genel anlamda, drenaj sorunu olan alandaki fazla suları toplayan ve taşıyan kanal sistemi olarak tanımlanabilir. Açık drenaj kanalları hem toprak yüzeyindeki suların boşaltılacağı bir boşaltım yeri hem de büyük tarımsal alanlardan gelen suları iletme işini üstlenir.



**dikkat**

Açık kanallardan oluşan yüzey drenaj yöntemlerine yüzey drenaj sistemleri denir.

- Açık yüzeysel drenaj kanalları; toprak yüzeyine sığ olarak açılan kanallardır. Sulama sırasındaki su kayıplarının sulama suyu artığının ve şiddetli yağışlar sonucunda oluşan fazla suların uzaklaştırılmasına hizmet eder.
- Açık derin drenaj kanalları; tabansuyu düzeyini kontrol etmek ve yağışlardan sonra oluşan yüzey sularını uzaklaştırmak amacıyla kururlar.



Şekil 3.4 Açık drenaj sistemi.



## Açık (Yüzey) Drenaj Sistemlerinin Çeşitleri

Tarım alanlarında uygulanan yüzey drenaj sistemleri drenaj kanalının yönüne ve kanalların birbirlerine olan pozisyonlarına göre genel olarak 5 başlık altında sınıflandırılır. Bunlar;

1. Rastlantısal drenaj sistemleri
2. Paralel drenaj sistemleri
3. Yastık drenaj sistemleri
4. Paralel açık hendek drenaj sistemleri
5. Eğime çapraz hendek drenaj sistemleridir.

## Kapalı Drenaj Çeşitleri (Yeraltı Drenajları)

Fazla su bitkinin kökünde yani toprak altında bulunuyorsa, başka bir ifade ile taban suyu yüksek ise kapalı drenaj sistemleri uygulanarak bu fazla su ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Toprakta bulunan fazla suların toprak profili içerisinde dren boruları veya dren kanalları aracılığıyla uzaklaştırılması 'toprakaltı drenajı' olarak tanımlanır. Yeraltı drenajı (Taban Suyu Drenajı) yağışla, sulamayla, yüksek bölgelerdeki sulama kanallarından ve ya hendeklerden sızan sular ve artezyen basınç altındaki yeraltı

suyu ile seviyesi yüzeye doğru yükselen su tabakasını düşürmek için kullanılmaktadır. Toprakaltı drenaj sistemlerinde tarladaki suyu uzaklaştıran tarla içi drenleri 'emici' tarla içi drenlerin suyunu toplayan drenler 'toplayıcı' olarak adlandırılır. Sulama alanlarındaki emiciler, toplayıcılar ve ana drenler üç şekilde düzenlenir (Şekil 3.4)

1. Bileşik açık kanal sistemleri
2. Tekli borulu drenaj sistemleri
3. Bileşik borulu drenaj sistemleri

Kapalı (borulu) drenaj sistemleri 5 ana başlık altında toplanır.

Bunlar şöyle sıralanabilir:

1. Paralel sistemler
2. Kaburgalı sistemler
3. Çift toplayıcı sistemler
4. Rastlantısal sistemler
5. Grup sistemler

Burada da esas olan arazinin eğimi ve suyun nihai olarak toplanma yeridir. Buna göre drenajın yönü belirlenir.

Arazinin eğimine göre fazla suyun tahliye edileceği yöne doğru iş makineleri ve uygun drenaj malzemeleri kullanılarak kapalı drenajlar inşa edilir.

### Öğrenme Çıktısı



- 11 Tarımsal drenajın genel amaçlarını ve önemini değerlendirebilme
- 12 Tarımsal alanlarda drenaj eksikliğinin nedenleri ve zararlarını örneklendirebilme
- 13 Drenaj sisteminin tasarlanması, drenaj tipleri ve yapılışını sıralayabilme

Araştır 6

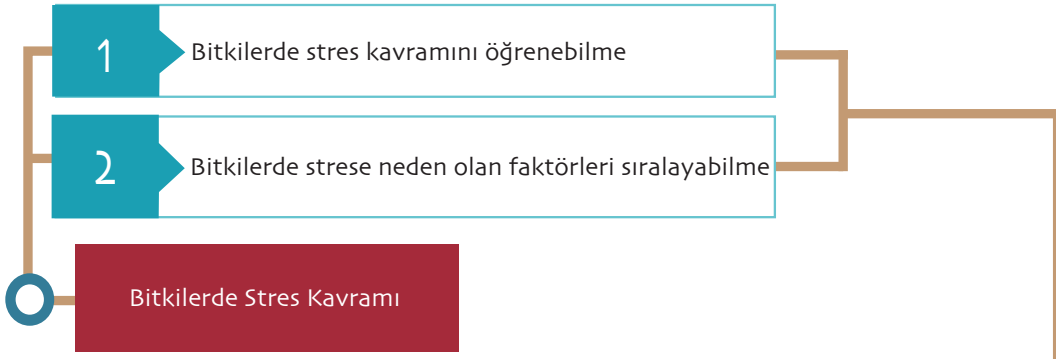
Drenaj nedir? Çeşitleri nelerdir? Açıklayınız.

İlişkilendir

Çevrenizdeki tarım alanlarında uygulanan drenaj sistemlerini hatırlayın ve bitkiler için yararlarını değerlendirin.

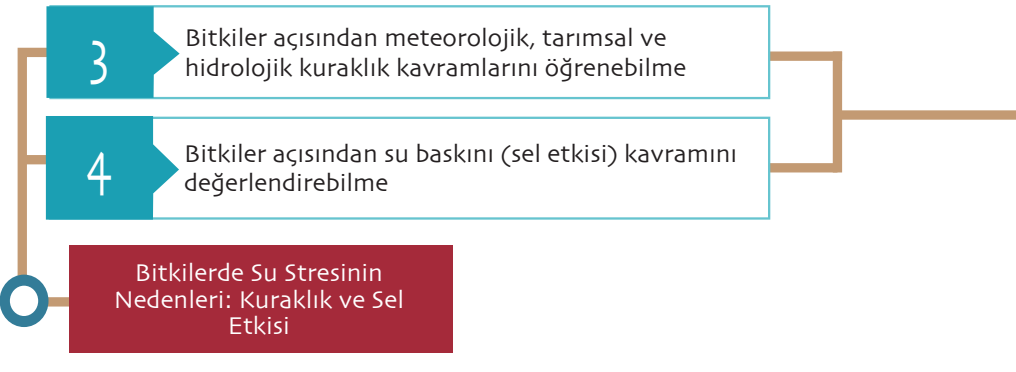
Anlat/Paylaş

Saksılardaki drenaj sistemini ve önemini anlatın.



Bitki yaşamının herhangi bir aşamasında meydana gelen ve yaşamsal faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyen tüm olaylara genel olarak stres (baskı) denir. Stres etmenleri genellikle çevre (dış ortam) kaynaklıdır. Sıcaklık gibi bazı stres faktörleri birkaç dakika gibi çok kısa süreliğine stres oluştururken su kıtlığı, mineral eksikliği gibi faktörler günlerce hatta aylarca devam edebilmektedir. Stres durumunda bitki metabolik faaliyetlerini ya başka bir yöne kaydırır ya da azaltır. Bu da bitkilerde önemli fizyolojik ve metabolik olumsuzlukların sebebi olabilir. Bu durum da bitkinin ölümüne, organ kaybına ya da ürün kalitesinin ve miktarının azalmasına neden olabilir.

Bitkilerdeki stres faktörleri Abiyotik (Fizikokimyasal) (Cansızlardan Kaynaklananlar) ve Biyotik (Canlılardan Kaynaklananlar) olmak üzere 2 ana başlık altında incelenmiştir (Çizelge 1). Buna göre Abiyotik faktörler Fiziksel ve kimyasal faktörler olarak 2 kısma ayrılmaktadır. Fiziksel faktörler; Işık, Sıcaklık, Su, Toprak, Mekanik Etkiler ve iklimsel değişimler ana başlıklarında, kimyasal faktörler; gazlar ve mineral maddeler ana başlıklarında incelenmiştir. Fiziksel faktörler; Işığın artması, azalması ve istenmeyen dalga boyundaki ışıklar, sıcaklık; yüksek, düşük ve sıfırın altındaki don olayları, su; su azlığı (Kuraklık), su fazlalığı (Sel etkisi), toprak; kuru, nemli, taşlı, sıkı ve gevşek gibi başlıklarda, mekanik etkiler, rüzgar, erozyon, toprak kapatması, kar kapatması ve buz kapatması ve son olarak da iklim değişikliklerinin bölgesel olarak meydana getirdiği olumsuz etkiler başlıklarında sınıflandırılmıştır. Kimyasal faktörler ise zararlı ve yararlı gazlardaki artış ve azalmalar, mineral maddelerdeki (besin maddeleri) eksiklik, fazlalık, bu maddelerin oranlarındaki dengesizlikler, tuzluluk, ağır metal birikimleri, ortamın pH'sındaki artmalar ve azalmalar şeklinde ayrılmıştır.



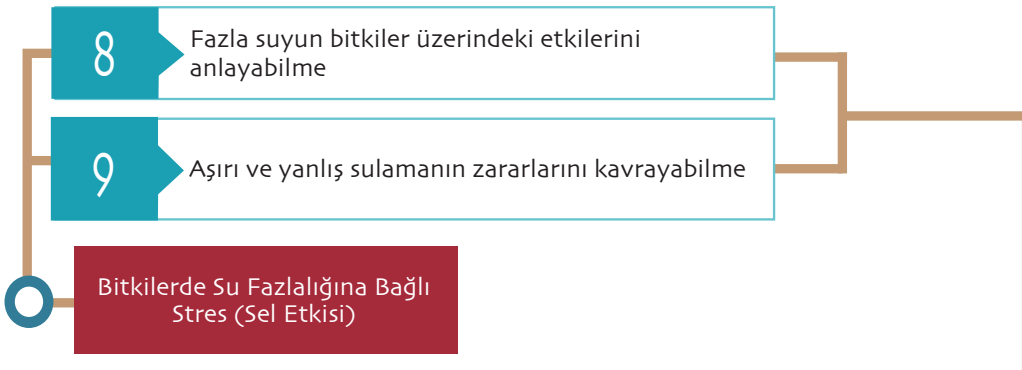
Meteorolojik kuraklık uzun bir zaman periyodu boyunca yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesidir. Bu durumun uzun süre devam etmesi tarımsal kuraklığın ortaya çıkmasına ve verimin düşmesine neden olmaktadır. Tarımsal kuraklıkla birlikte bitkinin kök bölgesinde, büyüyüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu ortaya çıkmaktadır. Bu durum meteorolojik kuraklığın ortadan kalkması ile yok olur. Fakat meteorolojik kuraklık çok uzun süre devam ederse tarımsal kuraklık üzerine hidrolojik kuraklık etkileride eklenmektedir. Hidrolojik kuraklık yer altı sularındaki azalma nedeni ile meydana gelmektedir. Hidrolojik kuraklık yeraltı su kaynakları, yüzey suları veya yağış dönemlerinin etkisi ile ilişkilidir.

Suyun kıtlığında olduğu gibi su fazlalığında da bitkiler strese girmektedir. Nehir, ırmak, dere ve göllerin taşması ya da aşırı yağışlar sonucu suyu alt katmanlara geçiremeyen topraklarda kısa süreli su baskını (sel etkisi) etkileri gözlenmektedir. Bu durumda topraktaki oksijen seviyesi azalmakta ve bitki kökleri ile diğer organlar solunum yapamaz duruma gelmektedirler. Solunum meydana gelememesi ilk aşamada verimde düşmeye ve bunu takiben stres faktörü ortadan kalkmadığı durumda bitkinin ölümüne neden olmaktadır.

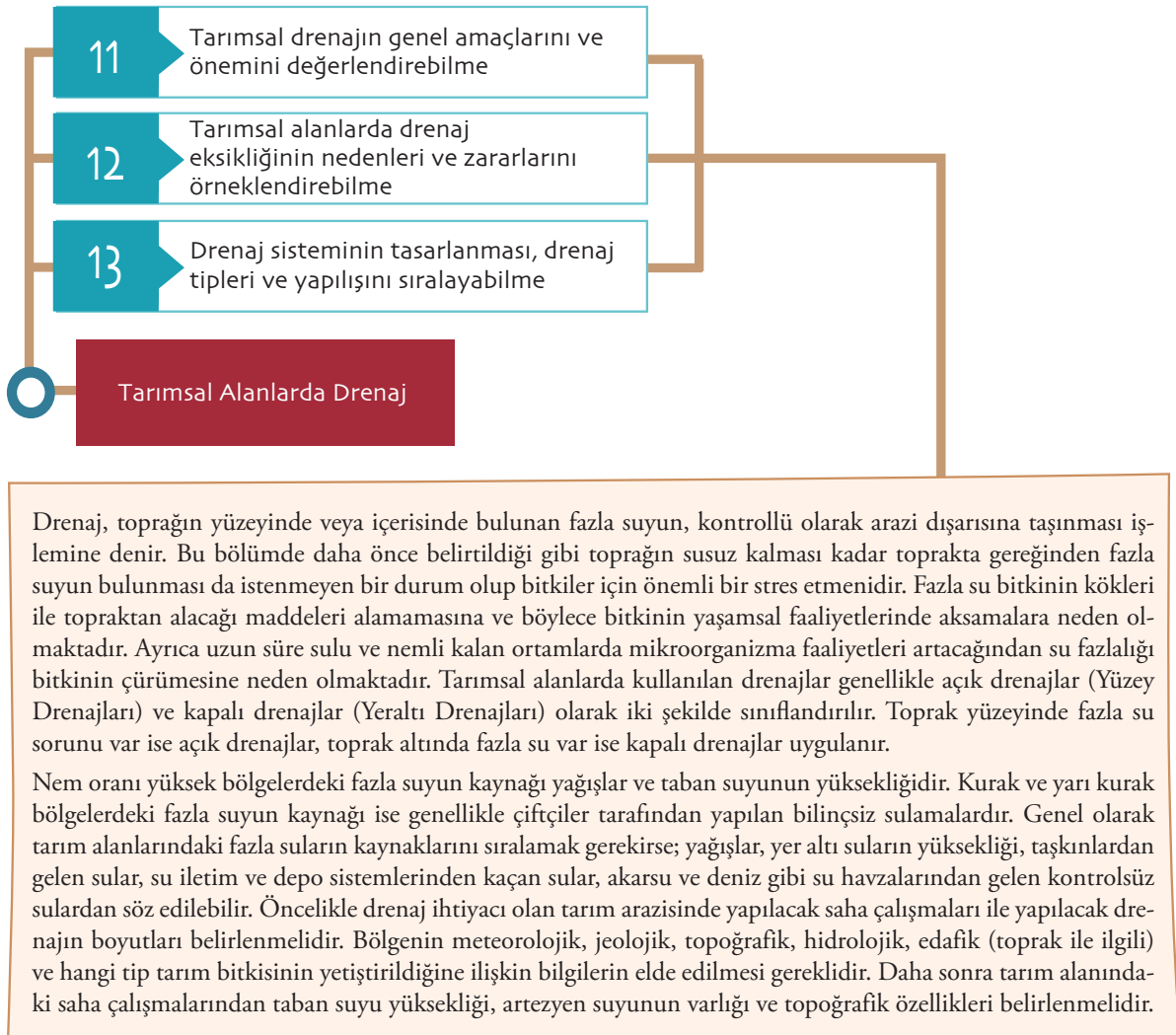
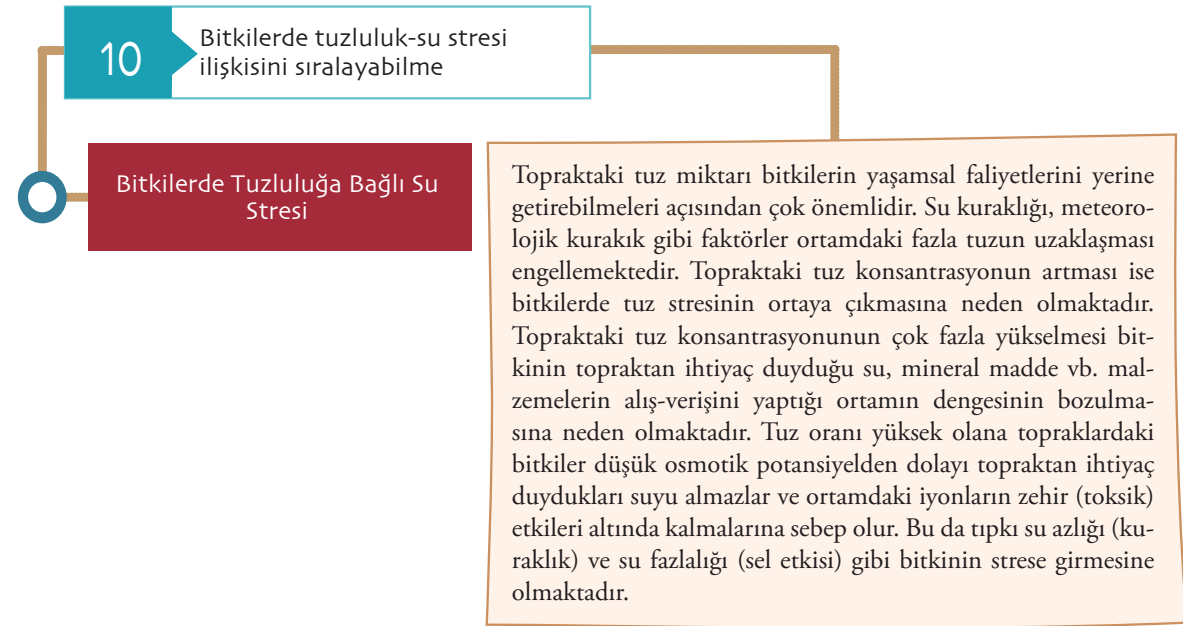


Belli bir bölgedeki su azlığı (kıtlığı) ile o bölgenin havasındaki nem miktarındaki sürekli olmayan dengesizlikle olan ilişkisine kuraklık adı verilir. Kuraklığa adaptasyon ve alışma bitkilerde morfolojik, anatomik, sitolojik (hücresel), biyokimyasal ve moleküler seviyede olabilir. Ancak tüm bu etkiler bitkinin tamamında organizasyon seviyesinde birbirleriyle ilişkili olaylar şeklinde gerçekleşmektedir. Kuraklık (su kıtlığı) stersine giren bir bitkinin yaprakları solar böylece bitkide hem su kaybı, hem de ışığın etkisi azaltılmış olur. Böylece yapraklar üzerindeki ısı stresinin etkisi azaltılmış olur. Bitkileri genel olarak stres koşullarına iki şekilde cevap verirler. Ya stresten kaçarlar ya da stres durumuna direnç gösterirler. Streten kaçmanın temel şekli stres koşullarının etkisini azaltmak şeklinde gerçekleşir. Bitkiler yaprak yüzeylerin azaltarak, kalınlığını, kutikula kalınlığını ve stoma sayılarını artırarak ya da yumru oluşturarak bu zor koşullardan kaçmaya çalışırlar. Stres koşullarına direnç gösterme durumu ise stresin oluşturduğu olumsuz etkilerin tamir edilmesi veya tamamen ortadan kaldırılması şeklinde olabilir.

Su stresine maruz kalan bitkilerin bünyelerinde bu olumsuzluğa karşı dayanabilmek fizyolojik, metabolik ve morfolojik uyumlar gelişir. Stomalar ile ilgili uyumlar; fotosentez olayı ile ilgili düzenlemeler, Osmotik ayarlama ve morfolojik uyumlar ile bitki kuraklık ile başa çıkar.



Bitkiler için su azlığı ne kadar zararlı ise ortamda gereğinden fazla su bulunması da o kadar zararlıdır. Su fazlalığı durumunda bitki strese girer. Bunun en önemli nedeni toprağın uzun süre su ile kaplanması ve toprak içerisindeki oksijenin azalmasıdır. Toprak içindeki oksijen bitkinin köklerinin oksijenli solunum (aerob) yaparak enerji kazanılmasını sağlar. Eğer bitkinin kökleri yeteri kadar oksijenden mahrum kalır ise az miktarda oksijensiz solunum (anaerobik) yaparak yaşamını devam ettirmeye çalışsa da bu çoğu zaman yeterli olmaz. Oksijenin gerekli miktardan az olması (anaerobiyosis) karasal bitkilerin genellikle ölmesi ile sonuçlanmaktadır.



1 Aşağıdakilerden hangisinde domates, salatalık ve karpuz gibi tarım ürünlerinin yaklaşık olarak içerdiği su miktarı (% olarak) doğru olarak verilmiştir.

- A. % 10-20
- B. % 30-40
- C. % 40-50
- D. % 50-60
- E. % 80-90

2 Bitkideki suyun buharlaşarak yapraktaki stomalardan kaybedilmesi aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Drenaj
- B. Kuraklık
- C. Transpirasyon
- D. Kuraklık stresi
- E. Transdüksiyon

3 Bitki yaşamının herhangi bir aşamasında meydana gelebilen ve bitkinin fizyolojik, metabolik ve morfolojik özelliklerinde hasar oluşturan çevresel kaynaklı etkilere verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Stres Faktörü
- B. Büyüme Faktörü
- C. Kuraklık Faktörü
- D. Sel Etkisi
- E. Adaptasyon Etkisi

4 Bitkinin stres faktörleri ile başa çıkabilme yeteneği aşağıda verilenlerden hangisidir?

- A. Stres Toleransı
- B. Stres Büyüklüğü
- C. Stres Çapı
- D. Stres Yoğunluğu
- E. Stres Rengi

5 Aşağıdakilerin hangisi biyotik bir faktördür?

- A. Su azlığı
- B. Işık azlığı
- C. Topraktaki mineral madde azlığı
- D. Tarla fareleri
- E. Drenajın yokluğu

6 Bitkilerde belli bir zaman dilimi içerisinde terleme ile kaybedilen suyun, yine aynı zaman diliminde dışarıdan alınan sudan daha az olması durumu aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Yaşam Stresi
- B. Kuraklık Stresi
- C. Büyüme Stresi
- D. Ürün Stresi
- E. Hasat Stresi

7 Hücre özsuyunun yüksek ozmotik yoğunluktan dolayı dış ortamdaki su, hücre içine doğru hareket eder ve içeri giren su molekülleri hücre zarını dışarı yani hücre çeperine doğru bir basınçla iter bu basınca verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Ozmotik Basınç
- B. Turgor basıncı
- C. Çeper Basıncı
- D. Su Kıtlığı Basıncı
- E. Su Fazlalığı Basıncı

8 Taban suyunun bitkinin alacağı mesafenin de altın düşmesi aşağıdaki verilenlerden hangisidir?

- A. Akut Kuraklık
- B. Fizyolojik Kuraklık
- C. Yıllık Kuraklık
- D. Mevsimsel Kuraklık
- E. Kronik Kuraklık

9 Kuraklık stresine giren bir bitkinin, köklerini daha aşağılara doğru uzatması, yapraklarında tüy gibi bazı yapıların oluşması ve koruyucu dokusunun dış kısmında kutikula gibi mumsu bir tabaka oluşturması aşağıdaki adaptasyonlardan hangisidir?

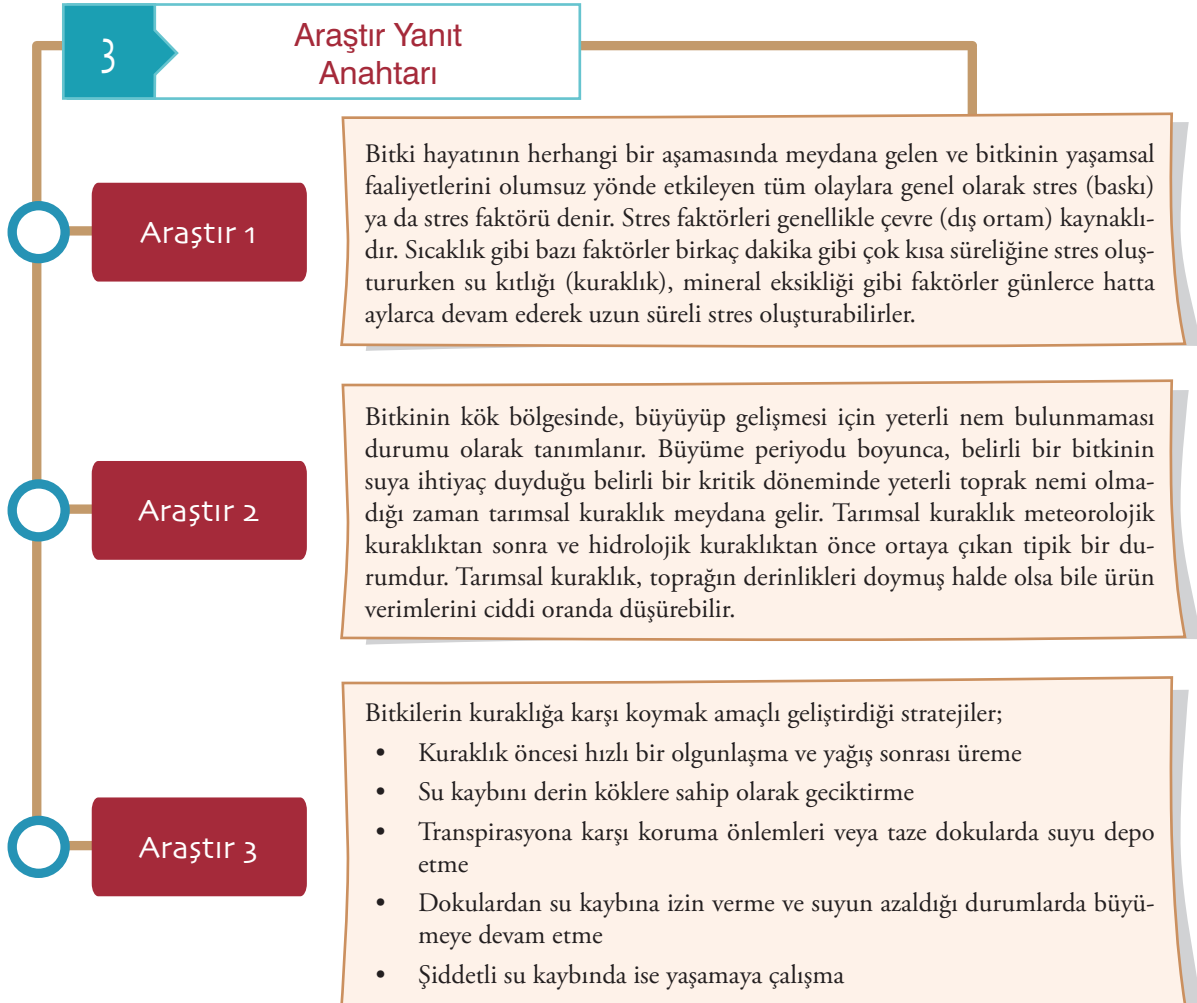
- A. Kimyasal
- B. Fizyolojik
- C. Palinolojik
- D. Morfolojik
- E. Antropojenik

10 Toprağın yüzeyinde veya içerisinde bulunan fazla suyun, kontrollü olarak arazi dışına taşınması işlemin aşağıda verilenlerden hangisidir?

- A. Sel Etkisi
- B. Kuraklık
- C. Drenaj
- D. Su Kanalı
- E. Su Pompası



1. E	Yanıtınız yanlış ise “Giriş” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	6. B	Yanıtınız yanlış ise “Bitkilerde Stres” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. C	Yanıtınız yanlış ise “Giriş” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	7. B	Yanıtınız yanlış ise “Bitkilerde Stres” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. A	Yanıtınız yanlış ise “Bitkilerde Stres” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	8. E	Yanıtınız yanlış ise “Bitkilerde Stres” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. A	Yanıtınız yanlış ise “Bitkilerde Stres” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	9. D	Yanıtınız yanlış ise “Su Stresine Maruz Kalan Bitkilerin Geliştirdikleri Adaptasyonlar” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. D	Yanıtınız yanlış ise “Bitkilerde Strese Neden Olan Faktörlerinin Sınıflandırması” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	10. C	Yanıtınız yanlış ise “Drenaj” konusunu yeniden gözden geçiriniz.



3

### Araştır Yanıt Anahtarı

#### Araştır 4

Su fazlalığı durumunda da bitki strese girer. Toprağın uzun süre su ile kaplanması toprak içerisindeki oksijenin azalmasına neden olur. Buda toprak içerisinde oksijensiz bir ortamın oluşmasına sebep olur. Toprak içindeki oksijen bitkinin köklerinin oksijenli solunum (aerob) yaparak enerji kazanılmasını sağlar. Eğer bitkinin kökleri yeteri kadar oksijenden mahrum kalır ise az miktarda oksijensiz solunum (anaerobik) yaparak yaşamını devam ettirmeye çalışsa da bu çoğu zaman yeterli olmaz. Oksijenin gerekli miktardan az olması (anaerobiyosis) karasal bitkilerin genellikle ölmesi ile sonuçlanır.

#### Araştır 5

Tuzlu ortamlarda yaşayan bitkiler (halofitler) bu ortamlarda yaşamak için bir takım adaptasyonlar (uyum) geçirdiklerinden normal bitkilerin yaşayamayacakları kadar tuz konsantrasyonuna sahip ortamlarda (Tuz Gölü) rahatlıkla yaşarlar. Yani tuzcul ortamlarda yaşamak halofitler için bir stres faktörü değildir.

#### Araştır 6

Drenaj, toprağın yüzeyinde veya içerisinde bulunan fazla suyun, kontrollü olarak arazi dışarısına taşınması işlemine denir. Tarımsal alanlarda kullanılan drenajlar genellikle açık drenajlar (Yüzey Drenajları) ve kapalı drenajlar (Yeraltı Drenajları) olarak iki şekilde sınıflandırılır. Açık drenajlar; Toprağın üst kısmında (yüzeyinde) fazla su tutuluyor ise bu suyun uzaklaştırılmasında açık drenaj sistemleri uygulanmalıdır. Açık drenaj sistemi genel anlamda, drenaj sorunu olan alandaki fazla suları toplayan ve taşıyan kanal sistemi olarak tanımlanabilir. Kapalı drenajlar ise yeraltı drenajı (Taban Suyu Drenajı) yağışla, sulamayla, yüksek bölgelerdeki sulama kanallarından ve ya hendeklerden sızan sular ve artezyen basınç altındaki yeraltı suyu ile seviyesi yüzeye doğru yükselen su tabakasını düşürmek için kullanılmaktadır.

## Kaynakça

- Anonim (2016a). www. <http://bahcivanlikrehberi.blogspot.com.tr>. (Erişim Tarihi: 20.07.2016).
- Anonim (2016b). www. [www.botes.com.tr/dokumanlar/013rizakanber.pdf](http://www.botes.com.tr/dokumanlar/013rizakanber.pdf), (Erişim Tarihi: 12.04.2016).
- Anonim (2016c). <http://dosya.co>, [bitkilerde\\_stres.pdf.html](http://dosya.co/bitkilerde_stres.pdf.html), (Erişim Tarihi: 08.05.2016).
- Anonim (2016d). <http://nairecikayevanadolu.meb.k12.tr>, (Erişim Tarihi: 10.07.2016).
- Anonim (2016). [http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Fme\\_ve\\_stres.pdf](http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Fme_ve_stres.pdf), (Erişim Tarihi: 27.04.2016).
- Anonim (2016e). Drenaj ve Drenaj İşleri. <http://www.dsi.gov.tr/docs/proje> (Erişim tarihi: 22.04.2016).
- Anonim (2016f). <https://www.google.com.tr/search?q=kapal>, (Erişim Tarihi: 30.07.2016).
- Anonim, (2016g). <https://www.google.com.tr/search?q=taban+suyu>, (Erişim Tarihi: 30.07.2016).
- Anonim (2016h). <https://www.google.com.tr/search?q=susuz+kalan>, (Erişim Tarihi: 30.07.2016).
- Anonim (2016i). **Tarımsal drenaj**. <http://sulamatr.com/tarimsal-drenaj/>. (Erişim tarihi: 27.07.2016).
- Büyük, İ., Soydam, A.S, Aras, S. (2012). **Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar**. Türk Hijyen Derneği Biyolojisi Dergisi, 69 (2), 97-110.
- Graham L.E., Graham, J. M., Wilcox, L.W. (2004). **Bitki biyolojisi** (Işık, K.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Kaçar, B., Katkat, A. V., Öztürk, Ş. (2010). **Bitki fizyolojisi**. İstanbul: Nobel Yayın Dağıtım A.Ş.
- Kadıoğlu, A. (2007). **Bitki fizyolojisi**. Trabzon: Esen Ofset Matbaacılık.
- Kapluhan, E. (2013). **Türkiye’de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi**. Marmara Coğrafya Dergisi, 27, 487-510.
- Kutlu, İ. (2010). **Tahıllarda kuraklık stresi**. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 3 (1), 35-41.
- Odum, E.P., Barrett, G. W. (2008). **Ekoloji’nin temel ilkeleri** (Işık, K.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Önder, N., Yentür, S. (1997). **Bitkilerde metabolizma fizyolojisi**. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Özen, Ç. H. ve Onay, A. (2013). **Bitki fizyolojisi**. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Örs, S. ve Ekinci, M. (2015). **Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi**. Derim, 32 (2), 237-250.
- Öztürk, N.Z. (2015). **Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar**. Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(5), 307-315.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2008). **Bitki fizyolojisi**. (İ. Türkan). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Yazgan, S. (2008). **Sulama ve drenaj**. <http://tys.home.uludag.edu.tr/sulama-tum.pdf>. (Erişim tarihi: 26.06.2016).
- Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B. (2011). **Bitkilerin tuz stresine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri**. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 7 (1), 47-66.

## Görsel Kaynaklar

- Şekil 3.1:** <https://www.google.com.tr/search?q=Kuraklık> (Erişim Tarihi:08.05.2016)
- Şekil 3.2:** <https://www.google.com.tr/search?q=Susuz+kalan+topraklar> (Erişim Tarihi:30.07.2016)
- Şekil 3.3:** <https://www.google.com.tr/search?q=tarimsal+drenaj> (Erişim Tarihi:27.07.2016)
- Şekil 3.4:** <https://www.google.com.tr/search?q=açık+drenaj> (Erişim Tarihi:22.04.2016)

# Bölüm 4

## İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme

### Öğrenme Çıktıları

#### İklim, İklim Değişikliği, Sera Etkisi Tanımları, Kavramlar ve Ayrımlar

- 1 İklim, iklim değişikliği, sera etkisi kavramlarını ve bunlar arasındaki ayrımı öğrenebilme
- 2 Sera gazının kaynaklarını ve etkilerini kavrayabilme

#### Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Ekosistemler Üzerine Etkisi

- 4 Ekosistemleri ve iklim değişikliğinin ekosistemler üzerindeki etkisini ve sebeplerini kavrayabilme
- 5 Sera gazlarının iklim değişikliğine, küresel ısınma, kuraklaşma ve çölleşmeye etkisini öğrenebilme

#### Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İçin Alınması Gereken Önlemler

- 7 Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önlenmesi için alınması gereken önlemleri anlayabilme

#### Toprak ve Arazi Bozulumu

- 3 Toprak bozulması, erozyon, çölleşme ve kuraklaşma kavramlarını anlayabilme

#### İpcc (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli), İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü

- 6 İklim değişikliğinin küresel ve bölgesel etkilerini kavrayabilme

**Anahtar Sözcükler:** •Küresel Isınma • İklim Değişikliği • Erozyon ve Toprak Bozulması • Kuraklaşma • IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) • Kyoto Protokolü • Sera Gazları ve Sera Etkisi • Ekosistem ve Ekosistem Çeşitleri



## GİRİŞ

Dünyamızın bugünkü görünümü kazanması çok uzun jeolojik devirler boyunca meydana gelen olayların bir sonucudur. Yerküre, yaşam kaynakları olan karasal, denizel ve tatlı su ekosistemleri ile atmosferi arasında kendi içinde, kendi kurallarıyla oluşan bir denge halindedir. Yeryüzündeki canlılığın devamı ise bu yaşam kaynaklarının varlığına ve sürdürülebilirliğine bağlıdır. Atmosferde yer alan ve doğal döngü içinde oluşan gazlardan karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), azotoksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ), su buharı ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ve ozon ( $\text{O}_3$ ), sera etkisi yaparak yeryüzünün sıcaklığının korunması sağlarlar. İnsan faaliyet ve müdahaleleri sonucu özellikle de Sanayi Dönemi sonrasında ortaya çıkan sera gazlarının atmosferdeki bu doğal miktarının artmasına bağlı olarak, küresel ölçekte sıcaklık artışı, iklimlerde kayma ve değişiklik tüm dünyanın sorunu haline gelmiştir. Fosil yakıt kullanımındaki artış, yanlış arazi kullanımı, tarımda bilinçsiz ve fazla gübre kullanılması gibi daha pek çok faktör küresel ısınmaya neden olmaktadır. Küresel ısınma sonucunda ortaya çıkan olaylar ise insanları daha doğrusu ekosistemde yer alan tüm canlıları olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkilerin başında doğal erozyona ilave olarak hızlandırılmış erozyon sürecinde artma, kullanılabilir tarım arazilerinde azalma, doğal vejetasyon yapısında bozulmalar, su kaynaklarında azalma, canlıların değişen ortam koşullarına karşı yer değiştirmesi veya yok olması (karasal ve sucül ekosistemlerde biyolojik çeşitliliğin azalması), atmosferde yoğunluğu artan  $\text{CO}_2$ 'i depolayan denizlerin pH seviyesindeki düşüş ve asitlik derecelerinin artması, beklenmeyen iklimsel olaylar (sel ve şiddetli fırtınalar) gibi daha pek çok olay meydana gelmiş ve halen de devam etmektedir.

Gerek doğal, gerekse antropojenik etmenler ile oluşan ve gün geçtikçe artan küresel ısınma ve iklim değişikliklerine bağlı kuraklık, arazi yapısında bozulmalar ve çölleşme sürecinin başlaması dünyadaki tarımsal arazilerin verimliliğini ve kalitesini tehdit ettiği için pek çok ülke bu konuda önlemler almaya yönelmiştir. Yeryüzündeki toprakların yaklaşık olarak üçte biri yarı nemli, yarı kurak ve kurak iklim özelliklerindedir. Bu alanlardaki çölleşme sürecinin son 30 yılda hızlandığı bilinmektedir. Ülkemizin de içinde bulunduğu coğrafi konum, iklimsel şartları bölgeyi çölleşmeye karşı hassas bir konuma getirmektedir, özellikle de İç Anadolu bölgesi olmak üzere Türkiye topraklarının yaklaşık %80'lik bir kısmı çölleşme sorunu ile karşı karşıyadır. IPCC

(Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli, Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi) raporlarına göre, eğer önlem alınmazsa küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeni ile 2070 yılına kadar ülkemizdeki yağış miktarının iyimser bir tahminle %5 ile %25 oranında düşeceği tahmin edilmektedir. Bunun dışında sera gazlarının artan etkisi ile 2100 yılına kadar sıcaklıkların da artacağı, bu durumun ülkemizin kuzey kesimindeki sıcaklığı 2,5-3°C, güney ve güneydoğu kesimlerinde 3-3,5°C, batı bölgelerinde ise 3,5-4°C kadar artması beklenmektedir.

Ülkemizin de yer aldığı uluslararası bazı sözleşmeler, panel ve protokoller (IPCC: Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli, Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü gibi) kapsamında, küresel ısınmaya sebep olan faktörleri en aza indirmek, oluşan ve devam edeceği öngörülen iklim değişikliğine karşı önlemler alınmakta, bu değişikliklere uyum eylem paketleri hazırlanmaktadır. Yaşanan tüm bu değişikliklerin negatif etkisi sadece bunlarla da sınırlı kalmadığı kalmayacağı da açıktır. İklim değişikliğinin temel sebeplerinden birinin de atmosferde sera gazlarının miktarındaki artış olduğunu, atmosferdeki sera gazlarının bir kısmının aynı zamanda atmosferin gaz kirleticileri olarak değerlendirildiğini biliyoruz. Sera gazlarındaki artış beraberinde sadece küresel ısınma ve iklim değişikliğini getirmekle kalmayıp aynı zamanda insan sağlığını ve ekosistemlerin işleyişini de tehdit eden bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Atmosferde gazların değişen oranları ile bağlantılı olarak, solunum yolu rahatsızlıklarında artışların gözlenmesine sebep olabileceği gibi ozon tabakasındaki incelmeye bağlı olarak özellikle de hassas ciltlere sahip kişilerde deri rahatsızlıklarının oluşmasını da tetikleyebilir. Bu direk etkilerinin yansısı, sucül ve karasal ekosistem ve döngülerinde meydana gelebilecek değişiklikler ise insan sağlığını dolaylı olarak etkileyecektir. Sucül ve karasal ekosistemlerde meydana gelen en büyük değişiklikler ise biyolojik çeşitliliğin negatif yönde etkilenmesidir.

## İKLİM, İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ, SERA ETKİSİ TANIMLARI, KAVRAMLAR VE AYRIMLAR

Günlük yaşantımızda defalarca hava ve iklim kelimelerini birbirinin yerine kullanılırız. Yaygın yapılan yanlışlardan bir tanesi de havanın iklim yerine kullanılmasıdır. **Hava**; dünyanın herhangi bir



bölgesindeki, belli bir zamandaki kısa süreli atmosferik olaylardır. Örneğin, Türkiye'nin herhangi bir şehrinde hava sabahın erken saatlerinde sisli ve serin, öğlen açık ve güneşli, akşamüstü ise yağmurlu ve rüzgârlı olabilir. Ancak bu durum tüm mevsim veya yıl boyunca sürmez. Tüm ülkelerde var olan ulusal Meteoroloji kurumları tarafından, güneşlenme ve bulutlanma süresi, yağış şekli (kar, yağmur, dolu vb.) ve miktarı, rüzgârın şiddeti ve süresi gibi tüm atmosferik olaylar ölçülerek kaydedilir ve ortalamaları alınır. Aynı zamanda bölgede gözlemlenen ekstrem (uç) olaylar da (anlık sıcaklık düşüşü veya yükselişi, fırtına, rüzgâr şiddetindeki değişiklik vb.) kaydedilir. **İklim**, belirli bir bölgede uzun bir zaman periyodunda görülen hava koşullarının ortalama ve uç değerlerini ifade eder. Buradan da anlaşılacağı gibi hava ile iklim arasındaki fark, zaman sürecidir. Yukarıdaki tanımlamaların ışığında, bir bölgenin ikliminin oluşmasındaki temel faktörler sıcaklık, güneş, yağış, rüzgâr, nem, basınç gibi doğal ve gözlemlenebilen-ölçülebilen faktörlerdir.



**dikkat**

Hava ile iklim arasındaki en önemli fark zaman sürecidir.

Fosil yakıt ve arazi kullanımı ile antropojenik olarak adlandırılan, insan faaliyetleri sonucu oluşan gazlar (özellikle karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve azotoksit (N<sub>2</sub>O)) atmosfere girerek hava olaylarına doğrudan veya dolaylı etki etmektedir. Bu etki, ekosistem döngülerinden en önemlileri olan su, azot ve karbon döngülerini etkileyerek oluşur. Bu şekilde sera gazları kısa zaman periyodunda hava olaylarının, uzun zaman periyodunda ise bölgenin ikliminin oluşumuna ve değişmesine etki etmektedir.

✓ Hava belli bir bölge ve kısa süreli bir zamanda etkili olan atmosferik olaylardır; iklim uzun bir zaman periyodunda görülen hava koşullarının ortalama ve ekstrem (uç) değerleridir.

Ülkemizin coğrafik yapısı, konumu, dağların şekilleri ve sıralanışları, farklı iklim tiplerinin oluşmasına neden olmaktadır. Ülkemizin kıyı kesim-

lerinde denizlerin etkisi ile ılıman iklim özellikleri gözlenirken, Kuzey Anadolu Dağları ve Toros sıradağları ılıman iklim özelliklerinin iç kesimlere girmesini önler. Bu yüzden Türkiye'nin iç kesimlerinde karasal iklim görülmektedir. Ülkemizde, Karasal İklim, Akdeniz İklimi, Marmara (geçiş) İklimi ve Karadeniz iklimi olmak üzere 4 iklim tipi ayırt edilebilir. Ancak ileride de anlatılacağı gibi bu iklim koşullarında küresel ısınmaya bağlı bazı değişiklikler gözlemlenmektedir.

## Sera Etkisi, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Dünya atmosferi, yerküreyi çepeçevre saran ve tahmini kalınlığı 100 km'nin üzerinde olan bir gaz karışımıdır. Bu gaz karışımı içindeki en yüksek oran, %78,08 ile N (azot) ve % 20,95 oranı ile O (Oksijen)'ne aittir. Bu iki gazın dışında, CO<sub>2</sub> (karbondioksit) ve çok az miktarda da diğer gazlar (argon, neon, helyum, hidrojen, ksenon) bulunmaktadır. Bu gazlar **sabit gazlardır**, bunların yanı sıra atmosferde değişken gazlar olarak adlandırılan su buharı (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve azotoksit (N<sub>2</sub>O) devamlı bulunan ancak miktarları değişebilen gazlardır. Havada asılı partiküller ve aerosoller ise her **zaman bulunmayan gazlardır**. Dünya atmosferi, ortalama sıcaklığın değişimine göre, yeryüzünden yukarıya doğru **Troposfer, Stratosfer, Mezosfer** ve **Termosfer** olarak ayrılmaktadır. Yerden ortalama 13 km yüksekliğe kadar sıcaklık düzenli bir şekilde düşer. Yeryüzünde +15°C olan sıcaklık burada -50 °C veya -60 °C'ye düşer (yükseleldikçe sıcaklığın azalmasına Lapse-rate olayı denir ve her 100 metrede 0,65 °C'lik bir lapse-rate vardır. Bazen yükseklik arttıkça sıcaklık da artar ki buna inversiyon veya sıcaklık tersimesi denir. Yükseklikle beraber sıcaklık değişmiyorsa bu durum izotermal durum olarak adlandırılır). Bu tabaka troposfer tabakasıdır. 13. km'den itibaren sıcaklık az değişir ve 13-50 km'ler arasındaki bu tabakaya stratosfer denir. Bu katmanda ozon bulunur ve güneşten gelen ultraviyoleyi emdiği için katman sıcaktır. Stratosfer üzerinde sıcaklık önce yükselir (+77 °C) sonra tekrar düşmeye (-90 °C) başlar. Bu tabakaya ise mezosfer adı verilir. Daha üstte ise, gittikçe sıcaklaşan ve termosfer olarak adlandırılan tabaka yer alır. Bu tabakanın en önemli özelliği gece ile gündüz arasında çok yüksek sıcaklık farkı olmasıdır. Yukarıda verilen ana tabakaların dışında, her iki tabaka arasında geçiş bölgeleri bulunur.

✓ Troposfer üzerinde stratosfere geçiş bölgesine **tropopoz**; stratosfer üzerinde mezosfere geçiş bölgesine **stratopoz** ve mezosfer üzerinde termosfere geçiş bölgesine ise **mezozopoz** adı verilir.

Atmosferi oluşturan gazların, atmosferik tabakalardaki oranları da değişmektedir. Ancak yeryüzü deniz seviyesinden itibaren ilk 100 km yüksekliğe kadar genelde azot ve oksijen miktarı yüksek bir değişiklik göstermez. Atmosferik sıcaklığın yeryüzünden yukarı doğru düzgün bir şekilde azaldığı (her km'de yaklaşık olarak 5-6 °C) tabaka troposfer tabakasıdır ve atmosferik su buharının çok büyük bir kısmı (yaklaşık %98-99'u) burada bulunur. Atmosferi oluşturan gazların da tamamına yakın bir kısmının, yeryüzünden ilk 40 km'lik kısmında (troposfer ve stratosfer) yer aldığı göz önünde tutulacak olursa, dünya atmosferini olumlu ya da olumsuz etkileyen tüm değişikliklerin öncelikle troposferde ve kısmen de stratosferin alt tabakalarında olduğu görülür. Atmosfer sadece gaz karışımı olmayıp yeryüzündeki canlılığın sürdürebilmesi için çok önemli görevleri de yerine getirmektedir. En başta dünyanın etrafını kalkan gibi kaplayarak, güneşten dünyaya gelen zararlı güneş ışınlarını emer, ayrıca su buharı, karbondioksit ve metan yeryüzünün ısınmasını sağladığı için, özellikle de gece ve gündüz arasındaki büyük sıcaklık farkı oluşumlarını engeller.



**dikkat**

Dünya atmosferi ışığı geçirme, ısıyı tutma özelliğine sahiptir.

Güneşte oluşan çok büyük miktarlardaki enerji, güneş sistemindeki gezegenlere, uzaklığına ve büyüklüğüne göre yansır. Güneşten yeryüzüne gelen enerjinin dörtte birlik atmosfere girmeden uzaya yansır. Kalan enerjinin %28'lik bölümü ise atmosferin ikinci katmanı olan stratosferdeki ozon tabakası ve ilk katman olan troposferdeki su buharı tarafından emilir. Atmosfer tabakaları tarafından emilen bu ışınların bir kısmı insan gözü tarafından görülebilen "**görünür ışık**"tır. Kalan kısım ise **kızıl ötesi** (infrared) ve **mor ötesi** ışınlar olarak adlandırılan ve insan gözünün görmediği ışınlardır.

✓ Güneşten yayılan farklı dalga boylarındaki tüm elektromanyetik radyasyonun tamamına "**Güneş Spektrumu**" denir. Bu spektrumda, güneş ışınımı dalga boylarına göre sıralanır, bu ışınım; Gama Işınları, X- Işınları, Ultraviyole Işık, Görünür Işık, Kızıl Ötesi (Infrared) Işık ve Radyo Dalgaları'dır.

Atmosfere giren ışınlar su buharı dışında CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> tarafından da emilir, katı ve sıvı yüzeylere yansıtılır. Böylece Dünya yüzeyi atmosferin ilk katmanı olan troposfer ısınmış olur. Bu olaya **sera etkisi**, burada yer alan gazlara ise **sera gazları** adı verilir. Burada etkin olan gazlar her ne kadar başta su buharı, karbondioksit ve metan olsa da, bu gazlardan başka azotoksit, kloroflorokarbonlarda (CFC) ısı emme özelliğine sahip olduğundan sera etkisine katkıda bulunurlar. Ancak bu gazların atmosferdeki doğal oranları, su buharı, karbondioksit ve metana oranla çok düşüktür. Aslında sera etkisi doğal bir olay olup, dünyadaki yaşamın devamlılığı için gerekli ve önemlidir. Eğer sera etkisi olmasaydı dünya yüzeyi ısınmayacak, yeryüzünün ortalama tahmin edilen sıcaklığı -18°C olacaktı. Buradaki temel sorun, sera etkisinin oluşumunu sağlayan gazların atmosferdeki miktarlarının fosil yakıt kullanımı, ormanlık arazilerin yok olması, arazi kullanımındaki değişiklikler, tarımsal faaliyetler, çöplüklerden sızan gazlar, suni gübre kullanımı ve endüstriyel aktiviteler sonucunda artmasına paralel olarak, sera gazı miktarının artması ve doğal bir sonuç olarak da bu gazların tuttuğu ve yansıttığı sıcaklığın da artmasıdır. Sonuç ise atmosferik sıcaklık artışına bağlı olarak küresel ısınma ve iklimsel değişikliklerdir.



**dikkat**

Sera etkisi yaratan en önemli gazlar su buharı, karbondioksit ve metandır.

Fosil yakıt kaynakların aşırı kullanımı, amaç ve yönetime dayalı arazi kullanımındaki farklılık ve değişiklikler sonucunda dünya atmosferine giren sera gazları miktarı ve yayılımı da sürekli artmaktadır. Sera gazlarından olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve azotoksit (N<sub>2</sub>O) miktarının artması, dünya atmosferik sıcaklığın da artmasına neden ol-

maktadır. İklim değişikliği ile sonuçlanan dünya atmosferindeki bu sıcaklık değişimi “sera etkisi” olarak adlandırılır. **İklim değişikliğinin gözlemlenebilen sonuçları ise;** i-küresel ölçekteki ortalama sıcaklık artışı (küresel ısınma), ii-yağış şekli ve miktarındaki değişiklikler, iii-karla kaplı alanların azalması ve buzulların erimesi şeklindedir. IPCC (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli) raporuna göre, eğer ülkeler sera gazı emisyonunu azaltmazlarsa, küresel ısınma devam edecek ve 2100 yılında ortalama atmosferik sıcaklık 1.8°C ile 4°C arasında artmış olacaktır. Şüphesiz küresel ısınmayı hızlandıran en önemli etmenlerden bir de, antropojenik etmen olarak adlandırılan insan aktiviteleri sonucu oluşan sera gazı miktarının artmasıdır. Sera gazları miktarının artması ise karalar ile denizler, denizler ile buz kütleleri ve kar örtüsü, denizler ile atmosfer arasındaki meydana gelen biyolojik döngüleri etkileyecektir.



#### dikkat

İklim değişikliği, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde; “karşılaştırma yapılabilir belirli zaman sürecindeki doğal iklim değişikliklerine ilave olarak, antropojenik faktörler etkisi ile iklimlerde oluşan gözlemlenebilen değişikliklerdir” şeklinde tanımlanmaktadır.

**İklim değişikliği** daha önceki kısımlarda tanımlanan iklimin, yani belli bir bölgede Meteoroloji tarafından belirlenen iklimin ortalama durumundan sapmalar (bu durum eskrem olaylar için de geçerlidir) şeklinde gelişen, uzun bir zaman periyodu boyunca süren ve gözlenen değişimlerdir. Bu durum doğal süreçte kendiliğinden olabileceği gibi doğal sürecin dışında, dış faktörler etkisi ile de oluşabilir. İklim değişikliği ile ilgili bilgi ve kanıtlar, polen araştırmaları, fosil örneklerin incelenmesi, yaş tayini çalışmaları, yanardağ faaliyetlerinin izlenmesi, tektonik hareketlerin belirlenmesi, toprak yapısının izlenmesi, yer altı suları izleme gibi pek çok bilim dalının (biyoloji, paleolimnoloji, jeoloji, jeomorfoloji, paleocoğrafya, paleontoloji ve paleoklimatoloji gibi) senkronize çalışmalarıyla elde edilir. Yapılan araştırmalara göre dünyamızın oluşumundan bugüne kadar geçen 4,6 milyar yıllık zaman süresinde, 4

**buzul** (Mindel, Riss, Würm, Günz) ve 4 **buzularası** dönem geçirmiştir. Bugün yaşadığımız dönem ise 4. buzul arası dönemdir ve yaklaşık 15.000 yıldır devam etmektedir. Bu doğal oluşumlu iklim değişikliğidir. Günümüzden yaklaşık 150 milyon yıl önce, dünya ölçeğinde iklimin günümüzden 10-15 °C daha sıcak ve atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) birikiminin 5-8 kat daha fazla olduğu bilinmektedir. Son buzul ve buzularası dönem Kuvaterner'de başlamış ve gerek iklimsel gerekse jeomorfolojik değişiklikleri en iyi araştırılan ve bilinen dönem olmuştur. Buzul dönemlerinde, günümüz buz birikiminin yaklaşık üç katı daha fazla buz birikimi olduğu bilinmektedir. Buzullaşmanın olası nedenleri arasında, güneş ışınlarındaki değişim ve dünya konumunun değişmesi gelmektedir. Güneşten dünya yüzeyine her dakika boyunca cm<sup>2</sup>'ye 1,95 kalorilik enerji gelmektedir. Bu enerjinin yaklaşık olarak %35'i direk veya dolaylı yansımalarla uzaya kaçmakta, kalan %65'lik kısmı atmosfere girmektedir. Ancak atmosfere giren bu enerjinin %28'lik kısmı katı ve sıvı yüzeylere ulaşmaktadır. Güneşten gelen bu enerjinin büyük kısmı da ileride su döngüsü kısmında ayrıntılı olarak verildiği üzere, suyun denizel ve tatlısu ekosistemlerinden buharlaşmasında kullanılır. Su buharı atmosferin üst tabakalarına doğru ilerleyip yoğunlaşırken, bu enerji korunmuş olur. Atmosferin üst tabakalarından giren radyasyon enerjisi ile savrulan enerji belirli bir dengede olup, bu denge yeryüzündeki tüm katı ve sıvı yüzeylerle ilişkidir. Bu dengeyi etkileyen faktörler, dünya iklim oluşumlarının değişmesine neden olur. Bu faktörler; güneş ışınlarının miktarı ve dalga boylarının etkinliği, atmosferde güneş ışınlarını emen gazların miktarı ve bulutlanma ile havadaki partikül birikimine bağlı atmosferin yansıtıcılık (saydamlık) özelliğinin değişmesidir. Güneşten gelen uzun (kırmızı yakın ve kızıl ötesi) ve kısa dalga boylu ışınların (mora yakın veya mor ötesi) enerji etkileri farklı olduğu için, kırmızı yakın ışınlar sıcaklığın artmasını sağlar. Atmosferdeki ozon (O<sub>3</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarının değişmesi iklim oluşumlarını ciddi boyutlarda etkileyebilir. Morötesi ışınların etkisi ile oluşan ozon aynı zamanda bu ışınlardan dünyayı koruyan bir görev yapar, karbondioksit ise ısınan atmosferde tutulmasını sağlar. Ancak, 19. Yüzyılın başlarından itibaren atmosferdeki sera gazları miktarının artması, sera etkisinin artmasına paralel olarak küresel ısınmanın meydana gelmesi ve iklim değişikliğinin oluşması ise tamamen insan faktörüne bağlı bir değişikliktir.



**dikkat**

Küresel ısınma insan aktiviteleri sonucu, sera etkisi yapan gazların atmosferdeki miktarının artması ile hızlanmaktadır..

## Sera Gazı Kaynakları ve Etkileri

Yeryüzündeki canlılığın devam etmesi biyolojik dengelerin bozulmaması ve habitat sürekliliğinin sağlanması ile mümkündür. Çizelge 4.1'de de kısaca özetlendiği gibi atmosferde doğal olarak var olan sera gazları miktarının antropojenik kaynaklı artmasından dolayı küresel bir ısınma yaşandığı artık bir gerçektir. Küresel ısınmaya etki eden gazlardan en önemlisi atmosferde kalış süresi diğerlerine göre daha uzun olan CO<sub>2</sub>'dir. Bu yüzden küresel ısınma ile ilgili araştırma ve çalışmaların büyük bir kısmı, atmosferde bu gazının miktarının ne kadar arttığına izlenmesine odaklıdır. Şimdi küresel ısınmaya neden olan sera gazlarını ve özelliklerini inceleyelim.

## Karbondiyoksit (CO<sub>2</sub>)

Atmosferdeki miktarı diğer gazlara göre çok az olmasına karşın, atmosferik miktarındaki değişimler ve ısı tutma özelliğinden dolayı iklimsel koşullara en çok etki yapan gazlardan biri de CO<sub>2</sub>'dir. Serbest haldeki atmosferik CO<sub>2</sub> miktarı denizlerden daha yüksektir. Volkanizma faaliyetleri gibi doğal olaylar ve antropojenik etmenler (fosil yakıt kullanımı, çimento üretimi, arazi kullanımındaki değişimler ve yangınlar gibi) sonucunda atmosfere salınan CO<sub>2</sub>, sucul sistemlerin tamponlama özelliğinden dolayı korkunç rakamlara ulaşmamaktadır. Ancak bu artışlar dahi ekosistem dengelerinin bozulması ve CO<sub>2</sub> in ısıyı tutması için yeterlidir. Daha yüksek oranda olmak üzere başta denizler ve yüzey suları (akarsular, göller), karbonun en büyük depolanma havuzudur. Denizlerde bikarbonat ve çözünmüş organik karbon halinde olmak üzere atmosferdekinin yaklaşık 40 katı daha fazla karbon bulunur. Bu yüzden denizler atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in tamponlayıcısıdır. Denizler ve tatlısular olarak bilinen sucul ekosistemler, CO<sub>2</sub>'in atmosferdeki miktarı arttığında bu gazı suda çözerek, azaldığında ise atmosfere geri vererek belirli sınırlar içinde kalmasını sağlarlar. Çünkü CO<sub>2</sub>, denizel ve tatlısı eko-

sistemlerinde atmosferik CO<sub>2</sub>'den farklı olarak çözünmüş, bağlı ve yarı bağlı formda olmak üzere üç şekilde bulunur. Sularda yarı bağlı ve bağlı olarak bulunan CO<sub>2</sub>, sadece atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarını dengelemekle kalmaz aynı zamanda suların pH'sını da düzenler yani, su canlıları için suyun, uygun bir yaşam ortamı olarak devamlılığını sağlar. Ancak su ekosistemlerinin bu tamponlayıcı etkisi fosil yakıtların tüketimindeki artış, ormanlık alanların azalması atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarının artmasına neden olmuş, artan CO<sub>2</sub>, sular tarafından emilerek bir miktar azaltılmış, ancak bu kez de sucul ekosistemlerin asitliğinin artmasına neden olmuştur.

Doğanın kendi içindeki bu dengeleme modeli artan insan faaliyetleri sonucu atmosfere verilen CO<sub>2</sub> miktarını azaltmaya yetmediği görülmektedir. Sera etkisi yapan gazlar içinde CO<sub>2</sub>'in payının %80'den daha fazla olduğu bilinmektedir. Karbondiyoksitin okyanuslarla olan etkileşimi, karbondiyoksitin belirli sınırlar içinde kalmasını sağlar. Çünkü karbondiyoksit miktarı artınca sudaki nispi basıncı da artacağı için sudaki miktarı da artacak ve sonuçta karbondiyoksit, su ve kalsiyum ile reaksiyona girerek (Ca+CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O) kalsiyum bikarbonat (CaHCO<sub>3</sub>) oluşturarak karbondiyoksiti bağlayacaktır yani depo edecektir (ancak bu olay suların aynı zamanda asitliğinin de artmasına neden olur). Atmosferdeki karbondiyoksit miktarı azalınca da bu kez tersine kalsiyum bikarbonattan karbondiyoksit serbest kalacaktır. Sanayi devrinden günümüze kadar pek çok faktörün etkisiyle bu denge, atmosferdeki karbondiyoksit miktarının artması şeklinde bozulmuştur. Aerosollerde kullanılan CFC gazları ise ozon tabakasında tahribata neden olmaktadır.

## Metan (CH<sub>4</sub>)

Atmosferde CO<sub>2</sub>'den sonra sera etkisi oluşumuna en çok katkıda bulunan diğer gaz ise CH<sub>4</sub> (metan) gazıdır. Sanayi döneminin başlangıcından günümüze kadar çok hızlı bir şekilde arttığı, her ne kadar 1990'lı yıllarda metan gazı emisyonunda azalma olduğu öngörülse dahi, son 800.000 yıllık dönem içinde hiç görülmediği kadar yüksek bir seviyeye ulaşarak %150'lik bir artış gösterdiği rapor edilmiştir.

Metan gazı antropojen kaynaklı ve doğal kaynaklı olmak üzere iki şekilde meydana gelir. Doğal metan kaynakları bataklık bölgeler, okyanuslar ve hidratlardır. Antropojen kaynaklı metan ise üretim,



enerji, endüstri ve atık sektörlerinden kaynaklanmaktadır. Üretim sektöründen kaynaklanan metan gazı çoğunlukla **enterik fermentasyon, gübreleme, pirinç tarlalarından** kaynaklanmaktadır. Geviş getiren hayvanların sindirim sisteminde besinlerin parçalanmasına enterik fermentasyon denir. Bu esnada yan ürün olarak açığa çıkan metan, hayvan nefes alıp verirken atmosfere verilir. Hayvan kaynaklı gübrelerin depolanması durumunda oksijensiz ortam koşullarındaki ayrışmalar sebebi ile de metan gazı oluşarak atmosfere geçer. Pirinç tarlalarında oksijensiz ortamda organik maddelerin ayrışması metan gazı üretimine sebep olur. Metan gazı salınımından sorumlu ikinci büyük sektör ise enerji sektörüdür. Bu alanda, doğal gaz ve petrol üretimi, biyokütle yakılması sayılabilir. Metan doğal gazının üretimi, depolanması ve dağıtımı periyodunda bir miktarı da serbest kalmaktadır. Doğal gaz genellikle petrol rezervleriyle aynı ortamlarda bulunduğu için petrol üretim süreçlerinde önemli miktarlarda metan salınımı ortaya çıkmaktadır. Açık ocak ve yeraltı kömür madenciliğinde kömür üretimi sonucunda metan gazı emisyonları meydana gelmektedir. Yeraltı kömür madenciliğinde çıkan metan gazı, havalandırma fanları kullanılarak seyreltilip atmosfere verilmektedir. Çöp depolama alanlarındaki depo gazlarından biri de metandır. Çöp depolama alanlarında organik materyallerin aneorobik olarak ayrışması sonucunda oluşmakta ve çevreye yayılmaktadır.



**dikkat**

Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının yaklaşık üçte biri, su döngüsünün sürdürülmesinde harcanır.

## Su Buharı (H<sub>2</sub>O)

Dünya, tüm yaşamı destekleyen ve büyük bir kısmı sıvı halde bulunana suya sahiptir. Su döngüsünde, suyun en çok miktarda depolandığı yer denizler, en az miktarda depolandığı yer ise atmosferdir. Denizlerden buharlaşma ile başlayan su döngüsünde (hidrolojik döngü) buhar halindeki su önce atmosfere çıkar; sonra da yağış halinde yerküreye geri döner. Yağış kara parçaları üzerine inerse, ya yüzeysel akışlarla ya da topraktan süzülerek en

sonunda denizlere geri gelir. Karalara inen yağışın bir kısmı buharlaşma (evaporasyon), bir kısmı da bitkilerin terlemesi ile (transpirasyon) atmosfere geri döner. Yeryüzünde bugün mevcut olan su miktarı, buzul çağlarında var olan su miktarı ile hemen hemen aynıdır. Ancak, suyun donmuş ve sıvı haldeki miktarları ve oranları jeolojik zamanlar boyunca önemli ölçüde değişmiştir. Su döngüsünün oldukça önemli temel bir özelliği vardır. Denizlerden buharlaşarak çıkan su miktarı, denizlere yağışla dönen su miktarından fazladır. Karalarda ise bu durum tam tersidir. Yani, karasal ekosistemlerdeki canlıların büyük bir bölümü karalardan değil, denizlerden gelen suyun sayesinde canlılıklarını devam ettirebilirler. Deniz yüzeyinden buharlaşarak atmosfere karışan ve havadaki miktarı en çok değişen gaz su buharıdır (H<sub>2</sub>O) ve miktarı atmosferik sıcaklığa bağlı olarak artar. Nemli tropikal iklimlerde hava içinde yaklaşık olarak %2-3 su buharı vardır. Bu miktar orta enlemlerde %1, kutuplarda ise %0,25 seviyelerine kadar düşüş gösterir. Atmosferde yüksekliğe bağlı olarak su buharı miktarı azalır. Su buharının büyük bir bölümü atmosferin ilk 3-4 km'lik kısmında toplanır. Atmosferik sıcaklık ile içerdiği su buharı miktarı arasında bir yakın bir ilişki vardır.

Havadaki su buharının yaşam ve iklimlerin oluşması üzerine etkileri şöyle özetlenebilir;

- Su buharı yağışların oluşmasını sağlar ve hidrolojik döngü için temel etmendir.
- Atmosferdeki sıcaklığın tutulmasını sağlayarak alt katmanların ısınmasını kolaylaştırır.
- Koruyucu bir örtü oluşturarak sıcaklığın uzağa kaçmasını yavaşlatır.
- Suyun buharlaşması ve yoğunlaşması, hava olaylarının oluşumunda kilit olaydır.
- Hava içindeki mikroorganizmaların kurumasını engeller, insanların deri ve solunum yollarının nemli kalmasına yardımcı olur.

## Azotoksit veya Diazotmonooksit (N<sub>2</sub>O)

Atmosferdeki en yüksek miktara sahip olan azot gazı her ne kadar canlılar tarafından direk olarak kullanılamasa da yaşamsal öneme sahiptir. Çünkü azot organizmaların DNA, protein, nükleik asit ve vitamin yapılarında yer alır. Atmosferdeki serbest azot çok az canlı tarafından direk olarak kullanılabilir, tüm canlıların azottan yararlanabilmesi için



azot gazının farklı biçimlerde bağlanarak kullanılabilir bileşikler haline dönüştürülmesine **azot fiksasyonu**, azotlu bileşiklerin atmosfer, litosfer ve hidrosferde birbirlerine dönüşmesine ise **azot döngüsü** denir. Azot, atmosferde bol bulunmasına rağmen, birincil üretim üzerinde genellikle sınırlayıcı bir besin elementidir. Bunun nedeni, bitkilerin azotu, amonyum ( $\text{NH}_4$ ) veya nitrat ( $\text{NO}_3$ ) iyonları halinde kullanabilmeleridir. Hayvanlar ise metabolizmaları için gerekli olan azotu diğer canlıları tüketerek karşılarlar. Canlılar ile çevre arasında karşılıklı azot değişimi olabilmesi için bazı mikroorganizmaların (Rhizobium, Azotobacter gibi) döngüde görev üstlenmesi gerekir.



#### dikkat

Bitkiler atmosferde gaz halindeki azotu kullanamaz. Bitkilerin azotu absorblayabilmesi için azotun önce amonyum ( $\text{NH}_4$ ) veya nitrata ( $\text{NO}_3$ ) dönüştürülmesi gerekir.

Azot gibi, kükürt de bazı aminoasitlerin yapısında yer aldığından canlılar için zorunlu bir elementtir. Tıpkı, azotun nitrat bileşiği halinde alınabildiği gibi, kükürtte ototrof canlılar tarafından ancak sülfat ( $\text{SO}_4$ ) bileşiği halinde alınabilir. Bir ekosistemde kükürt, azot kadar çok kullanılmaz, canlıların gelişimi için sınırlayıcı değildir, ancak ekosistemlerdeki üretin ve ayrışma süreçlerinde etkili olan kilit döngülerden biridir. Kara ve bataklık ekosistemlerinde bazı bakterilerin aktiviteleri ve proteinlerin ayrışması sonucu hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ) gazları açığa çıkar. Bu gaz, atmosfere çıkar çıkmaz diğer kükürtlü bileşiklere dönüşür (kükürtdioksit ( $\text{SO}_2$ ) ve kükürtlü aerosoller). Karbondioksitin aksine kükürtlü aerosoller güneş ışığını uzaya geri yansıtır ve küresel soğumaya katkıda bulunur. Nitrat ve sülfatlar canlılar için zehirleyici değildir. Fakat, azotoksitler ( $\text{N}_2\text{O}$  ve  $\text{NO}_2$ ) ile kükürtoksitler ( $\text{SO}_2$ ) değişik miktarlarda zehir etkisi oluşturabilir. Normal olarak bu bileşikler kendi doğal döngülerinde geçici bileşikler olarak ortaya çıkarlar ve bu gazlar çok düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. Fosil yakıtların aşırı kullanımı ile bu uçucu oksitlerin hava konsantrasyonları özellikle kentsel alanlarda ve enerji santralleri çevresinde hızla artmış durumdadır. Kömürün yanmasıyla oluşan emisyonlar ve otomobil egzoz

gazları havadaki kükürtdioksitin kaynağıdır. Ayrıca hem kükürtoksitler hem de nitrikoksitler su buharı ile birleşerek, sülfürik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ve nitrik asit ( $\text{H}_2\text{NO}_3$ ) damlacıkları şeklinde yeryüzüne düşer. Bu olay **asit yağmuru** olarak adlandırılır.

## Oksijen ve Ozon (O ve $\text{O}_3$ )

Yeryüzündeki hayatın devam ettirebilmesi hiç şüphesiz oksijene bağlıdır. Sudaki çözünürlüğü yüksek olan oksijen, atmosferik sıcaklık artışına paralel olarak sudan atmosfere verilir. Atmosferde bulunan oksijen, ultraviyole ışınları yardımıyla üç oksijen atomunun birleşmesiyle ozon gazını oluşturur. Güneşten gelen ultraviyole ışınlarını emerek zararlı güneş ışınlarına karşı korunma kalkını oluşturan ozon, dünyadaki yaşamın devamlılığı için gerekli bir gaz olmasına rağmen aynı zamanda sera etkisine de sahip bir gazdır. Çünkü ozon, uzun dalga boylu radyasyonun atmosferde tutularak sera etkisinin artmasına yol açar. Ozon atmosfer tabakaları arasında en yoğun olarak troposfer ve stratosferde, iki farklı şekilde bulunur ve **ozon tabakasını** oluşturur. Bunlardan birincisi atmosferik toplam ozonun yaklaşık %10'luk kısmını oluşturan, antropojen kaynaklı (egzoz gazları, enerji santralleri, endüstriyel atıklar, ticari aktiviteler gibi) **troposferik ozondur**. Ozonun bu şekli küresel iklim değişikliğine etki eden sera gazlarından biridir. Güneşten gelen uzun dalga boylu radyasyonun atmosferde kalmasını sağlayarak sera etkisini artırır. Troposferik ozon atmosferdeki elektrik enerjisi ile oluşur, şimşek ve yıldırımların etkisi ile havadaki konsantrasyonu artabilir. İkincisi ise, stratosfer tabakasında yer alan ve atmosferdeki ozonun neredeyse %90'lık kısmını oluşturan **stratosferik ozondur**. Stratosferik ozon, diğerinin aksine güneşten gelen zararlı radyasyonu tutması bakımından hayati önem taşır. Ozon tabakasında yine insan faaliyetleri sonucu meydana gelen yırtılmalar, zararlı güneş radyasyonunun yeryüzüne kadar ulaşmasına neden olur. Ozon tabakasını bozan en önemli etken Kloroflorokarbon (CFC) gazlarıdır. Yüksek enerjili güneş ışınları etkisi altında CFC gazları, ozon moleküllerini parçalarlar. Parçalanmış ozon atomları nedeniyle stratosfer tabakası içerisindeki ozonun yoğunluğu azalır ve güneş radyasyonunun zararlı etkilerinin yeryüzüne kadar ulaşmasına neden olur. Ozon tabakasının incelmeye neden olan maddelerin başında; Kloroflorokarbonlar (CFC), Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) ve Hidrobro-

moğlorokarbonlar (HBFC) gelmektedir. Ozon tabakasına zarar veren bu maddelerin kullanım alanları ise; soğutucular (klimalar, buz ve dondurma makinaları ile ısı pompa sistemleri; aerosol üretimi, yangın söndürme sistemleri, köpük ve sünger üretimi (yalıtım panelleri, yalıtım madde üretimi), tekstil temizleme şeklinde sayılabilir. Bu nedenle, ozon tabakasına zarar veren maddelerin kullanımını kontrol altına almak üzere, ülkemizin de içinde bulunduğu **Montreal Protokolü** ile (1991), uluslararası bir anlaşma sağlanarak, endüstride kullanılan ozon tüketen maddelerin üretim ve tüketimine kısıtlama getirilmiştir.

IPCC 2013 yılı raporunda da belirtildiği gibi sanayi döneminin başlangıcından günümüze kadar atmosferdeki miktarı en çok artan gaz CO<sub>2</sub>'dir ve tamamen antropojenik kaynaklıdır. Nitekim IPCC 5. Değerlendirme raporundaki verilere göre, atmosferdeki CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O birikimleri antropojenik kaynaklı olarak sanayi öncesi döneme göre CO<sub>2</sub> %40 oranında, CH<sub>4</sub> %150 oranında ve N<sub>2</sub>O %20 oranında artmıştır. Okyanuslar, atmosfere salınan insan kaynaklı karbonun yaklaşık %30'unu emerek daha asidik bir yapı kazanmıştır. Bu ise bir yaşam ortamı olan sucul sistemlerin normal ortamlarını bozarak, ev sahipliği yaptığı pek çok canlı türünün iyimser bir bakış açısıyla en basitinden yaşam alanlarını terk etmelerine ve daha kötüsü de ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Yukarıda açıklandığı gibi atmosferi oluşturan sabit, değişmeyen ve her zaman bulunmayan gazlar arasında ekolojik bir denge vardır. Bu, atmosferin doğal sera gazları (su buharı, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ve O<sub>3</sub>) ile oluşan doğal sera etkisidir. Ancak yapılan araştırmalar ve IPCC raporları göstermektedir ki (Çizelge 4.1) daha önce de belirtilen fosil yakıt kaynakların aşırı kullanımı, amaç ve yöneme dayalı arazi kullanımındaki farklılık, ormanlık bölgelerin azalması, endüstriyel atıklar ve daha pek çok faktörün etkisi ile doğal sera gazlarının miktarı artmıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak da atmosferin ilk katmanı olan troposferdeki sıcaklık da yükselmiştir. Bu olay kısaca küresel ısınma olarak adlandırılmaktadır.

**Çizelge 4.1.** ICPP 1. Çalışma Grubu 5. Değerlendirme Raporu'na göre Küresel Isınmaya sebep olan Sera gazlarının sanayi öncesi dönem ve 2011 yılındaki atmosferik oranları, kaynakları, atmosferik ömrü ve alıcı ortamları (ppm: milyonda bir, ppb: milyarda bir).

	Sanayi Öncesi Dönem	2013 Oranları	Artış Nedeni	Atmosfer Ömrü	Alıcı Ortam
<b>SERA GAZLARI</b>					
Karbondiyoksit (CO <sub>2</sub> )	280 ppm	391 ppm	Fosil yakıt kullanımı Çimento üretimi Arazi kullanımındaki değişimler Ormanlık alanların azalması Biyolojik işlevler	~ 100 yıl	Sucul ekosistem (Denizler ve tatlısular) Atmosfer
Metan (CH <sub>4</sub> )	700 ppb	1803 ppb	Fosil yakıt kullanımı Tarımsal faaliyetler (pirinç ve çeltik tarlaları) Madencilik faaliyetleri Çöplerin gömülmesi ve depolanması Büyükbaş hayvan yetiştiriciliği Evsel ve hayvansal atıklar	~ 12 yıl	Atmosfer Sucul ekosistem (Denizler ve tatlısular)
Azotoksit (N <sub>2</sub> O)	270 ppb	324 ppb	Bilinçsiz ve fazla gübre kullanımı Motorlarda içten yanma Endüstriyel aktiviteler	~ 114 yıl	Atmosfer

## Öğrenme Çıktısı



- 1 İklim, iklim değişikliği, sera etkisi kavramlarını ve bunlar arasındaki ayrımı öğrenebilme  
2 Sera gazının kaynaklarını ve etkilerini kavrayabilme

## Araştır 1

Yaşadığınız şehrin iklimi ile aylık hava durumu arasındaki ilişkiyi araştırın.

## İlişkilendir

Atmosferde doğal olarak bulunan sera gazlarının doğal yaşam üzerine etkilerini irdeleyiniz.

## Anlat/Paylaş

Eğer atmosferde su buharı olmasaydı yeryüzünde ne gibi değişiklikler ve olumsuz etkiler olurdu? Anlatın.

## TOPRAK VE ARAZİ BOZULUMU

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadelesi Sözleşmesi'ne göre; insanlar tarafından yanlış kullanımlar sayesinde toprağın, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulması sonucu verimlilik düşüşüne neden olan toprak kalitesinin azalması “**Toprak Bozulumu**” olarak; doğal olaylar ve(ya) antropojenik etmenler ile doğal ekolojik görevi ve ekonomik işlevinin uzun süreli olmayan zarar görmesi olayı ise “**Arazi Bozulumu**” olarak tanımlanmaktadır. Su ve rüzgâr erozyonu ile beraber toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik niteliklerinin düşmesi sonrasında uzun süreçlerde doğal floristik yapısını kaybetmesi, arazi ve toprak bozulumuna etki eden ana etmenlerdir. Toprakta meydana gelen erozyon aslında toprak, su ve bitki arasındaki doğal dengenin bozulmasıdır. Böylece ekosistem içinde yaşam alanı olarak adlandırılan habitatlar da zarar görür. İnsanların özellikle bitki örtüsüne yaptıkları müdahaleden dolayı doğal denge bozulmaktadır. Yanlış uygulanan tarımsal faaliyetler, doğal ortamda gelişen bitki örtüsünden yararlanmak için yapılan yanlış müdahaleler, var olan doğal dengeyi bozarak erozyonu hızlandırmaktadır. Toprak yapısındaki bozunuma sebep olan başlıca etmenler Şekil 4.1’de özetlenmiştir. Toprak yapısındaki bozulum fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak sınıflandırılabilir. Toprağın, fiziksel özelliklerinin üretimi düşürecek kadar olumsuz yönde etkilemesi, **fiziksel bozulum** olarak adlandırılmaktadır. Tohum yatağının işlenmesinden hasada kadar geçen sürede ülkemizde kullanılan tarım alet ve ekipmanlarından (ağır tonajlı traktörler ve ekipmanları, hasat ve balyalama makineleri ile çoklu sürüm teknikleri) kaynaklanan, toprağın alt derinliklerine ağır yük binmesiyle toprak profilinin farklı derinliklerinde sıkışma etkisi yaratır. Bu etki, sert, strüktüresiz, masifleşmiş veya levha strüktürlü

katmanlar oluşumunu sağlar. Bu ise tarımsal arazilerin fiziksel anlamda bozulmaları anlamına gelmektedir. Bu şekilde bozuluma uğramış topraklarda en önemli sorun su emiş kapasitesinin düşmesidir.

**Kimyasal toprak bozulumunda** toprağın organik madde kaybetmesi, tuz dengesinin bozulması sonucunda tuzlulaşma, alkalileşme, toprak pH’sındaki değişimler, yıkanma, özellikle alüminyum ve magnezyumun toprak çözeltisindeki miktarlarının toksik seviyelere ulaşması gibi olaylar sonucunda toprağın yapısında dengesizliğine yol açan bozulmadır.



dikkat

Toprağın fiziksel ve kimyasal bozunumu beraberinde biyolojik bozunumu da getirir.

**Biyolojik toprak bozulumu** toprağın hem organik madde içeriğindeki azalmaları hem de toprak mikro ve makrofaunasındaki düşmelerle, vejetasyon yapısındaki değişiklikleri ifade eder. Topraklarımızın organik madde kaybetmesinin başında ise anızların yakılması, aşırı toprak işleme, yanlış ve fazla kimyasal madde kullanımı ile arazi kullanımındaki hatalar ilk sırada gelmektedir. Anızların yakılması, toprağın mikro ve makrofaunasındaki azalmaya ve(ya) değişikliğe neden olarak, toprak kökenli parazitlerin artmasını da sağlamaktadır.

Amaç dışı arazi kullanımı sonucunda toprak yapısının sertleşmesinin yanı sıra yanlış arazi kullanımı ile de erozyon ve toprak kaybını giderek artmaktadır. Bu yüzden “Topraklar uygulanması gereken amenajman teknikleri doğrultusunda doğal nitelik ve yeteneklerinde kullanılmalıdır” ilkesi göz ardı edilmemelidir.

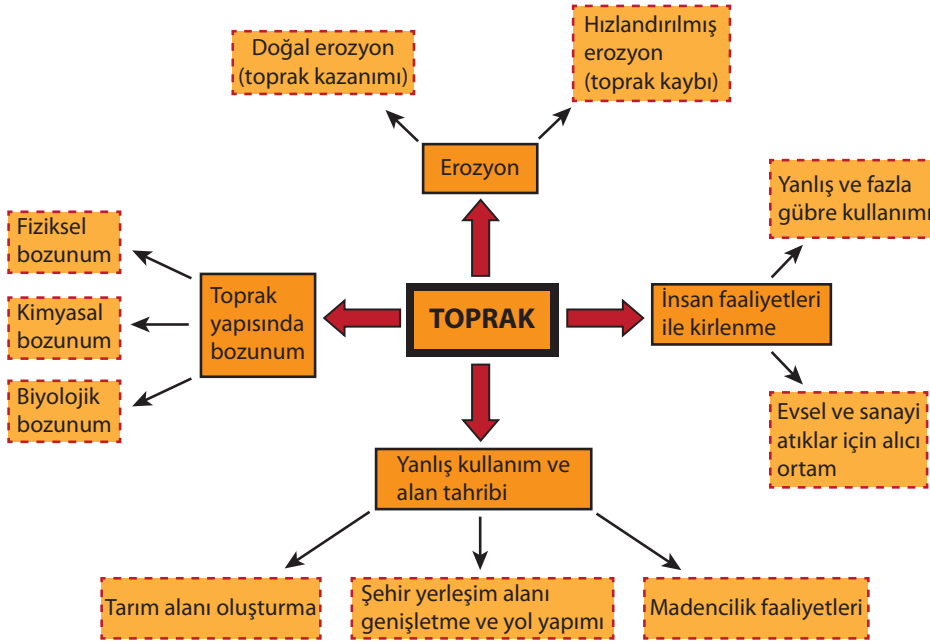
## Erozyon

Dış etkilerle belirli bir bölgedeki toprağın oluştuğu ve bulunduğu yerden aşınıp, taşınması ve başka bir bölgede birikmesi olayı **erozyon** olarak tanımlanmaktadır.

Erozyondaki temel doğal etmenler şöyle sıralanabilir;

- Suyun aşındırması ve taşınması: yağışın yüzey toprak yapısını gevşeterek çözmesi, sıçratması ve sürüklemesi, yüzey akış sularının ve akarsuların kıyıları ve tabanları oyması, sürüklemesi ve taşınması,
- Rüzgârın aşındırması, toprak materyalini sürüklemesi, havada toz halinde başka bölgelere taşınması,
- Heyelan, dalga, buzul, çığ gibi olaylarla aşınma, toprağın kitle halinde taşınmasıdır.

Buradan da anlaşılacağı üzere erozyonu oluşturan en önemli etmenler su ve rüzgârdır. Erozyon; yağış ve yüzey akış özelliklerine, toprağın yapısı ve özelliklerine, arazinin topoğrafik yapısına bağlıdır. Erozyonun oluşumundaki bu iki temel etmenden (su ve rüzgâr) dolayı, **doğal** ve **hızlandırılmış erozyon** olarak ikiye ayırmak mümkündür. Jeolojik erozyon veya toprak kazanımı olarak da adlandırılan **doğal erozyonda**, su ve rüzgârın aşındırması ve taşınması söz konusudur. Burada, yağışların toprak yüzeyini gevşetmesi ve sürüklemesi, yüzey suların (özellikle akarsular) akış esnasında kıyıları oyması, taban materyalini su akışı içinde sürükleyip başka bir bölgeye taşınması, biriktirmesi ve rüzgârların toprak materyalini havada başka bir bölgeye taşınması söz konusudur. Doğal erozyonda yüksek arazilerdeki toprakların, altlarındaki ana kayanın doğal ve normal süreci içinde parçalanıp ayrışması sonucu toprak kalınlığı artar. Su ve rüzgâr gibi etmenlerle, bu üst kısımdaki katman başka yerlere taşınır. Böylece uzun bir zaman diliminde yüksek bölgelerden, doğal erozyon ile daha alçak kesimlere taşınım ile yeni ve verimli araziler meydana gelir. Bu şekilde oluşmuş olan araziler kıymetli ve verimli toprakları içeren, tarıma uygun arazilerdir. Bu olaylar doğa içindeki dengenin sağlaması için kendiliğinden olan ve olması gereken süreçlerdir. Buradaki temel sorun, erozyon oluşumunun insanlar tarafından hızlandırılması ve buna bağlı olarak da toprak yapısı ve kalitesinin bozunumudur.



Şekil 4.1 Toprak yapısındaki bozunuma sebep olan başlıca etmenler.

**Hızlandırılmış erozyon** ise toprak kaybına neden olan erozyon tipidir. Yanlış arazi kullanımı, yanlış tarım ve üretim tekniklerinin kullanımı, çayır ve meralık alanlarda aşırı ve erken otlamalar hızlandırılmış erozyonun ortaya çıkmasının temel sebepleridir. Bu erozyon şeklinde toprağın taşınması ile verimli üst tabakası incelmekte ve giderek toprağın alt tabakaları da taşınmaktadır. Buna göre hızlandırılmış erozyon; insan müdahaleleri ile aşınma ve taşınmaya uygun hale gelmiş olan toprağın, su rüzgâr, yer çekimi, çığ, dalga gibi doğal etmenler ile bulunduğu bölgeden başka bir yere taşınması olayıdır. Hızlandırılmış erozyonu oluşturan güçler arasında su ve rüzgâr erozyonu, yer çekimi, buzul, dalga ve çığ erozyonu sayılabilir.



dikkat

Doğal erozyonda toprak kazanımı söz konusudur.

**Su erozyonu** özellikle de vejetasyonu zayıf bölgelerde kar, yağmur sularının toprağı taşımasıdır. İnsanların sebebi ne olursa olsun farklı amaçlarla doğal bitki örtüsüne zarar verdikleri bölgelerde su erozyonu hızlanmaktadır. Su erozyonu özellikle bitki örtüsünden yoksun eğimli arazilerde yağmur ve eriyen kar sularının, toprağın infiltrasyon kapasitesinin aşılması sonucunda yüzey akışı ile toprağı taşımasıdır. Su erozyonunun bir şekli olan **yağmur damlası** veya **darbe erozyonunda**; kuru ve çıplak toprak yüzeyine çarpan yağmur damlaları toprağı ıslatarak gevşetir. Yağış suyunun bir kısmı toprak içine geçerken bir kısmı da toprakla su karışımını oluşturur. Devam eden yağışta çarpan yağmur damlaları, çamurlu yüzey kısmı sıçratarak toprak taşınmasını başlatır. Bu olay, eğimli arazilerde toprak tenciklerinin eteklerde birikmesine, tepe kısımlarda ise verimsiz materyalin kalmasına sebep olur.

Su erozyonunun bir diğer şekli **yüzey** veya **tabaka erozyonu**dur. Yağmur damlaları ile oluşan taşınım, ardından oluşan yüzey akışı sayesinde yüzey toprağının ince bir tabakasının taşınması olayıdır. Bu erozyon tipinde organik madde ve çözünebilir besin elementleri de toprakla beraber taşındığı için verimliliğin kaybında oldukça önemli bir faktördür.

Yüzey akışı oluştuğundan sonra, akış yolu üzerindeki kıvrım ve çıkıntılı kesimlerdeki toprak kısmının gevşetilerek taşınması olayına parmak şeklinde oluklar meydana getirdiği için **oluk** ya da **parmak erozyonu** denir. Oluk erozyonunun ilerlemiş şekline ise **oyuntu erozyonu** denir. Uzun süreli ve yüksek yağış döneminde meydana gelen yüzey akış suları aşındırdıkları materyali bir yatak içinde taşıyarak bir akarsuya veya göle boşaltırlar ki bu su erozyonu tipine de **kanal erozyonu** denir.

Su erozyonunda olduğu gibi, **rüzgâr erozyonu** da bitki yapısı bakımından zayıf, kurak ve yarı kurak bölgelerin eğimli arazilerinde daha çok görülmektedir. Bu yüzden ülkemizin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde daha sık görülmektedir.

Türkiye coğrafik konumu, iklimi, topoğrafyası, jeolojik yapı ve toprak şartları sebebi ile erozyona karşı oldukça hassastır. Ülkemizde meralık ve

ormanlık alanlarda erozyon söz konusudur. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre Türkiye'de 14.617.000 hektar (%18,6) mera alanı mevcuttur. Meralarımızın %70'den fazlası kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer aldığından bitki örtüsünün de zayıf gelişimine neden olmaktadır. Ayrıca yıllardan beri meralarımızın yanlış kullanımı (erken otlatma, aşırı otlatma vb.) bitki örtülerinin zayıflamasına yol açmakta, mera alanlarında erozyonun artmasına sebep olmaktadır. Türkiye orman varlığı, 2014 itibarı ile 21.670.000 hektar olup bunun 11.551.570 hektarı verimli 10.118.430 hektarı ise bozuk vasıfıdır. Bozuk orman alanları orman varlığının %46,7'ini oluşturduğu dikkate alınırsa orman alanlarının da erozyona açık olduğu ve bu alanlarda erozyon tedbirleri alınması gerektiği ortadadır. Ülkemizde 1940'lı yılların başından itibaren ağaçlandırma, erozyon kontrolü, bozuk orman alanlarının rehabilitasyonu ve mera ıslahı çalışmaları bulunmaktadır. Bu kapsamda özellikle de 2008-2012 yılları arasında Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği ile ağaçlandırma ve erozyon kontrolü çalışmaları en üst seviyeye ulaşmıştır. Ülkemizde erozyonla mücadele konusunda alınan tedbirler iki gruptadır. Birincisi erozyonu önleme teknikleri kapsamında (teraslama, çizgi ot ekimi, örme çit tesisi, çalı demetli teras, taş kordon, malçlama); ikincisi ise oyuntu erozyonu önleme teknikleri kapsamında (çevirme hendekleri, boşaltma kanalları, kuru duvar eşikleri, örme canlı eşik, çalı demetli canlı eşik, kafes tel eşik, miks eşikler ve harçlı ıslah şekli) yapılan çalışmalardır. Erozyon sonucunda;

- Bitki örtüsünün yok olması ve buna bağlı olarak toprak kayması, taşkın gibi felaketlerin artması,
- Meraların yok olması ve hayvancılığın azalması,
- Erozyon ile taşınan topraklar özellikle akarsular aracılığı ile göllerin barajların sedimentasyonunu artırarak doğal ömürlerinin kılmasına yol açması,
- Doğal vejetasyon yapısı ve faunanın zarar görmesi ile ekolojik dengenin ve biyolojik işleyişin olumsuz etkilenmesi,
- Verimi düşen topraklarda veya yakın bölgelerindeki insanların kırsal bölgeden kente göç etme sebebi ile ekonomik ve üretim sorunlarının oluşmasına neden olmaktadır.



## Kuraklık ve Çölleşme

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadelesi Sözleşmesi'nde **kuraklık**; belirli bir bölgede yağışın ortalama seviyesinin oldukça altına düşerek hem arazi kaynak ve kullanımına hem de su döngüsü (hidrolojik) ile ilgili olayları negatif etkileyen bir doğal bir olaydır şeklinde tanımlanmaktadır. Aslında kuraklık belirli bir süre beklenen veya ortalama değerlerin altındaki yağış miktarı olarak tanımlandığı için, kurak, yarı kurak ve hatta yarı nemli bölgelerde de meydana gelebilecek geçici bir süre olarak da görülmektedir. Ancak, kuraklıktan söz edilmesi için yağışların normal ya da beklenen düzeyin altında olduğu zaman periyodunun en az bir mevsim veya bir yıl sürmesi gerekir. Kuraklığın oluşumunda yağış miktarında, niteliğinde ve zamanındaki azalmalar kadar, sıcaklık artışı, bağıl nem oranındaki azalmalar ve rüzgârların etkisi gibi diğer iklimsel faktörlerin de etkisi büyüktür.

✓ Kuraklık belli bir bölgede, yağışların belli bir süre boyunca, kaydedilen ortalama değerlerinin altında olmasıdır.

Belirli bir bölgedeki yağış miktarı o güne kadar kaydedilen ortalama değerlerinin altında kalıyorsa, yüzey sularında bir azalmaya ve toprağın nemlilik miktarında da düşüşe sebep oluyorsa "**Meteorolojik anlamda bir kuraklıktan** bahsedilebilir. Normal değerlerin altındaki yağış miktarı, akarsu kaynaklarındaki su miktarının ve yeraltı su rezervlerinde azalmaya yol açacaktır. Artan sıcaklık, yağış miktarında azalma, havadaki nem oranının düşüşü gibi etmenler ile toprağın da nem seviyesi düşecektir. Azalan nem ve atmosferik sıcaklığın artmasına bağlı olarak toprakta az seviyede bulunan suyun da kaybedilmesi meteorolojik kuraklığın temel sebebidir. Eğer, meteorolojik kuraklık uzun bir süre devam edecek olursa toprak nemliliğindeki azalmaya bağlı olarak üründe de bir azalma görülebilir. Bu ise "**Tarımsal kuraklık**" olarak isimlendirilir. Genellikle uzun süren bir meteorolojik kuraklığın arkasından (ancak her zaman eş zamanlı olarak değil), barajlar, göller ve akarsular gibi yüzey suları ile yeraltı sularında da bir düşüş meydana gelebilir ki bu durum enerji üretimi ve tarımsal faaliyetleri negatif yönde etkileyen "**Hidrolojik kuraklık**" olarak isimlendirilir.



dikkat

Kuraklık, yarı kurak ve yarı nemli bölgelerde de meydana gelebilir.

Kuraklığın tespitinde, yağış miktarı, yeraltı ve yüzey suyu miktarı, yüzey akışları, kar miktarı, toprağın nem içeriği ve bitki örtüsü temel unsurlar ile çeşitli ve farklı indisler kullanılır. Bu indislerin başında Standart Yağış İndisi (SPI=Standart Precipitation Index), Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI=Palmer Drought Severity Index), Normalin Yüzdesi İndisi (PNI=Percent of Normal Index) ve Aydeniz Metodudur. Ülkemizde kuraklık indisinin 0,2'den daha düşük olduğu bölge bulunmamaktadır. İndisin 0,2-0,49 arasında olduğu yarı kurak bölgeler Konya Ovası ve Iğdır bölgesidir. Güneydoğu ve iç kesimlerde ise kuraklık indisi 0,5-0,64 aralığında değişmektedir. Bu bölgelerimiz kuru-yarı nemli bölgelerdir. Ülkemizde, 1927-28, 1956-57, 1959, 1970, 1972-73, 1982, 1984, 1989-90, 1994, 2000-01, 2006-08 yılları, kuraklık olaylarının yüksek düzeyde yaşandığı yıllar olarak kaydedilmiştir. Yakın tarihli olarak 2008 yılında Ankarada meydana gelen kuraklık olayı barajlardaki su seviyesini %3,8'e kadar düşürmüştür. Türkiye anıldığığının aksine su zengini bir ülke değildir. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerine olası negatif etkileri dikkate alınmadan sadece nüfus yoğunluğuna göre yapılan araştırma sonuçları, ileride Türkiye'nin su fakiri olabileceği yönündedir. Belirli bir bölgede kişi başına düşen su miktarının 2000 m<sup>3</sup>'ün altında olması durumunda, bölge su azlığı çeken ülke olarak sınıflandırılmaktadır. Devlet Su İşlerinin raporunda, Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı 1519 m<sup>3</sup> olarak verilmiş, artan nüfusa paralel olarak su kullanımının da artması ile bu rakamın 2030 yılında 1120 m<sup>3</sup>'e düşeceğinin tahmin edildiği rapor edilmiştir. Bu ise önümüzdeki 20 yıl içinde Türkiye'nin de su azlığı çeken ülkeler arasına girebileceğini göstermektedir.



dikkat

Ülkemiz su zengini bir ülke değildir.

İklim değişikliğine bağlı olarak ülkemizin de içinde yer aldığı Akdeniz Bölgesinde, 30 derece enlemi civarındaki yüksek basınç bandının küresel ısınmaya bağlı olarak sıcaklığın artması ile kutuplara doğru kaymasıdır. Türkiye'de Orta, Güney ve Güneydoğu bölgelerimiz şu anda bile yarı kurak iklim kuşağı içinde yer alıp kuraklık riski ile karşı karşıyadır. Önlem alınmaması durumunda, etkisi artacak olan iklim değişikliği, ülkemizin güney kesimlerinin iklimini Suriye ve Irak benzeri bir iklime çevirmesi için hiçbir sebep yoktur. Dünya atmosferin-

deki ana hava akımları ve bu akımlara bağlı olarak gelişen ve oluşan yağışlar küresel ısınmanın etkisiyle bazı indisler üzerinde negatif etkiler yaratmaktadır. Bunun en güzel örneği Kuzey Atlantik Salınımı'dır. (NAO=North Atlantic Oscillation). Avrupa'daki yağışın büyük bir kısmı Atlantik Okyanusu'ndan nem taşıyan ve kıtaya doğru esen rüzgârlar aracılığı ile oluşur. Bu rüzgârların yönü ve şiddeti İzlanda üzerindeki alçak basınç ve Azorlar üzerindeki yüksek basınç merkezleri tarafından belirlenir. Ancak yerleri ve şiddeti yıla göre değişir. Periyodik olmayan bu değişimlere **Kuzey Atlantik Salınımı** denir. Bu salınımın pozitif evresinde Azorlar üzerindeki yüksek basınç merkezi kuvvetlenerek, Avrupa'nın kuzey ve batı kesimleri Atlantik'ten gelen rüzgârların etkisi ile yağış alır. Bunun tersinde ise Akdeniz üzerinden Türkiye'nin yağış almasına olanak sağlar. Yani, Kuzey Atlantik Salınımı pozitif dönemlerinin uzaması Türkiye'de şiddetli ve geniş alan etkili kış kuraklığı anlamına gelmektedir. Başta CO<sub>2</sub> olmak üzere atmosferdeki sera gazlarının artması, iklim değişikliğini tetikleyen en önemli etmendirdir. İklim değişikliği ise Kuzey Atlantik Salınımı indisinin pozitif dönemleri süresini uzatabilecektir. Bunun sonucunda ise ülkemizin de içinde yer aldığı Akdeniz Bölgesindeki yağışların azalacağı tahmin edilmektedir.

**Çoraklık** (aridite) ile kuraklık birbirlerinden zamansal bakımından farklılık gösterirler. Her ne kadar tanımında da yağışların beklenen ortalama değerlerin altında olması ve sıcaklığın yüksek olması söz konusu olsa da, kuraklık daha önce de bahsedildiği gibi geçici bir dönem, çoraklık ise uzun süreli ve kalıcı bir yapıdır. Gerek meteorolojik, gerek tarımsal gerekse hidrolojik anlamda oluşan ve beklenen aksine çok uzun süre devam eden kuraklıklar, çoraklaşmaya neden olabilir. Aslında genel bir yaklaşım olarak çoraklık, belirli bölgede uzun süreli devam eden yüksek sıcaklıkla beraber, yağış ve nemin az olmasından kaynaklanan meteorolojik bir kuraklıktır. Çoraklaşmada sıcaklığın etkisi oldukça yüksektir. Çünkü sıcaklığın artması ile beraber hem toprak hem de bitkiler, buharlaşma ve terleme yoluyla su kaybeder. Toprağın nemini kaybetmesi ise o bölgede bitkilerin yetişmesi için uygun koşulların oluşmasını engeller.



dikkat

Çoraklığın oluşmasındaki iki temel unsur sıcaklık artışı, yağış miktar ve süresindeki azalmalardır.

Toprakta nem kaybının getirdiği bir diğer önemli sorun ise tuzluluğun artmasıdır. **Tuzlulaşma** denilen bu olay genellikle yağış alan bölgelerde pek görülmez. Çünkü yağış alan bölgelerde toprağın yapısında bulunan çözünebilir tuzlar, yağışların etkisiyle birlikte aşağı doğru hareket eder. Yağış alan bölgelerin deniz kıyısındaki ırmak deltalarında ve denize yakın alçak arazilerde yer alan topraklarında görülebilir. Kurak, yarı-kurak bölgelerdeki yıllık yağış miktarı ve yıl içindeki dağılımı, toprağın içindeki tuzların yıkanması ve aşağıya taşınması için yeterli düzeyde değildir. Böylelikle tuzlu alt taban suyu yukarı doğru hareket eder, aynı zamanda sıcaklığın etkisi ile oluşan yüzey suyu buharlaşması ile toprak nemini tamamen kaybetmeye başlar. Sonuç olarak tuzlu topraklar meydana gelir. Klimatik faktörlerin dışında tuzlu toprakların oluşmasındaki bir diğer etmen sulama ile birlikte uygun bir drenaj sisteminin kurulmamasıdır. Sulama suyu ile toprağa eklenen tuzlar topraktan uzaklaştırılmaz ve sürekli kullanılırsa sürece bağlı olarak tuzluluk sorunu ortaya çıkabilir. Tuzlu toprakların en karakteristik özelliği beyaz tuz kabuklarıdır. Bu topraklarda, **halofitik** (tuz seven) bitki örtüsü yaygındır.

1930-1993 yılları arasındaki dönemde Türkiye'nin yıllık çoraklık indeks serilerine dayanan verilere göre, 1960 yılı civarında, Türkiye'deki birçok bölgede, nemli koşullardan kuru alt nemli iklim koşullarına doğru bir geçiş eğilimi söz konusu olmuştur. Aynı zamanda, Akdeniz bölgesinin Ege tarafında, 1960'lı yıllarda nemli ya da yarı-nemli koşullardan, 1980'li yılların ortası ile 1990'lı yılların başında kuru alt-nemli ya da yarı-kurak koşullara geçiş yaşanmıştır. Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinin kuzey kesimlerinde ise bunun tersine, çoraklık endeksi verileri, nemli ya da yarı-nemli iklim koşullarına doğru bir artış göstermiştir.

Çölleşme, kurak, yarı kurak ve yarı nemli bölgelerde iklimsel değişiklikler ve insan faaliyetleri sonucu meydana gelen arazi yapısındaki bozulmaların uç noktalarıdır. Arazi yapı bozulmaları ise doğal olaylar ve(ya) insan aktiviteleri sonucunda, toprağın yapısında, bitki örtüsünde, habitat olarak adlandırılan canlıların yaşam alanlarında meydana gelebilir ve bunların arasındaki etkileşimlerin de bozulmasını veya yok olmasını ifade eder. Böylelikle arazi ekonomik anlamdaki işlevini de kaybetmiş olur. Burada çölleşme ve çöl ifadelerinin karıştırılmaması gerekir. Çölleşme, arazi yapısının bozulma sürecini ifade ederken, bu sürecin tamamlanıp biyoekolojik ve fiziksel olarak tamamen yapısı bozulmuş arazilere ise çöl adı verilir. Toprağın uzun dönemde fiziksel, kim-

yasal ve biyolojik özelliklerinin bozulmasını sağlayan doğal süreçler olan su ve rüzgâr erozyonu ile kumul hareketleri dışında antropojenik etmenler de çölleşmeyi hızlandırmaktadır. Herhangi bir bölgede yıllık yağışın, buharlaşma ve terlemeye oranı 0,05'den daha düşük olması durumunda, o bölgede bitki gelişimi durma noktasına gelir. Böyle alanlar gerçek veya iklimsel çöl olarak adlandırılır. Çölleşmeye neden olan ana etmenler ve kısımları Şekil 4.2'de özetlenmiş, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayınlanan Türkiye çölleşme risk haritası ise Şekil 4.3'te verilmiştir.

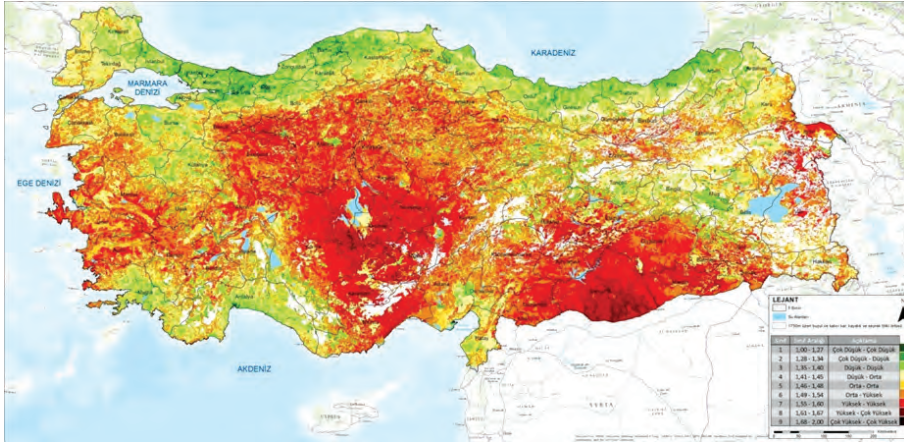


**dikkat**

Kuraklık kalıcı bir iklimsel özellik olan çoraklık ile karıştırılmamalıdır. Kuraklık, geçici olarak normalden sapma halindedir.



Şekil 4.2 Çölleşmeye neden olan etmenler.



Şekil 4.3 Türkiye çölleşme haritası.

Kurak, yarı kurak ve kurak alt nemli alanlarda **çölleşmenin** iki temel nedeni vardır. Bunlar;

**Doğal nedenler:** Su, rüzgâr erozyonu ve kumul hareketleri ile toprak aşınımı, topraktaki besleyici bitki elementlerinin yüzeyden yıkanma ile uzaklaşarak toprak kalite ve veriminin düşmesi ile doğal veya insan faali-

yetleri ile oluşan sıcaklık artışı (iklimsel değişiklikler) doğal nedenlerin en önemlileridir. İklimsel değişiklikler, su ve rüzgar erozyonu, kumul hareketlerine bağlı olarak oluşan toprak bozunumu, kurak ve yarı kurak bölgelerde toprağın tuzlulaşması ve yüzeyde kabuk oluşumu, fazla yağışlı olan bölgelerde ise bitki besin elementlerinin yağışla yıkanarak bitki kök derinliğinden uzaklaşmasını sağlar.

#### Antropojenik nedenler şunlardır:

- Ormanlık alanların azalması veya yok edilmesi,
- Yamaç bölgelerindeki meraların aşırı kullanımı ve tahribi, gübreleme, yabancı otlarla yanlış mücadele gibi sebeplerle meralarda yoğun bir bitki örtüsünün kurulamaması,
- Çok fazla sayıda kuyu ve artezyen açılarak plansız ve aşırı su kullanımı ve su kaynaklarının azalması sonucu hem hidrojeolojik yapının hem de hidrolojik döngünün olumsuz yönde etkilenmesi,
- Hasat sonrası dönemde anız yakımı ile toprağın verimli üst kesiminin zarar görmesi, nemini kaybetmesi, erozyonu hızlandırması,
- Polikültür ve uygun toprak işleme yöntemlerinin kullanılmaması,
- Yanlış ve aşırı gübreleme ile toprak yorgunluğu ve kirliliğinin oluşturulması, aynı zamanda gübre kaynaklı atmosfere azot ve fosfor girdisinin arttırılması,
- Kentleşme, turizm, sanayileşme, şehir yerleşim bölgelerini genişletme, maden işletmeciliği tesisleri gibi nedenlerle tarım ve orman alanlarının amaç dışı kullanımı,
- Tarımsal alanlarda özellikle tuzlulaşma, alkalileşme ve çoraklaşmaya neden olan uygulamaların yapılması. Özellikle iyi nitelikte olmayan su ile sulama yapılması, aşırı sulama, sulama ve drenaj planlamasına uyulmaması ve en önemlisi de yanlış ve aşırı gübre kullanımı ile toprak verimliliğini düşüren tuzların birikmesinin sağlanması ve toprak yapısının asitleşmesi,
- Endüstriyel veya evsel atıklar için toprağın alıcı ortam olarak kullanılarak kirlenmesi,
- Yanlış işleyiş tekniklerine dayalı toprağın fiziksel bozulmasının hızlanması. Toprağın fiziksel bozulumu olarak bilinen toprak profilinin farklı derinliklerinde sıkışması sayesinde sert, strüktüresiz, masifleşmiş veya

levha strüktürlü katmanlar oluşması kısıncası toprağın betonlaşması neredeyse geri kazanımı imkânsız bir arazi kaybıdır.

- Arazilerin doğal niteliklerine uygun biçimde kullanılmaması, doğal bitki örtüsüne tarım, ticaret, turizm ve yerleşim amaçlı zarar verilmesi,
- Yönetimsel, sosyoekonomik nedenler sayılabilir.



dikkat

Çölleşme arazi yapısının doğal ve antropojenik etmenler sayesinde bozulması için geçen zaman periyodu, çöl ise bu zaman periyodu sonucunda ortaya çıkan biyolojik özellikleri bozulmuş, ekonomik önemleri ise kaybolmuş arazilerdir.

İkinci ünite de daha detaylı olarak açıklanacağı üzere, birbirine bağlı olarak gelişen süreçler olan iklim değişikliği ve küresel ısınmanın, toprak ve arazi bozulmasını takip eden, kuraklık ve çölleşmenin olumsuz yönde etkilediği en önemli noktalardan biri de "henüz tam olarak bilmediğimiz biyolojik çeşitliliğimizin" yok olmasıdır. Gerek sucul gerekse karasal canlıların yaşam ortamlarında meydana gelen geçici ve(ya) kalıcı değişiklikler, tahribatlar bu canlıların yaşam yerlerini terk etmeleri ya da ortadan kalkmalarına neden olur. Halbuki Türkiye, hem fauna hem de flora açısından oldukça zengin bir ülkedir. Ülkemiz, sadece Avrupa kıtasındaki bitki türlerinin %80'ine sahip olup bunların yarıya yakın bir kısmı ise **endemiktir** (yani yalnızca belirli bir bölgede bulunup, dünyanın başka bir yerinde bulunmayan). Ayrıca Türkiye faunası 85.000'in üzerinde hayvan türüne de ev sahipliği yapmaktadır. Her geçen gün artan antropojenik faktörler ile ekolojik dengenin bozulması, atmosferdeki sera gazları miktarının artmasına bağlı küresel ısınma, mikro ve makro düzeyde habitatları tahrip ederek biyolojik çeşitliliği tehdit eden temel unsur haline gelmiştir. Ülkemizde antropojenik etmenlere bağlı olarak çoraklaşmış ve çölleşme sürecine girmiş ve hatta çöl yapısı gösteren arazi örneklerini Konya-Karapınar bölgesinde açıkça görmekteyiz. Bölgede yakın tarihli olarak çekilen fotoğraflarda (Şekil 4.4) bölgenin tamamen kumul yapıya dönüştüğü, büyük ve küçükbaş hayvanların dahi besin olarak tercih etmedikleri dikenli bir bitki örtüsüne sahip olduğu görülmektedir.





Şekil 4.4 Ülkemizde Konya (Karapınar) bölgesinde görülen çölleşmeye bir örnek.

İklim değişikliğinin öngördüğü senaryolara bağlı ve çölleşme sürecinde ortaya çıkabilecek sorunlar;

- Değişen ortam koşullarına uygun ve kuraklığa daha dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi göz önüne alınarak üretim yelpazesi değişecektir.
- Değişen ürün ve üretim yöntemlerine göre farklı zararlı parazit, böcek ve hastalıklar ortaya çıkabilecek ve zirai mücadele yöntemlerinde değişiklik gerekebilecektir.
- Su tasarrufu sağlayan damlama sulama veya geliştirilecek farklı tekniklerin uygulanması, bu uygulamaların çiftçiler tarafından kullanımının sağlanması ve yatırım gerekecektir.
- Artan ihtiyaca rağmen azalan yüzey sularına paralel olarak, üretimde gerekli su ihtiyacının karşılanabilmesi için yer altı su kaynaklarının kullanımı gündeme gelebilecek ve bu kaynakların kullanılabilmesi için yatırım yapılması gerekecektir.
- Meralık alanlardaki doğal vejetasyon yapısı değişikliğine bağlı olarak doğal ve hızlandırılmış erozyonun artması söz konusu olacaktır.

- Mera ve otlak alanlarındaki azalma büyük ve küçükbaş hayvan besiciliğini de olumsuz etkileyecektir, et ve süt üretimini arttırmak için kullanılacak suni yemler insan sağlığını tehdit eder boyuta gelebilecektir.
- Kuraklık sebebi ile arazi tav koşulları olması gereken dönemden gecikeceği için geç zamanlı ekim ve buna bağlı olarak hasat ve verimde düşüşler gözlenebilecektir.
- Makro ve mikro habitatlardaki tahribata bağlı olarak biyolojik çeşitlilik olumsuz etkilenecektir.
- Su kaynaklarının geliştirilmesi için ciddi boyutlarda yatırımlara ihtiyaç duyulacaktır.

### Çölleşmenin Önlenmesi İçin Alınması Gereken Önlem ve Yaklaşımlar

Ülkemizde çölleşme sürecini hızlandıran en önemli etmenlerden biri erozyondur. Bunun yanı sıra, düzensiz yerleşim, doğal sucul sistemlerde hidrolojik dengenin müdahaleler ile bozulması, yer altı su kaynaklarının kontrolsüz ve bilinçsiz kullanımı, yanlış tarım ve sulama teknikleri, meralık alanların tahribi, toprak ve su kirliliği, doğal kaynakların kullanımı ile ilgili bilgi eksikliği sayılabilir. Ülkemizde %31,1 oranı ile tarım arazilerinin çok geniş bir alan kapladığı görülmektedir. Bunu, %27,6 ile ormanlık alanlar, %16,6 ile mera alanlar takip etmektedir. Türkiye'de İç Anadolu Bölgesi Dünya Çölleşme Risk Haritasında aşırı hassas bölge olarak işaret edilmektedir (Şekil 4.3). Ülkemizde antropojenik etmenlere bağlı olarak çoraklaşmış ve çölleşme sürecine girmiş ve çölleşmiş alan örnekleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Yapılan bu risk haritasına göre kırmızı ve koyu kırmızı boyalı yerler yüksek oranda çölleşme riski taşıyan bölgelerimizi göstermektedir. Buna göre ülkemizin büyük bir bölümü (yaklaşık olarak (%47'lik bir alanı) orta düzey ve üzeri risk



Şekil 4.5 Ülkemizde Konya (Karapınar) bölgesinde antropojenik etmenlere bağlı olarak çoraklaşmış ve çölleşme sürecine girmiş arazilere örnek.



grubundadır. Karapınar (Konya), Aralık (Iğdır), Ceylanpınar (Urfa) bölgeleri yüksek oranda; Tuz Gölü Havzası, Karaman (Ereğli) ile Eskişehir ve bölgesi orta ve yüksek düzey risk gösteren bölgelerimizdir.

Ülkemizde çölleşme erozyonun, kuraklığın ve çölleşme sürecinin engellenebilmesi veya yavaşlatılabilmesi için doğal kaynak bozunumunun önüne geçilmesi, su kaynaklarının, orman örtüsünün korunması ve doğal kaynakların işlevsel sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu kapsamda yapılan ve yapılabilecek çalışmalar Çizelge 4.2'de özetlenmiştir. Çölleşme sürecinin önlenmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için kullanılacak ölçütler; erozyon risk alanlarının saptanması ve haritalanması, arazi kullanımının planlanması, uluslararası işbirlikleri, kuraklık ve çölleşme süreçlerinin izlenerek erken uyarı sistemlerinin oluşturulması, biyolojik çeşitliliğin saptanması, toprak ve su kirliliği izleme çalışmaları sayılabilir. Tüm bu ölçütlerin uygulanabilmesi için pek çok bilim dalının (Biyoloji, Kimya, Fizik Meteoroloji, Haritalama, Jeoloji, Arkeoloji, Kentsel ve kırsal planlama, Peyzaj, Çevre Mühendisliği, Su ürünleri, Sosyoloji, Ekonomi gibi) işbirliği içinde olması

Çizelge 4.2 Çölleşme ile mücadele kapsamında alınması gereken önlemler.

Çölleşme ile mücadele ve etkilerinin azaltılabilmesi için alınması gereken önlemler		
1-Toprak yönetimi ve erozyon kontrolü önlemleri	Tuzlulaşmanın önlenmesi	Uygun drenaj sisteminin yapılması Yıkama tavlalarının oluşturulması
	Toprak kirliliğinin önlenmesi	Gübre yönetim planlarının oluşturulması İlaçlama kontrolünün sağlanması
	Erozyon kontrolü	Arazilerin doğal niteliklerine uygun kullanımı Anız örtülü, ekim nöbetli tarım Doğal vejetasyon yapısının belirlenmesi ve korunması Teraslama, otluk suyolları uygulamaları Kontur ve şeritsel tarım uygulamaları Toprak yüzeyinde rüzgâr erozyonunu düşüren fiziksel önlemlerin alınması (kamış perdeler) Toprak nemliliğinin korunması Kumul habitat bitki türlerinin korunması
2-Su kaynakları kullanımı ile önlemler	Toprak suyunun korunması	İnfiltrasyon miktarının artırılması Toprak su tutma kapasitesinin artırılması
	Mevcut su kaynaklarının korunması	Akarsu yataklarında değişiklik yapılmaması Sulak alanların sürdürülebilirliğinin sağlanması Yer altı su kaynaklarının bilinçli kullanımı Su kirliliğinin önlenmesi
3-Çayır ve Mera Yönetimi ile ilgili önlemler	Otlatmaların düzenlenmesi ve kontrolü	Mera kapasitesine uygun hayvan sayısının belirlenmesi Meraların otlatma mevsimi ve sürecinde kullanılması Meraya uygun hayvan türlerinin belirlenmesi
	Doğal mera bitki türlerinin belirlenmesi ve korunması	Türkiye çayır ve mera bitkileri rehberinin tamamlanması
4-Orman kaynaklarının yönetimi ile ilgili önlemler	Orman kaynaklarının kullanım ve koruma dengesinin sağlanması	
5-Fauna ve flora ile ilgili önlemler	Mevcut fauna ve flora varlığının tespit edilmesi, korumaya yönelik ulusal (kara avcılığı, su ürünleri ve milli parklar kanunları) ve uluslararası (Bern*, CITES*, Bükreş*, Biyolojik çeşitlilik ve Barselona* Sözleşmeleri) uygulamaların kontrolü	
6-Sosyo-ekonomik tedbirler	Çiftçilerin, çölleşmeden doğrudan ve dolaylı etkilenen veya etkilenmesi olası nüfusun hayat kalite ve yaşam standartlarının iyileştirilmesi ve kırsal kalkınmanın sağlanması, doğal kaynakların korunması ve kullanımı ile ilgili olarak eğitim çalışmalarının yapılması	

\* Bern Sözleşmesi: Avrupa'nın yaban hayatı ve yaşama ortamlarının korunması sözleşmesi; CITES Sözleşmesi: Nesli tehlike altında olan yabancı hayvan ve bitki türlerinin uluslararası ticaretine ilişkin sözleşme; Bükreş Sözleşmesi: Karadeniz'in kirliliğe karşı korunması sözleşmesi; Barselona Sözleşmesi: Akdeniz'de korunan alanlar ve biyolojik çeşitlilik sözleşmesi).

## Öğrenme Çıktısı

3 Toprak bozulması, erozyon, çölleşme ve kuraklaşma kavramlarını anlayabilme

## Araştır 2

Çölleşme süreci hangi nedenlerden oluşur? Araştırın.

## İlişkilendir

Doğal erozyonun çevrenin bozulma sürecine olan etkilerini değerlendirin.

## Anlat/Paylaş

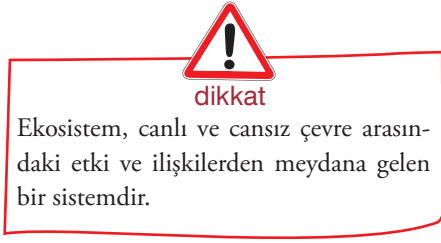
Etrafınızda toprak bozulmu gösteren alanlar var mı? Varsa hangi özelliklerini yitirmişlerdir? Anlatın.

## KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKOSİSTEMLER ÜZERİNE ETKİSİ

Doğanın kendi içinde, kendi kurallarıyla işleyen muazzam bir dengeye sahip olduğunu daha önce belirtilmişti. Bu denge, son yüzyılda insanların müdahale ve etkisiyle gün geçtikçe bozulmaktadır. Antropojenik etmenler ile ortaya çıkan küresel ısınma ve buna bağlı olarak oluşan iklim değişikliği, bir hücreli canlılardan yüksek organizasyona sahip memelilere kadar her kademede canlıları olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz etkiler sadece yaşam formları üzerinde değil aynı zamanda yaşam ortamları üzerinde de etkili olmaktadır. Çünkü canlılar belirli bir ortama ve o ortamın koşullarına uyum sağlayarak yaşamlarını devam ettirirler. Çevre ile canlılar arasında pek çok etkileşim bulunmaktadır. Habitat olarak adlandırılan, canlıların yaşam ortamlarında meydana gelebilecek değişiklikler önce canlıların yaşam alanlarının tahribine sora da orada yaşayan canlıların, değişen ortam koşullarına uyum sağlayamaması sonucu göç etmesine ve(ya) ortadan kalkmasına yol açacaktır.

### Ekosistem Kavramı

Geniş anlamda küresel ekosistem olarak tanımlanan **biyosfer**, gezegenin sahip olduğu tüm ekosistemlerin toplamıdır. Ekosistemde en kapsamlı düzey olan biyosfer, atmosferi, hidrosferi (su küre) ve litosferi (taş küre) içerir. Belirli bir bölgede yaşayan tüm canlılar, cansız çevre ile karşılıklı etkileşim içinde bulunarak yaşamlarını devam ettirirler. Bir türün bireylerinin yaşamsal faaliyetlerini en iyi şekilde devam ettirebildiği alana **habitat** denir. Bir türün bireylerin oluşturduğu topluluğa **populasyon**, aynı alan içinde birden fazla populasyonun bir araya gelerek oluşturduğu topluluğa ise **komünite** adı verilir. Komünite ve cansız çevrenin birlikte değerlendirilmesi ile ortaya çıkan ekolojik birime **ekosistem** denir. Daha önce biyosferde yer alan ekosistemler, karasal, denizel ve tatlısu ekosistemleri olarak ayrılıyordu. Günümüzde insan eliyle oluşturulan yaşam alanları da dikkate alınarak yapılan sınıflandırmada ekosistemler; **i-Deniz Ekosistemleri** (Açık denizler, Kıta sahanlığı, Derin deniz tabanları ve Estuarinler); **ii-Tatlısu Ekosistemleri** (Lentik sular(=durgun sular), Lotik sular (akarsular), Sulak Alanlar ve özel limnik bitoplar (mağara suları); **iii-Karasal Ekosistemler** (Tundra (liken, yosun ve bodur çalılar), Tayga (iğne yapraklı ve kozalaklı ağaçlar), Silvea (yazın yeşil ve geniş yapraklı ılıman bölge ormanları), Hylea (tropik ve subtropik geniş yapraklı yıl boyu yeşil ormanlar), Sklerea (sert yapraklı çalılar), Bozkır (sert ve yeşil otlardan oluşmuş çayırıklar) ve Çöl); **iii- İnsan Eliyle oluşturulmuş Ekosistemler** (Agroekosistemler, Dikilmiş ormanlar, Kırsal ve Kentel Teknosistemler) şeklinde 4 ana başlık altında incelenmektedir.



Ekosistem abiyotik (cansız) ve biyotik (canlı) öğelerden oluşan bütündür. **Abiyotik öğeler** alanın fiziksel koşulları ile, organik ve inorganik bileşenleridir. **Biyotik öğeler** ise bir canlıdan diğerine enerji akışını sağlayan üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılarıdır. Yeryüzündeki tüm ekosistemler hem kendi içlerinde hem de diğer ekosistemlerle öylesine hassas bir denge içindedir ki, biyotik veya abiyotik öğelerden birinin zarar görmesi durumunda ekolojik denge bozulacaktır. Yeryüzündeki yaşamın devam etmesi ekosistem içinde yer alan biyotik ve abiyotik öğeler arasında madde akışı ve karşılıklı etkileşimin devamlılığına bağlıdır. Çünkü ekosistemin **madde döngüleri** olarak adlandırılan Hidrolojik Döngü (Su döngüsü) ve Biyojeokimyasal Döngüler (karbon, azot, fosfor gibi) döngüler yaşamın devamı için ön koşuldur. Enerji akışı ve madde döngüleri ekosistemin temel özellikleridir ve ekosistemdeki fiziksel ve kimyasal iletişim akışları, bu ağın aslında birer bileşenidir. Hidrolojik bir döngü olan su döngüsünde, maddenin yapısında herhangi bir kimyasal değişim olmayıp sadece fiziksel değişim söz konusudur. Bilindiği gibi su yeryüzünde sıvı-katı-gaz halinde olmak üzere üç farklı formda bulunur. Denizlerden buharlaşma ile başlayan hidrolojik döngüde, buhar halindeki su önce atmosfere çıkar, sonra da yağış şeklinde yerküreye tekrar döner. Yağış kara parçaları üzerinde ya yüzeysel akışla nehir ve göllere, ya da topraktan süzülerek tekrar denizlere ulaşır. Karalara gelen yağışların bir kısmı buharlaşma veya bitkilerin terlemesi ile de atmosfere geri döner. Yeryüzüne ulaşana güneş enerjisinin yaklaşık üçte biri su döngüsünün devam ettirilmesi için harcanır. Çünkü suyun buhar halinde “yukarı doğru” hareketi güneşten gelen enerji ile sağlanır. Suyun sıvı halde (yağış) aşağı doğru hareketi ise enerji açığa çıkmasına yol açar. Açığa çıkan bu enerji ekosistemlerde değişik şekillerde kullanılabilirdiği gibi, insanlar tarafından hidroelektrik enerjisine de dönüştürülebilir. Denizler, göller ve akarsulardan buharlaşarak çıkan su miktarı, aynı su sistemlerine yağışlarla düşen su miktarından fazladır. Karalarda ise bunun tersidir.

Karasal ekosistemlerdeki canlıların büyük bir kısmı, karalardan değil, su ekosistemlerinden gelen sular sayesinde yaşamlarını sürdürmektedir. Ancak, karaların asfalt ve betonla kaplanması, akarsu doğal akış yataklarının değiştirilmesi, tarım topraklarının farklı amaçlarla kullanılması, ormanlık alanların tahribatı gibi antropojenik etmenler sızarak yer altı depolarına (akufer) giden su miktarının daha az olması anlamına gelir. Hâlbuki yer altı su kaynakları, su döngüsünde en çok su depolayan üçüncü büyük havuzdur. Yeryüzünün, karstik, kalkerli, kum veya çakıldan meydana gelmiş geçirgen yapı katmanlarının alt tabakalarında, suyu geçirmeyen kayalarla veya killerle çevrili geniş alanlarda oluşan yer altı göllerine **akufer** denir.

Tatlısu ekosistemleri içinde yer alan ancak önemli kuş göç yolları üzerinde bulunduğu için uluslararası öneme sahip olan sulak alanların da karbon döngüsündeki yeri oldukça önemli ve fazladır. **Sulak alan**, derinliği 6 m'yi geçmeyen, suları tatlı, tuzlu veya acı su karakterinde olabilen, gölleri, bataklıkları, akarsuların durgun kesimlerini ve taşkın alanları, alçak deniz kıyılarını, haliçleri, nehir ağzlarını kapsar. Bu alanlarda yüksek bir biyolojik çeşitlilik olduğundan sulak alanların hem biyolojik hem de ekonomik anlamdaki değerleri yüksektir. Özellikle göç eden su kuşlarının barınma, beslenme ve yuva yapma yerleri olan sulak alanlarda, çok sayıda canlı yaşamaktadır. Ayrıca sahip olduğu zengin besin içeriğinden dolayı da balıkların yumurta bıraktığı ve geliştiği ortamlar olup balık üretiminde yüksek bir ekonomik girdiye sahiptir. Sulak alanlar yeryüzünde %2'lik alan kaplamaktadır. Yeryüzündeki karbonun %10-14'lük kısmı sulak alanlar tarafından bağlanır ve ağırlık olarak %20'si karbondur. Turba yapısındaki toprağı ise çok daha yüksek oranda karbon içerir. Karbon bağlamada bu kadar etkin sulak alanların kurutulması tarım alanlarına dönüştürülmesi sonucunda atmosfere yüksek oranda CO<sub>2</sub> verilmesi, atmosferde sera etkisi yapan bu gaz ile ilgili sorunların daha da büyümesine yol açar. Son yıllarda küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlı olarak oluşan canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyen tehditler sonucunda, gerek dünyada gerekse ülkemizde önemle üzerinde durulan bir konu da biyolojik çeşitlilik olmuştur. **Biyolojik çeşitlilik** bir bölgenin sahip olduğu ekosistem çeşitliliği, tür çeşitliliği, genetik çeşitlilik ve işlevsel çeşitliliğin toplamıdır. Aynı türe ait bireylerin oluşturduğu populasyon içinde her bir birey kendine özgü özelliklerin ortaya çıkmasını sağlayan farklı bir gen dizilime sahiptir. Aynı türe ait bireylerin

meydana getirdiği bir toplulukta (populasyon), her bireyin diğ-  
erinden farklı olmasını sağlayan bu gen farklılıklara **genetik**  
**çeşitlilik** denir. Belirli bir bölgedeki mevcut olan canlı türle-  
rinin sayısı **tür çeşitliliğini**; canlı ve cansız öğeleri ile beraber,  
yaşam alanlarının sayısı ve farklılığı da **ekosistem çeşitliliği-**  
**ni** ifade eder. Bir ekosistemin işlevsel çeşitliliği, tür, genetik  
ve ekosistem çeşitliliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bu üç  
bileşen ne kadar çeşitliyse biyoeolojik işlevler ve süreçler de o kadar çeşitlilik gösterecektir. O yüzden,  
herhangi bir ekosistem içindeki türler ve dağılımları, beslenme, barınma, rekabet, enerji akışı ve madde  
dolaşımı gibi biyoeolojik süreçlerin çeşitliliği o ekosistemin **işlevsel çeşitliliği** olarak tanımlanır.



**dikkat**

Biyolojik çeşitlilik, sadece belirli bir bölge-  
de yaşayan canlı türleri sayısı değildir.



## Yaşamla İlişkilendir

Türkiye biyolojik çeşitlilik açısından sahip  
olduğu farklı iklim bölgeleri ve yaşam alanları  
(ekosistem çeşitliliği) ile kıtasal bir özellik göste-  
ren fauna ve flora müzesi gibidir. Türkiye, bitki-  
hayvan gen kaynağı açısından (genetik çeşitlilik)  
yeryüzündeki önemli birkaç merkezden biridir.  
Bu özelliği, bitki ve hayvanlarının oluşum merke-  
zinin ülkemiz olmasından kaynaklıdır. Türkiye,  
dünyada var 34 biyolojik çeşitlilik merkezinden  
üçünü (fauna açısından Kafkas, İrono-Anadolu  
ve Akdeniz; flora açısından ise Avrupa-Akde-  
niz-İran) aynı anda bünyesinde barındıran nadir  
bir ülkedir. Avrupa kıtasındaki bitki türü sayısı  
yaklaşık 12.000 iken Türkiye’de bulunan sadece  
çiçekli bitki türü 9000 olup bunun 3000’i en-  
demiktir. İngiltere’nin bitki türü sayısı ise sadece  
2000’dir. Benzer bir şekilde ülkemizde bugüne  
kadar tespit edilen hayvan türü sayısı 85.000 olup  
Avrupa’daki hayvan tür sayısının yaklaşık bir bu-  
çuk katıdır. Yapılan yakın tarihli bir çalışma so-  
nucu göstermektedir ki; dünyada bilinen memeli  
hayvan türü sayısı 4.200 iken ülkemizde 132,  
dünyada bilinen kuş türü sayısı 9.000 iken ülke-  
mizde 426’dır. Aynı durum sürüngen, iki yaşamlı  
(amfibi) ve balıklar için de geçerlidir. Yukarıdaki  
örnekler bize ülkemizin ekosistem, tür, genetik ve  
işlevsel çeşitliliğinin kısaca biyolojik çeşitliliğinin

ne kadar yüksek olduğunu açıkça gözler önüne  
sermektedir. Biyolojik çeşitlilik sadece biyolojik  
açıdan değil, aynı zamanda besin maddesi ve gen  
kaynağı olarak, tıp ve eczacılıktaki önemi, tekstil  
ve gıda sanayindeki kullanım alanları ve turizm  
açısından da önem arz etmektedir. Bu yüzden, bu  
kadar yüksek bir biyolojik çeşitliliğin de küresel  
ısınma ve iklim değişikliğe bağlı tehditler karşı-  
sında mutlaka korunması gerektiği de açıktır. Bi-  
yolojik çeşitlilik için en önemli tehdit unsurları;  
habitatların tahrip edilmesi, ortama yabancı tür-  
lerin sokulması, aşırı kullanım ve besin zincirinin  
bozulmasıdır. Habitatların sebebi ne olursa olsun  
insan eli ile tahrip edilmesi biyosferdeki biyolojik  
çeşitlilik için en büyük tehdittir. Doğal habitatlar  
en çok tarım alanı oluşturma, şehir yerleşiminin  
genişletilmesi, ormancılık, madencilik ve çevre  
kirliliğinin etkisi ile tahrip edilmektedir. IUCN  
(International Union for Conservation of Nature  
and Natural Resources=Doğa ve doğal kaynakla-  
rın korunması için Uluslararası Birlik) listelerin-  
deki tehlike altında, zarar görebilir ya da nadir  
olarak tanımlanan türlerin çoğunda fiziksel ola-  
rak habitatlarının tahrip edildiği bildirilmekte-  
dir. Bugün dünyada yaşanan küresel ısınmanın  
ve iklim değişikliğinin çok çeşitli etkilerini yakın  
çevremizde de gözleyebiliriz.



IUCN resmi web sayfası olan [www.iucn.org](http://www.iucn.org)’u ziyaret edebilirsiniz.

## Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Etkileri

İklim değişikliğinin temel etmenlerinden birinin de atmosferde sera gazlarının miktarındaki artış olduğunu daha önce belirtmiştik. Atmosferdeki sera gazlarının bir kısmı aynı zamanda atmosferin gaz kirleticileri olarak değerlendirildiğinden, sera gazlarındaki artış beraberinde sadece küresel ısınma ve iklim değişikliğini getirmekle kalmayıp aynı zamanda insan sağlığını ve ekosistemlerin işleyişini de tehdit edecektir. Atmosferde sera gazları artışına bağlı değişikliklerin ekosistem ve insan sağlığı üzerine olası etkileri Çizelge 4.3'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.3 Atmosferde sera gazları artışına bağlı değişikliklerin ekosistem ve insan sağlığı üzerine olası etkileri.

Atmosferde Sera Gazları Artışına Bağlı Değişikliklerin Olası Etkileri		
Ekosistem Üzerine	Ozon tabakasında incelmeye ve/ya tahribat	Sera etkisi Küresel ısınma İklimsel değişiklikler Beklenmeyen klimatolojik olaylar
	Atmosferik sıcaklık artışı	Buzulların ve karların erimesi Deniz seviyesindeki yükselmeler İleri dönemlerde kıyasal alanların bozulması Rüzgar kuşaklarında değişiklik Tarımsal üretimde azalma İklimsel değişiklikler ve iklim kuşaklarında kaymalar Biyolojik çeşitlilikte düşüş Ekonomik öneme sahip tür sayısında azalma
	Yağış şekli ve miktarındaki azalmalar	Kuraklaşma Çoraklaşma Çölleşme Kullanılabilir ve içme suyunda azalma Biyolojik çeşitlilikte düşüş Ekonomik öneme sahip tür sayısında azalma
İnsan Sağlığı Üzerine	Solunum yolu rahatsızlıklarında artış Ozon tabakasındaki incelmeye bağlı olarak artan deri rahatsızlıkları	

Daha önce de bahsedildiği gibi doğal ve antropojen kaynaklı iklim değişikliği ve küresel ısınmanın temel sebebi atmosferde artan sera gazları miktarıdır. Antropojen kaynaklı sera gazları ise genellikle Çizelge 4.1'de de özetlendiği üzere çoğunlukla fosil yakıt kullanımı, çimento üretimi, arazi kullanımındaki değişimler, ormanlık alanların azalması, tarımsal faaliyetler (pirinç ve çeltik tarlaları), madencilik faaliyetleri, çöplerin gömülmesi ve depolanması, büyükbaş hayvan yetiştiriciliği, evsel ve hayvansal atıklar ile bilinçsiz ve fazla gübre kullanımından kaynaklanmaktadır. Küresel ısınmanın gözlemlenen en büyük sonucu dünyada olduğu gibi Türkiye'de de gözlemlenen iklimsel değişikliklerdir.



## Deniz ve Tatlısu Ekosistemlerine Etki

Yapılan araştırma sonuçlarına göre, Türkiye'deki atmosferik sıcaklığın artma eğiliminde olduğu ve bu artışın özellikle de yaz ve sonbahar mevsimlerinde gözlemlendiği belirtilmektedir. Özellikle Orta ve Doğu Karadeniz, kuzey Ege ve doğu Akdeniz bölgelerinde olmak üzere kıyılarımızda meydana gelen kıyı erozyonu, sel ve su baskınları ciddi boyutta sorun teşkil etmektedir. Akarsu ve göl havzalarındaki su potansiyelinde yaşanan azalmalar ise özellikle tarım, konut ve sanayi sektörlerindeki su tüketicileri açısından önemli su sıkıntılarını sebep olmaktadır. Arktik buzul alanlarda her 10 yılda ortalama olarak %2,7 oranında bir azalma olduğunu gösterilmiştir. Kuzey yarım kürede Alpin dağ buzullarında, hem alansal (buzulların geri çekilmesi) hem de hacimsel bir azalmanın varlığı, geçen yüzyılın başından beri sürmektedir. Buzul örtüsünün gerek yayılış alanında gerekse miktarındaki düşüşler, deniz seviyesinin yükselmesine, dolayısıyla da su ekosistemi ile etkileşim halinde olan diğer ekosistemleri direk veya indirek olarak etkileyecektir. Deniz seviyesinde meydana gelen yükselmeler, şiddetli rüzgârlardan kaynaklanan tsunami olasılığını arttırmakta, kıyı şeridinde yer alan yerleşim birimlerini ve sulak alanları tehlikeye sokmaktadır. Buzulların ve kar örtüsünün erimesi öncelikle bu bölgede yaşayan canlıların (kutup ayısı, fok ve deniz ayıları) yaşam alanlarını tehdit etmektedir.



**dikkat**

Her canlı türünün yaşayabileceği ortalama (optimum) değer aralıkları vardır.

Tatlısu ve deniz ekosistemlerinde küresel ısınma ve iklim değişikliği biyolojik etkilerinin, karasal ekosisteme göre daha hızlı ortaya çıkacağı öngörülmektedir. Karasal ekosistemlerde mevsime bağlı olarak, gün içinde gece gündüz arasında dahi 5-15 °C'lik sıcaklık değişimleri meydana gelebilir ve karasal ortam canlıları bu günlük değişimleri tolere edebilir. Ancak sucul ekosistemlerde ani sıcaklık değişimi canlıların ani ölümleri ile sonuçlanır. Çünkü Sudan ikincil olarak yararlanan kuşlar ve memeliler hariç suda yaşayan canlılar **poikloterm** hayvanlardır, yani vücut sıcaklığı dış çevre sıcaklığına göre ayarlanır. Her canlı türünün yaşayabildiği en uygun bir sıcaklık aralığı vardır ve su canlıların yaşadıkları ekosistemdeki (akarsu, gölde veya deniz) dağılımını belir-

leyen en önemli faktörlerden biri de sıcaklıktır. Bazı canlılar geniş bir sıcaklık aralığında yaşayabilirken (**öriterm canlılar**), bazıları ise çok dar bir sıcaklık aralığında yaşar (**stenoterm canlılar**) ve sudaki sıcaklık değişimlerinden olumsuz yönde etkilenir. Bu yüzden deniz ve tatlısu ekosistemlerinde meydana gelen sıcaklık değişimleri su canlıları açısından tehlikeli ve ölümcüldür. Bunun dışında su sıcaklığındaki yükselmeler, sulara primer üreticiler olan fitoplanktonların sayısının artmasına, oksijenin sudaki çözünürlüğünün azalmasına ve fotosentez olaylarının kısıtlanmasına yol açar. Bununla beraber pek çok balık türünün yumurta bırakması sıcaklığa bağlı olarak gelişir. Artan atmosferik sıcaklığa paralel olarak daha önce de açıklandığı gibi, atmosferde orani artan CO<sub>2</sub>, sucul ortamlarda depolanarak tamponlanır, bu şekilde depolama ise suların pH'sını düşürür yani asitliğini artırarak tür çeşitliliğini olumsuz etkiler. Canlıların değişen ortam koşullarında ya göç ederler ya da artan stres etkisi altında yok olurlar. Dünyanın pek çok ülkesinde yapılan araştırmalar göstermektedir ki, önümüzdeki yüz yıl için öngörülen küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğinin yüksek enlemler başta olmak üzere, okyanuslardaki biyolojik çeşitlilik ile biyolojik süreçler üzerinde etkili olması kaçınılmazdır. Sıcaklık artışları, deniz canlıları ile tatlı suda yaşayan canlıların üreme özelliklerinde değişikliklere neden olacak ve yüksek enlemlere doğru çıkıldıkça tür kompozisyonunda ve dağılımında bir kayma meydana gelecektir.



**dikkat**

Stenoterm olarak adlandırılan canlıların tolerans aralıkları dar olduğundan, çevresel değişikliklerin izlemesinde, gösterge canlılar olarak kullanılırlar.

## Karasal Ekosistemlere Etki

Son 50 yılda, Türkiye'deki atmosferik sıcaklığın artma eğiliminde olduğu ve bu artışın özellikle de yaz ve sonbahar mevsimlerinde olduğu gözlemlenmiştir. Son 50 yıl içinde kış mevsiminde Türkiye'nin batı illerine düşen yağış miktarı da önemli ölçüde azalmıştır. Atmosferik sıcaklık artışına paralel olarak bitkilerde yaşanan buharlaşma yoluyla su kayıpları da artmaktadır. Karasal ekosistemlerde de özellikle bölgesel flora kompozisyonunda ve dağılımında değişiklikler meydana gelmektedir. Son 20-25 yılda, Avrupa'da sıcaklık artışlarına paralel olarak çok

sayıda bitki türünün sıcaklığı daha düşük bölgelere, kuzey kesimlere doğru yayılış alanını değiştirdiği gözlenmiştir. Benzer şekilde tundra toplulukları bu durumdan etkilenmiş ve bu toplulukların yerini ağaçlar ve bodur çalılıklar almıştır. Avrupa'nın pek çok bölgesinde sıcak seven (**termofilik**) bitki türlerinin daha sık görüldüğü, populasyon sayısının arttığı ve yayılış alanlarının genişlediği görülmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği ekonomik öneme sahip bitki türlerinin yetiştirilmesini de olumsuz etkilemektedir. Türkiye Bölgesel Tarım Sektör Modeli (TASM) yardımıyla yapılan bir araştırmada iklim değişikliğinin Türkiye tarımına etkileri üzerinde durmaktadır. 2050 yılı için ulusal ölçekte beş temel ürünün (buğday, arpa, mısır, pamuk, ayçiçeği) Türkiye genelindeki, verimliliği, ekilebilir topraklar ile üretim potansiyelinin %2 ile 13 oranında bir düşüş gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

İklim değişikliğinin yol açtığı ekolojik etkiler kutuplardaki karasal ekosistemlerden deniz ekosistemlerine kadar değişen farklı ekosistem tipleri üzerinde görülmektedir. Ekolojik değişimler şeklinde görülen bu etkiler ekosistem düzeyinden tür düzeyine kadar uzanmaktadır. Biyolojik çeşitlilik ve ekosistem yapısında meydana gelen, geri dönüşü olmayan bu değişiklikler hem ekosistemin yapısını hem de fonksiyonlarını bozarak, bazı türlerin yok olmasına, bazı türlerin göç etmesine neden olurken, bazı türlerin de (istenmeyen zararlı türler de dâhil olmak üzere) populasyonunun artışına yol açabilmektedir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre, küresel sıcaklıkta yaklaşık 1 °C sıcaklık artışı olduğu görülmektedir. İklim değişikliğine neden olan faktörlere karşı önlem alınmazsa, gelecek yüz yıl içinde ortalama sıcaklıkların 1–3.5°C arasında artacağı öngörülmektedir. Bu da değişen ve değişmeye devam eden ekolojik dengenin her yıl daha kötüye gideceği anlamını taşır.

### Gözlenen Bazı İklim Değişikliği Örnekleri

Türkiye'ye ilişkin İklim Değişiklikleri ile ilgili olarak, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1950-2010 döneminde kaydedilen ortalama hava sıcaklığı verileri ile toplam yağış verileri kullanılarak elde edilen verilere göre (Türkiye iklim değişikliği 5. bildirim, 2013); **Sıcaklık ve yağış ile ilgili olarak**; Türkiye'nin çok büyük bölümünde ilkbahar ve sonbahar ortalama hava sıcaklıkları artma eğilimi göstermektedir. Türkiye'nin Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde kış yağışlarının son elli yılda önemli ölçüde azaldığı, İç Anadolu'nun

kuzey kısımlarında sonbahar yağışlarında artış olduğu; özellikle batı ve güney batı kısımlarında yaz sıcaklıklarında artış meydana geldiği, kentleşmeye bağlı sıcaklığın en çok Akdeniz bölgesi şehirlerinde, bölge yüksek basınç etkisi altına girdiği belirtilmiştir. **Deniz seviyesinde yükselmeler ile ilgili olarak**; Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) tarafından yapılan deniz seviyesi ölçüm sonuçlarına göre; son 21 yılda Antalya bölgesinde yılda 7.4±0.6 mm'lik, Bodrum bölgesinde ise yılda 4.3±0.8 mm'lik bir yükselme olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama değerlere göre yapılan analizlerde ise Türkiye kıyılarının yıllık 1-2 mm düzeyindeki deniz seviyesi artışı gösterdiği, kıyı bölgelerindeki ekonomik öneme sahip topraklar ile kıyı alanları ve ulaşım için bir tehdit oluşturabileceği belirtilmiştir. Deniz seviyesindeki artışın etkileri erozyon, taşkın, alçak kıyıların su altında kalması ve tuzlu su girişi şeklinde görülmektedir. Deniz seviyesi artışı özellikle falezlerin gerilemesine sebep olarak toprak kayma riskini de arttırmaktadır.

İklim değişikliği ve etkilerine dünya genelinde bakıldığında, bölgenin normal iklimsel özellikleri, konumu, topoğrafik ve biyocoğrafik yapısına bağlı olarak bu etkilerin bölgesel olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Pek çok bilimsel araştırma ve IPCC raporlarına göre;

- Dünya ölçeğinde ortalama sıcaklık 20. yüzyılda 0,6 °C civarında artma göstermiştir.
- 1900'lü yıllar küresel ölçekte sıcaklığın en çok arttığı ve gözlemlendiği yıllar olmuştur.
- kutuplardaki buzullar ve kar örtüsü, yüksek dağ buzullarında azalmalar oluşmuş, bu azalmaya bağlı olarak deniz seviyesinde yükselme meydana gelmiştir.
- atmosferde miktarı artan CO<sub>2</sub> depolanması sayesinde okyanusların asitlik dereceleri artmıştır.
- okyanusların asitlik derecelerinin artmasına paralel olarak deniz ekosistemlerinin biyolojik çeşitliliğinde azalma ve olumsuz etkilenmeler ortaya çıkmıştır.
- Troposfer tabakası sıcaklığında da (atmosferin ilk tabakası) bir artış gözlenmiştir.
- beklenen normal yağışların oranı ve süresinde ciddi boyutlarda azalma gözlenmiştir.

İnsan aktivite ve müdahaleleri sonucu atmosferdeki sera gazları oranlarının değişmesi, bu gazlarının artışına bağlı olarak küresel ısınmanın meydana gelmesi ve iklim değişikliği ve iklim kaymalarının

yaşandığı artık bir gerçektir. Bu etki eğer ciddi önlemler alınıp uygulanmazsa devam edecektir.

Atmosferdeki sera gazlarının artışına bağlı küresel ısınmanın negatif sonuçları açısından risk grubu ülkeler içinde yer alan Türkiye’de gözlemlenebilecek olası etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. İklim kuşaklarındaki kaymaya paralel olarak ülkemiz daha şu andakinden sıcak ve kurak bir iklim kuşağı özelliği gösterebilmesi,
2. Kuraklaşmayla beraber yağış miktarında ve su kaynaklarında azalma, buna bağlı olarak da tarımsal üretimde düşüşler ve orman yangınlarında artış, toprak yapısında bozulmalar, kurak ve yarı kurak bölgelerin alan olarak genişlemesi sonucu çölleşme periyodunun hızlanması,
3. Toprak yapısında bozulmalara bağlı olarak doğal vejetasyon örtüsünde bozulma ve kaymalar,
4. Deniz ve tatlısu ekosistemlerinin CO<sub>2</sub> depolamalarından kaynaklanan asitleşme, buna paralel olarak özellikle balıkçılık ve su ürünleri sektöründe ciddi ekonomik kayıplar,
5. Sıcaklıktaki yükselme ile bölgedeki canlıların yaşamının olumsuz etkilenmesi,
6. Ekstrem hava olayları (şiddetli yapışlar, yerleşim yerlerinde sel, fırtınaların şiddet, etki ve sayısındaki artış), insan sağlığını tehdit eden unsurların artması,
7. Gerek insan sağlığı gerekse tarımda zararlı ve hastalık taşıyan canlıların daha geniş yayılış göstermeleri ve farklı coğrafyalara taşınmaları ve salgın hastalıkların artması gibi negatif etkiler görülebilecektir.

### İnsanların Ekosistem ve Biyosfer Üzerindeki Etkileri ve Sonuçları

İnsan nüfusu arttıkça, faaliyet ve teknolojik yetenekleri sayesinde ekosistem dinamiklerine olan etkisi de artmaktadır. Bu etki ekosistemlerin trofik yapısının, enerji akışının, kimyasal ve hidrolojik döngülerin bozulması şeklinde ortaya çıkar. Bu etkiler bazen bölgesel bazen de küresel ölçekte olabilir. Örneğin, asidik gazlar, bu gazları dışarıya veren bacalardan rüzgârlar ile binlerce kilometre uzağa taşınarak asit yağmurlarını oluşturabilir.

İnsan faaliyetleri genellikle besin maddesi döngülerine etki ederek biyosferin bir kısmında besin maddelerini kaldırarak başka bir kısmına ekler. Bu

olay bir bölgedeki anahtar besleyici maddelerin azalması başka bir bölgede ise aşırı olarak artması ile her iki alandaki doğal kimyasal döngülerin bozulmasıyla sonuçlanır. Buna en güzel örnek; ürün elde edilen alanların topraklarında bulunan besleyici maddelerin bir zaman sonra o ürünü tüketen insan ve hayvanların atıklarında ortaya çıkar. Bu atıklar daha sonra yağmur ve kanalizasyon suları ile akarsulara, göllere ve denizlere ulaşır.

Tarımın, azot döngüsü üzerine oldukça fazla etkisi vardır. Tarlaların sürülmesi, toprağın alt üst edilmesi-karıştırılması, organik maddelerin ayrışma hızını artırır ve ürünler hasat edildiğinde kullanılabilir azotun ürünle birlikte ekosistemden uzaklaşmasına neden olur. Bitki yapısı insan eliyle üzerinden uzaklaştırılan ekosistemler, bitkilerin ortamdan kaldırılması sebebi ile bu bitkilerin içerdiği azotu kaybetmekle kalmaz aynı zamanda ortamdaki nitratı alacak ve depolayacak bitkiler olmadığı için, toprağın içerdiği nitrat sürekli olarak ekosistem dışarı sızmaya devam edecektir. Bu yüzden de bu tip alanlarda sürekli endüstriyel gübre kullanılmaktadır. Günümüzde, insan faaliyetleri sayesinde birincil üreticilere tespit edilmiş azot, küresel boyutta iki kat kadar artmış durumdadır. Bu artışın temel sebeplerinden biri gübrelerde kullanılan endüstriyel azot miktarıdır. Bir diğer sebep ise azotu bağlayan simbiyontları olan baklagillerin üretiminin fazla olması ve orman yangınlarıdır. Yangınlar, toprakta ve vejetasyonda depo halinde bulunan azotun atmosfere geçmesini sağlar. Azotoksitler, atmosferik ısınmaya, atmosferik ozonun tüketilmesine ve bazı bölgelerde asidik yağışların artışına neden olabilir.

Durgun su sistemleri olarak adlandırılan göller, içerdikleri nutrient miktarı temel alınarak oligotrofik (az miktarda nutrient içeren), mezotrofik (orta düzeyde nutrient içeren), ve ötrofik (yüksek miktarda nutrient içeren) olarak sınıflandırılır. Ancak bir gölün yüksek miktarda nutrient içermesi (yani ötrof) olması sanıldığı aksine verimli bir göl değildir. Bu tip göllerde, sığlaşma ve organik kirlilik başlamış, su kalitesi düşmüştür ve göl bataklık oluşuma doğru gitmeye yani yok olmaya başlamıştır. Özellikle mezotrofik ve ötrofik gölleri besleyen akarsular, içinden geçtikleri yerleşim bölgelerinin farklı atıkları için alıcı ortam olarak kullanıldıklarından dolayı, içerdikleri her türlü kirlilik yükünü de göle taşırlar. İnsan faaliyetleri sonucunda tatlısu ekosistemleri kültürel ötrofikasyon adı verilen olayla tahrip edilmektedir. Lağım suları ve fabrika atıkları, çayırardan ve ağıllardan gelen hayvan atığı bakımından zengin sular, tarımdan, yerleşim bölgelerinden gelen gübrelerin sızması ile

birçok akarsu, göl aşırı derecede nutrientler için alıcı ortam olmaktadır. Bu ise tatlısu ekosistemleri içindeki döngüleri ve yaşamsal faaliyetleri olumsuz etkilemektedir. Tatlısu ekosistemlerinden sıcaklığın etkisi ile buharlaşan su, suyu içindeki maddeleri de içerecek ve atmosfere taşıyacaktır.



### dikkat

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirebilmek için Uluslararası çerçevede anlaşma ve sözleşmeler yapılmaktadır.

Odunun, kömürün ve diğer fosil yakıtların aşırı kullanımı, atmosferde su ile reaksiyona girerek sülfürik asit ve nitrik asidi meydana getiren kükürt oksit ve azot oksidin ortama verilmesini sağlar. Böylece yeryüzünde asit yağmurlarının yağışı artar. Yakıt kullanımına paralel olarak asit yağmurları sanayi devriminden beri oluşmasına rağmen, atmosfere verilen gazlar, özellikle de cevher eritme fabrikaları ve elektrik üretim tesislerinden olmak üzere son yüzyılda oldukça artmıştır. Bölgesel kirliliği azaltmak için pek çok ülkede cevher eritme fabrikaları ve elektrik üretim tesislerinin bacaları yükseltilerek (en az 300 metre) zemin seviyesinde etki azaltılmaya çalışılmıştır. Ancak bu geçici çözüm, bacalardan çıkan gazların rüzgârlarla binlerce kilometre uzağa taşınmasını engellemez. İnsan faaliyetleri ile çeşitli gaz atıklar atmosfere verilmektedir. Sanayi devriminden bugüne kadar fosil yakıtların yakılması, ormanlık alanların

yok edilmesi ile ormanlık alanlardan elde edilen odunun yakılması sonucunda atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu gittikçe artmıştır. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğundaki artışın uzun süreli etkileri ile ilgili pek çok tahmin yapılmaktadır. Ancak buradaki en önemli uyarı dünyanın ısı bütçesi üzerinedir. Dünyaya ulaşan güneşten gelen radyasyonun çoğu daha önce de ayrıntılı olarak açıklandığı üzere uzaya geri yansıtılır. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> ve su buharı görünür ışığa karşı şeffaftır, ancak yansıtılan kızılötesi ışınların bir kısmını absorblayarak yeryüzüne tekrar yansıtır. Böylece güneş enerjisinin bir kısmı yeryüzünde tutulur. Böylelikle doğal sera etkisi yardımıyla yeryüzünün sıcaklığı yaşam formları için uygun bir aralıkta tutulur. Buradaki temel sorun, insanlar tarafından atmosferdeki başta CO<sub>2</sub> olmak üzere diğer gazlarında atmosferdeki yoğunluklarının artmasına paralel olarak sera etkisinin artması ve yeryüzü sıcaklığının olması gerekenden fazla yükselmesidir. Sadece 1,3 °C'lik bir artış bile, dünyayı geçmiş 100.000 yıl içerisindeki en sıcak duruma getirecektir. Yapılan araştırmalara ve sunulan durum raporlarına göre en kötü tahmin, ısınmanın en fazla kutuplara yakın olan kısımlarda olacağını ileri sürmektedir. Bu ısınmaya paralel olarak da kutuplardaki buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi ve pek çok kıyasal alanın sular altında kalması yönündedir. Isınmadaki bu değişiklikler önemli tarımsal alanları daha kurak hale getirecektir. Bununla beraber küresel ısınmanın bitki ve hayvan popülasyonları üzerine negatif etkisi de ortaya çıkacaktır. Canlıların uzun mesafelere hızlı bir şekilde yayılamayacağı göz önünde tutulacak olursa, ekonomik öneme sahip canlılar da dâhil olmak üzere çoğunun ortadan kalkması kaçınılmaz hale gelecektir.

### Öğrenme Çıktısı

- 4 Ekosistemleri ve iklim değişikliğinin ekosistemler üzerindeki etkisini ve sebeplerini kavrayabilme  
5 Sera gazlarının iklim değişikliğine, küresel ısınma, kuraklaşma ve çölleşmeye etkisini öğrenebilme



### Araştır 3

Atmosferde miktarı artan CO<sub>2</sub>'in sucul ekosisteme verdiği en önemli zarar nelerdir? Araştırın.

### İlişkilendir

Küresel ısınmanın Türkiye de gözlenebilecek olası etkilerini değerlendirin.

### Anlat/Paylaş

Hidrolojik Döngü (Su döngüsü) neden bir biyojeokimyasal döngü değildir? Anlatın.



## İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÇERÇEVE SÖZLEŞMESİ VE KYOTO PROTOKOLU

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC=Intergovernmental Panel on ClimateChange) Birleşmiş Milletler'e bağlı, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından iklim değişikliği, kaynakları ve etkileri ile ilgili yapılmış olan tüm araştırma ve çalışmaların değerlendirilmesini yapan, iklim değişikliği ile mücadele, alınması gereken önlemler ve uyum konusunda karar vericilere ışık tutmak, yol gösterici önerilerde bulunmak üzere 1988 yılında kurulmuştur. Türkiye'nin de içinde yer aldığı Birleşmiş Milletler ve Dünya Meteoroloji Örgütü'ne üye ülkelerden oluşan IPCC, Türkiye'nin de içinde IPCC "üyesi ülkeler" tarafından belirlenmiş periyotlarda çalışmalarına devam ederek her 5-7 yılda bir toplanmakta, oluşturulan değerlendirme raporları karar verici mercilerle paylaşılmaktadır. IPCC tarafından ilki 1990, ikincisi 1996, üçüncüsü 2001, dördüncüsü 2007 yılında olmak üzere 4 rapor yayımlanmış, beşincisi rapor ise Eylül ve Eylül 2014 tarihlerinde olmak üzere iki kısımda açıklanmıştır. IPCC yetkilileri ve raporları oluşturan yazarlar, hükümetlerce aday gösterilip, bilimsel niteliklerine göre IPCC sekreteryası tarafından seçilerek gönüllülük esasına dayalı olarak çalışmaktadırlar. Yazarlar tarafından hazırlanan raporlar bağımsız ve ilgili paydaşlar tarafından atanmış uzmanlar tarafından incelenip revize edilir, IPCC editörleri tarafından gözden geçirilip, IPCC üyesi ülke heyetleri tarafından okunarak onaylanır. Sonuç olarak IPCC raporları verilerini üye ülkeler ve hükümetler onaylamış olur.

1992 yılında Rio'da yapılan Çevre ve Kalkınma Konferansında kabul edilip, Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren **İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin** temel amacı, öncelikle CO<sub>2</sub> olmak üzere, iklim üzerine olumsuz etkisi olan antropojen kaynaklı sera gazı birikimini önlemektir. Sözleşmenin temel ilkeleri arasında, etkin maliyetli ve küresel yarar sağlayacak şekilde iklim değişikliği etkilerine karşı önlem alınması ve sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi yer almaktadır.

181 ülkenin taraf olduğu Kyoto Protokolü, 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Protokol, hukuki açıdan sera gazı salınımlarının sınırlanmasını ve azaltılmasını sağlamak amacıyla gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını 1990 yılına göre %5 azaltmalarını öngörmektedir.

### Öğrenme Çıktısı



6 İklim değişikliğinin küresel ve bölgesel etkilerini kavrayabilme

Araştır 4

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli ne amaçla düzenlenmektedir? Araştırın.

İlişkilendir

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile güncel çevre sorunlarını ilişkilendirin.

Anlat/Paylaş

Kyoto Protokolü ile öngörülen senaryoları anlatın.

## KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İÇİN ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

Ülkemizin de içinde bulunduğu bazı uluslararası anlaşmalar kapsamında (Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır. Ülkemizin taraf olduğu sözleşmeler kapsamında bazı önlemler alınmış ve uygulamaya konulmuştur. Son yıllarda özellikle 2008-2012 yılları arasında yapılan ağaçlandırma, erozyon kontrolü ve ıslah çalışmaları ile ormanlık alanların miktarı arttırılmıştır. Daha önce de sözü edildiği gibi toprağın fiziksel yapısında meydana gelen bozunumlar geri dönüşümsüzdür. Erozyon ve çölleşme ile mücadelede, su ve rüzgarlarla meydana gelen doğal erozyonlar da dâhil olmak üzere, insan aktiviteleri sonucu oluşan eroz-



yonun kontrolü ve engellenmesi, toprakta tuzlulaşmanın engellenmesi, yanlış ve fazla gübre kullanımının azaltılması ve toprak kirliliğinin önlenmesi, mevcut su kaynaklarının korunması, özellikle yüksek üretim potansiyeline sahip ve hassas bir dengeye sahip sulak alanların gerekiyorsa koruma altına alınması, çayır ve mera alanlarında otlatmanın kontrolünün sağlanması, orman yangın kontrol mekanizmalarının daha etkin hale getirilmesi, yanan bölgelerde tekrar ağaçlandırma çalışmalarının yapılması, bölgenin flora ve fauna envanterlerinin çıkarılması şeklinde sıralanabilir. Ülkemizde ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından 2012-2017 yıllarını kapsayan, uygulama, araştırma-geliştirme, eğitim ve tanıtım, izleme ve değerlendirme konularında eylem planı uygulamaları belirlenmiş ve yapılmaktadır. **Sera gazı etkisi yapan gazların azaltılması için;** kullanılan yakıt kalitesinin yükseltilmesi ve düşük CO<sub>2</sub> emisyonlu yakıt kullanımını arttırmak, fosil yakıtların yerine biyokütle kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, bireysel ulaşım için kullanılan özel araçlar yerine toplu taşıma araç kullanımının yaygınlaştırılması, mevcut ormanlık alanların korunması, tahrip olanların yerine yenilerinin oluşturulması, biyolojik çeşitliliğin korunması, sera gazı alıcı ortamlarının (tatlısu ve deniz ekosistemleri) korunması, geri dönüşüm metotlarının kullanılması, çöp depolama alanlarından oluşan gazların değerlendirilmesi sayılabilir. Ülkemizin de taraf olduğu iklim değişikliği ile ilgili bazı anlaşmalar; Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü ve Viyana Sözleşmesi ve Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirlenmesi Sözleşmesi'dir.

Küresel ısınma ve değişikliğine karşı ülkemizde alınana önlemler ve uyum çalışmaları yapılmaktadır. Bununla ilgili olarak özellikle kıyı sahil şeridi bölgelerimizde çok sayıda alan koruma altına alınmıştır. Günümüzde küresel ısınmayla beraber, yağışların azalmasına bağlı olarak artan kullanılabilir su potansiyelindeki azalmalara karşı ise; su kaynaklarının alışılmış kullanımını dışında kullanım yöntemlerinin geliştirilmesi, atık suların arıtılması, tuzluluğa ve kuraklığa dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi gibi uyum çalışmaları yapılmaktadır.

### Öğrenme Çıktısı

7 Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önlenmesi için alınması gereken önlemleri anlayabilme



#### Araştır 5

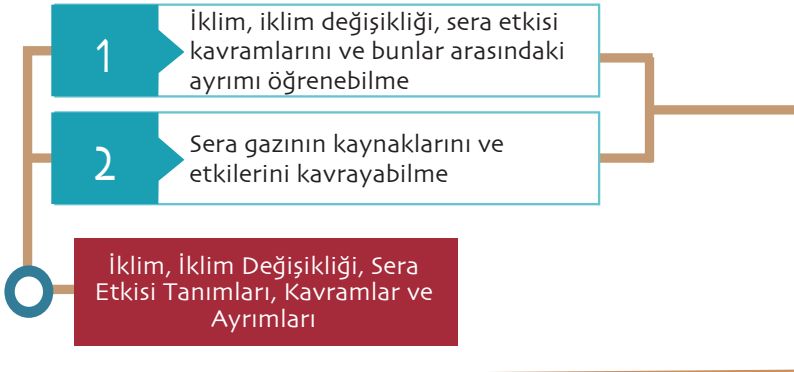
Küresel ısınmayı azaltmak için, bireysel anlamda nelere dikkat etmelisiniz veya hangi bireysel önlemleri alabilirsiniz? Araştırın.

#### İlişkilendir

Erezyon ve çölleşme ile küresel ısınma arasındaki bağlantıyı açıklayınız.

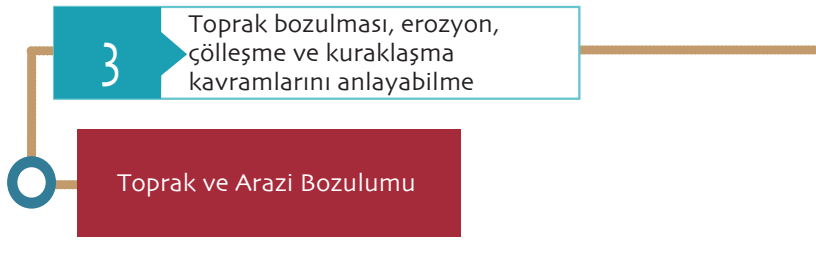
#### Anlat/Paylaş

Ülkemiz sera gazı salınımı azaltmak amacıyla alınan önlemler nelerdir? Anlatın.

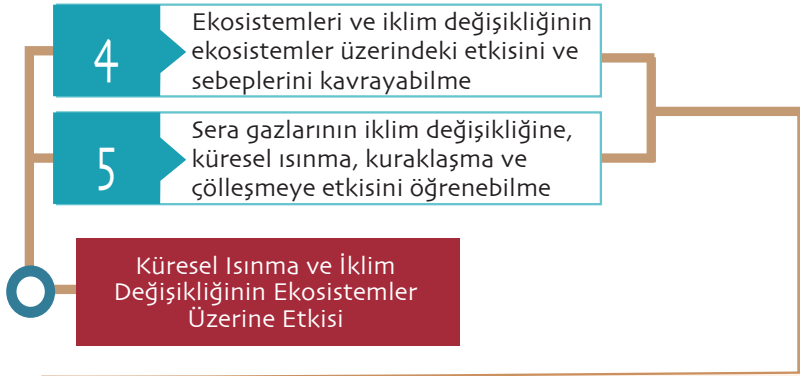


Yerküremizi saran atmosfer bir gaz karışımı olup, sabit ve miktarı değişebilen gazlardan oluşmaktadır. Su buharı (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve azotoksit (N<sub>2</sub>O) devamlı bulunan ancak miktarları değişebilen gazlardır. Atmosferdeki doğal miktarı ne olursa olsun, atmosferik miktarındaki değişimler ve ısı tutma özelliğinden dolayı iklimsel koşullara etki yapan gazlara sera gazı denir ve bunlardan en önemli biri de CO<sub>2</sub>'dir. Volkanizma faaliyetleri gibi doğal olaylara ilave olarak antropojenik etmenler (fosil yakıt kullanımı, çimento üretimi, arazi kullanımındaki değişimler ve yangınlar gibi) sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının miktarındaki artış, bu gazların ısı tutma ve yansıtma özelliklerinden dolayı, dünya atmosferik sıcaklığının da arttırması olayına küresel ısınma denir. Direk veya dolaylı olarak atmosferin doğal yapısını bozan ve antropojenik faaliyetler sonucu oluşan, karşılaştırılabilir bir zaman diliminde gözlemlenen doğal iklimsel olaylara ilave olarak iklimsel olaylarda meydana gelen farklılıklara iklim değişikliği adı verilmektedir. Daha kısa bir tanım olarak; "belirli bir bölgede daha önce Meteoroloji tarafından belirlenen iklimin ortalama durumundan sapmalardır" şeklinde ifade edilebilir.

İklim değişikliği doğal süreçte kendiliğinden olabileceği gibi doğal sürecin dışında, dış faktörler etkisi ile de oluşabilir. Fosil yakıt kaynakların aşırı kullanımı, ormanlık bölgelerin azalması, endüstriyel atıklar, amaç ve yönetime dayalı arazi kullanımındaki farklılık ve değişiklikler sonucunda dünya atmosferine giren sera gazları miktarı ve yayılımı da sürekli artmaktadır. Sera gazlarından olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve azotoksit (N<sub>2</sub>O) miktarının artması, dünya atmosferik sıcaklığın da artmasına neden olmaktadır.



İnsanlar tarafından yanlış kullanımlar sayesinde toprağın, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulması sonucu verimlilik düşüşüne neden olan toprak kalitesinin azalması Toprak Bozulumu adı verilmektedir. Toprak yapısındaki bozulum fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak meydana gelebilir. Dış etkilerle belirli bir bölgedeki toprağın oluştuğu ve bulunduğu yerden aşınıp, taşınması ve başka bir bölgede birikmesi olayı erozyon olarak tanımlanmaktadır. Jeolojik erozyon veya toprak kazanımı olarak da adlandırılan doğal erozyonda, su ve rüzgârın aşındırması ve taşınması söz konusudur. Hızlandırılmış erozyon ise toprak kaybına neden olan erozyon tipidir. Yanlış arazi kullanımı, yanlış tarım ve üretim tekniklerinin kullanımı, çayır ve meralık alanlarda aşırı ve erken otlatmalar hızlandırılmış erozyonun ortaya çıkmasının temel sebepleridir. Belirli bir bölgede yağışın ortalama seviyesinin oldukça altına düşerek hem arazi kaynak ve kullanımını hem de su döngüsü (hidrolojik) ile ilgili olayları negatif etkileyen doğal olaylara kuraklık denir. Kurak, yarı kurak ve yarı nemli bölgelerde iklimsel değişiklikler ve insan faaliyetleri sonucu meydana gelen arazi yapısındaki bozulmaların uç noktalarına ise çölleşme denir.



Bir türün bireylerin oluşturduğu topluluğa populasyon, aynı alan içinde birden fazla populasyonun bir araya gelerek oluşturduğu topluluğa ise komünite adı verilir. Komünite ve cansız çevrenin tamamına ise ekosistem denir. Ekosistemler, Deniz, Tatlısu, Karasal ve İnsan Eliyle oluşturulmuş Ekosistemler olarak sınıflandırılır. Ekosistem abiyotik (cansız) ve biyotik (canlı) öğelerden oluşan bütün olup aralarında sürekli ve denge halinde bir ilişki mevcuttur. Doğal kaynaklı olan değişikliklerin dışında insan faaliyet ve müdahaleleri sonucu oluşan sera gazları, bu gazların atmosferik sıcaklığı arttırmasına paralel olarak meydana gelen iklimsel değişiklikler hem cansız çevrenin özelliklerini hem de bu çevrede yaşayan canlıları olumsuz etkilemektedir. İklim değişikliğinin ekosistemler üzerindeki etkileri; buzulların ve karların erimesi, deniz seviyesindeki yükselmeler, gelecekte dönemlerde kıyısız alanların bozulması, rüzgar kuşaklarında değişiklik, tarımsal üretimde azalma, iklimsel değişiklikler ve iklim kuşaklarında kaymalar, biyolojik çeşitlilikte düşüş, ekonomik öneme sahip bitki ve hayvan türü sayısında azalma, kuraklaşma, çölleşme, kullanılabilir ve içme suyunda azalma şeklinde sayılabilir.

Fosil yakıt kaynaklarının aşırı kullanımı, amaç ve yönetime dayalı arazi kullanımındaki farklılık ve değişiklikler sonucunda dünya atmosferine giren sera gazları miktarı ve yayılımı da sürekli artmaktadır. Sera gazlarından olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve azotoksit (N<sub>2</sub>O) miktarının artması, dünya atmosferik sıcaklığın da artmasına yani küresel ısınmaya neden olmaktadır. Küresel ölçekteki ortalama sıcaklık artışı (küresel ısınma), yağış şekli ve miktarındaki değişikliklere, karla kaplı alanların azalması ve buzulların erimesine etki edecektir. Sera gazları miktarının artması ise karalar ile denizler, denizler ile buz kütleleri ve kar örtüsü, denizler ile atmosfer arasındaki meydana gelen biyolojik döngüleri de etkileyecektir. Böylece önce kuraklaşma ve belirli zaman periyodu boyunca görülen ve devam eden olumsuz faktörlerin varlığı ile de çölleşme süreci başlamış olacaktır.

6

İklim değişikliğinin küresel ve bölgesel etkilerini kavrayabilme

İpcc (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli), İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü

İklim değişikliğinin hem küresel hem de bölgesel etkileri çok açık bir şekilde ekosistemler ve insan sağlığı üzerinde görülmektedir. Ekosistem üzerinde ozon tabakasında incelme ve (ya) tahribata bağlı etkiler, atmosferik sıcaklık artışına bağlı etkiler ve yağış şekli ve miktarındaki azalmalar şeklinde sıralanabilir. İnsan sağlığına ise solunum yolu rahatsızlıklarında artış ve ozon tabakasındaki incelmeye bağlı olarak artan deri rahatsızlıklarıdır. Bölgesel anlamda bakıldığında Türkiye'nin çok büyük bölümünde, ilkbahar ve sonbahar ortalama hava sıcaklıkları artma eğilimi gösterdiği, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde kış yağışlarının son elli yılda önemli ölçüde azaldığı, İç Anadolu'nun kuzey kısımlarında sonbahar yağışlarında artış olduğu; özellikle batı ve güney batı kısımlarında yaz sıcaklıklarında artış meydana geldiği, kentleşmeye bağlı sıcaklığın en çok Akdeniz bölgesi şehirlerinde olduğu rapor edilmiştir. Buna göre tüm bu bölgelere yüksek basınç etkisi altına girmektedir.

7

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önlenmesi için alınması gereken önlemleri anlayabilme

Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İçin Alınması Gereken Önlemler

Sera gazı etkisi yapan gazların azaltılması için kullanılan yakıt kalitesinin yükseltilmesi ve düşük CO2 emisyonlu yakıt kullanımını arttırmak, fosil yakıtların yerine biyokütle kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, bireysel ulaşım için kullanılan özel araçlar yerine toplu taşıma araç kullanımının yaygınlaştırılması, mevcut ormanlık alanların korunması, tahrip olanların yerine yenilerinin oluşturulması, biyolojik çeşitliliğin korunması, sera gazı alıcı ortamlarının (tatlısu ve deniz ekosistemleri) korunması, geri dönüşüm metotlarının kullanılması, çöp depolama alanlarından oluşan gazların değerlendirilmesi sayılabilir.

1 Aşağıdakilerden hangisi doğadaki biyojeokimyasal ve hidrolojik döngülerinin dengesinin bozulmaması için alınacak önlemler arasında **değildir**?

- A. Ormanlık alanların korunması
- B. Fosil yakıt tüketiminin azaltılması
- C. Biyolojik çeşitliliğin korunmasını sağlamak
- D. Sanayi tesislerini belirli bir bölgeye toplamak
- E. Aşırı ve yanlış gübre ve kimyasal madde kullanımını engellemek

2 Aşağıda verilen gazlardan hangisinin atmosferik sıcaklığı arttırmasındaki etkisi en yüksektir.

- A. Karbondioksit
- B. Metan
- C. Azotoksit
- D. Ozon
- E. Kloroflorokarbon

3 Atmosferin tabakaları aşağıdaki seçeneklerden hangisinde yeryüzünden yukarı doğru olacak şekilde düzgün sıralanmıştır?

- A. Stratosfer, Troposfer, Mezosfer ve Termosfer
- B. Troposfer, Stratosfer, Mezosfer ve Termosfer
- C. Mezosfer, Stratosfer, Troposfer ve Termosfer
- D. Termosfer, Stratosfer, Troposfer ve Mezosfer
- E. Termosfer, Stratosfer, Mezosfer ve Troposfer

4 Kimyasal anlamdaki toprak bozulumunda aşağıdaki sonuçlardan hangisi görülür?

- A. Sert, strüktürsüz, masifleşmiş veya levha strüktürlü katmanların oluşumu
- B. Toprak profilinin farklı derinliklerinde sıkışma
- C. Toprağın tuzlulaşması, alkalileşmesi ve toprak pH'sındaki değişimler
- D. Toprağın doğal vejetasyon yapısındaki değişiklikler
- E. Toprağın mikro ve makrofaunasında azalma ve(ya) değişiklikler

5 Yapılan araştırmalar geçmişte farklı sebeplere bağlı olarak iklim değişikliklerinin oluştuğunu, günümüzde de küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliklerinin oluştuğunu ve devam edeceğini göstermektedir. Aşağıdakilerden hangisi bu olayın temel sebebi olarak gösterilebilir.

- A. Buzul dönemlerinin oluşması
- B. Ozon tabaksındaki incelme ve tahribat
- C. Buz dağlarının ve kar örtüsünün erimesi
- D. Deniz düzeyindeki yükselmeler
- E. Antropojen kaynaklı olarak atmosfere verilen sera gazları miktarındaki artış

6 Dünyanın herhangi bir bölgesindeki, belli bir zamandaki kısa süreli atmosferik olaylara hava; belirli bir bölgede uzun bir zaman periyodunda görülen hava koşullarının ortalama ve uç değerlerine ise iklim denir. Bu tanımlamalara göre aşağıda iklim ve hava durumu ile ilgili yapılan eşleştirmelerden hangisi doğrudur?

- | <u>İklim</u>        | <u>Hava</u>              |
|---------------------|--------------------------|
| A. Kurak bir yaz    | Şiddetli bir yağış       |
| B. Ilıman kış       | Don oluşumu görülen gece |
| C. Yağışlı mevsim   | Sağanak yağış            |
| D. Don oluşumlu gün | Ilıman kış               |
| E. Sıcak bir gün    | Şiddetli yağış           |

7 Güneşten gelen zararlı radyasyonu tutan ve yansıtan atmosferik tabaka aşağıdakilerden hangisidir.

- A. Troposfer
- B. Troposferik ozon
- C. Termosfer
- D. Stratosferik ozon
- E. Mezosfer



8 İnsan kaynaklı etmenlere bağlı olarak, dış etkilerle belirli bir bölgedeki toprağın oluştuğu ve bulunduğu yerden aşınıp, taşınması ve başka bir bölgede birikmesi olayına ne ad verilir?

- A. Doğal erozyon
- B. Hızlandırılmış erozyon
- C. Çölleşme
- D. Kuraklaşma
- E. Toprak bozunumu

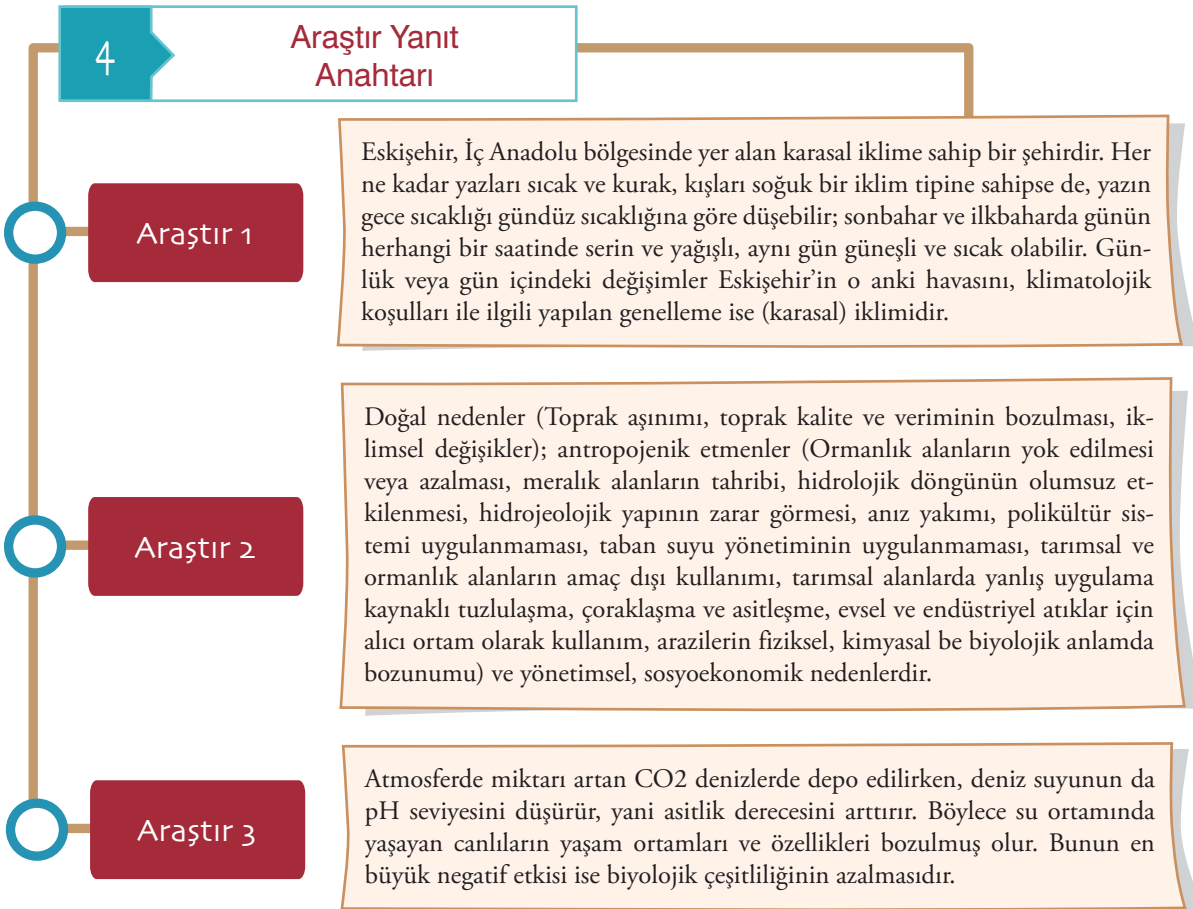
9 Aşağıdakilerden hangisi ozon tabakasının korunmasına yönelik olarak yapılan bir anlaşmadır?

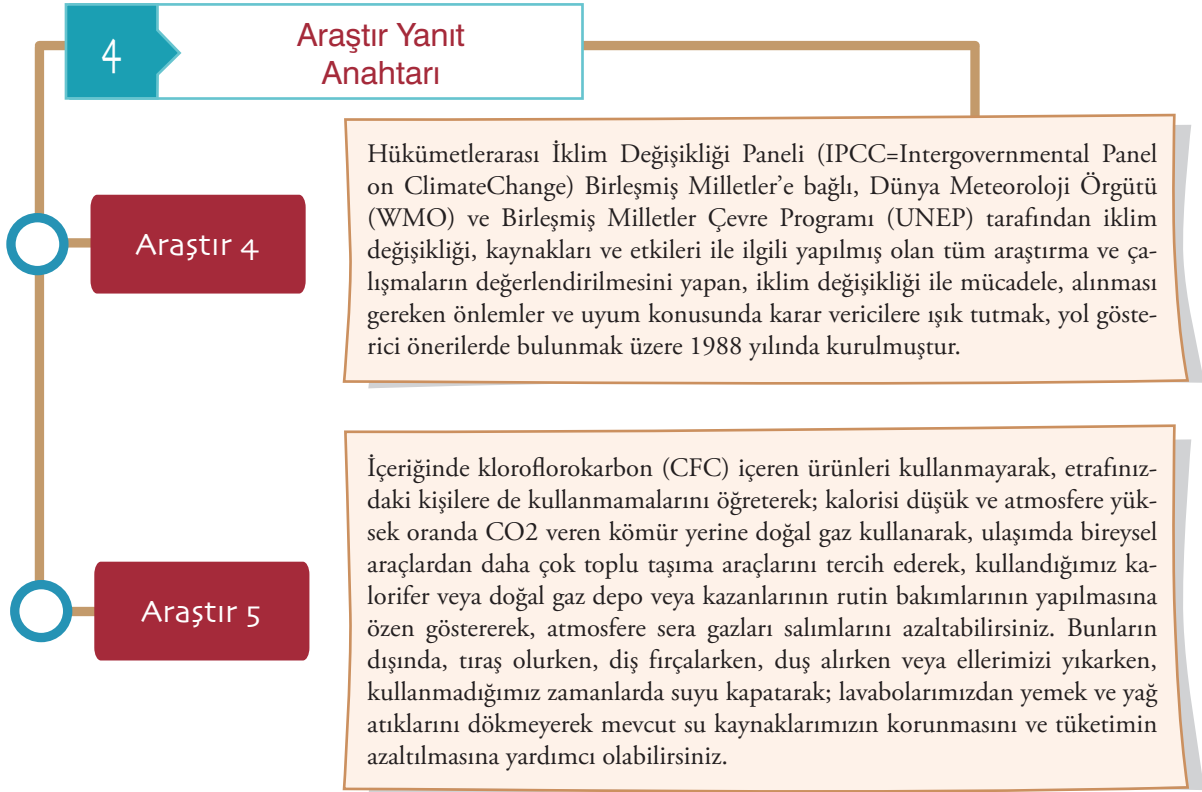
- A. Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi
- B. Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi
- C. Montreal Protokolü
- D. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
- E. Birleşmiş Milletler Çevre Programı

10 Aşağıdakilerden hangisi Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin görevleri arasında **değildir**?

- A. İklim değişikliği, kaynakları ve etkileri ile ilgili yapılmış olan tüm araştırma ve çalışmaların değerlendirilmesini yapmak.
- B. İklim değişikliği ile mücadelede alınması gereken önlemler ve uyum konusunda karar vericilere ışık tutmak.
- C. İklim değişikliği ile mücadelede yol gösterici önerilerde bulunmak.
- D. Değerlendirme raporlarını karar verici mercilerle paylaşmak.
- E. İklim değişikliği ile mücadelede değerlendirme raporlarında uygulamaya yönelik kısıtlamalar getirmek.

1. D	Yanıtınız yanlış ise “Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Ekosistemler Üzerine Etkisi” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	6. C	Yanıtınız yanlış ise “Hava ve İklim” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. A	Yanıtınız yanlış ise “Sera Gazı Kaynakları ve Etkileri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	7. D	Yanıtınız yanlış ise “Sera Etkisi, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. B	Yanıtınız yanlış ise “Sera Etkisi, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	8. B	Yanıtınız yanlış ise “Erozyon” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. C	Yanıtınız yanlış ise “Toprak ve Arazi Bozulumu” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	9. C	Yanıtınız yanlış ise “Oksijen ve Ozon” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. E	Yanıtınız yanlış ise “Sera Etkisi, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	10. E	Yanıtınız yanlış ise “IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli), İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü” konusunu yeniden gözden geçiriniz.





## Kaynakça

- Anonim (1995). **The united nations convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, Particularly in Africa**. [http://www3.moew.government.bg/files/file/KVESMS/conventions\\_full/Convention\\_desertification\\_en.pdf](http://www3.moew.government.bg/files/file/KVESMS/conventions_full/Convention_desertification_en.pdf) (Erişim tarihi: 10.08.2016).
- Anonim (1996) **Climate change, The science of climate change**. NewYork: Cambridge University Press.
- Anonim (2013).**Türkiye iklim değişikliği 5. bildirimi**. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP).
- Anonim (2014). T. C. **Orman Genel Müdürlüğü Envanteri**. Ankara: Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Yayın No.115, Envanter Serisi No. 17.
- Anonim (2014). **Toprak su kaynakları**. [www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari](http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari) (Erişim tarihi: 17.04.2016).
- Anonim (2016). **Türkiye çölleşme haritası**. <http://www.ormansu.gov.tr> (Erişim tarihi: 15.06.2016).
- Atalay, İ. (1997). **Türkiye coğrafyası**. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.
- Dellal, İ., Butt,T, Mc Carl, B., Dyke, P. (2004). **Economic impacts of climate change on Turkish agriculture**. Ankara: International Conference on Climate Change.
- Demirsoy, A. (2014). **Genel ve Türkiye zoocoğrafyası**. Ankara: Meteksan AŞ.
- Jahanson, C. M., Fu, Q. (2009). **Hadley cell widening: Model simulations versus observations**. Journal of Climate, 22, 2713-2725.
- Kızıroğlu, I. (2001). **Ekolojik potpuri**. Ankara: TAKAV Maatbacılık AŞ Yayınları.
- Mishra, A.K, Singh, V.,P. (2010). **A review of droughtconcepts**. Journal of Hydrology, 391, 202-216.
- Odum, E.P, Barrett, G. (2004). **Fundamental of ecology**. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.

- Şahin, Ü., Kurnaz, L. (2014). **İklim değişikliği ve kuraklık**. İstanbul: İstanbul Sabancı Üniversitesi Yayınları.
- Türkeş, M.(1999). **Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity-conditions**, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, 23, 363-380.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., Çetiner, G. (2000). **Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri**. Ankara: Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, 7-24, ÇKÖK Gn. Md.
- Türkeş, M., Sümer, U., M., Çetiner, G. (2000). **Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri**. Ankara: Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları. <http://www.mgm.gov.tr/files/iklim/iklimetkileri.pdf> (Erişim tarihi: 10.08.2016).
- Türkeş, M., Şen, Ö.L, Kurnaz, L., Madra, Ö., Şahin, Ü. (2013). **İklim değişikliğinde son gelişmeler: IPCC 2013 raporu**. [http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2014/01/13672\\_IPCCRapor.web\\_.02.01.14.pdf](http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2014/01/13672_IPCCRapor.web_.02.01.14.pdf) (Erişim tarihi: 10.08.2016).
- [http://daac.gsfc.nasa.gov/upperatm/atmospheric\\_structure](http://daac.gsfc.nasa.gov/upperatm/atmospheric_structure) (Erişim tarihi: 15.06.2016).
- Visbeck, M., H, Hurrell, J., W, Polvani, L., Cullen, H., M. (2001). **The north atlantic oscillation: past, recent and future**. Proceeding National Academy of Science, 98, 12876-12877.

# Bölüm 5

## Tarla Bitkileri, Su ve Sulama

### öğrenme çıktıları

#### Tarla Bitkilerinin Genel Özellikleri

- 1 Tahıllar, yemelik tane baklagiller, baklagil-buğdaygil yem bitkileri ve endüstri bitkilerini öğrenebilme
- 2 Ülkemizde bölgelere göre en çok üretimi yapılan tarla bitkilerini tanıyabilme

#### Tarla Bitkilerinde Sulamanın Etkinliği

- 5 Tarla bitkilerinde sulamanın amaçları ve yararlarını kavrayabilme
- 6 Tarla bitkileri sulamasında kullanılabilecek sulama suyu kaynaklarını öğrenebilme
- 7 Tarla tarımı yapılan topraklarında oluşan tuzluluk, drenaj ve taban suyu sorununu kavrayabilme
- 8 Sulu tarımda arazi tesviyesini anlama

#### Sulama Suyunun Kalitesi, Toprak Özellikleri ve Bitki Sağlığına Olan Etkileri

- 11 Sulama suyundaki tuzluluk, geçirgenlik, toksik olma durumlarını öğrenebilme
- 12 Sulama suyu kalitesini etkileyen faktörleri kavrayabilme

#### Tarla Bitkileri, Su ve Sulama

- 3 Suyun elverişliliğine bağlı olarak ortaya çıkan tarla tarım sistemlerini anlayabilme
- 4 Tarla bitkilerinde bitki su etkileşimini kavrayabilme

#### Tarla Bitkilerinde Uygulanan Bitki Sulama Sistemleri

- 9 Göllendirerek tava ve uzun tava sulama sistemlerini öğrenebilme
- 10 Karık usulü ve yağmurlama sulama sistemlerini kavrayabilme

#### Seralarda Sulama Sistemlerinin Uygulaması

- 13 Hortumla veya süzgülü kova yöntemi ile sulama sistemlerini anlayabilme
- 14 Yüzeğe uygulanan, yağmurlama, damla ve sisleme sulama sistemlerini kavrayabilme

**Anahtar Sözcükler:** • Tarla Bitkileri • Sulama Sistemleri • Sulama • Su Kalitesi • Bitki-Su İlişkileri • Verim Artışı





## GİRİŞ

Toprak ve tohum kullanılarak verim ve kalite bakımından bitkisel ve hayvansal ürünlerin elde edilmesi, bunların işlenerek yarı işlenmiş veya tam işlenmiş halde değerlendirilmesi tarım adı verilmektedir. Tarım, tarihin eski zamanlarından beri insanoğlunun temel faaliyetleri arasında ilk sıralarda yer almış, başlangıçta ilkel olarak yapılan tarım çeşitli evrelerden geçerek bilimde ve teknolojiye oluşan ilerlemelere bağlı olarak gelişme göstermiş ve günümüze kadar gelmiştir. Günümüzde dünya nüfusu geometrik olarak artmış ve 7 milyara yaklaşmış olup, nüfustaki artışa uygun olarak dünyada ve ülkemizde ekonomide hızlı bir büyüme kendini göstermektedir. Bu büyümeye karşın gıdaya olan talep büyümekte ve bu talepleri tarım alanları hızla azalan ve kirlenen dünyada karşılamak gittikçe zorlaşmaktadır.

Dünyada birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de tarım alanlarının küçülmesi, plansız kentleşme amacıyla miras yoluyla tarımsal alanların işgal edilmesi, erozyon, toprakların yanlış ve aşırı sulamayla tuzlulaşması, aşırı kimyasal kullanımı vb. gibi sebepler dolayısıyla tarım alanları hızla azalmaktadır. Bu durum yakın gelecekte artan nüfusu beslemek amacıyla tarımsal üretimde sıkıntıların çekilmesi ve tarımsal üretimin dış ülkelere karşılanmasında tehlikesi ile karşı karşıya kalınmasına sebep olmaktadır. Diğer bir deyişle gelişen ekonomi ve ticaret hacmiyle birlikte artan tüketim miktarına karşılık önümüzdeki onlu yıllarda tarımsal üretimde daha yavaş bir artış, belki de azalış meydana gelecektir. Yaklaşık 78 milyon hektar toprak varlığına sahip olan ülkemizin mevcut arazisinin yaklaşık % 38'sini tarım yapılan alanlar, yaklaşık % 30'unu çayır ve meralar, yaklaşık % 23'ünü ormanlar ve % 9'unu ise diğer alanlar oluşturmaktadır. Bitkisel üretim yapılan alanların yaklaşık % 65'inde tarla tarımı yapılmakta, %20'sini nadasa bırakılan alanlar oluşturmakta, %5'ini sebze üretim alanları, %10'u ise meyve yetiştirilen alanlar olarak değerlendirilmektedir. Ülkemizde tarımsal alanların düzenli olarak kullanılabilirliği çoğunlukla iklim ve coğrafik özelliklere bağlıdır. İşlenen Tarım arazilerinin büyüklüğü yaklaşık 27 milyon hektardır. Bu alanda düzenli sulanamayıp kuru tarım yapılan arazi büyüklüğü yaklaşık 16 milyon ha olup bu

alanın yaklaşık 8 milyon hektarı nadasa mecburen bırakılmaktadır. Yine ekonomik olarak sulanabilecek alan miktarı yaklaşık 8 milyon hektar iken, bu alanın yaklaşık 4,5 milyon hektarında sulu tarım yapılmaktadır. Hızla artan nüfusun düzenli olarak beslenmesi ancak sulu tarım yapılan alanların artırılması ile mümkün olacağı düşünülecek olursa kuraklığın hızla arttığı dünyada suyun çok düzenli bir şekilde kullanılmasıyla, yani aşırı sulamadan kazanılarak başarılabilir.

## TARLA BİTKİLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Ülkemizde tarımsal üretimi; bitkisel üretim ve hayvansal üretim olmak üzere iki ana kaynaktan oluşmaktadır. Bitkisel üretim tarla tarımı ve bahçe tarımını kapsamakta olup, tarla tarımı yetiştirilen bitkilerin büyük alanlarda yapılmasıdır. Tarla tarımı ülkemizde geniş tarımsal alanlarda yapılmakla birlikte genelde kurak alanlarda sulama imkânları olmadan yapılmaktadır. Tarla bitkilerinde üretimi yapılan bitkiler dört grup altında incelenmektedir. Buna göre tarla bitkileri; tahıllar, yemelik tane baklagiller, baklagil ve buğdaygil yem bitkileri ve endüstri bitkileri olarak ayrılmaktadır.

### Tahıllar

Tahıllar serin iklim tahılları ve sıcak iklim tahılları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Serin iklim tahılları denince tritikale, arpa, buğday, yulaf ve çavdar akla gelirken; sıcak iklim tahılları denince çeltik, mısır, darılar akla gelir. Tahıllar bir yıllık bitkiler olup saçak köklü, gövdeleri yuvarlak ve boğumlardan meydana gelmiş, yaprakları dar uzun ve damarlıdır. Bazı tahıllar kışlık ve yazlık karaktere sahip olabilirler. Böyle tiplere alternatif tipler denir.

### Yemelik Tane Baklagiller

Bu gruba giren bitkiler fasulye, bakla, nohut, mercimek, bezelye börülce vs. olmakla birlikte, bu bitkiler içerdikleri bol miktarda protein sayesinde insan beslenmesinde, köklerindeki nodozitelerde simbiyoz olarak yaşayan Rhizobium denilen bakteriler vasıtasıyla havanın serbest nitrojenin toprağa tespit ederek toprağın kuvvetlenmesine, kazık kökleri ile toprağın gevşemesine yardım ederler.

## Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri

Gerek tabii olarak otlatılarak gerek biçilip kurularak veya silaj yapılarak hayvanlara yedirilen bitkilerdir. Yem bitkileri, buğdaygil yem bitkileri ve baklagil yem bitkileri olarak iki alt gruba ayrılırlar. Belli başlı baklagil yem bitkilerine; yonca, korunga, üçgül, fiğ, yem bezelyesi, burçak ve belli başlı buğdaygil yem bitkileri, ayrık türleri, yumak otları, domuz ayrığı, brom otları, İngiliz, İtalyan çimleleri, yabani Kanada arpası, çayır salkım otu örnek verilebilir. Baklagil yem bitkileri genellikle kazık şeklinde ve derine inen köklere, buğdaygil yem bitkileri ise daha ziyade saçak köklü olup, bilhassa erozyon bakımından öneme sahiptirler. Her iki grubun diğer organları ise baklagil ve buğdaygillerin familya özelliklerini taşırlar.

## Endüstri Bitkileri

Endüstride kullanılan ve buraya hammadde sağlayan kültür bitkileri olup kullanımlarına göre 4 grup altında incelenebilir.

## Yağ Bitkileri

Tohumlarında mevcut değişik oranlardaki yağlardan insan beslenmesinde, boyacılıkta ve diğer endüstri alanlarında kullanılmaktadır. Yağ bitkileri üç ana gurup altında incelenebilir.

- Doğrudan doğruya, yağ istihsalinde kullanılan bitkiler, susam, aspir, ayçiçeği, kolza, ketencik, hardal, pelemir vd.
- Hem yağ hem de diğer maksatlarda kullanılan bitkiler haşhaş, pamuk, tütün, aspir vd.
- Hem yağ ve hem de protein kaynağı olarak soya ve yer fıstığı vd.



**dikkat**

Tahıllar ülkemizde en fazla ekim alanı ve üretimi olan tarla bitkileri olup, tahıllar içerisinde serin iklim tahıllarından buğdayın en fazla üretimi ve ekimi yapılmaktadır.

## Lif Bitkileri

Organlarında bulunan liflerinden endüstride yararlanılan bitkilerdir. Günümüzde sentetik elyaf üretimi ve kullanımı oldukça gelişmiş olup artık doğal

elyafın yerini almaktadır. Ayrıca bu bitkilerin iyi bir çapa ve münavebe bitkileri olmaları tarımsal açıdan önemlerini artırmaktadır. Kullanılma durumlarına göre de kendi aralarında bir tasnife tabi tutulmuşlardır.

Bunlar;

- Saplarından lif elde edilen bitkiler; keten, kenevir, jüt, rami,
- Yapraklarından lif elde edilen bitkiler; sisal kendiri,
- Tohumlarından lif elde edilen bitki; pamuk,
- Meyvelerinden lif elde edilen bitki; lif kabağı vd.

## Nişasta, Kauçuk ve Şeker Bitkileri

Bu grupta şeker bitkisi olarak şeker pancarı, şeker kamışı, nişasta bitkisi olarak patates, yer elması, salep; kauçuk bitkisi olarak kök sakızı vs. bulunmaktadır.

## Keyif, Baharat ve İlaç Bitkileri

Bu grupta tütün, kahve, hardal, şerbetçi otu, anason, nane, kekik, kimyon ve diğer ilaç bitkileri sayılabilir.

## Ülkemizde Bölgelere Göre En Çok Üretimi Yapılan Tarla Bitkileri

Etkili ve uygulanabilir bir tarla tarımı ancak belgelerin ekolojik koşullarına uyum sağlayabilen bitkilerin optimum yetiştirme tekniklerinin uygulanması ile mümkün olabilir. Türkiye'deki tarım sistemlerini bölgelere göre incelenecek olursa her bölge için ileri bir tarım tekniklerinin kullanılması koşulu ile uygun bitkilerin yetiştirilerek yüksek verim almak mümkündür. Akdeniz veya Güneydoğu Anadolu Bölgesinin sulanan alanında yılda iki veya üç ürün alınabilmekte yazlık olarak ekilen arpa veya buğday mayıs sonu ile haziranın ilk haftasında hasat edilerek yerine ekilen mısır hasadı eylülde yapılmakta ve onunda yerine marul, havuç, lahana ve soğan ekilebilmektedir.

Bunun yanı sıra Doğu Anadolu'da geniş alanlarda çayır ve mera bitkileri yaygın olarak gelişebilmekte; İç Anadolu Bölgesi'nde buğday ve arpa geniş ölçüde yetiştirilebilmektedir. İyi tarım uygulamaları olarak da bilinen yetiştirme metotları, toprak hazırlığından hasat ve harman sonuna kadar geçen bitki gelişme periyodu boyunca ekolojik şartlara göre, toprak işleme ekim zamanı, ekim tarımı ve usulü hasat ve harman tekniği gibi birbirinden farklı özellikler gösteren kültür metotlarını içerir.

## Öğrenme Çıktısı



1 Tahıllar, yemeklik tane baklagiller, baklagil-buğdaygil yem bitkileri ve endüstri bitkilerini öğrenebilme

2 Ülkemizde bölgelere göre en çok üretimi yapılan tarla bitkilerini tanıyabilme

## Araştır 1

Kullanım durumlarına göre lif bitkileri kaç sınıf altında toplanır?

## İlişkilendir

Ülkemizde bölgelere göre üretimi yapılan tarla bitkileri hangileridir? İrdeleyiniz

## Anlat/Paylaş

Tarla bitkileri arasında en çok yetiştiriciliği yapılan bitki grubu hangisidir?

## TARLA BİTKİLERİ, SU VE SULAMA

Her bitki için olduğu gibi tarla bitkilerinin büyümesi, gelişmesi, kuru madde üretimi ve dolayısıyla verim için su çok önemli yer tutmaktadır. Bitkiler gerekli olan suyu kökleri yoluyla topraktan alarak bitkinin toprak üstü organlarına, gövdeye oradan yapraklara, yani tüm dokularına ve hücrelerine iletmektedir. Bitki suyu hayatsal olaylarda, gelişmek ve kuru madde üretmek için metabolik olaylarda kullanılır. Bitki suyu alırken gelişmesi için gerekli olan besin maddelerini, mineralleri de topraktan kökleri vasıtasıyla almakta, kökler vasıtasıyla emilen besin maddeleri, mineraller toprak üstü organlara taşınmaktadır. Bitkiler aldıkları suyun çok az bir miktarını fotosentez dahil kendi hayatsal faaliyetlerinde kullanırken, çok büyük bir kısmını yapraklardan terleme kendini serin tutmak için kullanmaktadır.



## dikkat

Endüstri bitkileri yağ, lif, nişasta gibi tarıma dayalı sanayinin ihtiyaç duyduğu ürünlerin karşılanması amacıyla üretilen bitkiler olup aynı zamanda yemeklik tane baklagiller insanların beslenmesinde, baklagil yem bitkileri ise hayvancılıkta yüksek proteinli ürünlerin tüketimine sebep olurlar.

Bitki etrafındaki yüksek atmosfer sıcaklığında bitki normal biyokimyasal faaliyetlerini devam ettirmek amacıyla transpirasyon yapar, yapraklardan su buharını atmosfere vermek suretiyle mevcut ısı-

sını düşürür; bu şekilde bünyesinde biyokimyasal olaylar için daha uygun ortam meydana getirir. Bitkinin gereksinimi olan harcadığı su miktarı bitkiye alınan su miktarından fazla ise bitki gelişimi olumsuz etkilenir, fotosentetik faaliyetler azalır, bitkide susuzluk belirtileri görülür ve bitki solmaya başlar. Bitki için su hayati derecede önemli olduğundan bitki için gelişme süresi boyunca gerekli olan su ya toprakta yeterli miktarda bulunmalı veya bu suyun bitkiye sulama yoluyla verilmesi gerekmektedir. Bu durumda sulamanın bitkinin kuru maddesini artırmasında, yüksek verim elde edilmesinde ve dolayısıyla bitkisel üretimin artırılmasında sulamanın da önemini ortaya çıkarmakta olup bitkiye lazım olan suyun temini açısından tarla tarımı sistemleri farklılaşmaktadır.

## Suyun Elverişliliğine Bağlı Olarak Ortaya Çıkan Tarla Tarım Sistemleri

Bölgelere göre başarılı ve düzenli bir tarımsal üretim için bölgelerin iklim ve coğrafik koşullarına, uygun bitkilerin seçilmesi ve yine optimum yetiştirme tekniklerinin uygulanması gerekir. Bu amaçla en önemli unsurlardan birisi olan suyun ya yeterli yağışla düşmesi veya etkin bir sulama ile verilmesi gerekir. Bitkiye verilen suyun çoğunlukla nasıl temin edildiği, diğer bir deyişle mevcut yağışların miktarı göz önünde tutularak tarla tarım sistemleri üç grup altında incelenmektedir.

## Kuru Tarım Sistemi

Yıllık düşen yağış miktarı 500 mm'den düşük veya yeterli yağış alıp da yağışın çoğunluğu bitki yetişme periyodu dışında düşen bölgelerde sulama

olmadan yürütülen tarım sistemidir. Yeterli yağış düşmediği için uygulanan bu sistemde yetişme mevsiminde düşen yağış miktarı bitkinin yararlanabileceği su olarak kendini göstermektedir. Özellikle yağışın yetersiz olduğu İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde yaygın olarak uygulanan tarım sistemidir. Ülkemizde % 60'tan fazla bir alanda uygulanan bu sistemde esas olan husus toprakta yağın yağış sularının biriktirilmesi ve toprakta biriken mevcut suyu ekonomik şekilde kullanacak bitkilerin yetiştirilerek yeterli ürün almaktır. Bu alanlarında buğday, arpa, çavdar gibi serin iklim tahılları, nohut, mercimek gibi yemeklik tane baklagiller, haşhaş, aspir, kolza gibi endüstri bitkileri, korunga, fiğ gibi ile bazı yem bitkilerinin tarımı yapılmaktadır.



#### dikkat

Ülkemizde çok değişik iklim tiplerine bağlı olarak birçok tarla bitkisinin yetişmesine imkân verir. Karasal iklimin hüküm sürdüğü iç bölgelerde çoğunlukla serin iklim tahılları yetişirken, daha sıcak düşük rakımlı ve kıyı ve kıyılara yakın bölgelerde yetiştirilen ürün deseni artar, rakımı 1500 m'nin üzerinde olan gölgelere genelde çayır ve meralar hâkimdir.

Kurak veya yarı kurak bölgelerde düşen yağışlar her yıl için yeterli ürün elde etmeye yetersiz geliyorsa toprak **nadasa** bırakılır. Nadasın faydalı olabilmesi için boş bırakılmasından önce toprak muhakkak suretle sürülmelidir. Nadasa bırakmanın faydaları aşağıdaki gibi maddeler halinde özetlenebilir.

- Bitki artıkları toprağa karıştırılarak toprağın humus ve organik maddesinin artmasına katkıda bulunulur.
- Toprağın su tutma kapasitesi artırılır.
- Toprakta mineral madde birikimi artırılır.
- Toprakta yararlı mikroorganizma faaliyeti artırılır.
- Toprakta mevcut zararlı mikroorganizma ve zararlı miktarı azaltılır.
- Topraktaki suyun hızla tükenmesine yol açan yabancı otlar yok edilir.

- Topraktaki suyun hızla kaybına yol açan kılcal botular kırılır.
- Torağın daha gözenekli bir yapıya bulunmasına katkı sağlar.

### Nemli Tarım Sistemi

Nemli tarım sistemi bir bölgede düzenli olarak 1250 mm'den fazla yıllık toplam yağışın düşmesi durumunda uygulanan tarım sistemidir. Bu bölgelerde toprakta bulunan su fazlalığı mevcut olup topraktaki bu fazla suyu drenajla uzaklaştırmak veya deri işlemek gerekir. Fazla su topraktaki besin maddelerini uzaklaştırır, asitliğini artırır ve toprağın teksele yapıya dönmesine neden olur. Toprakta hava miktarı azalır ve toprak sıkışması artar. Ülkemizde sulama suyunun fazla verildiği bölgelerde, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bu sorun fazlaca görülür.



#### dikkat

Bitkiye yararlı olan su toprakta mevcut faydalı sudur. Bitkinin gelişme ve verim performansı topraktaki faydalı suyun miktarına bağlı olarak değişir.

### Sulu Tarım Sistemi

Yıllık yağışı 500 mm veya daha az olan yerlerde sulama imkânlarının mevcut olduğu yerlerde yeterli verim elde etmek için çoğunlukla sulama yapmak suretiyle sulu tarım uygulaması yapılabilir. Bu sistemde bitkilerin sağlıklı büyüebilmesi ve yeterli ürün vermesi için bitkinin gelişmesi için yeterli suyun yağışlarla karşılanmadığı durumda gerekli olan su sulama yapılarak verilerek her yıl ürün almak mümkündür. Sulu tarım sisteminin uygulandığı alanlarda alanlarında sulama yapıldığından nadasız tarım yapılır ve her yıl düzenli ürün alınabilir. Örneğin ülkemizde birçok alanda sulu tarım yapılarak şekerpancarı, patates, mısır, ayçiçeği, fasulye, yonca birçok bitkiden her yıl yeterli ürün alınmaktadır. Sulu tarım yapılan alanlarda hem birim alandan daha fazla ürün almak, aynı zamanda çiftçinin ve dolayısıyla ülkenin ekonomik gelirini artırmak mümkündür.

## Tarla Bitkilerinde Bitki Su Etkileşimi

Etkili su uygulaması veya diğer bir deyişle sulamanın yararıyla ilgili bitki ile çevre arasındaki ilişkinin iyi incelenmesiyle belirlenebilir. Etkili su tüketimi bitkinin etrafındaki hava, toprak ve su ortamının değişken şartlarına bağlı olarak değişir. Bitkinin su tüketimi suyun topraktaki mevcut miktarına ve içerdiği tuza bağlı olarak değişir.



**dikkat**

Hızla artan nüfusa yeterli besin sağlamak ancak sulu tarımın artırılması ile mümkündür.

## Toprakta Suyun Tutulmasına Etki Eden Faktörler

Toprakta yeterince su birikmesi sağlıklı bitki gelişimi ve yeterli ürün elde etmek açısından çok önemlidir. Toprakta suyun tutulmasına şu faktörler etki etmektedir.

### Topraktaki Faydalı Su Miktarı

Topraktaki faydalı suyu iki alt kısımda incelemek mümkün olup faydalı su toprakta iki şekilde bulunur. Sızan Su; toprağa 1/3 atmosfer ve daha az bir kuvvetle bağlı olan ve topraktan aşağıya doğru hareket ederken toprakta erimiş olan bazı mineralleri beraberinde taşıyan sudur.

**Toprakta Tutulabilen Su;** toprakta tutulabilen su; kristal su, higroskopik su ve kapillar su olmak üzere üç durumda bulunmaktadır. Kristal ve higroskopik su bitkilere yararlı olmayan ve çok yüksek kuvvetle tutulan su olup bitkiye yararlı formda olan su değildir. Kapillar su tarla kapasitesi veya faydalı su olarak da bilinmekte olup; adezyon ve yüzey gerilim kuvvetleri ile toprak parçacıklarının arasında mevcut kapillar boşluklar içinde 1/3-15 atmosferlik bir basınçla tutulan sudur. Toprağın yapısı veya tekstürü incelidikçe topraktaki su tutma kapasitesi de o oranda artmaktadır. Tarla kapasitesinde toprakta yeterli su mevcut olup bitkiye yararlı su ile doymuş durumdadır. Toprakta mevcut fazla suyun yerçekimi ile topraktan sızdıktan sonra toprakta bitki kök bölgesinde toprak kapillar boşluklarında tutulan su miktarıdır.

**Solma Noktası;** bitkinin su eksikliği nedeniyle solma başlangıcı gösterdiği, nokta olan 15 atmosfer basınçta solmaya başladığı anda topraktaki mevcut nem miktarına denir. Topraktaki su günün ilerlemesiyle birlikte en sıcak olan öğlen saatlerinde bitkiler gerekli suyu alamadıkları için bitkilerde solma görülmekte ve topraktaki mevcut su miktarı azaldıkça, yaprakların ozmotik potansiyeli artmaktadır. Ayrıca toprağın su tutma kuvveti arttıkça, bitkinin topraktan yeterli su alması için o oranda bünyesinde bulunan öz suyun emme kuvvetinin de artması gerekir. Bitkide mevcut su emme kuvveti toprağın var olan su miktarı solma noktasına ininceye kadar artar. Eğer toprak su mevcudiyeti daimi solma noktasından düşerse bitki hücrelerinin emme kuvveti ne olursa olsun bitki suyu alamayacağından bitki daimi solma noktasına girer ve bitki ölür.

## Toprak Sıcaklığı

Toprak sıcaklığın bitkilerin gösterdiği tepki bitkilerin cins ve türlerine göre değişmektedir. Toprak sıcaklığı düştükçe veya aşırı yükseldiğinde suyun bitkiler tarafından alınması yavaşlamakta ve bitki gelişimi olumsuz olarak etkilenmektedir.

✓ Kuru tarımda yıllık yağışı 500 mm'den az veya yağış rejimi düzensiz olan yerlerde yağın yağış sularının toprakta biriktirilmesi amacıyla toprağın işlenerek ekilmeyip bir süre (genellikle bir yıl) boş bırakılmasına **nadas** denir.

Bu durum serin iklim bitkilerine daha az olmakla birlikte sıcak iklim bitkilerinde daha belirgin olarak kendini göstermektedir. Toprak sıcaklığının yükselmesiyle bitkilerin su alımı da artmakla birlikte optimum bitki gelişimini sağlayan sıcaklıktan sonra yani belirli bir sıcaklık derecesinden sonra su alımı durmakta ve bitkinin su alımı gittikçe azalmaktadır. Toprak sıcaklığının düşmesiyle su alımı önemli ölçüde azalmakta olup, bitkide;

- Kök gelişimi ve faaliyeti olumsuz etkilenmekte ve gittikçe azalmakta,
- Protoplazma ve hücre duvarları yapışkanlığının (viskozite) ve su viskozitesi artmakta,
- Suyun mevcut buhar basıncı azalmakta,



- d. Suyun topraktan bitki köklerine doğru hareketi, kök hücrelerine girişi ve bunun yanı sıra bitki kök hücre metabolizma hareketleri ve hücre zarı geçirgenlik özellikleri azalmaktadır.

### Toprak Havalanması

Toprağın belirli oranda hava kapasitesi artarsa bitki büyümesine olumlu etki yapar. Pulluk gibi uygun toprak aletleriyle işlenmiş, toprak havası ile zenginleştirilmiş topraklarda yetişen bitkilerin suyu emme kapasiteleri yetenekleri de artmaktadır.

Toprak sürümü tekniğince ve iyi yapılmamış topraklarda toprağın hava miktarı iyice azalmakta ve buna karşın toprağın CO<sub>2</sub> miktarında artış meydana gelmektedir. Bu CO<sub>2</sub> miktarının toprakta %50 veya daha yüksek düzeye çıkması durumunda bitki köklerinin yüksek CO<sub>2</sub> miktarına maruz kalması bitki köklerinin su alımını azaltmakta ve bitki hücre zarının su geçirgenliğini azaltmaktadır. Suya batmış topraklarda bitki köklerinin havasız kalması halinde veya aşırı sudan dolayı topraktaki hava miktarının azalması durumunda, anaerobik respirasyon artmakta, artan bu respirasyonla ortaya çıkan toksik maddeler kök hücrelerine zarar vermekte ve bitki kökleri oksijen eksikliğinden dolayı zarar görmektedir. Bu durum uzun sürerse bitki köklerinin ölümü gerçekleşmektedir. Bitkilerin su alımı ile topraktaki oksijen miktarı arasında olumlu ilişki mevcut olup oksijen miktarı arttıkça bitki kök gelişimi ve su alımı artar.

### Toprak Solüsyonunun Yoğunluğu

Aşırı yağışlarla veya aşırı sulamayla toprakta aşırı su bulunması durumunda, toprakta mevcut mineral elementler yıkanmaktadır. Bu yıkanma sonucunda toprak su solüsyonunun da ozmotik basıncı düşmekte ve düşen solüsyon yoğunluğundan dolayı bitki bu suyu daha kolay alabilmektedir. Oysa pH bakımından yüksek tuzlu topraklarda, toprak solüsyonunda fazlaca erimiş mineral tuzu yoğunluğundan dolayı olduğu toprak solüsyonunun ozmotik basıncı artmaktadır. Bu basınç normal tarla şartlarında 1-2 atmosfer olurken, aşırı yoğunlukta ozmotik basınç önemli ölçüde yükselmektedir. Tarım yapılan toprakların aşırı gübrelemeyle birlikte toprağın ozmotik basıncı yükselmekte ve bu durum

sonucunda azalan su alımıyla bitkilerde gelişme gerilikleri, kuruma ve yanma görülebilmektedir. Bitkilerin ihtiyacı olan suyun %70'den fazlasını temin ettiği kök derinliğine etkili kök derinliği denmekte ve bitkilerin sağlıklı gelişebilmeleri için sağlıklı kök faaliyetlerini yürüttüğü bu toprak derinliğinin su, tuzluluk ve oksijen açısından uygun olması gerekir.

### Bitkilerin Gelişme Durumu ve Gelişme Devrelerine İhtiyaç Duydukları Su Miktarı ve Su Tüketimi

Bitkilerin gelişme durumu ve gelişme devrelerine bağlı iki farklı halde suyun ortamdaki kaybı meydana gelmektedir. Bunlardan ilki **buharlaştırarak** suyun ortamdaki uzaklaşması; ikincisi ise kökler vasıtasıyla bitki içerisine alınan suyun yaprak stomalarından atılan ve **terleme** diye adlandırılan su kaybıdır. Gerek topraktan ve gerekse bitkiden kaybolan toplam su miktarına bitki **su tüketimi** denmekte ve bu miktar bitkinin çeşidine, fizyolojik özelliklerine, büyüme dönemlerine, bitkinin yetiştiği toprak çevre ve iklim koşullarına göre değişiklik göstermektedir.

#### ✓ Tarla Kapasitesi

Toprakta yetişen bitkilerin solma başlangıcı gösterdiği nokta (15 atmosfer) ile tarla kapasitesi (1/3 atmosfer) arasında bulunan sudur.

Ayrıca farklı bitkilerin yanı sıra aynı bitkilerin de farklı koşullarda tükettikleri su miktarı farklı olmaktadır. Buğdayın bir gram kuru madde için tükettiği su miktarı yaklaşık 700 gr olmasına rağmen mısırdaki bu rakam yaklaşık 350 gr olmaktadır. Yine arpanın Doğu Anadolu Bölgesi koşullarında tükettiği su miktarıyla Ege Bölgesi'nde tükettiği su miktarı farklıdır. Bitkilerin yetişme dönemlerine bağlı olarak tükettikleri su miktarı da farklı olup, erken ve son dönemde daha az su ihtiyacı varken, çiçeklenme devresinde ihtiyacı olan su miktarı daha fazladır. Etkili ve verimli bir sulama için bitkiye verilecek su miktarı ve bu suyu bitkinin kolaylıkla alabileceği bir sulama sisteminin uygulanması önemlidir. Bu doğrultuda bitkinin gelişme dönemlerinin ve bu dönemlerdeki su ihtiyacının farklı olacağını bilmesi önemlidir.

**dikkat**

Toprakta yeterli ve sağlıklı bitki kök gelişimi için toprakta yaklaşık %20 su ve %80 havanın bulunduğu ve yeterli faydalı suyunda biriktiği ortamda mümkündür.

### **Bitkilerin Gelişme Durumu ve Gelişme Devrelerine İhtiyaç Duydukları Su Miktarı**

Bitkilerin büyüme dönemlerinde ihtiyacı olan su miktarının bilinmesi amacıyla bitki gelişimini dört farklı dönemde incelenmek mümkündür. **Fide Dönemi;** bitkinin ekimden fide dönemine kadar geçen süre olan ilk dönemde bitkiler diğer dönemlere göre daha az bir su tüketimine sahiptir. **Yeşil Aksam Dönemi;** en hızlı büyüme dönemi olan bu dönemde bitki örtüsü yani yeşil aksam maksimuma doğru hızla gelişir. Yani ekiliş yapılan alanın yaklaşık %80'ine bitki örtüsü ulaşır. Bitkinin su tüketimi hızla yükselerek en fazla su tüketimi bu dönemin sonunda gerçekleşir. Çiçeklenme dönemine kadar süren bu dönemde su tüketimi oldukça fazla olur. **Çiçeklenme ve Olgunlaşma Dönemi;** tarla bitkilerinde çiçeklenme döneminden başlayarak olgunlaşmanın sonu olan tam olum dönemine kadar yani yaprakların sararmaya başladığı ve dökülmeye hazır hale geldiği dönemdir. Bu döneme olgunlaşma dönemi denir. Maksimum su tüketimi hızlı kuru madde üretiminden dolayı yüksek düzeyde seyretmektedir. Bu dönemin sonunda su tüketimi gittikçe düşme eğilimi göstermektedir. **Tam Olum ve Hasat Dönemi;** üçüncü dönemden sonra başlayan bu dönemde bitki gelişimi yavaş yavaş azaldığı ve sarararak hasat olgunluğuna geldiği için bu dönemde su tüketimi en aza inmektedir. Bu dönemde bitkinin suya ne kadar suya ihtiyaç duyduğu bilinmeli ona göre su verilmelidir. Çoğunlukla bitkiler bu dönemde sulama suyuna ihtiyaç duymazlar.

### **Tarla Bitkilerin Su Tüketimi ve Sulama ile İlgili Önemli Tanımlar**

Kültürü yapılan bütün tarla bitkileri önce ışığa ve sırayla suya, havaya ve mineral besin elementlerine ihtiyaç duyar. Bitkiler ışığı ve havayı toprak olmadan alabildikleri halde su ve besin maddelerini

toprakten kökleri vasıtasıyla alır. Işık enerjisi ile bitkiler gelişebilmeleri için gerekli enerjiyi güneşten alır. Miktar olarak azı veya fazlası bitki gelişimine olumsuz etki yapan suyun bitkiye verilme şekli olan sulamanın temel amacı bitkilerde optimum verim ve kalite sağlamak için maksimum bitki gelişmesi için, bitkinin gelişme açısından su stresine girmemesi için gerekli suyun sulamayla bitki kök bölgesine verilmesidir. Sulamayla bitkilerin ihtiyacı plan sulama suyunun bitkilere verilme zamanı ve miktarı, bitkinin yetiştiği ortamda hâkim iklim koşullarına ve coğrafik özelliklerine, bitkinin çeşidine ve toprak yapısına bağlıdır. Bitkinin gelişme dönemindeki iklim koşulları, bitkinin toprak üstü ve toprak altı bitki gelişimi, toprağın su tutma kapasitesini etkileyen fiziksel ve kimyasal yapısı, bitki sağlığı gibi faktörler bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarının belirlenmesinde çok önemli bir faktördür. Bitkilerin ihtiyacı olan suyun verilme zamanı ve su miktarının belirlenmesi değişik yol ve yöntemlerle belirlenebilir. En basit yollardan birisi bizzat gözle yapılan yöntem olan bitkinin maruz kaldığı pörsüme, solma veya sararma fizyolojik belirtilerdir. Bu yöntem en basit ve kolay bir yöntem olmasına rağmen, en yüksek verim ve kalite elde edilmesi açısından en uygun hasat zamanını belirlemek zor olabileceği gibi belirli ölçüde verim düşüklüğüne sebep olunabilir. Bu bağlamda bitkiyi herhangi bir verim kaybına ve kalite düşüklüğüne uğramadan bitkinin ihtiyacı olan suyun, bitki su tüketiminin ortaya konarak zamanında ve yeterli suyun verilmesi gerekir. **Transpirasyon, Evaporasyon ve Evapotranspirasyon;** bitki yetiştirmede topraktan meydana gelen su kaybına **buharlaştırma veya evaporasyon**, bitki yüzeyinden meydana gelen su kaybına ise **terleme veya Transpirasyon;** bitki, yüzeyi ve toprak yüzeyinden oluşan toplam su kaybına **bitki su tüketimi** veya **evapotranspirasyon** denir ve **mm/gün** olarak **ET** harfleri ile gösterilir. Su kaybı toprak ve bitkinin yaprakları yüzeyinden buharlaştırma yoluyla meydana gelmekte ve bu buharlaşan su miktarı bitki etrafındaki atmosfer veya iklim koşulları tarafından belirlenir. Terlemede bitki kökleri vasıtasıyla aldığı suyu yapraklarında mevcut olan bulunan stomaları vasıtasıyla atmosfere serbest bırakır. Ayrıca terleme ile bitki yaprak yüzeyinden dışarı bırakılan su miktarını bitkinin cinsi, bitki sağlığı ve gelişme dönemi de etkiler. Evaporasyonu ve transpirasyonu tek tek belirlemek çok zor bir olmakla birlikte bu iki kon-

septin toplamı olan evapotranspirasyon ölçülür. Bitkinin toprak yüzeyinde maksimum gelişme gösterdiği zaman ihtiyaç duyduğu su tüketimini karşılayacak kadar toprakta su bulunması durumunda oluşan su tüketimi miktarına veya toprak ve bitki yüzeyinden oluşan maksimum yüksek su kaybına **potansiyel evapotranspirasyon** veya **potansiyel bitki su tüketimi** denir.



#### dikkat

Respirasyon, solunum demek olup, tüm canlılar gibi bitkiler de hayati faaliyetleri için oksijen kullanır. Solunum metabolik olaylar için  $O_2$  kullanımı demektir. Gündüzleri fotosentezde kullanmak üzere havadan  $CO_2$ 'yi ve solunumda kullanmak için  $O_2$  alır. Solunum sonucu ortaya çıkan  $CO_2$ 'yi de Geceleri fotosentez olmadığından solunumla açığa çıkan  $CO_2$ 'yi havaya verir.

Bu koşullarda herhangi bir su stresi mevcut değildir. Gerek transpirasyon ve gerekse evaporasyonun toplamı olan evapotranspirasyon toprağın fiziksel ve kimyasal yapısına, bitkinin cinsine ve daha ağırlıklı olarak bitkinin yetişme ortamındaki mevcut atmosfer koşullarına bağlı olarak belirlenir. Bitkide meydana gelen transpirasyon miktarı, bitkinin sağlığına ve su kullanım etkinliğine, sahip olduğu yaprak alanı büyüklüğüne, yaprak yüzeyinin mumsuluğuna ve tüylülüğüne, yaprak yüzeyinin aerodinamik direnç pürüzlülüğüne bağlı olarak değişir. Bitkinin gelişme dönemine bağlı olarak yaprak yüzeyi de değişmektedir. İlerleyen gelişme dönemine bağlı olarak artan yaprak yüzeyi ile birlikte su tüketimi de ve dolayısıyla transpirasyon da artacaktır. Evaporasyon miktarı toprağı sahip olduğu organik maddeye, kil kum içeriği gibi yapısına, toprağın işlenip işlenmediğine, toprağa verilen su miktarına, toprak yüzeyinin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Toprakta mevcut su miktarı arttıkça evaporasyon artar. Aynı zamanda toprağın alt katlarından yavaş hareketle toprak yüzüne ulaşan nem kuruyan toprakla birlikte daha az oranda buharlaşır. Topraktaki kum oranı arttıkça veya bünyesi kabalaştıkça suyun toprağa geçiş hızı olan infiltrasyon hızı fazla, fakat buna karşın toprağın su tutma kapasitesi az olur. Ayrıca toprağın yüzeyine yakın, özellikle 0-30 cm

toprak kısmında evaporasyon için yeterli su bulunmaz. Böylece oluşan evapotranspirasyon oranı bitki ve etrafındaki atmosferle yakın ilişkilidir. Transpirasyon oranı evaporasyon gibi bitkiyi çevreleyen atmosfer koşulları, havanın nispi nemi, rüzgâr şiddeti ve yönü, net radyasyon miktarına bağlı olarak değişir. Havanın nispi neminin artmasıyla birlikte yaprak ve hava arasındaki buhar basıncı azalmasıyla transpirasyon oranı düşecektir. Bunun yanı sıra artan rüzgâr şiddeti hava sirkülasyonunu artıracığından transpirasyonun artmasına sebep olur. Yine artan rüzgâr sıcaklığın da artmasıyla transpirasyonu artırır. Nemli ve serin hava ise bunu azaltır. Bitkinin maruz kaldığı net radyasyon yaprak içi sıcaklığı artırarak yaprağın doymuş buhar basıncını artırır ve transpirasyonun artmasına neden olur. Yaprak sıcaklığı güneş ışığı altında normalden  $50C-10^0C$  daha yüksektir. Ayrıca kısa dalga boyuna sahip radyasyon yapraklarda mevcut stomaların açılıp kapanmasına etki eder ve bitkiler stomalarını gündüz açarak ve gece de kapatırlar.

✓ **Toprağın Tarla Kapasitesi;** toprak suyu aldıktan sonra drenaja bağlı olarak fazla suyun uzaklaşmasından sonra toprakta adezyon ve kohezyon kuvvetleriyle tutulan kullanılabilir su miktarına tarla kapasitesi denir.

Toprakta tarla kapasitesine ulaşıldığında su toprakta denge halinde tutulmakta olup; toprakta faydalı suyun tutula bilirliliği; toprağın tekstür ve strüktür yapısına, kılcal borucukların şekline ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. Toprak tarla kapasitesine ulaştığında toprağın nem ve hava kapasitesi tarla bitkileri için optimum miktarda olup, düşen yağışlardan veya yapılan sulamadan sonra ağır bünyeli killi topraklar (2-3 gün) hafif bünyeli kumlu topraklara nazaran (6-12 saat); yine bitki olmayan topraklar üzerinde bitki örtüsü bulunan topraklar göre daha uzun sürede tarla kapasitesine ulaşırlar. Killi ağır topraklarda, killi tınlı veya kumlu tınlı topraklarda ve kumlu topraklarda toprak tarla kapasitesine ulaştığında topraktaki mevcut nem miktarı sırasıyla %40-50, %25-30 ve %10-15'tir. **Toprağın Doyma Noktası;** toprağın sahip olduğu boşluklarının %100 su ile dolduğu zamanki duruma toprağın doyma noktası denir ve bu

seviyede toprağın nem tansiyonu sıfırdır. Yapılan sulamadan hemen sonra toprak yüzeyinden 5-10 cm derinliğe kadar olan kısımlar hariç daha derin kısımlar doyma noktasına erişemez.



dikkat

Bitkiler aldıkları suyun yaklaşık %98'ini terlemede, %2'sini de kuru madde üretiminde kullanırlar. Birim kuru madde için kullanılan su miktarına su kullanım etkinliği denir. Su kullanım etkinliği yüksek bitkiler daha az su kullanarak daha fazla verim verirler. Toprak ve bitkinin etrafındaki atmosferik şartlar bitkinin su tüketimini etkiler.

Doyma noktasından sonra eğer bu durum uzun sürerse bitkiler bu durumdan zarar görür. **Toprakta Devamlı Solma Noktası;** toprakta kültürü yapılan bitkilerin kökleri vasıtasıyla suyu topraktan alamadığı ve bitkinin giderek solmaya başladığı noktadaki mevcut olan nem miktarına devamlı solma noktası denir. Bu nokta bitki tarafından kullanılabilir suyun en alt düzeyi olup, yapılan sulamadan sonra tarla kapasitesine ulaşan su düzeyi oluşan evapotranspirasyonla giderek düşer ve solma noktasına ulaştığında bitkiler toprakta mevcut suyu alamaz, devamlı solma noktasından sonra bitkide görülen gelişme geriliği geri dönülemez bir noktaya ulaşır. Bu durumda toprakta tutulan su 15 atmosfer basınçtan fazla olup, toprağa tekrar su verilse bile bitki kendini toparlayamaz.



dikkat

Toprağın su tutma kapasitesi toprağın organik maddesiyle yakından ilişkilidir. Ülkemiz toprakları organik madde bakımından %2'nin altında fakir olup su tutma kapasitesi nispeten düşüktür. Organik maddenin artırılması ülkemizde toprakların su tutma kapasitesini artıracaktır.

**Toprağın Su Tutma Kapasitesi;** toprakta su tutma kapasitesi birim toprak derinliği için mm su derinliği olarak ifade edilmekte olup, tarla kapasitesi ile devamlı solma noktası arasındaki fark

olup, bu durum bitkinin potansiyel olarak topraktan kullanılabileceği su miktarını göstermektedir. Tarla kapasitesinin üzerinde sulama yapılan toprakta aşırı su sızma ile uzaklaşmasına rağmen, toprağın bünyesinde bulunan su azalmaya başlarda bitki yavaş yavaş bu suyu alamamaya başlar. Toprağın su miktarı solma noktasının altına düşerse bitki susuzluktan dolayı kuraklık stresine girer ve bitkinin en fazla suya ihtiyaç duyduğu çiçeklenme ve tohum bağlama döneminde toprak nem içeriği devamlı solma noktasına yaklaşırsa, tarla bitkilerinde verim ve kalitede düşme görülür. Toprağın su tutma kapasitesi toprağın tekstür ve struktürüne, bitkinin oluşturduğu etkili kök derinliğine bağlıdır ve topraktaki taban suyunun durumu su tutma kapasitesini önemli ölçüde etkilemektedir.

**Tüketilmesine İzin Verilen Kullanılabilir Su;** topraktaki su miktarı bitkiler için solma noktasını aşıttıktan sonra bitkiler yetersiz bir miktar da suyu topraktan su alabilse bile azalan su miktarına bağlı olarak yapraklardaki stomalar kapanarak transpirasyon oranı hızla azalır. Topraktaki su miktarı tarla kapasitesi ile solma noktası arasında ise toprak suyu bitkiler tarafından kullanılabilir miktarda olup, transpirasyon oranında önemli bir değişiklik olmamaktadır. Bitki bu aralıkta kolaylıkla su alabildiği için yeterli ve kaliteli verim potansiyeline ulaşabilmekte ise de solma noktasından sonra bitkilerin su alımında zorluklar başladığından transpirasyon oranı azalmakta ve bu durumda verimde düşme görülmektedir. Sulama yapılmadan önce bitkilerin su tüketimi için izin verilen kullanılabilir su miktarına izin verilen su tüketim oranı veya tüketilmesine izin verilen kullanılabilir su denir ve bu su miktarı kullanılabilir suyun belirli bir yüzdesidir. Ortalama tarla bitkileri için tüketim sulamadan önce 50 ile 75 arasında değişmektedir.

### **Tarla Bitkilerinin Sulamasında Toprak Neminin Ölçülmesi**

Tarla bitkilerinde toprağın içerdiği su miktarı yeterli verim elde etmede önemli olup, bu miktarın bilinmesi ne kadar sulama suyunun verilmesi açısından çok önemlidir. Bunun zamanı ve miktarının ortaya konması için topraktaki nem miktarının ölçülerek belirlenmesi gerekir. Topraktaki su seviyesinin optimum düzeyde olması miktarının az veya çok fazla olmaması yüksek verim ve kalite için gereklidir. Az veya fazla olması durumunda bitki gelişiminde olumsuzluklara neden olur. Di-



ğer taraftan, toprak nem düzeyinin belirlenmesi toprak işleme zamanı, sulama yapılma zamanı için önemlidir. Toprak neminin ölçülmesinde birçok yöntem kullanılmakla birlikte bunlardan bazıları doğrudan, bazıları ise dolaylı ölçüm yöntemleridir. **Gravimetrik Yöntem;** gravimetrik yöntem doğrudan toprak nemini ölçme yöntemi olup en çok kullanılan yöntemdir. Toprak nem içeriğinin belirlenmesinde standart yöntem olarak kabul edilen bu yöntemde bitkinin kök bölgesinden alınan toprak örneği yaş olarak tartılır, belirli bir sıcaklıkta kurutur ve kuru ağırlık ya da hacim esasına göre ölçülür. Bu yöntemde toprak nemi yüzde ya da milimetre su derinliği olarak ifade edilir. Tarlanın birkaç bölgesinden ve belirlenen noktalardan bitki kök bölgesinden alınması koşulu ile alınan nemli toprak örnekleri bir yerde karıştırılarak belirli bir miktarda örnek alınır. Bu örnek içerdiği su miktarını kaybetmeyi engelleyecek şekilde üzeri plastik bir örtüyle örtülerek laboratuvara getirilir ve tartılarak 24 saat süreyle 105°C de kurutmak için kurutma fırınına (etüv) konur. Sonra çıkartılan kuru toprak örneği tartılır. Kuruyan toprak kütleindeki mevcut su kaybının, kuru ağırlığa oranı olarak toprak nem içeriği olarak belirlenir.

Gravimetrik yöntemin faydaları sıralanacak olursa:

- Basit ve maliyeti düşük bir yöntemdir.
- Toprağın içerdiği nem içeriğindeki küçük değişimler belirlenebilir.
- Alınan örnek sayısı artırılmak suretiyle hata payı en aza indirilir.



**dikkat**

Ülkemizde nadas-buğday sistemi uygulanan bölgelerde sisteme baklagillerin dahil edilmesiyle toprağın organik madde yüzdesini artırmak mümkündür.

Diğer taraftan gravimetrik yöntemin uygulamasında bazı zorluklar bulunmaktadır. Bu zorluklar kısaca şunlardır;

- Zaman israfı vardır ve sonucu almak için 24-48 saat beklemek gerekir.
- Su kütlesi ve kuru hacim ağırlığını doğru olarak ölçmede zorluk çekilebilir.

- Bazı toprak örneklerinin içerdiği nem 105°C bile hala uzaklaştırılamamasından dolayı kesin sonuç alınamayabilir.
- Bazı organik maddeler 105°C bozulabilir ve miktarı azalabilir. Bu durum da topraktaki ağırlık kaybının değerlendirilmesinde sıkıntı yaratabilir.

**Tansiyometre Yöntemi;** bu yöntem toprak nemini ölçmede iyi ve güvenilir bir yöntem olup özellikle, kumlu topraklarda derin köklü olamayan, kuraklığa hassas ve sık sulama yapılan tarla bitkilerinin sulama zamanını belirlemede kesin ve doğru sonuçlar verebilmektedir. Yapısı ağır killi topraklarda yetişen derin köklü bitkilerde ve uzun sulama aralıklarına sahip bitkilerin tolerans gösterdiği toprak nem tansiyonu, tansiyometre ölçüm sınırını aşmakta ve bu durum tansiyometrenin kullanımı sınırlanmaktadır. Tansiyometre -0.80 bar değerindeki toprak nem tansiyonuna kadar olan ölçümlerde sağlıklı sonuç vermektedir.

**Alçı Blokları Yöntemi;** alçı blokları yöntemi toprağın kök bölgesinde belirli toprak derinliğinde bulunan nem miktarını ölçmek amacıyla kullanılan bir alet olup elektrik rezistansı ve neme duyarlı ekipman vasıtasıyla ölçüm yapar. Bu yöntem ile toprağa gömülmüş olan alçı blokları içindeki iki elektrot sayesinde bu elektrotlar arasındaki direnç farkına göre nem miktarını ölçmektedir. Yani bu yöntemle toprağın toprakta bulunan nem miktarında oluşan değişimin toprağa gömülen aletin gösterdiği elektrik akımında meydana gelen değişim ile toprak nemi arasındaki ilişkiye göre ortaya çıkan sonuç topraktaki nem miktarını belirlenir. Bu yöntemle ancak belirli bir düzeydeki toprak nemi belirlenebilmektedir.

**Nötron Yöntemi;** bu yöntem toprak nemini ölçmede en güvenilir ve en hassas bir yöntem olup, toprak kök bölgesinde toprağa nötron yayan sistem ile çalışmaktadır. Yöntemin çalışma prensibi toprağa yayılan nötronların toprak suyunda mevcut hidrojen iyonlarınca saptırılması ve bu saptırılan nötronların dijital sayaçtan okunması esasına dayanır ve okunan bu değer özel olarak grafikler üzerinde analiz edilerek toprakta mevcut nem miktarı belirlenir.





## Yaşamla İlişkilendirir

Toprakta suyu bitkiler suyun kökleri aracılığıyla alır ve bu suyu yapraklarından havaya terlemeyle bırakırlar. Hava sıcaklığı yüksek ve hava rüzgârlı ise bitki su tüketimi artar, diğer taraftan hava nemi yüksekse bitki su tüketimi azalmaktadır. Toprakta bitkiler için yararlı olan su miktarı toprak tekstürü, toprak strüktürü, toprakta mevcut organik madde miktarı oranı ve bitki sağlığı, bitki kök gelişimine göre değişmektedir. Toprak bitki su ilişkisinin bilinmesi, toprakta mevcut suyun belirlenmesi ve bitkiye verilecek etkili suyu belirlemekle yüksek verim almak bu verimliliği devam ettirmekle ülke ve çiftçinin gelirini artırmak, suyu daha verimli kullanmak ve dünyada gittikçe azalan suyu tasarruflu bir şekilde kullanmak mümkündür. Çevremizdeki su israfının boyutlarını ve bu israfın önlenmesiyle neler yapılabileceğini değerlendirin.

### Öğrenme Çıktısı



3 Suyun elverişliliğine bağlı olarak ortaya çıkan tarla tarım sistemlerini anlayabilme  
4 Tarla bitkilerinde bitki su etkileşimini kavrayabilme

#### Araştır 2

Toprakta hangi atmosferden sonra bitki devamlı solma noktasına girer?

#### İlişkilendirir

Ülkemizde nadas-buğday sistemi uygulanan bölgelerde toprağın organik madde miktarını arttırmak için ne yapılabilir? İrdeleyin.

#### Anlat/Paylaş

Gravimetrik yöntemin faydaları nelerdir? Anlatın.

## TARLA BİTKİLERİNDE SULAMANIN ETKİNLİĞİ

Kültürü yapılan tarla bitkilerinden yeterli ürün almak için sağlıklı ve güçlü gelişme gösteren bitkilere ihtiyaç vardır ve bu da ancak diğer uygulamaların yanı sıra bitkinin ihtiyaç duyduğu zamanda yeterli suyu almasıyla mümkündür. Ülkemizde bitkinin ihtiyacı olan su ihtiyaçları büyük ölçüde doğal yağışlardan sağlanmakla birlikte Anadolu'nun büyük bir kısmında kuru tarım yapıldığı ve yeterli yağış düşmediği göz önünde tutulacak olursa bitkinin ihtiyacı olduğu dönemde yeterli suyu alabilmesi için mutlaka sulama yapmak gerekir. Bu bağlamda bitkinin ihtiyacı olan suyun zamanında ve yeterli miktarda uygun bir yöntemle ekonomik olarak sağlanmasına **tarla bitkilerinin sulanması** denir.

## Tarla Bitkilerinde Sulamanın Amaçları ve Yararları

Tarla bitkilerinde yapılan sulamanın esas olarak üç amacı vardır;

1. Bitkinin ihtiyacı olan suyu zamanında ve yeteri miktarda uygun bir yöntemle ekonomik olarak vermek.
2. Bitkinin gelişmesi için gerekli nem ve besin maddelerini toprakta bitkinin alabileceği formda hazır tutmak.
3. Toprakta oluşan tuzu yıkayarak çözelti haline getirmek.

Tarla bitkilerinde, sulama yöntemlerinin uygulanması ile elde edilebilecek yararlar şu şekilde sıralanabilir;

- Bitki kök bölgesinde kök için uygun gelişme ortamı oluşturularak suyla birlikte besin elementlerinin bitki tarafından daha kolay ve yeterli miktarda alınmasını sağlar. Yine toprakta ve bitkinin yeşil aksamı etrafındaki atmosfer serinletilerek uygun bir ortam oluşturulur.
- Ilıman bölgelerde yılda birden fazla ürün alma imkânı sağlar.
- Yağışın yetersiz olduğu iklimlerde kurak koşullarda sulu tarıma geçişle daha fazla verim elde etmeye imkânı elde edilir.
- Uzun vadede gübrelemeyle veya aşırı taban suyu sonucunda toprakta oluşan tuzların yıkılarak uzaklaştırılmasını sağlar.
- Sulu tarıma geçişle tarımsal üretimde yüksek verim ve daha stabil bir üretim sağlanır.
- Yoğun toprak işleme baskısı sonucunda zamana bağlı olarak toprakta oluşan taban taşının kırılmasına yardımcı olunur.
- Sulamayla gübre ve ilaç uygulamasının verim su birlikte uygulaması mümkün olur.



**dikkat**

Toprak neminin ölçülmesinin yaygın şekilde uygulanması, bu konunun önemini çiftçilere iyi anlatılmasına, toprak nem ölçme yönteminin ucuz maliyetle çiftçilere ulaştırılmasına bağlıdır. Yöntemin basit etkin ve ucuz olması kullanım oranını artıracaktır.

### Tarla Bitkileri Sulamasında Kullanılabilecek Sulama Suyu Kaynakları

Sulu tarımın amacı tarımda yetiştirilecek bitkilerde yüksek verimli ve kaliteli ürün elde etmektir. Bu amaçla sulu tarımda tarla bitkilerinin sulanması amacıyla kullanılabilecek birçok sulama suyu kaynağı bulunmakta olup bu kaynaklar:

#### Yağış, Göl ve Nehir Suları

Yağışlarla düşen yağış suları yağmur veya kar sularını kapsamaktadır. Yağmurlarla düşen yağış suları bitkiler için en yararlı sular olup ya doğrudan toprağa işleyerek bitki kök bölgesinde birik-

mekte veya göl veya nehir sularına karışmaktadır. Kar suları da eriyerek baharda ya toprağa sızmakta veya göl ve nehirlerle karışmaktadır. Düşen yağışların bitkilere yararlılığı düşen yağış miktarına bağlı olduğu gibi bitkinin büyüme döneminde düşmesi de önemlidir. Diğer taraftan yağış suları bitkilere en yararlı sular olup, bünyelerinde bitki için zararlı tuz barındırmamaktadır. Düşen yağmur ve kar sularının nehir veya gölde birikmesiyle oluşan sular biriktiği toprakların yapısına bağlı olarak bünyelerinde değişik türde ve miktarda erimiş bitkiler için zararlı mineraller ve bunların tuzları bulunabilir. Bu yüzden bu sular uzun süre beklediğinden dolayı içeriğinde yeterince oksijen bulunmaz. Eğer bu sular bünyelerinde zararlı maddeler barındırmasa havasız olduklarından havalandırılarak sulamada kullanılabilir. Bir yüzeye çarptırarak suretiyle havasız olan bu sulama suları havalandırılarak bir havuzda toplanır ve sonra sulamada kullanılabilir.

#### Yeraltından Çıkarılan Sular

Bu sular genelde kuyulardan veya artezyen şeklinde yeraltından çıkarılan sulardan meydana gelir. Bu sular önce bitkilere zararlı mineral veya bunların tuzları yönünden analiz edilmelidir. Daha sonra bu suları çıkardıktan sonra havalandırmak amacıyla sulamadan önce bir yüzeye çarptırarak bir havuzda dinlendirmek gerekir.

#### Tarla Tarımı Yapılan Topraklarında Oluşan Tuzluluk, Drenaj ve Taban Suyu Sorunu

Tarım alanlarında gereğinden fazla miktarda sürede tuz ve su bulunması tarımsal verimliliği, kaliteyi ve ekonomiyi olumsuz etkileyen en önemli sorunlar arasındadır.

#### Toprakta Oluşan Tuzluluk Sorunu

Bitki yetiştiriciliği açısından sulama suyunun bitkiye yararlı olabilmesi için bitkinin suya ihtiyacı olduğu zamanda ve yeterli miktarda verilmesi gerekir. Ayrıca sulama suyunda bitkiye zararlı olabilecek zararlı mineral ve bunların tuzlarını içermemesi gerekir. Ayrıca sulama suyu ve havanın bitki kök bölgesinde istenilen düzeyde bulunması yeterli verimin bir garantisidir. Toprağa sızan fazla suların toprakta biriktiği ağır bünyeli topraklarda fazla suyun uzaklaştırılması anlamına gelen drenaj problemi oluşmaktadır.

**dikkat**

Ülkemizde artan nüfusun dengeli beslenmesi ancak sulanan alanların artırılması ile mümkündür. Gelecekte hızla artacak olan nüfusu besleyebilmek için yaklaşık 3.5milyon ha. Sulanan alanı en az 6 milyon ha'a çıkarmak gerekmektedir. Mevcut suyun israf etmeden, etkin bir şekilde kullanılması ile sulanabilir alanların artırılması mümkündür.

Bu ağır bünyeli topraklarda dikkatli ve kontrollü bir sulama yapılmalı, bitkinin ihtiyacından fazla su verilmemelidir. Yapılan bilinçsiz ve aşırı sulama ile eğer toprağın alt tabakası tuzlu bir yapıya sahipse toprağa infiltre olan fazla su bu tuzlu tabaka üzerinde birikmekte ve tuzlu bir yapıya bürünmektedir.

Daha sonra topraktaki kılcal boşluklar vasıtasıyla toprağın üst katlarına doğru hareket eder ve suda mevcut erimiş tuzu da toprağın üst katlarına taşır. Toprağın üst kısmında bulunan su sıcaklıkla buharlaşınca su içinde bulunan tuz toprağın üst kısmında birikerek toprağın tuz içeriğinin artmasına ve toprak pH'sının artmasına, bitki gelişimi için elverişsiz alkalın bir ortamın oluşmasına neden olur. Böylece toprağın yapısı bozulmakta ve bitki yetiştiriciliği açısından toprağın verimliliğini oldukça azaltmaktadır. Toprakta tuz oranı yüksek ise, toprağın ozmotik potansiyeli artmakta, bitki sağlığı açısından ve bitki kök gelişimi açısından zararlı olmaktadır. Bu durumda bitki gelişiminde gerilikler oluşmakta ve oluşan bu duruma **fizyolojik kuraklık** denmektedir.

Tuzlu topraklarda bitki yetiştiriciliği açısından birçok olumsuz etki kendini göstermekte olup, bunlar;

- Ekimden sonra yavaş ve yetersiz gelişme
- Normal gelişmeye göre daha kısa boy, daha küçük yaprak ve gövde
- Fizyolojik kuraklık sonucunda bitkide görülen solma
- Daha zayıf çiçeklenme kabiliyeti, daha az ve küçük tohumlar

## Toprakta Oluşan Drenaj Sorunu

Topraktaki bitki kök bölgesinde bitkinin ihtiyacından fazla suyun birikmesi sonucu topraktaki fazla su drenajla uzaklaştırılmalıdır. Drenajın tekniğine uygun bir şekilde uygulanmasıyla bitkilerin sağlıklı gelişmesi ve faaliyet göstermesi için uygun toprak şartları sağlanmış olur, toprak havalanması sağlanır, toprak verimliliği ve bitkisel üretimi artırılır, tuzlu ve çorak arazilerin arazi ıslahı ile topraklarda çoraklaşma tehlikesi azaltılır. Sulu tarımda sağlıklı ve güvenli bir tarımsal üretim için tekniğine uygun düzenli ve etkili sulama yapısının yanı sıra tuzlulaşma sorunu olan arazilerde sulamanın kontrollü bir şekilde yapılması, aşırı sulamadan kaçınılması ve drenaj sisteminin kurulması gerekir.

Drenaj durumu iyi olan topraklarda;

- Toprakta bitki kök gelişme bölgesinde optimum veya buna yakın bir su ve hava oranı oluşur.
- Toprakta mevcut yararlı mikroorganizmaların faaliyetleri artar.
- Daha yüksek bir toprak sıcaklığı (ortalama 5-6°C daha fazla) oluşur ve bitki gelişimi için daha iyi bir ortam oluşur.
- Tarımsal üretim artar.
- Toprak işleme ve agronomik uygulamalar daha kolay ve etkin uygulanır.
- Hastalık ve zararlılar azalır.
- Arazinin tarımsal ve ekonomik değeri artar.

## Sulu Tarım Alanlarında Drenajı Ortaya Çıkaran Oluşumlar

Sulama yapılan alanlarda drenajı gerektiren oluşumlar birçok faktörün etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Bu faktörler iki ana başlık altında toplanabilir.

- Yağışlar, taşkınlar ve aşırı ve bilinçsiz sulama ile meydana gelen sızmalar.
- Sulama kanalı, göletlerden sızan fazla sular.

## Sulu Tarım Alanlarında Drenaj Yapmayı Gerektiren Belirtiler

Sulama uygulanan tarım alanlarında drenajı zorunlu hale getiren durumlar ve belirtiler şunlardır;

- Sulanan alanda çukur bölgelerde su birikimi ve bu sularla sivrisinek gibi birçok küçük canlıların görülmesi

- Sulama yapılan alanlarda yüzeylerde tuz birikimi, suyu seven bitki populasyonunun artması
- Toprağa suyun infiltrasyonunda önemli ölçüde azalma
- Toprak işlemede gecikme ve zorlanma
- Yetişen bitkilerde kök çürüklüğüne bağlı olarak bitki gelişiminde ve buna bağlı olarak verimde ve kalitede düşme

### Sulu Tarımda Drenaj Farklı Sistemleri

Sulu tarım alanlarında ortaya çıkan drenaj problemini gidermek için iki farklı drenaj sistemleri uygulanmaktadır. Bu sistemler; yüzeyde uygulanan drenaj sistemleri ve kapalı (toprakaltı) drenaj sistemleri olmak üzere ikiye ayrılır.

**Yüzeye Uygulanan Drenaj Sistemleri;** bu drenaj sisteminde sulama yapılan alanda belirli aralıklarla toprak yüzeyinde oluşturulan drenaj kanalları ile toprak üzerinde birikmiş olan fazla suları alandan atılması, toprağın belirli derinlikteki üst tabakasının kurutulması mümkün olmakta olup, üç tip yüzeye uygulanan drenaj sistemi mevcuttur. Bunlar;

- Toprak üzerinde göllenme yapmış alanlarda yapılan yüzey drenajı
- Sulama alanında düz kısımlarda biriken yüzey sularına yapılan yüzey drenajı
- Sulama alanında eğimli alanlarda biriken yüzey sularının yapılan yüzey drenajı

**Toprakaltına Uygulanan Drenaj Sistemleri (Kapalı drenaj sistemi);** sulama yapılan alanlarda sulama sonucu oluşan ve taban suyu denen fazla suyun toprağın içinde yapılmış olan drenaj kanal veya borularıyla uzaklaştırıldığı bir sistem olup, bu drenaj sisteminde drenaj suyunun emilmesi, toplanması ve toplanan bu suların ana drenaj kanalı ile atılması işlemleri bulunmaktadır. Belirli aralıklarla tarlada gömülmüş olan emici drenaj kanalları ile bitki kök bölgesindeki fazla sular boru veya açık şekilde, derin, toplayıcı veya kolektörlerle ana drenaj kanalına iletilir ve buradan da su tarladan uzaklaştırılmış olur. Kapalı drenaj sulama sistemleri beş grup altında incelenir. Bunlar;

- Doğal drenaj sistemi
- Önleyici drenaj sistemi
- Paralel drenaj sistemi
- Kuyu drenaj sistemi
- Mol drenaj sistemi

### Tarım Arazilerinde Taban Suyu Sorunu

Taban suyu, geçirimsiz tabaka üzerinde biriken ve çeşitli yüksekliklerde oluşabilen sular olup, sulu tarım üretim yapılan arazilerde yüksek taban suyu drenaj ve tuzluluk sorununu beraberinde getirmektedir. Taban suyu çeşitli yollarla oluşabilmektedir. Bunlar, yağışlar, yüzey akışları, fazla sulama, çeşitli kaynaklardan toprağın alt tabakalarına inen sulardır. Bitki kök bölgesine kadar yükselen taban suyu bitki köklerine zarar vererek bitki sağlığını olumsuz etkilediği gibi, tuzluluk problemini de beraberinde getirebilmektedir. Taban suyu çeşitli etkenlerin altında oluşmakta olup, bunlar üç ana başlık altında toplanabilir.

1. Oluşan aşırı yağışlardan sonra yağışlardan sonra aşırı biriken yüzey sularının toprağa infiltre olması
2. Bilinçsizce ve bitkinin ihtiyacından fazla olan suyun toprağa infiltre olması
3. Yeraltı sularının topraktaki kılcal borular vasıtasıyla yukarılara yükselmesi

### Sulu Tarımda Arazi Tesviyesi

Ülkemizde sulu tarım alanlarında uygulanan en geniş sulama sistemi olan yüzey sulama sistemlerinde etkin bir sulama yapmak için muhakkak suretle tarım arazisinin belli bir eğime sahip, düz veya düze yakın bir yapıda olması gerekir ki bu yapılan düzleştirme işlemine tesviye denir. Dolayısıyla tarım arazilerinde daha iyi kaliteli ürün elde etmek amacıyla muhakkak arazi tesviye edilmelidir. Arazi tesviyesinde amaç uygulanan yüzey sulama suyunun sulama yapılan tarlanın her tarafına eşit yayılması, meyilli kısımların düzleştirilmesi ve bunu yaparken de toprağın verimliliğinin bozulmaması esastır.



**dikkat**

Tuzluluk sorunu ülkemiz tarım alanlarında gittikçe artmaktadır. Iğdır, Aksu, Ereğli ve Erciş ovalarında mevcut olan tuzluluk probleminden sonra GAP projesi çerçevesinde Güneydoğu Anadolu Bölgesinde sulamaya açılan tarımsal alanlarda kontrolsüz ve aşırı su kullanımı sonucunda aynı sorun kendini göstermiştir.

**✓ Agronomik Uygulamalar**

Bitkide yüksek verim elde etmek amacıyla bitkiye uygulanan gübreleme, sulama, hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadele, ekim zamanı, ekim sıklığı vs. gibi uygulamaları kapsayan işlemlerdir.

Etkin bir arazi tesviyesi yapıldığında sulama etkinliği artar. Su arazinin her tarafına homojen yayılı, yer yer göllenme oluşmaz ve tarım arazilerinin en büyük düşmanı olan erozyon meydana gelmez. Ayrıca yüzey sulama uygulanan arazilerde yapılacak tesviyelerden elde edilecek yararlar şunlardır.

- Tesviye ile su zayıatlarının önüne geçilir.
- Kolay drenaj uygulanır.
- Yapılan sulamanın etkinliği artar.
- Atılan tohum ve verilen gübreden daha iyi sonuç alınır.
- Tuzlanma problemi daha kolay giderilir.
- İşçilik masrafları azaltılır.
- Homojen su yayılımı olduğundan bitki gelişiminde ve hasat zamanında homojenlik görülür.

Tesviyenin uygulanmasında ortaya çıkan başlıca sorunlar şöyle sıralanabilir.

1. 75 m'den daha yüksek olan çalılarda tesviye yapmak zorlaşır ve pahalı olur.
2. Hafif bünyeli topraklarda suyun toprağa infiltrasyon kabiliyeti 80 mm/saat den fazla ise yüzey sulama sisteminin uygulanması zor olup tesviye yapılamaz.
3. Dik eğimli ve kırık arazilerde tesviye yapmak güç ve pahalıdır.
4. Faydalı toprak derinliği az olan topraklarda tesviyenin derin yapılması yanlış olur.
5. Kırık ve dalgalı arazilerde yapılan tesviye güç ve pahalı olur.

**Tesviyede Nelere Dikkat Edilir**

Sulu tarımda göllendirerek tava ve uzun tava sulama yöntemlerinde üstün verimli bitki yetiştiriciliği yapmak ve toprağın verimliliğini devam ettirmek için tesviye gerekiyorsa, tekniğine uygun tesviyenin yapılması gerekir. Tesviye yaparken ele alınması gereken hususlar şunlardır:

**Arazinin Sahip Olduğu Özellikler**

Tesviye yaparken yapılması gereken ilk iş ne kadar toprağın tesviye edileceğinin ortaya konması gerekir. Tarımsal yönden değerli, verimli toprak tabakası fazla olan arazilerde normal bir tesviye yapılabilirken daha az verimli yüzlek topraklarda ise dikkatli bir tesviye ile verimli toprak tabakası kenara alınarak alt tabakanın tesviye edilmesi ve verimli toprak tabakasının tekrar yüzeye yayılması gerekir.

**Yağışın Önemi**

Tarımsal üretim desenini belirleyen en önemli faktörlerden biri yağış olup bitkisel üretim deseni genelde yağışa göre şekillenmektedir. Yüksek yağış alan yerlerde ekim yapılan arazi eğiminin % 1 den düşük olması erozyonu önlenmesi açısından önemlidir.



**dikkat**

Taban suyu yüksek olan arazilerde bitki gelişimine zararlı olan fazla suyu azaltmanın en etkili ve kalıcı yolu tekniğine uygun olarak yapılan drenajdır.

**Sulama Sistemleri**

Yüzey sulama sistemlerinden olan göllendirerek tava ve uzun tava sistemlerinde arazi sulama yapılacak alan yüze yakın bir meyilde olmalıdır. Böylece hafif meyil verilerek yapılan tesviye sonucunda arazide tarımsal uygulamalar daha az maliyetli yürütülerek erozyona sebebiyet verilmez. Tesviye yaparken muhakkak suretle toprağın cinsi yapılacak tesviyenin niteliğini ve uygulama şeklini belirler.

**Topoğrafya**

Tarımsal üretim yapılan arazide tesviyeye ihtiyaç olup olmadığı arazinin topoğrafik durumu önemli ölçüde ortaya koyar. Eğer tesviye ye ihtiyaç varsa sulama yapılacak alanın yüksek ve çukur noktaları tekniğine uygun olarak belirlenir ve buna göre yapılacak kazı-dolgu işlemleri ile tesviye tamamlanır.

**İşletme Büyüklüğü**

İşletmenin sahip olduğu arazi miktarı ve bunun içerisindeki sulanabilir alan miktarı tava büyüklüğünü belirleyeceğinden tesviyeye ihtiyaç olan arazilerde sulama yapılacak alan küçük ise tesviye masrafı da o denli düşük olur.



## Arazide Yapılan Tesviye İşlemleri

Tarım arazilerinde tesviye yapılmadan önce arazinin tarımsal faaliyete uygun olup olmadığı, düzeltme ihtiyacının olup olmadığı ve ayrıca tesviye sonrası yapıyı koruma gibi bazı işlemlerin göz önünde tutulması gerekir.

### Arazinin Hazırlanması

Tesviyeye ihtiyaç arazide taşlık, fundalık, çalılık, çöp gibi bir takım unsurlar var ise bunlar tekniğine uygun olarak temizlenmeli ve arazi tesviyeye hazır hale getirilmelidir.

### Arazinin Düzeltilmesi

Tesviye yapılacak arazi uygun tesviye aletleri ile kazı ve dolgu ihtiyacına göre tesviye edilmelidir. Tesviye yapılırken hâkim yöney, suyun akış yönü gibi bir takım arazi özellikleri dikkate alınmalıdır.

### Tesviye Yapılan Arazinin Muhafazası

Eğer tesviye edilecek arazi değişik tabii afetlere sık sık maruz kalıyorsa tesviyeden önce gerekli önlemlerin alınması gerekir. Örneğin arazi su baskını tehdidi altında ise, heyelan tehlikesi altındaysa veya o arazi üzerinde herhangi bir çalışma yapılacaksa (Elektrik çalışması içme suyu çalışması gibi) bunlar dikkate alınarak tedbirler alınmalıdır.

## Tesviye Sonrasında Ortaya Çıkabilecek Problemler

Sulu tarımda göllendirerek tava veya uzun tava sulama sistemi gibi uygulamaların yapılacağı arazide tesviyeden sonra bir takım problemler görülebilir.

### Toprak Çökmesi

Tesviye sonrasında sulama yapılan alanda toprak çökmesi olayları sık sık görülür. Toprak çökmesi meydana gelen alanlarda düzensizlikler sulamada homojen olmayan dağılımlar ve buna bağlı olarak bitki gelişiminde farklılıklar olabilir. Toprak çökmesi durumunda o kısımların tekrar tesviye edilmesi, tarımsal üretimde tek yıllık bitkiler ekimi yapılmalıdır.

#### ✓ Yüzlek Toprak

Toprakta bitki kökleri için en uygun gelişme bölgesi organik maddece zengin olan 0-50 cm derinliğindeki bölgedir. Bu bölge derinliğinin az olduğu topraklara yüzlek toprak denir.

### Toprak Sıkışması

Sulama yapılacak arazinin hazırlığının toprağın kuru olduğu zamanda yapılması toprakta önemli bir sıkışma getirmemektedir. Buna karşın toprağın yaş olduğu zaman da sulamaya hazırlanması toprağı fiziksel yapısında bozuklukların meydana gelmesine ve sıkışmasına, dolayısıyla buna bağlı olarak bitki köklerinin iyi gelişmemesi sonucu sağlıklı bitki gelişiminin ortaya çıkmasına sebep olabilir.

## Tesviye İşleminde Alet Kullanımı

Sulu tarım alanlarında yüzey sulaması uygulanacak alan tesviye yapılırken yapılan tesviye sırasıyla kaba tesviye işlemi ve ince tesviye işlemi olmak üzere 2 aşamada yapılır. Kaba tesviye işlemi buldozerler ve skreyperler olarak iki farklı aletle yapılır. Her iki alette tesviyenin başlangıcında belli bir dereceye kadar tesviyenin yapılmasını sağlarlar. İnce tesviye ise greyder, land plain ve skreyper float aletleri ile kaba tesviyeden sonra daha ince düzeyde yapılan tesviyedir. Bu tesviye ile araziye son şekli verilir.

## Öğrenme Çıktısı



- 5 Tarla bitkilerinde sulamanın amaçları ve yararlarını kavrayabilme  
 6 Tarla bitkileri sulamasında kullanılabilir sulama suyu kaynaklarını öğrenebilme  
 7 Tarla tarımı yapılan topraklarında oluşan tuzluluk, drenaj ve taban suyu sorununu kavrayabilme  
 8 Sulu tarımda arazi tesviyesini anlayabilme

Araştır 3

Toprağın su tutma kapasitesi hangi faktörlere bağlıdır?

İlişkilendir

Yağışlarla düşen suların ürün verimine olan etkilerini değerlendirin.

Anlat/Paylaş

Yüzeysel sulama sistemlerinde tesviye niçin gereklidir? Açıklayınız.

## TARLA BİTKİLERİNDE UYGULANAN BİTKİ SULAMA SİSTEMLERİ

### Yüzeysel Sulama Sistemleri

Yüzeysel sulama sistemi tarla bitkileri üretim bölgelerinde en yaygın şekilde hayata geçirilmiş olan ve halen yürütülen sulama sistemi olup, bu sistem çeşitli sebeplerden dolayı aygın şekilde uygulanmaktadır. Bunların en önemlileri;

- Uygulamada çok ihtisaslaşmış çalışana gerek olmaması ve normal kişilerce rahatlıkla yürütülebilmesi,
- Sistemin uygulamasında yatırım işletme masraflarının düşük olması,
- Gerekli bakım ve oranım masraflarının düşüklüğüdür.

Dünyada sulu tarım uygulanan alanların yaklaşık %85'inde yüzeysel sulama sistemi uygulanmakta olup; bu sistemde sulamada kullanılan su sulama bölgesine çoğunlukla kapalı veya açık kanallarla veya düşük basınçlı kapalı boru sistemi ile kaynağından alınarak belirli bir eğimle ve yerçekiminin etkisiyle iletilmektedir. Su bir yandan iletilirken diğer yandan infiltrasyon vasıtasıyla toprağa işler ve bitki kök bölgesinde toprakta birikir. Bu sistemin ana esası bitkinin ihtiyacı olan sulama suyu miktarının tarlanın her yanına homojen verilmesi ve toprağa, yani bitkinin kök bölgesine verilecek su-

yun tarlanın her bir bölgesinde eşit miktarda olması ve toprak yüzeyinde yeterli sürede beklemesidir. Tesviye, yüzeysel sulama yöntemi ile sulanan alanların en büyük sorunu olup, yapılacak tesviye ile yüzeysel sulamanın etkinliği artırılabilir gibi bu etkinlik tepsiye eğrisinin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Yüzeysel sulama sistemleri ile bitki sulaması gerçekleştirilecekse bu arazilerin tesviye edilmesi uygulanan sistemin etkinliğini artırır. Tesviye gerektirmeyen arazilerde uygulanan yüzeysel sulama sistemine yapılan kurulum masrafları diğer sistemlere göre daha azdır. Hâlbuki diğer sistemlerin kurulum giderleri daha yüksek olmasına rağmen çoğu zaman bu sistemlerde yağmurlama ve damlama sulama sistemleri tesviyeye ihtiyaç duymazlar.

### Yüzeysel Sulama Sistemi Uygulamasının Üstünlükleri

Bu sulama sisteminin diğer sistemlere göre uygulamada birçok üstünlükleri vardır.

Bu üstünlükler şöyle sıralanabilir;

- a. Bu sistemde gerekli ilk kurulum, bakım ve oranım masrafları oldukça daha az olmakla birlikte, yüzeysel sulama sisteminin uygulaması daha kolaydır.
- b. Düşen yağışlardan etkin bir şekilde faydalanılır.
- c. Drenaj sorunu olan toprakların yıkanması bu sistemle yapılmaktadır.

## Yüzey Sulama Sisteminin Uygulamasında Karşılaşılan Sorunlar

Bu sulama sisteminin diğer sistemlere göre uygulamada birçok üstünlükleri olmasına rağmen birçok sorunu da beraberinde getirmektedir.



**dikkat**

Tesfiyenin eğimli kırık, düz olmayan alanlarda yapılması sulamanın etkinliğini ve bitkide verimi artıran önemli bir işlemdir.

Bu sorunların en önemlileri şöyle özetlenebilir:

- Fazla su verilmesi durumunda su derinlere kadar gitmektedir. Eğer alt toprak tabakası tuzlu ise fazla suyla eriyen tuzlar toprağın üst kısmına hareket etmekte ve evaporasyonla tuz üst toprakta birikmekte ve toprakta tuzluluk problemi oluşmaktadır. Bunun önüne geçmek için fazla su vermekten kaçınılmalı ve sulama suyu kontrollü bir biçimde verilmelidir. Derine sızmayı önlemek için kontrollü sulama yapılmalıdır.
- Fazla su drenajla atılmalıdır ve bu da sulama masraflarını artırmaktadır.
- Tarlada verilen sulama suyunun homojen dağılımını sağlamak arazide tesviye sorunu varsa tarla tesviyesi yapılmalıdır.
- Yapılan karıklarda yüzey akış suyunu uzaklaştırmak amacıyla yüzeyde drenaj kanalları açılmalıdır.

Diğer taraftan, ülkemizde yaygın olarak kullanılan yüzey sulama sistemleri; tava veya suyu göllendirerek yapılan sulama sistemi ve karık usulü sulama sistemi olarak iki ana başlık altında toplanabilir.

## Göllendirerek Tava ve Uzun Tava Sulama Sistemleri

**Göllendirerek tava sulama sistemi:** Bu sistem pratik ve kolay uygulanabilirliği özelliği sayesinde çok yaygın uygulanan bir sistem olup, tesviyeli, eğimi az düz alanlarda, taban suyu çok yüksek olmayan ve su tutma kapasitesi yüksek, çok kumlu olmayan topraklarda rahatlıkla uygulanabilecek sulama sistemidir. Diğer taraftan tuz sorunu olan arazilerde, arazilerin ıslahı amacıyla yine bu sistem

uygulanabilmektedir. Göllendirerek tava sulama sistemi tahıllar, endüstri bitkileri, çayır, mera ve yem bitkileri gibi birçok tarla bitkilerinin sulanmasında, yine birçok meyve ağacının sulanmasında başarıyla kullanılmaktadır. Bu sistemin bir dezavantajı, infiltrasyon oranı yüksek olan hafif bünyeli kumlu topraklarda ve infiltrasyon oranı daha düşük olan killi ağır bünyeli topraklarda uygulanabilirliğinin az olmasıdır. Bu sistemde sedde oluşturulmak suretiyle ve yapılan tarımın amacı ve bitki çeşidine bağlı olarak değişik büyüklüklerde tavalar oluşturulur. Seddeler tek yıllık bitkiler için bir yıllık sürede yapılan tüm sulama mevsimi boyunca kullanılabilirdiği gibi; çok yıllık bitkiler için birkaç yıl boyunca bozulmadan kullanılabilirler. Bu sistemin diğer bir zorluğu ise kök boğazı hastalıklarının diğer sistemlere göre yüksek olmasıdır. Tarla bitkileri yetiştiriciliğinde bu sistemle sulu tarım uygulanacaksa tavaların yeterli büyüklükte, gerekiyorsa tesviye görmüş düz olması gerekir ve şekil olarak dikdörtgen veya kare şeklinde olmalı ve etrafı seddeyle çevrilmelidir. Seddenin asıl görevi belirli yükseklikte ve bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktardaki suyun başka yere gitmesine izin verilmeden tavada tutulması olup, seddeler genelde 20-40 cm yükseklikte border disklerle oluşturulur. Tava alanı büyük olursa rüzgârlı havalarda tavalarda oluşan dalgalanma sorun çıkarabilmekte ise de, seddeler ülkemizde genelde çok fazla büyüklükte oluşturulmazlar. Çeltik yetiştiriciliğinde tavalara diğer tarla bitkilerine göre biraz daha büyük oluşturulmaktadır.



**dikkat**

Yüzey sulama sistemleri sulama suyu sıkıntısı çekilmeyen bölgelerde geniş alanların sulanmasında yaygın olarak uygulanmaktadır.

Tavalarda eğiminin sifıra yakın olduğu durumda suyun akış debisi toprak tipine bağlı olarak değişmekle birlikte hızlı olmalı ve eğimli ve engebeli arazilerde bu debi daha az olmalıdır. Kırık ve daha dik arazilerde teraslama yapmak sureti ile düz tavalarda elde etmek tarımdaki başarıyı artırmaktadır. Tarla bitkileri yetiştiriciliğinde değişik büyüklüklerle sahip göllendirerek tava sulama sistemi genellikle sıkça kullanılmakla birlikte, meyve bahçelerinin

sulanmasında birkaç ağacı içine alan tavalar kullanılmaktadır. Meyve bahçelerinin sulanmasında geniş ve derin karıklar kullanılır. Bu tavalara su ağaç sıraları arasına açılan geniş derin karıklardan verilir. Tava veya göllendirerek sulama sisteminde sisteme verilen belirli miktardaki suyun tava içerisinde tamamen toprak içerisine sızmasına izin verilir. Bazı su içerisinde büyüyen bitkilerde tavaya verilen su toprağa giren sudan daha fazla olmalıdır. Örneğin çeltik tarımı tavalarda su içerisinde yapılmakta olup tava içerisinde belirli bir yükseklikte suyun bulundurulması gerekir. Bu yüzden çeltik tarımı yapılan tavalarda tesviyeli ve tavaya devamlı su yüksekliği sağlanacak şekilde su verilmelidir. Bu amaçla çeltik tarımının kumlu hafif bünyeli toprak yerine daha ağır bünyeli suyu daha uzun süre toprakta tutabilen topraklara sahip tavalarda yapılması uygun olur.

**Uzun tava sulama sistemi:** Diğer taraftan, tava oluşturmada tarla parsellerinde uzun seddeler oluşturularak uzun tava parselleri oluşturulur ve bu yönleme uzun tava sulama sistemi denir. Göllendirerek tava sulama sisteminde su tava içerisinde göllendirilirken, uzun tava sulama sisteminde göllendirerek sulama yapılması söz konusu olmayıp, sulama yapılacak alanlara uzun tavalarda oluşturulacak şekilde seddeler çekilir. Tavanın bir başından tavaya alınan sulama suyu tava boyunca ilerleyerek hem toprağa infiltre olarak bitki kök bölgesini ıslatır, hem de tavanın sonuna doğru ilerler ve böylece tavanın her tarafı sulanmış olur. Tava sonundaki sedde açıktır ve fazla sulama suyu tavanın eğime bağlı olarak tavanın öteki diğer tarafından uzaklaştırılır. Uzun tava uygulanan alanlarda sulama suyunun fazla verilmesi durumunda toprağın alt tabakalarında mevcut olabilecek tuzun toprak yüzeyine çıkmasına sebep olabileceği gibi, tavada birçok hastalığın yayılmasına sebep olabilir. Bunun yanında, uzun tava sulama sistemi, orta ağır topraklarda tercih edilen sistemlerden birisidir. Yüzey akışı olmayan tava sulama sisteminde yüzey akışı meydana gelmediğinden yapılan sulamada su kullanım randımanı daha fazladır. Ayrıca, arazi topografyası tava sulama sistemini uygulamada sıkıntılar çıkarıyorsa, yani sulama yönünde bir eğim vermek gerekiyorsa uzun tava sulama sisteminin uygulanması daha randımanlı sonuç verir. Uzun tava sisteminde oluşturulan tavalarda genelde dikdörtgen şekilli, 50 ile 500 metre uzunlukta ve 10 ile 50 m genişlikte olabilirler. Oluşturulan tavalarda tava uzunluğu boyunca en az eğim genelde binde bir

oranında düzgün bir eğim verilmeli ve tava eninde eğim olmamalıdır. Daha fazla eğim vermek gerekiyorsa, toprakta oluşabilecek erozyona, yağış miktarına, toprak tipine göre %3-%4 arası değişebilir. Uzun tava sulama sistemi yapılacak sulamada genel uygulama olarak tavalara verilen su miktarı, tavada ekilmiş ve yetişen bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarına eşit veya biraz fazlası kadar olmalıdır. Ağır bünyeli topraklarda suyun toprağa infiltrasyon oranı yavaş olduğundan suyun verildiği zaman su hemen toprağa girmez. O yüzden ihtiyaçtan daha fazla suyun tavaya verilmesi yerinde olur. Ülkemizde uzun yıllar bu sistemin uygulanması sonucunda bir takım pratik bilgiler hayat bulmuştur. Tavaya verilen su tava boyunun belirli bir kısmına ulaştığında kesilir ve tarla boyunun yüzdesi olarak ifade edilen bu uzunluk toprak yapısına bağlı olarak değişmektedir. Su kesme tavaya verilen su tarla boyunun ağır bünyeli killi topraklarda yaklaşık %60-70'ine ulaştığında; tınlı topraklarda yüzde 75-80'lik kısmına ulaştığında ve kumlu topraklarda ise su tavanın sonuna ulaştığında yapılır.

### Karık Usulü Sulama Sistemi

Karık usulü sulama sisteminde bitkisel üretim yapılan tarlada ekilişin bir kenarında karık şeklinde açılan kanallar vasıtasıyla sulama yapılır ve "V" şeklinde oluşturulan karık uzunluğu boyunca su eğime bağlı olarak akarken, su aynı zamanda infiltre olduğu toprak bitki kök bölgesinde ve karık sırtlarında bitki tarafından alınır. Sulama suyunun karık boyunca akış hızı ve toprağa infiltre oranı toprak yapısına, toprağın içerdiği organik madde miktarına, bitkinin su ihtiyacına bağlı olarak sulama suyu miktarına bağlı olarak değişir. Bu sulama sistemi makiNELİ tarım yapılan tarla bitkileri ve sebzeler, meyve bahçelerinin sulanmasında rahatlıkla kullanılabilir.

#### ✓ Sedde

Göllendirerek tava ve uzun tava sisteminde suyu tavada tutmak amacıyla tarla kenarlarına topraktan yapılan yükseltiye sedde denir.

Karık usulü yapılan sulamada tarlanın başındaki ana kanaldan mevcut karıklara su sifonlarla verilir ve verilecek su miktarı oluşturulan sırtlara zarar vermeyecek şekilde genellikle 0.5 – 2.5 lit-

re/sn debiye sahip olmalıdır. Toprağın bünyesine, ekilen bitkinin cinsine, bitkilerin ekildiği sıraların mesafesine ve sahip olunan makine parkına bağlı olarak değişmekle birlikte, yapılacak karık genişliği 30-50 santimetre, karık yüksekliği 15-40 santimetre arasında oluşturulmalıdır. Topraklarda sert ve sıkı bir yüzey oluşumu olan kaymak tabakası oluşma problemi olan killi ağır topraklarda yavaş infiltrasyondan dolayı karıkların daha geniş ve daha yüzlek olması; hafif bünyeli kumlu topraklarda ise hızlı infiltrasyondan dolayı karıkların daha dar ve daha derin yapılması uygun olur. Kaymak tabakası özellikle ekimden sonra bitkinin toprak yüzüne çıkışına engel olur. Karık boyunca suyun Karık usulü sulama sistemi daha çok çapa bitkileri denen mısır, pamuk, ayçiçeği vb. bitkilerin sulanmasında başarıyla kullanılmakta olup, karık içerisinde suyun rahatlıkla akışının gerçekleşmesi için tarla başı kanal eğiminin %0.1-0.2, karık eğiminin ise %0.5-0.7 olması uygun olmaktadır. Tarla başı kanalından karıklara su verilirken debisinin iyi ayarlanması, suyun tarlanın sonuna ulaşacak ve tarlanın her noktasına ulaşacak şekilde bir su akışının sağlanması gerekir. Karık sonundan su kalmayınca kadar su debisi ayarlanarak verirse sulama suyu ekonomik olarak kullanılmış ve su kaybı çok az olur. Ayrıca, karık usulü sulama sisteminde sulanan tarlanın sonundan çıkan suyun yeniden kullanımına imkân sağlayacak bir geri dönüşüm havuzunun oluşturulması su kaybını önlemek açısından oldukça yararlı olur.

### Karık Usulü Sulama Sisteminde Kullanılan Ekipmanlar

Karık usulü sulama sisteminin kurulması ve uygulanması esnasında kullanılan bir takım aletler mevcut olup; bu aletler; kanal açma aleti veya pulluğu, sedde yapma aleti, karık açma aleti, sifonlar, kullanılan malzemeler olup bu malzemelerin işlevi aşağıdadır.

**Kanal açma aleti (Kanal pulluğu):** Karıklara sulama yapılacak suyun getirilmesi amacıyla traktöre takılarak kullanılan ve hidrolik kolu ile derinlik ayarı yapılabilen alettir. Sulama yapılacak tarlada tava ve karık uzunlukları tespit edilip işaretlendikten sonra bu aletle sulama kanalları meydana getirilir.



#### dikkat

Yüzey sulama sistemlerinde sulama suyu miktarı ve debisi bitki çeşidi ve toprak tipine göre ayarlanmalı, erozyona sebep olmayacak düzeyde uygulanmalıdır.

**Sedde yapma aleti:** Sulu tarım yapılan ve sıra arası sık ekilen bitkilerde mibzerle ekim yapıldıktan sonra sulama yapılacak tavaları oluşturmada karşılıklı iki diskten oluşan diskli sedde yapma aleti kullanılır. Traktörün hidrolik kolu ve askı kolları vasıtasıyla sedde yüksekliği ve genişliği ayarlanabilir.

**Karık açma aleti:** Traktöre bağlanan çatı üstüne aralıklara yeri değiştirilebilir çapaların yerleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Geniş sıra arası ekim uygulanan tarla bitkilerinde karık oluşturma, yabancı ot mücadelesi için çapalama amacıyla kullanılan alettir.

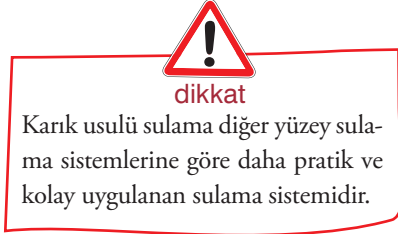
**Sifonlar:** Tarla bitkilerinde ekilen bitkinin cinsine göre değişmekle birlikte eğimli, değişik çaplarda bulunan, sulama suyunun tavalara verilmesini sağlayan borulardır. Metal veya plastikten yapılan sifonların çapı ve tavadaki yerleri değiştirilmek suretiyle bitkinin ihtiyacı olan ve tavaya verilen su miktarını ayarlamak mümkündür.

### Yağmurlama Sulama Sistemi

Yeraltından veya yerüstünde bulunan bir kaynaktan belirli bir basınçla alınarak borularla yağmurlama başlıklarına iletilen ve buradan da yağmurlama şeklinde tarlaya uygulanan sulama sistemidir. Bu sistem değişik bitkilerde, farklı toprak tiplerinde, düz veya erozyon sorunu olan eğimli arazilerde, tuz sorunu olan topraklarda, fazla su sarfiyatının önüne geçen, ekonomik, sabit değil taşınabilir bir sistemdir. Bu sistemle tahıllar, yonca gibi yem bitkileri, çayırlar, şeker pancarı, patates ve ayçiçeği gibi çapa bitkileri, çeşitli sebzeler ve meyve ağaçlarının sulanması başarılı bir şekilde yapılabilir. Bu sistemde diğer sistemlere göre daha az su sarfiyatı olmakla beraber, gündüz hava sıcaklığının yüksek olduğu öğlen saatlerine nazaran sabah veya akşam saatlerinde sulamanın yapılması daha etkin bir sulama yapılması açısından önemlidir. Yağmurlama sulama sisteminde sulama suyunun debisi



toprak tipine göre değişebilmektedir. Hafif bünyeli topraklarda daha dar mesafeli ve daha yüksek debili bir sulama sistemi; ağır bünyeli topraklarda ise daha düşük debili ve daha geniş mesafeli sulama sistemi tercih edilmelidir.



### Yağmurlama Sulama Sisteminin Üstünlükleri

Yağmurlama sulama sisteminin sahip olduğu birçok üstünlük mevcut olup bu avantajlar şunlardır;

- Her şeyden önce yüzey sulama sistemlerine göre daha ekonomik, daha az ve daha etkili su kullanımı mümkün olur.
- Erozyon sorunu olan fazla eğimli, kırık ve tesviye edilmemiş arazilerde başarıyla kullanılır.
- Drenaj sorunu olan taban suyu yüksek arazilerde, tuz sorunu olan arazilerde taban suyunu yükseltmeden kontrollü su vererek etkin bir sulama yapmak mümkündür.
- Sulama işçiliğinden tasarruf sağlanır.
- Önemli ölçüde su tasarruf edildiğinden randımanlı bir sulama yapılır.
- Bu sistemde karık ve kanal olmadığından daha fazla bir alan tarımda kullanılır.

### Yağmurlama Sulama Sisteminde Karşılaşılan Sorunlar

Yağmurlama sulama sisteminin uygulanmasında birçok sorun ortaya çıkmakta olup bunları üç ana başlık altında toplamak mümkündür.

- İlk kurulum masrafları fazladır.
- Gündüz havanın sıcak olduğu saatlerde ve rüzgârlı havalarda sulama yapılırsa oluşan fazla su buharı nedeniyle su kaybı fazla olur.
- Dikkatsiz ve fazla sulama yapılırsa birtakım hastalıkların artmasına neden olur.

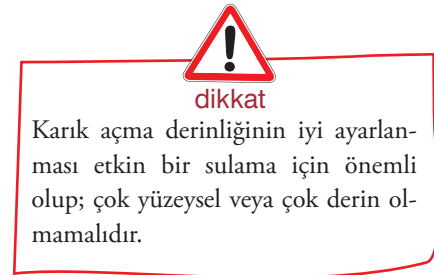
### Yağmurlama Sulama Sisteminde Kullanılan Ekipmanlar

Yağmurlama sulama sistemi farklı bitkilerin sulanması amacıyla çok farklı iklim, coğrafik ve topoğrafik şartlara sahip alanlarda rahatlıkla uygulanan, suyu her çeşit şartta ekonomik kullanabilen bir sistem olup; sulama suyu kaynağı, suyun basınçla iletimini sağlayan basınç pompası, su iletimini sağlayan borular ve sulama başlıkları bu sistemi oluşturan ekipmanları oluşturmaktadır.

Yağmurlama sulama yönteminde sulama suyunun temin edildiği su kaynaklarının en önemlileri membalar, akarsular, göller ve kuyu suları, kanal ve kanaletlerdir. Ancak sulama suyu kalitesi açısından bu kaynaklardaki suyun sulama suyuna uygun olması gerekir. Sulama suyu fazla miktarda yüzücü cisim içeriyorsa pompa ve başlıklarda tıkanma ve aşınmaya neden olmaktadır. Bu maddelerin çöktürme havuzlarında ya da süzgeçler de tutulduktan sonra sulama suyunun sisteme alınması gerekir.

### Basınç Pompası

Yağmurlama sulama sisteminde belirgin bir püskürtme basıncı oluşturabilmek için basınç pompasından yararlanılır. Genelde yerleşim yerleri yakınlarında nispeten küçük alanlarda belirli bir şebekeden su alınıyorsa mevcut basınçtan yararlanarak basınç pompasına gerek kalmadan yağmurlama sulama yapılır. Eğer bir su kaynağından su alınarak sulama yapılıyorsa basınç pompası kullanılarak sulama yapılır.



**Su iletimini sağlayan borular:** Yağmurlama sulama sisteminde suyun iletimi metal ya da plastik borularla yapılmaktadır. Tekniğin ilerlemesiyle birlikte ucuz, hafif ve dayanıklı plastik boruların kullanılmasıyla yağmurlama sulama kullanımı önemli ölçüde artmıştır.

**Sulama başlıkları:** Yağmurlama sulama sisteminin önemli bir parçasını oluşturan ve değişik tip ve büyüklüklerde bulunabilen sulama başlıkları sulama yapılan alanda sulama suyunu sulama çapı içerisinde her tarafa homojen şekilde dağıtımını sağlayan başlıklardır.

**Damla Sulama Sistemi:** Damla sulama sistemi yağmurlama sulama sistemi gibi kaynağından belirli bir basınçla alınan suyun boru sistemi vasıtasıyla bitkiye suyun verildiği sistem olmasına rağmen, yağmurlama sisteminden farkı, boruyla iletilen suyun damlatıcılar vasıtasıyla damlalar halinde düşük basınç altında düzenli bir şekilde bitkinin kök bölgesine verilmesidir. Damla sulama sistemi günümüzde dünyada günden güne hızla azalan suyun idareli kullanımına, suyun tasarruflu olarak israfa yer vermeden kullanımına izin veren bir sistem olup, tercih edilmesi ve kullanımı gittikçe artan bir sulama sistemidir. Bu sistem seralarda, meyvecilikte, sebzeçilikte, kesme çiçek üretiminde, ayçiçeği, pamuk, mısır vs. endüstri bit kileri, tahıllar vs. gibi tahılların üretiminde son yıllarda tercih edilerek kullanılmaktadır. Bu sistemin ön büyük özelliklerinde birisi suyun kıt olduğu durumlarda daha az su ile bitki kök bölgesinin devamlı ıslak bırakılarak bitkinin su stresine maruz kalmaması, arazinin eğimli olduğu yerlerde tesviyeye ihtiyaç duyulmadan etkin sulama yapılabilmesidir.



**dikkat**

Yağmurlama sulamanın ya sabah saatlerinde ya da akşamüzeri yapılması, sulamanın etkinliğini artırır. Öğlen saatlerinde yapılan sulama su zayıfatını artırır.

## Damla Sulama Sisteminin Üstünlükleri

Damla sulama sistemi birçok üstünlüğe sahiptir;

- Damla sulama sistemi su kaynakları hızla azalan dünyada suyun israf edilmeden en ekonomik ve etkin bir şekilde verildiği bir sulama sistemi olup daha az bir suyla bitkinin ihtiyacı olan su karşılanır.
- Bitkiye su gerektiği kadar verilir ve toprağın her tarafı ıslatılmaz.

- Toprakta yeterince su olacağından bitki verilen besin maddelerini zamanında ve yeteri kadar alır ve bitki gübreden yeterince faydalanır.
- Toprakta evaporasyonla su kaybı daha az olur.
- Yalnızca bitki kök bölgesi ıslatıldığından tuzluluk problemi olan topraklarda güvenle kullanılabilir, yüzey sulama sistemlerinde oluşan fazla suyun sebep olduğu tuzluluk oluşmaz.

## Damla Sulama Sisteminde Karşılaşılan Sorunlar

Bu sistemin uygulanabilirliğinde karşılaşılan sorunlar şöyle sıralanabilir;

1. Bu sistemde ilk tesis masrafları yüksektir, bu yüzden yaygın kullanım için finansal desteğe ihtiyaç duyulabilir.
2. Damla sulama sisteminde en önemli sulama suyunun temizliği sistemin etkin çalışmasını, sistemin kullanım ömrünü ve bakım maliyetlerini azaltır. Sulama suundaki değişik organik ve organik olmayan maddeler, kum ve kil parçacıklarından dolayı damlatıcılar sık sık tıkanabilmekte ve sistemin çalışmasını aksatabilmektedir.
3. Damla sulama sisteminde meydana gelebilecek bir aksamaların uzun sürmesi durumunda bitki kök bölgesinde su miktarı azalacağından bitkinin yeterince su alamaması sonucu su stresi bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir.
4. Verilecek su miktarı bitkinin kök bölgesini kapsamalıdır. Aksi takdirde kök bölgesi tam ıslatılmazsa yetersiz kök gelişimi görülebilir.

## Damla Sulama Sisteminde Kullanılan Ekipmanlar

Damla sulama sistemi su kaynakları hızla azalan ve su ekonomisinin iyice arttığı dünyada gittikçe önemini artırmaktadır. Su kaynağı, basınç pompası, su iletimini sağlayan borular ve damlatıcılar damla sulama sisteminin ekipmanlarını oluştururlar. Bu sistemde sulama suyu kaynağı sulama sisteminin sağlıklı çalışması bakımından önemlidir. Sulama suyu kaynağı olarak, şehir su şebekesi, akarsu, göl,

kuyu ve gölet gibi su kaynakları kullanılabilir. Burada en önemli durum sulama fiziksel ve kimyasal temizliğini içeren suyunun kalitesidir. Kaliteli su kullanımı için su mutlaka filtreden geçirilmelidir.

**Basınç pompası:** Sulama suyunu kaynaktan damlatıcılara kadar iletimi için muhakkak suretle ya elektrikli ya da benzin veya dizel motorlu güç kaynağıyla mümkündür. Basınç pompasının gücü tüm sistemi çalıştıracak güçte olmalıdır.

**Su iletimini sağlayan borular:** Damla sulama sisteminde suyun damlatıcılara ana kaynaktan ileten plastik ana boru, yan boru ve lateral borular kullanılmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken durum plastik boruların su basıncına dayanıklı ve kaliteli olmasıdır

**Damlatıcılar:** Damlatıcılar lateral borularda bulunmakta ve basınçlı olarak gelen su basıncını sıfıra yakın bir seviyeye düşürerek bitki kök bölgesine vermektedirler. Bitki çeşidi ve toprak tipine bağlı olarak değişik debilerde (1-15 litre/saat) gelen suyu toprağa verecek şekilde değişik debili damlatıcılar kullanılmalıdır. Hafif bünyeli topraklarda daha kapasitesi yüksek debili damlatıcılar kullanılırken ağır bünyeli topraklarda daha az kapasiteli damlatıcılar kullanılabilir. Yine meyve ağaçlarının sulanmasında daha kapasiteli damlatıcılar kullanılır.



**dikkat**

! Yağmurlama sulama sisteminde sulama suyunun kalitesi sulamanın sağlığı ve devamlılığı açısından önemlidir. Sulama suyunun çamurlu, tuzlu ve kirli olması tıkanmalara sulamada aksamalara; bu yönüyle de sulamama etkinliğim azalmasına ve maliyetlerin artmasına neden olabilir.

! Damla sulama sistemi dünyada azalan su kaynaklarının idareli kullanımına en iyi cevap veren sistemdir.

### Öğrenme Çıktısı



9 Göllendirerek tava ve uzun tava sulama sistemlerini öğrenebilme  
10 Karık usulü ve yağmurlama sulama sistemlerini kavrayabilme

Araştır 4

Yağmurlama sisteminin yüzey sulama sistemlerine göre avantajları nelerdir? Açıklayınız.

İlişkilendir

Göllendirerek tava tipleri arasındaki farkları değerlendirin.

Anlat/Paylaş

Kaymak tabakası nedir? Bitkilere etkisi nasıl olur? Açıklayınız.

## SULAMA SUYUNUN KALİTESİ, TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE BİTKİ SAĞLIĞINA OLAN ETKİLERİ

Dünyada küresel ısınma bütün şiddetiyle devam etmekte, tarım alanları ve çevre hızla kirlenmekte, insanlar için hayati önem sağlayan kaynaklar hızla yok olmaktadır. Bu durumdan sadece dünya değil aynı zamanda ülkemiz de nasibini almaktadır. Ülkemizde tarımsal üretim yapılan alanlar çevre kirliliği, erozyon ve çoraklaşmaya maruz kalmaktadır. Aynı zamanda, su kaynakları hem çarpık kentleşme, aşırı kimyasal kullanımı vs. gibi çevre kirliliği hem de su kaynaklarının azalması tehditlerinin etkisi altındadır. Ülkemizde bu felaketler arasında kendine yol bulmaya çalışan tarımsal üretim alanlarının giderek azalması ve aynı zamanda hızla kirlenmesi sonucunda hızla artan nüfusun beslenmesini tehlikeye sokmakta ve ülkemiz yakın gelecekte tarımsal üretim bakımından dışa bağımlı hale gelme sorunuyla karşı karşıya gelebilecektir. Hızla artan nüfusun beslenmesini karşılamak için bitkisel üretimin artırılması gerektiği gerçeği göz önünde tutulacak olursa, tarım alanlarının sonuna geldiği göz önünde tutulduğunda tek seçeneğin birim alan-

dan alınan verimin artırılması gerçeği olduğu ortaya çıkmaktadır. Tarımsal üretimin yapıldığı tarım alanlarının çoğunda kuru tarım şartlarının hâkim olduğu düşünülecek olursa, tarımsal üretimde artışın ancak sulu tarımla, yani sulanan alanların hızla artırılması ile mümkündür. Su kaynaklarının hızla azaldığı da düşünülecek olursa, mevcut su kaynaklarının iyi yönetilmesi, suyu tasarruflu olarak kullanılan sulama sistemlerinin kullanılması sulamada öncelikli tedbirler arasındadır. Tarımsal üretimde üretimin artırılmasında sadece kullanılan su miktarı etkili olmayıp aynı zamanda sulama suyunun da istenen kalitede olması, zararlı maddeleri içermemesi ve kirlenmemiş olması gerekmektedir. Su kalitesi toplumsal tüketimin yanı sıra sulamada da kendini göstermektedir. Tarımsal üretimde kullanılan su tarla başına bünyesine çeşitli mineralleri, tuzları ve kimyasal bileşikleri barındırarak gelmekte ve sulamada kullanılmaktadır. Suyun kalitesini belirleyen bu bileşikler, su toprakta değişik ortamlardan, tabakalardan geçerken suyun bünyesine değişik oran ve miktarlarda katılabilmektedir. Dolayısıyla sulama suyunun kalitesi içerdiği minerallerin tuzların içerik ve miktarlarına bağlı olarak değişmektedir. Bitki sağlığı için tehlike oluşturabilecek mineral ve tuzların sulama suyunda zararlı olabilecek düzeyde bulunması durumunda bitkisel üretimde gerilemeler ve toprak yapısında bozulmalara istenmeyen zararlı birtakım oluşumların ortaya durumlar ortaya çıkabilir. Su toprağın bünyesinde fiziksel ve kimyasal değişimlere sebep olabilir. Fiziksel açıdan işlenmiş toprakta su toprağın bitkisel gelişme için uygun ortam olan ve furda yapı denen ufulanmış yapıya ulaşmasına katkıda bulunur. Suyun içerdiği tuz ve minerallerle birlikte toprağın furda, ufulanmış yapısına etki eden faktörler şunlardır;

- Toprağın organik madde bileşimi
- Suyun içerdiği mineral ve tuzların etkisi
- Toprak işleme tekniği
- Suyun toprakta meydana getirdiği donma çözülme olayları

Gerek suyla gelen ve gerekse toprağın bünyesinde mevcut olan  $Ca^{+2}$  gibi 2 veya 3 değerlikli gibi katyonlar toprağın furda yapısına geçmesine katkıda bulunur, bitki gelişimi için daha uygun ortam sağlarlar. Buna karşın  $Na^{+1}$  gibi bir değerlikli katyonlar ise bitki gelişimi için olumsuz ortam sağlayan tekse yapının meydana gelmesine katkıda bulunurlar. Diğer taraftan toprakta  $Na^{+1}$  değerlikli toprak-

lar bünyelerinde sodyum oranının yüksek miktarda bulunduklarından toprağın tuzlulaşmasına ve alkalın bir yapıda bulunmasına sebep olurlar. Tuz oranı yüksek düşük kaliteli sulama sularında tuz konsantrasyonu yüksek olduğunda ve bu su ile sulama yapıldığında yüksek ozmotik basınçtan dolayı bitkiler yeterince su alamaz. Bitkiler **fizyolojik kuraklığa** maruz kalır. Diğer taraftan sulama suyunda veya toprakta yüksek miktarda bulunan  $HCO_3$  veya  $Cl$  gibi iyonlar bitki sağlığına olumsuz etki yaparak gelişme geriliklerine sebep olurlar. Bu durum özellikle bitkinin ilk gelişme devresinde daha belirgin olarak görülür. Bu tür durumlarda tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi toprağın ıslahı açısından önemli bir uygulamadır. Düşük kaliteli sulama sularının tarımsal üretimde kullanılması sonucunda toprakta bir takım sorunlar ortaya çıkabilir.



#### dikkat

Yağmurlama ve damla sulama sistemi maliyeti yüksek sulama sistemidir. Bu sulama sistemlerinin kullanımının yaygınlaşması ancak kurulum ve işletim maliyetleri açısından çiftçinin desteklenmesi ile mümkündür.

## Sulama Suyundaki Tuzluluk

Sulama suyunda bitkiye zararlı olabilecek tuz konsantrasyonunun yüksek olması durumunda bitki kök bölgesinde bitki köklerinin gelişimine olumsuz etki yapar. Bitkinin su alımında azalmalar ve bitkinin susuz kalmasından dolayı fizyolojik kuraklık sonucu bitkide solma belirtileri kendini gösterir. Tuza hassasiyet bakımından bitkinin üst bölgesi kökün alt kısımlarına göre daha hassastır.

## Geçirgenlik

Sulama suyunda veya toprakta tek değerlikli tuzların iyon olması durumunda yeterince su toprağa sızamayacağından bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenir. Bu surum ekim sonrasında meydana gelirse killi topraklarda kaymak tabakası ile birlikte tuz tabakası da kendini göstereceğinden bitki çıkışında önemli gerilikler kendini gösterir. Sulama suyunda bulunan 2 veya 3 değerlikli katyonlar toprağın su geçirgenliğine olumlu etki yaparlar.

## Toksik Olma Durumu

Sulama suyunda bulunabilecek ve bitki gelişimi için toksik etki yapabilecek B, Cl ve Na gibi iyonlar sulama suyunda toksik derecede yüksek olduğu zaman bitki gelişimi için olumsuz etki yapar, gelişme geriliklerine üründe azalışa ve hatta ölüme sebep olabilir.

## Diğer Faktörler

Sulama suyunda yüksek oranda bulunan N, pH, Ca, Bikarbonat ve Sülfat gibi tuzlar bitki gelişimi için olumsuz etki yaparlar. Yüksek dozda bulunan bu maddeler taban suyu yükseldiği durumda özellikle tana suyunun üst kısmında birikerek bitkinin gelişimine olumsuz etki yaparlar. Azot normalde bitki için hayati öneme sahip olup pasif difüzyonla alınmakla beraber Nitrat veya amonyum formunda alınır. Toprak suyunda yüksek miktardaki azot, eğer 30mg/lt den fazla ise bitkilerin veriminde azalma, ürün kalitesinde düşme aşırı vejetatif büyüme, bitki dokusunda gevşeklik görülür. Diğer taraftan toprak suyundaki azot miktarını litrede 5 ml gr den az olması durumunda bitki gelişmesine zarar vermemekle birlikte suda bulunan yosunları gelişmesini teşvik etmekte ve özellikle su borularının ve vanaların etrafında birikerek tıkanmalara sebep olabilirler. Nitrit şeklindeki azotun yüksek olması da bitki için olumsuz etki yapmakta, eğer yer altı sularında nitrit oranı yüksek ise bitkilerin yanı sıra insanlar içinde kansorejenik etki yapabilmektedir. pH'nın sulama suyunda yüksek olması durumunda bitkilerin mineral beslenmesinde dengesizlik ve toksisite görülür. Yine sulama suyundaki yüksek pH bitki kök gelişiminde olumsuz gelişmelere, bazı minerallerin bitki tarafından alınmasında düşüşlere sebep olabilir. Kalsiyum, Bikarbonat ve Sülfat gibi tuzları yüksek konsantrasyonlarda bünyesinde tutan sulama suları ile yapılan sulamada, özellikle yağmurlama sulamada bitkilerde yaprak ve meyvelerde leke oluşumu ve buna bağlı yapı bozuklukları görülebilir. Bunun yanı sıra toprak suyunda bulunan Mg ve Fe, Mn, Mo ve Zn gibi iz elementleri normalin üzerinde sulama suyunda bulunması durumunda bitki için toksik etki yaparlar. Gelişme geriliklerine ve ürünün miktar ve kalitesine olumsuz etki yaparlar.

### Öğrenme Çıktısı



- 11 Sulama suyundaki tuzluluk, geçirgenlik, toksik olma durumlarını öğrenebilme  
12 Sulama suyu kalitesini etkileyen faktörleri kavrayabilme

#### Araştır 5

Toprağın furda, ufalanmış yapısına etki eden faktörler nelerdir?

#### İlişkilendir

Sulama suyundaki tuz miktarının ürün verimi ile olan ilişkisini değerlendirin.

#### Anlat/Paylaş

Toprağın geçirgenliği ile bitki gelişimi arasındaki ilişki nedir? Anlatın.

## SERALARDA SULAMA SİSTEMLERİNİN UYGULAMASI

Seralar özellikle son yıllarda yaygın olarak kullanılan bir üretim aracı olup özellikle nüfusun yoğun yaşadığı bölgelerde sebze meyve ve bir kısım tarla bitkileri ürünlerinin yıl boyunca pazarda bulunabilirliğini temin etme, aynı zamanda düzenli ve garantili bir üretim yapma ve pazara temin etme açısından önemli üretim araçlarıdır. Bilindiği gibi bitkiler seralarda her türlü ihtiyacı karşılanarak üretilmektedirler.



#### dikkat

#### ! Kaliteli Su

İçerisinde bitki sağlığına zararlı tuz ve iyonları barındırmayan, yeterli hava bulunduran sulama suyuna kaliteli su denir.

! Tuzluluk sulu tarımın geleceği bakımından önlem alınması gereken önemli sorundur.



Kontrollü ortam olduğu için herhangi bir biyotik ve abiyotik strese maruz kalmadan yetiştirilebilmektedirler. Seralar kapalı sistem olduğundan dolayı bitkinin diğer ihtiyaçlarının yanı sıra sulama ihtiyacı da kontrollü bir şekilde yapılabilmektedir. Sera koşulları altında ortalama olarak bir bitkinin yetiştirme mevsimi boyunca ihtiyacı olan suyun 1,5-2 m<sup>3</sup> olduğu düşünülecek olursa düzenli bir üretim için oldukça fazla su ihtiyacının olduğu aşikârdır. Bitkiyi gereğinden az veya fazla sulamak kontrollü koşullar altında ya eksikliğinden dolayı veya fazlalığından dolayı istenmeyen gelişme durumları ile karşı karşıya bırakmaktadır. Dolayısıyla bitkilerin ihtiyaç olduğu anda yeteri kadar suyu vermek sera koşullarında sulamanın olmazsa olmazıdır. Bitkilere yetersiz su verilmesi durumunda gelişme gerilikleri, erken olgunlaşma, yaprak veya meyve oluşumunda küçülmeler, erken meyve dökümü gibi arazlar görülebileceği gibi fazla su verilmesi durumunda bitki dokusunda gevşeklik, olum süresinde gecikme, gevşek meyve oluşumu, hastalık ve zararlılara hassasiyet gibi birçok problem görülebilir. Yine aynı şekilde sera koşulları kontrollü olduğu için zaman zaman aşırı sıcak zararı veya stresi görülebilir. Aşırı sıcakta bitkilerde aşırı terleme, buna bağlı olarak su tüketiminde artış, erken yaşlanma gibi gelişme bozuklukları kendini gösterir. Kontrollü koşullarda yetiştirilen bitkilerin beslenmesi çoğunlukla sulama suyu ile birlikte olduğundan sulama suyunun zamanında ve yeterince verilmesi çok önemlidir. Dolayısıyla sera koşullarında sulamanın özellikle bitkiler solma noktasına gelmeden ve aralıklı olarak verilmesi genel bir uygulama olarak görülmektedir. Sera koşullarında yetiştirilen bitkilerin su ihtiyacının belirlenmesinde belirli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler tansiyometreler, güneş radyasyonuna bağlı olarak çalışan aletler, su buharına bağlı olarak çalışabilen lizimetreler gibi aletler olup son yıllarda bitkilerin ihtiyacı olan suyun toprakta eksikliğini anında tespit eden otomatik sulama sistemlerinin kullanılması yaygınlaşmıştır. Sulama suyu sera koşullarında bitkiye; ekim ve dikim öncesinde, ekim dikim esnasında ve ekim dikim yapıldıktan sonra verilebilmektedir. Ekim dikim öncesinde verilen su bitkinin ekim veya dikimi yapıldığında ihtiyacı olan suyu karşılamak ve aynı zamanda toprağa ekim veya dikime hazır hale getirmek amacıyla yapılır. Ekim dikim sırasında ve ekimden sonra verilen sularda da yine aynı şekilde bitkinin su ihtiyacını karşılamak ama-

cıyla uygulanan sulamalardır. Seralarda işletmenin finansal durumu, bitki cinsi ve iklim faktörleri dikkate alınarak değişik sulama sistemleri uygulanabilmektedir. Bunlar; hortumla veya süzgülü kova yöntemi ile sulama sistemi, yüzeye uygulanan sulama sistemleri, yağmurlama sulama sistemi, damla sulama sistemi ve sisleme sulama yöntemi olmak üzere beş ana başlık altında incelenebilir.

### Hortumla veya Süzgülü Kova Yöntemi ile Sulama Sistemi

Bu sistem özellikle küçük işletmelerde küçük kapasiteli seralarda, fide yetiştirme uygulamalarında basit bir şekilde yapılmakta olup uzun zaman alan ve emek yoğun bir sulama sistemidir.

### Yüzeye Uygulanan Sulama Sistemleri

Yüzeye uygulanan sulama sistemlerinde su kenarları sırt şeklinde düzenlenmiş tavalara yüzeye uygulanarak suyun yerçekimine bağlı olarak kendiliğinden torağa infiltre olmasına müsaade edilir. Bu şekildeki bir sulama ile toprak yüzeyinde kaymak tabakası oluşur ki bunun kırılması bitki sağlığı açısından önemlidir. Ayrıca sulama ile birlikte bitkinin alt kısmında bulunan meyvelerde ve yaprağı yenen yeşil bitkilerde çamurlanma meydana gelebilir.

Diğer bir uygulama şekliyse sera koşullarında daha büyük ve geniş ekim dikim yapılan alanlarda karık oluşturarak yapılan bir sulamadır ki bu sulama ile su kullanımında tasarruf ve çamur oluşumunda azalma meydana gelmektedir.

### Yağmurlama Sulama Sistemi

Yağmurlama sulama sistemi ile sulama suyu yağmur damlaları şeklinde bitkiye verilmekte olup yüzey sulama sistemine göre daha fazla yatırım gereken daha pahalı bir sistemdir. Yağmurlama sulama sistemlerinde su kaynağı, basınçlı su sistemi, su püskürtme başlıkları, borular gibi belirli alt yapıların olması gerekir. Yağmurlama sulama için genellikle eğer sulama seranın içinde yapılacaksa yarı döner başlıklı veya sabit başlıklı sistemler; sera dışında yapılacak sulamalarda ise döner başlıklı sistemler kullanılabilir. Birçok serada sera alanı boyunca hareket edebilen üzerinde sulama aparatları bulunan kontrol edilebilir, hareketli sistemler kullanıldığı gibi sabit olarak tutturulan yağmurlama sistemleri

de kullanılmaktadır. Bu sistemle hastalık ve zararlılar için kimyasal ilaçlar ve bitki besin elementleri suma ile birlikte kullanılabilir. Bu sistemle yüzey sulama sistemlerine göre daha ekonomik ve etkin bir sulama yapmak mümkün olmakla beraber serada havanın çok sıcak olması durumunda ortamı serinletmek amacıyla yağmurlama sulama sistemi kullanılmaktadır.

### Damla Sulama Sistemi

Damla sulama sistemi zamanımızda suyun giderek azaldığı dünyamızda önemine gittikçe artıran bir sulama sistemi olup suyun ekonomik ve etkin kullanımı bitkiye verilme şeklinin kolaylığı bakımından çok önemli bir sistemdir. Bu sistemde su bitki kök bölgesine verildiğinde su kaybı azalmakta sera koşullarında aşırı nemden kaynaklanan hastalıkların ortaya çıkması önemli oranda engellenmektedir. Başlangıç yatırımları biraz maliyetli olmasına rağmen etkin bir sulama meydana getirmesi ve % 50 ye varan bir su tasarrufu sağlaması olması nedeniyle uzun vadede karlı bir sistemdir.

Bu sistemde en önemli sorun sulama suyu tuzluluğudur. Tuzlu sulama suları özellikle lateral borular da bulunan damlatıcıların tıkanmasına neden olabilmektedir. Bu yüzden damla sulama sisteminde suyun fiziksel ve kimyasal kalitesi çok önemlidir. Bu sulama ile bitkinin ihtiyacı olan besin maddeleri de birlikte verilebilir. Damla sulama sistemlerinde verilen suyun miktarı ve debisi toprak tipine göre ayarlanmalıdır.

### Sisleme Sulama Yöntemi

Sisleme sulama yöntemi tam bir sulama sistemi değildir. Bu yöntem aslında ortamın nemlendirilmesi, ortam sıcaklığının düşürülmesi ve bitkilerin hemen üstündeki atmosfer sıcaklığının serinletilmesi anlamına gelen biomas sıcaklığının düşürülmesi için kullanılır. Bu yöntemle bitki etrafındaki sıcaklığın çevre sıcaklığına göre 5-10 °C düşürülmesi mümkün olabilmektedir. Bu yöntemde hava serinletildiği için aşırı sıcaklığın bitkide meydana getirdiği fazla su tüketimi önlediğinden sulamaya dolaylı olarak katkıda bulunmuş olur.

#### Öğrenme Çıktısı



- 13 Hortumla veya süzgülü kova yöntemi ile sulama sistemlerini anlayabilme  
14 Yüzeğe uygulanan, yağmurlama, damla ve sisleme sulama sistemlerini kavrayabilme

#### Araştır 6

Sera koşullarında bitkisel üretim için en önemsi husus nedir? Açıklayın.

#### İlişkilendir

Sulama suyu kalitesinin bitki yetiştiriciliğindeki rolünü irdileyin.

#### Anlat/Paylaş

Damlama sulama sisteminin önemini anlatın.

1

Tahıllar, yemeklik tane baklagiller, baklagil-buğdaygil yem bitkileri ve endüstri bitkilerini öğrenebilme

2

Ülkemizde bölgelere göre en çok üretimi yapılan tarla bitkilerini tanıyabilme

### Tarla Bitkilerinin Genel Özellikleri

Ülkemizde tarımsal üretimi; bitkisel üretim ve hayvansal üretim olmak üzere iki ana kaynaktan oluşmaktadır. Bitkisel üretim tarla tarımı ve bahçe tarımını kapsamakta olup, tarla tarımı yetiştirilen bitkilerin büyük alanlarda yapılmasıdır. Tarla tarımı ülkemizde geniş tarımsal alanlarda yapılmakla birlikte genelde kurak alanlarda sulama imkânları olmadan yapılmaktadır. Tarla bitkilerinde üretimi yapılan bitkiler dört grup altında incelenmektedir. Buna göre tarla bitkileri; tahıllar, yemeklik tane baklagiller, baklagil ve buğdaygil yem bitkileri ve endüstri bitkileri olarak ayrılmaktadır.

3

Suyun elverişliliğine bağlı olarak ortaya çıkan tarla tarım sistemlerini anlayabilme

4

Tarla bitkilerinde bitki su etkileşimini kavrayabilme

### Tarla Bitkileri, Su ve Sulama

Bilindiği gibi ülkemizin çoğunda uygulanan kuru tarımda birim alandan yüksek verim elde etmek ancak mevcut yağışın miktarına bağlıdır. Bu ünite de yine ülkemizde kültürü yapılan ürünlerin üretim şekilleri, bu üretim şekillerinin yapısı ve etkinlikleri hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

5

Tarla bitkilerinde sulamanın amaçları ve yararlarını kavrayabilme

6

Tarla bitkileri sulamasında kullanılacak sulama suyu kaynaklarını öğrenebilme

7

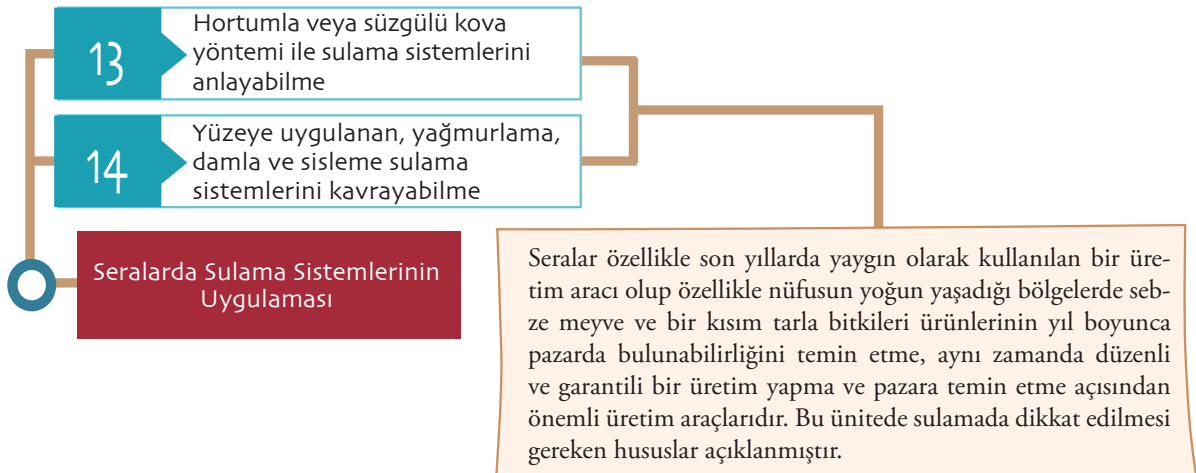
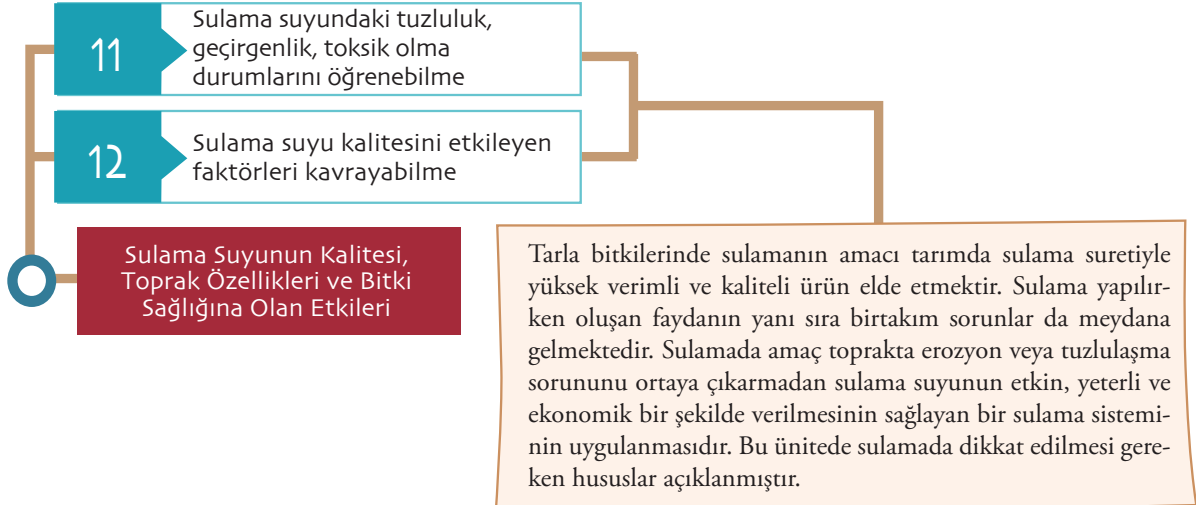
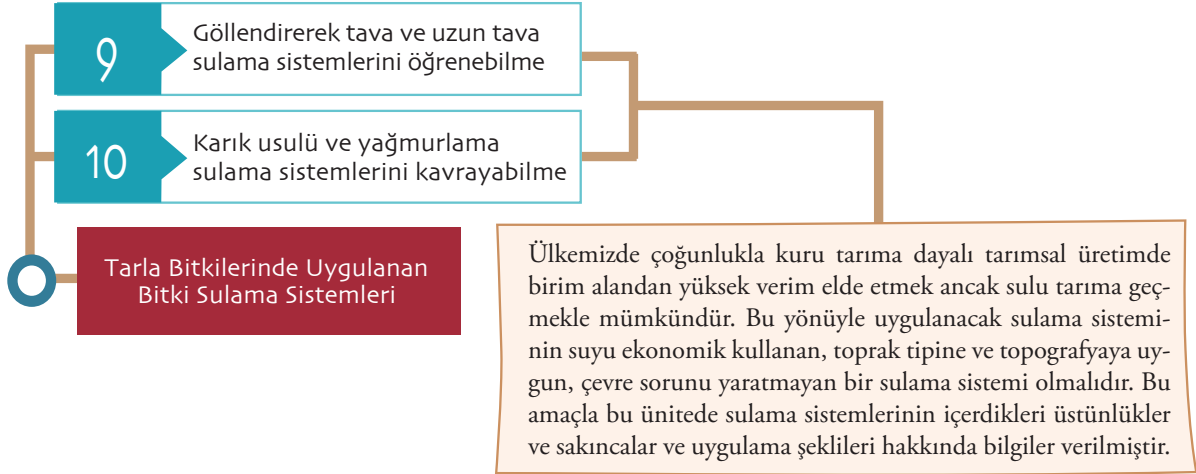
Tarla tarımı yapılan topraklarında oluşan tuzluluk, drenaj ve taban suyu sorununu kavrayabilme

8

Sulu tarımda arazi tesviyesini anlayabilme

### Tarla Bitkilerinde Sulamanın Etkinliği

Bitkinin var olan suyu etkin bir şekilde kullanımının bilinmesi ve buna bağlı olarak etkin kullanımın sağlanması ancak bitki, toprak ve su ile ilgili kavramların ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin ortaya konması ile mümkündür. Diğer bir deyişle, toprakta suyun yayılabilirliği bitki ile toprak arasındaki ilişkinin iyi incelenmesiyle belirlenebilir. Etkili su tüketimi bitkinin etrafındaki hava, toprak ve su ortamının değişken şartlarına bağlı olarak değişir. Bu ünite de bunların açıklanarak ortaya konması amaçlanmaktadır.



1 Aşağıdakilerden hangisi verimli tarım alanlarının gittikçe yok olmasının nedeni **olamaz**?

- A. Çarpık ve plansız kentleşme
- B. Erozyon
- C. Tuzlulaşma
- D. Miras yoluyla tarım arazilerinin parçalanması
- E. Eğitim seviyesinde düşüş

2 Gelecekte artan nüfusun yeterli beslenmesi açısından en etkin çözüm olarak aşağıdakilerden hangisi yapılmalıdır?

- A. Çiftçinin eğitim seviyesini artırmak
- B. İthalatı artırmak
- C. Tarımsal desteği artırmak
- D. Sulanabilir alanları artırmak
- E. Tüketimde tasarrufu artırmak, israfı azaltmak

3 Yıllık yağışı 500 mm'nin altında ve yağış rejimi düzensiz olan yerlerde hakim olan tarım şekli aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Nemli Tarım
- B. Kuru Tarım
- C. Geniş Tarım
- D. Sulu Tarım
- E. İyi Tarım

4 Toprakta kapillar boşluklar içinde tutulan su hangi atmosferik basınçla tutulan sudur?

- A. 1-5 atmosfer
- B. 2-4 atmosfer
- C. 1/3-15 atmosfer
- D. 6-14 atmosfer
- E. 0-3 atmosfer

5 Gravimetrik yöntem, nötron yöntemi gibi yöntemler ile aşağıdakilerin hangisi ölçülür?

- A. Toprak Nemi
- B. Havanın Nispi Nemi
- C. Toprak Sıcaklığı
- D. Yıllık Yağış
- E. Hava Sıcaklığı

6 Aşağıdakilerden hangisi tarla bitkilerinin sulanması ile elde edilebilecek yararlarından **değildir**?

- A. Sulu tarıma geçişle tarımsal üretimde yüksek rekolte ve daha stabil bir üretim sağlanır.
- B. Bitkilerde görülen hastalık ve zararlılar önemli ölçüde azalır.
- C. Yağışın yetersiz olduğu iklimlerde kurak koşullarda sulu tarıma geçişle daha fazla verim elde etmeye imkânı elde edilir.
- D. Ilıman bölgelerde yılda birden fazla ürün alma imkânı sağlar.
- E. Sulamayla gübre ve ilaç uygulamasının verilen su birlikte uygulaması mümkün olur.

7 Ağır bünyeli topraklarda sulama yapılırken aşağıdakilerden hangisi yapılmalıdır?

- A. Sulama dikkatli ve kontrollü bir şekilde yapılmalı ve bitkinin ihtiyacından fazla su verilmemelidir.
- B. Toprağa su geçişi uzun zaman aldığından uzun süre su verilmelidir.
- C. Mümkünse sulama yapılmamalıdır.
- D. Kurağa dayanıklı bitkiler ekilmelidir.
- E. Her yıl ekim yapılmalıdır.

8 Toprakta mevcut tuz oranı fazla ise, toprağın ozmotik potansiyeli artmakta, bitki sağlığında, bitki kök gelişiminde, bitki gelişiminde gerilikler oluşmakta ve bu duruma verilen isim aşağıdakilerden hangisidir.

- A. Bitki Su Tüketimi
- B. Mineral Eksikliği
- C. Fizyolojik Kuraklık
- D. Toksitite
- E. Solma Noktası



9 Aşağıdakilerden hangisi yüzey sulama sisteminin uygulamasında karşılaşılan sorunlardan **değildir**?

- A. Fazla su verilmesi durumunda su derinlere kadar giderek tuzluluk problemi oluşabilir.
- B. Fazla su drenajla atılmalıdır ve bu da sulama masraflarını artırmaktadır.
- C. Tarlada verilen sulama suyunun homojen dağılımını sağlamak arazide tesviye sorunu varsa tarla tesviyesi yapılmalıdır.
- D. Yapılan karıklarda yüzey akış suyunu uzaklaştırmak amacıyla yüzeyde drenaj kanalları açılmalıdır.
- E. Fazla su tekrar açılan kuyu ile yeraltına verilmelidir.

10 Aşağıdakilerden hangisi yağmurlama sulama sisteminin üstünlüklerinden **değildir**?

- A. Yağmurlama sulama ile yüzey sulama sistemlerine göre daha ekonomik, daha az ve daha etkili su kullanımı mümkündür.
- B. Erozyon sorunu olan fazla eğimli, kırık ve tesviye edilmemiş arazilerde başarıyla kullanılır.
- C. Drenaj sorunu olan taban suyu yüksek arazilerde, tuz sorunu olan arazilerde taban suyunu yükseltmeden kontrollü su vererek etkin bir sulama yapmak mümkündür.
- D. Önemli ölçüde su tasarruf edildiğinden randımanlı bir sulama yapılır.
- E. Bu sulama sisteminde karık ve kanal kullanmak gerektiğinden kanal açma pulluğu bulundurmamak gerekir.

1. E

Yanıtınız yanlış ise “Tarla Bitkilerinin Genel Özellikleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

6. B

Yanıtınız yanlış ise “Tarla Bitkilerinin Sulanması” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

2. D

Yanıtınız yanlış ise “Tarla Bitkilerinin Genel Özellikleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

7. A

Yanıtınız yanlış ise “Tarla Bitkilerinin Sulanması” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

3. B

Yanıtınız yanlış ise “Tarla Bitkilerinin Genel Özellikleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

8. C

Yanıtınız yanlış ise “Tarla Bitkilerinin Sulanması” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

4. C

Yanıtınız yanlış ise “Cevabınız yanlışsa Tarla Bitkileri, Su ve Sulama” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

9. E

Yanıtınız yanlış ise “Tarla Bitkilerinde Uygulanan Bitki Sulama Sistemleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

5. A

Yanıtınız yanlış ise “Cevabınız yanlışsa Tarla Bitkileri, Su ve Sulama” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

10. E

Yanıtınız yanlış ise “Tarla Bitkilerinde Uygulanan Bitki Sulama Sistemleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.

5

### Araştır Yanıt Anahtarı

#### Araştır 1

Kullanım durumlarına göre lif bitkileri 4 grup altında toplanmaktadır. Bunlar;

- Saplarından lif elde edilen bitkiler; keten, kenevir, jüt, rami,
- Yapraklarından lif elde edilen bitkiler; sisal kendiri,
- Tohumlarından lif elde edilen bitki; pamuk,
- Meyvelerinden lif elde edilen bitki; lif kabağı vd.

#### Araştır 2

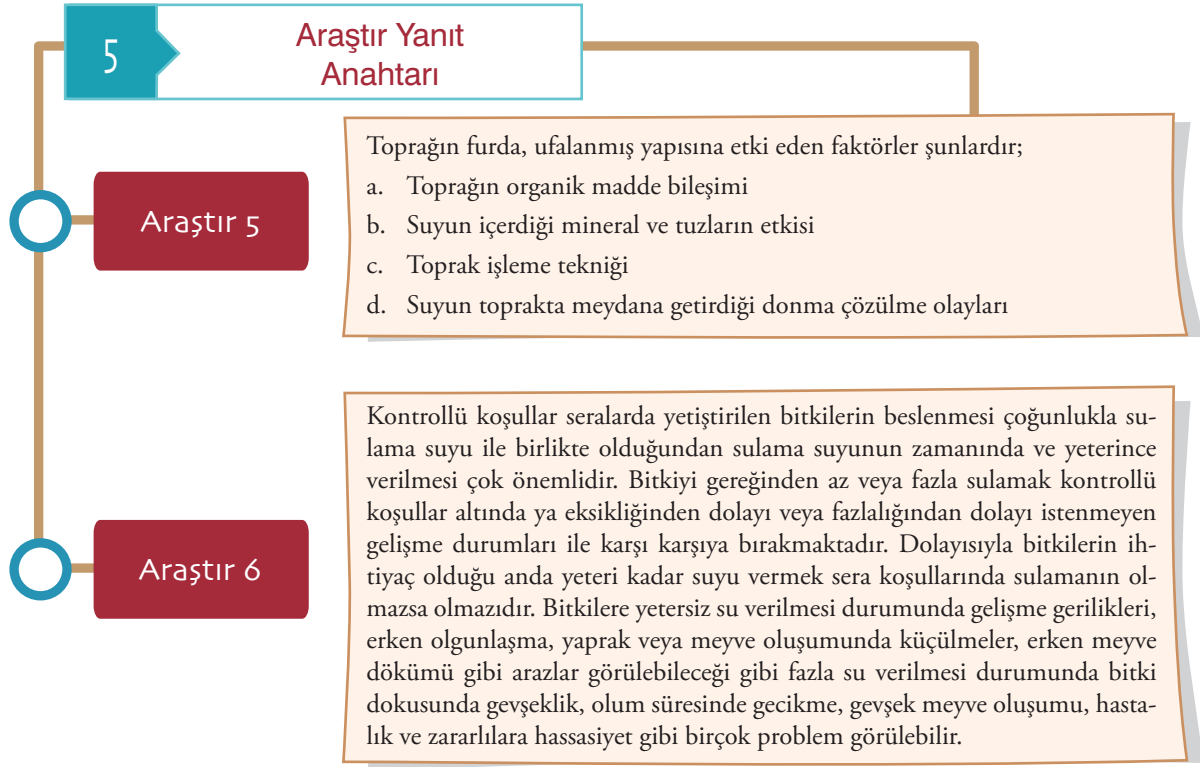
Topraktaki mevcut suyun azalmasıyla birlikte topraktaki su 15 atmosfer basınçtan fazla kuvvetle tutulma noktasına ulaştığında bitkiler toprakta mevcut suyu alamaz, devamlı solma noktasından sonra bitkide görülen gelişme geriliği geri dönülemez bir noktaya ulaşır. Bu toprağa tekrar su verilse bile bitki kendini toparlayamaz.

#### Araştır 3

Toprağın su tutma kapasitesi toprakta faydalı suyun tutulma birliği olup, toprağın tekstür ve strüktür yapısına, kılcal borucukların şekline ve miktarına bağlı olarak değişmektedir.

#### Araştır 4

Yüzey sulama sistemleri su kısıntısı sorunu olmayan yerlerde düz veya düze yakın arazilerde uygulanan sulama sistemi olup su sarfiyatı fazladır. Yağmurlama sistemi değişik bitkilerde, farklı toprak tiplerinde, düz veya erozyon sorunu olan eğimli arazilerde, tuz sorunu olan topraklarda, fazla su sarfiyatının önüne geçen, ekonomik, sabit değil taşınabilir bir sistemdir. Bu sistemle tahıllar, yonca gibi yem bitkileri, çayır, şeker pancarı, patates ve ayçiçeği gibi çapa bitkileri, çeşitli sebzeler ve meyve ağaçlarının sulanması ekonomik ve başarılı bir şekilde yapılabilir.



## Kaynakça

- Ayyıldız, Z., Karslı, Z., Sarıtaş, H., Gökalp, Y., Çınar, M., Çelik, A. (2004). **Sulamanın temel esasları 2**. Adana: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Adana Zirai Üretim İşletmesi ve Personel Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Yayın No: 3.
- Büyükcangaz, H., Değirmenci, H. (2002). **Drenaj sularının sulamada yeniden kullanılması**. Antakya: Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, 18-20 Eylül 2002.
- Ceylan, A. (1988). **Tarla tarımı**. İzmir: Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 491.
- Çakmak, B., Aküzüm, T. (2006). **Türkiye’de tarımda su yönetimi, sorunlar ve çözüm önerileri**. Ankara: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Su Politikaları Kongresi.
- Delibaş, L. (1994). **Sulama**. Tekirdağ: Trakya Ü., Ziraat F., Yayın No: 213.
- Ergene, A. (1993). **Toprak biliminin esasları**. Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Yayın No:586, Ziraat Fakültesi, Yayın No:267, Ders Kitapları Serisi No: 42.
- Gökkuş, A., Kantar, F., Karadoğan, T., Koç, A. (1996). **Tarla bitkileri**. Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitapları Serisi No: 188.
- İşcan, S., Tepeli, E., Uyan, A., Yaşar, M., Çavdar, A. (2004). **Sulamanın temel esasları 1**. Adana: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Adana Zirai Üretim İşletmesi ve Personel Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Yayın No: 2.
- Kanber, R., Kırdı, C., Tekinel, O. (1992). **Sulama suyu niteliği ve sulamada tuzluluk sorunları**. Adana: Çukurova Üni., Ziraat Fak., No:21.
- Kanber, R. (1999). **Sulama**. Adana: Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları No: A-52.
- Kanber, R., Çakır, R., Tan, A.F. (2003). **Sulama ve drenaj mühendisliği**. Ankara: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Köyhizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No: 122.
- Önder, S. (1994). **Çukurova koşullarında fasıllı (surge) ve sürekli karık sulama yöntemlerinin karşılaştırılması**. Adana: Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tar. Yap. ve Sul. Anabilim Dalı, Doktora Tezi.

- Özkaldı, A., Boz, B., Yazıcıoğlu, V. (2004). **GAP'ta drenaj sorunları ve çözüm önerileri.** Ankara: Sulanan alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı: 97-106, 20-21 Mayıs, 2004.
- Sevim, Z. (1988). **Erzurum koşullarında buğdayın su tüketimi.** Erzurum: Köy Hizm. Araşt. Enst. Yay., No. 19(16).
- Şimşek, M. (1992). **Aşağı seyhan ovası sulamasında tarla içi sulama randımanlarının izlenmesi.** Adana: Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens. Tar. Yap. ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- Tepeli, E., Sarıtaş, H. (2005). **Sulama.** Ankara: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Yaygın Çiftçi, Eğitim Projesi.
- Yıldırım, O. (1996). **Sulama Sistemleri II.** Ankara: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1449, Ders Kitabı: 429.
- Yenigün, K., Aydoğdu, M.H. (2010). **Evaluation of irrigation and drainage systems of GAP, the Turkey's largest integrated water resource development project.** Scientific Research and Essays, 5(21), 3237-3253.
- Yıldırım, M. (2003). **Rekreasyon alanı sulama sistemlerinde uyulması gerekli kurallar.** Aydın: 2. Ulusal Sulama Kongresi, Bildiriler Kitabı, 16-19 Ekim 2003, Pine Bay Holiday Resort, Kuşadası-Aydın, Kültürteknik Derneği.
- Yurtseven, E., Öztürk, A. (1997). **Sulanan alanlarda sulama yöntemi ve su kalitesine bağlı olarak tuz dengesindeki değişimler.** Tarım Bilimleri Dergisi, 3(1), 6-13.







# Bölüm 6

## Su Bitkileri ve Su Kültürleri

### öğrenme çıktıları

1

#### Su Bitkileri

- 1 Su bitkilerinin sınıflandırılmasını öğrenebilme

2

#### Su Bitkilerinin Ekolojisi

- 2 Sucul ortamlarda yabancı ot sorunları ve mücadele yöntemlerini kavrayabilme

3

#### Su Bitkilerinin Yetiştiriciliği

- 3 Akvaryum bitkilerini öğrenebilme
- 4 Su bitkilerinin farklı kullanım alanlarını kavrayabilme
- 5 Su bitkilerinin tarımı ve çeltik yetiştiriciliğini anlayabilme

4

#### Topraksız Tarım

- 6 Topraksız tarımın avantaj ve dezavantajlarını anlayabilme
- 7 Topraksız tarımda yetiştirme teknikleri ve ortamlarını kavrayabilme
- 8 Topraksız tarımda bitki beslemesini anlayabilme
- 9 Topraksız tarımın çevreye etkilerini anlayabilme

- Anahtar Sözcükler:** • Su Bitkileri • Su Bitkilerinin Sınıflandırılması • Su Bitkilerinin Ekolojisi  
• Su Bitkilerinin Farklı Kullanımları • Tarımsal Bitkiler • Su Bitkilerinin Yetiştiriciliği • Çeltik Bitkisinin Tarımı  
• Akvaryum Bitkileri ve Yetiştiriciliği



## GİRİŞ

Dünyamızda canlı hayat suya bağlı olarak devam eder. Su gereksinimi, canlıların yaşam şekli ve adaptasyon kabiliyetlerine göre değişir. Bitkiler, hayvanlardan farklı olarak topraktaki veya bulunduğu ortamdaki sudan faydalanırlar. Su bitkilerin yayılışında önemli bir yere sahiptir. Bazı bitkilerin bünyesindeki su miktarı toplam kütleinin % 90'ı kadar olabilir. Bitkilerde fotosentez olaylarının gerçekleşmesi için su gereklidir. Bitkiler biyokimyasal ve fizyolojik olaylarda ihtiyaç duydukları mineralleri suda erimiş olarak alırlar. Bitkiler hareketli olmadıklarından tohumların çimlendiği yerde ya da kökleri ile sabit tutundukları yerdeki su miktarı ile yetinmek zorundadırlar. Bu sebeple bitkilerde su ekonomisi oldukça önemlidir. Bitkiler ortamdaki su durumunda (suyun az veya çok yoğun olması, toprağın asidik, bazik oluşu, suyun katı, sıvı ve gaz oluşu vb.) meydana gelen değişikliklere karşı farklı adaptasyonlar gösterebilirler. Bitkiler, su ihtiyacına göre veya yaşadıkları ortamda mevcut alınabilir su miktarına göre Hidrofitler, Mezofitler ve Kserofitler olmak üzere üç gruba ayrılır. Bu grupların içinde hidrofitler; tamamen ya da kısmen su içinde yaşama uyum sağlamış bitkilerdir. Bu ünitenin konusunu oluşturan su bitkileri (hidrofitler), genellikle su içinde ya da su ile tamamen doymuş özellikteki ortamlarda gelişirler. Su bitkileri taksonomik olarak homojen yapıda değillerdir. Yeşil alglerin altında yer alan su şamdanları, çiçeksiz bitkiler olarak bilinen karayosunları, ciğerotları, boynuzlu ciğerotları, eğreltiler gibi bitki grupları tamamen ya da kısmen suya bağımlıdırlar. Bu grupların yanında çiçekli bitkilerden çok sayıda bitki türü sucul ortamlarda yetişmektedir. Sulak alanların temel üreticileri siyanobakteriler, algler ve su bitkileridir. Su bitkileri (Makrofitler) yaşadıkları ortam üzerinde çok geniş biyotik ve abiyotik etkiye sahiptirler. Su bitkileri sucul ekosistemlerde fotosentez ile suyun CO<sub>2</sub>'ni kullanır ve suya O<sub>2</sub> vererek suyun oksijence zenginleşmesini sağlarlar. Ayrıca su ortamındaki erimiş mineralleri yapılarına alarak suların arıtılmasına ve dolaylı olarak bu ortamların temiz kalmasını sağlamış olurlar. Sucul ortamda yaşayan organizmalar su bitkileri ile beslenmek, tutunmak, saklanmak, yuva yapmak, barınmak için kullanırlar. Bu nedene su bitkileri, bu ortamlarda yaşayan organizmaların yaşamları üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak etkilidir. İnsanlar sucul bitkileri çok farklı şekillerde (gıda, barınma, dekoratif vb.) ve farklı amaçlarda

kullanırlar. Örneğin pirinç insanların beslenmesinde çok büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca su bitkileri; hasır, çadır, çatı yapımında, evcil hayvanların beslenmesinde, ilaç yapımında, tarlaların organik madde bakımından zenginleştirilmesi gibi çok farklı alanlarda kullanılır. Su bitkilerinin bu yararlı kullanımları yanında aşırı çoğaldıklarında su kollarını kapattığı, pirinç gibi ekonomik bitkilerin gelişmesini engellediğinden bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Bu bitkilerin üzerinde bulunan parazittik organizmalar, insanlar için veya bazı memeliler için zararlı olabilmektedirler. Su bitkileri; evlerimizde, işyerlerimizde, çeşitli parklarda yapılan akvaryumlarda oluşturulan yapay ekosistemlerin vazgeçilmez unsurları arasındadır. Bitkiler, akvaryum içinde hem akvaryumların görselliğini hem de oksijen, karbondioksit, mineral, pH gibi kimyasal olayların düzenlenmesinde önemli rollere sahiptirler. Aşırı nüfus artışı ile birlikte tarım alanları azalmış ya da verimi düşmüştür. Son yıllarda dünyada ve ülkemizde yaygınlaşan su kültürü ya da topraksız tarım geleneksel topraklı tarıma alternatif olmuştur. Topraksız tarım ile bitkilerin yetiştirilmesine uygun olmayan verimsiz alanlar (kayalık alanlar, çöller, topraksız kayalık alanlar, sıcak su alanları, çeşitli şekilde verimsizleştirilmiş topraklı alanlar vb.) bu teknik kullanılarak üretim sahaları oluşturulmaktadır.

## SU BİTKİLERİ

Su bitkileri veya hidrofitler genellikle suya batık, su yüzeyinde ya da sadece kökleri su içinde gövdesi su dışında olan bitkilerdir (Şekil 6.1). Su bitkilerinin yaşam ortamı su olduğundan öncelikle su ortamlarını kendi içinde incelenmelidir. Su ortamları deniz ve tatlı su olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Deniz ortamı hemen hemen her yerde aynıdır. Ancak tuzluluk, sıcaklık ve ışık etmenleri farklılık gösterebilir. Denizel ortamlar da yaşayan su bitkileri genellikle birbirlerine benzerlik gösterirler. Tatlı su ortamları ise daha zengin ve özel habitatlara sahiptir. Tatlı su ortamları küçük su birikintileri, bataklıklar, havuzlar, göller, dereler, çaylar ve ırmaklardan meydana gelmektedir. Tüm bu tatlı su ortamları fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak farklılık gösterebilirler. Sucul ortamlarda benzer çevre şartları görülür. Bu nedenle su bitkileri çok uzak yerlerde bile aynı olabilirler. Örneğin farklı kıtalarda bulunan hidrofitler aynı türlerden

oluşabilir. Tatlı su ortamları ekolojik yönden incelendiğinde durgun sular ve akarsular olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Durgun sular göl, gölcük, havuz ve bataklıklardan oluşurken, akarsular ise dere, çay, nehirlerden meydana gelmektedir. Akarsularda ve durgun sularda bitki gelişimi farklı şekillerde etkilenmektedir. Akarsularda daha çok suyun akıntısının yarattığı fiziksel güce karşı dayanıklı ve tutunabilen bitkiler gelişmektedir. Göllerde bitkilerin gelişimi fiziksel (ışık, sıcaklık vb.), kimyasal ve biyolojik etmenlerin etkisindedir. Göller verimlilik ve üretkenlik yönleri ile ele alındığında ikiye ayrılırlar. Genellikle derinliği az bitkilerce zengin ve üretken olan göller, *ötrofik göller* olarak adlandırılır. Derin, bitkiler bakımından fakir, üretkenliği çok az olan gölleri ise *oligotrofik göller* olarak isimlendirilir. Işığın varlığına göre sucul ortamlar, **litoral bölge** ve **derin bölge** olarak ikiye ayrılır. **Litoral bölge** sucul ortamlarda suyun kara ile birleştiği sığ, bol ışık alan, bitki gelişimi için uygun olan bölgedir. Bu bölge sucul bitkilerin kaybolduğu derinliğe kadar iner. İyi ışık aldığından çiçekli bitkiler bakımından zengindir. Kendi içinde üst litoral, **orta litoral** ve **alt litoral** olmak üzere üç alt bölgeye ayrılır. Üst litoral bölgede kökler su içinde gövdeleri su dışında kalan *Scirpus* (saz), *Typha* (kamış), *Juncus* (hasır sazları), *Oryza* (pirinç), *Phragmites* gibi su bitkileri kıydan derinliğe doğru bir sıra halinde gelişirler. Biraz daha derine inen ve sadece yaprakları su dışında olan *Nymphaea*, *Nuphar*, ve *Victoria* gibi bitkilerin bulunduğu bölge **orta litoral** bölge dendir. *Chara*, *Elodea*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum* ve *Potamogeton* gibi bitkilerin bulunduğu **alt litoral** bölge ise daha derin ve bu bölgedeki bitkiler tamamen suyun altında bulunurlar. **Derin bölge** ise ışığın ulaşmadığı, bitkilerin yaşam şansının olmadığı derin ve göllün tüm dip kısmını kapsamaktadır.

**Su bitkilerinin özellikleri:** Sucul bitkiler ya da sekonder su bitkileri, karasal hayata geçtikten sonra sucul yaşama tekrar uyum sağlamış olan bitkilerdir. Hidrofitler olarak da adlandırılan su bitkileri, içinde buldukları fazla suyun doğrudan ya da dolaylı olarak etkisinin altındadırlar. Bu nedenle bu bitkiler morfolojik, anatomik ve fizyolojik olarak bazı özel adaptasyonlara sahiptirler.

- Sucul bitkilerin kökleri yok veya kök sistemleri az gelişmiştir. Bitki su ve madensel tuzları bitkinin tüm yüzeyi ile alabilir. Kökün esas görevi bitkiyi zemine yani çamura bağlamaktır.

- Gövde ince ve uzun, suyun fiziksel akıntısı ile hareket edebilir. Gövdenin destek görevi su tarafından sağlanmaktadır. Bundan dolayı destek doku iyi gelişmemiş ve skleran-kima yoktur.
- Sucul bitkilerde gövde ve yapraklarda kütikula çok ince veya yoktur. Kütikulanın görevi bitkiyi su kaybına karşı korumak olduğundan, su içinde gelişen bitkilerde bu tabakaya gerek duyulmaz. Kütikula yüzen su bitkilerinde üst yüzeyde bulunabilir ve ıslanmayı önlemek için genellikle mumla kaplıdır.
- Epidermis ince olabilir ve devamlı su içinde kalan gövde ve yaprakların epidermisi suyun çürütücü etkisine karşı müsülaj salgılayabilir. Stomaların bekçi hücreleri inaktiftir.
- Su bitkilerinin iletim dokuları gelişmemiştir. Ksilem ve floem ya iyi gelişmemiştir ya da yoktur.
- Bazı su bitkilerinde yüzmeye elverişli büyük yapraklar vardır. Su içinde kalan yapraklar ile su dışındaki yapraklar farklı olabilir.
- Kök, gövde ve yapraklarda geniş hücreler arası boşluklar iyi gelişmiştir. Havalandırma dokuları önemli görevler üstlenmişlerdir. Solunum için gerekli olan havayı bu dokularda depo edebilirler.
- Metabolizmaları düşük oksijen seviyesine uyumu sağlamıştır. Tohumların çimlenme yetenekleri 20 yıldan daha uzun zamana kadar koruyabilirler. Tohum düşük oksijen konsantrasyonlarında çimlenebilirler. Su bitkilerinin fideleri su içinde gelişmeye dayanıklıdır.

## Su Bitkilerinin Sınıflandırılması

Sularda çıplak gözle görülebilen ve izlenebilen su bitkilerine **sucul makrofitler** denir. Sucul makrofitler, ileri bitkilerin çeşitli gruplarının yanında karayosunlarını, eğreltileri ve hata makro algleri de içine alır. Su bitkiler, göller ve havuzlarda bulunuşları ve görünümüne göre; Emergent (Yükselici), Yüzen yapraklı köklü, Submers, Serbest yüzen olmak üzere 4 gruba ayrılırlar.

**Emergent (yükselici) Su Bitkileri:** Bu bitkilerin kökleri toprağa tutunmuş ve üst kısmı havaya doğru yükselen bitkilerdir (Şekil 6.1). Yetiştigi



ortamda su düzeyi çok düşüktür, periyodik olarak veya sürekli su altında kalan topraklarda gelişirler. Yükselici makrofitler genellikle çok yıllık bitkilerdir. Belirgin olarak zemine kökleri ile bağlanmışlardır, taban kısımları suya gömülüdür, gövde ve yapraklar ise havadadır. Bitki, besleyicileri sedimentten, su sediment ve sudan, CO<sub>2</sub> ve güneş ışığı ise bitkinin su üzerindeki bölümü tarafından alınır. Çamura batık kısımları (kökleri) oksijensizlik durumu ile karşı karşıya kalabilirler. Aerobik solunum için oksijene ihtiyaç duyarlar. Ancak pirinç (*Oryza*) gibi bataklık bitkilerinin kökleri anaerobik solunuma fizyolojik olarak uyum sağlamışlardır. Su ve çamur içinde kalan bitki kısımlarında aerankima dokuları gelişmiştir ve gaz alışverişinde yardımcı görevini görürler. Bitki bu dokuların yardımı ile havadan oksijeni alır.

#### ✓ Çok Yıllık Bitki

Bir yıldan daha fazla yaşayan bitki ya da bitki kısımlarıdır.

Yükselici (emergent) bitkiler rüzgar ve su dalgalarına karşı çok kuvvetli tutunmak zorundadır. Birçok tür tohumlarını yaymak için çamur tabakasına ihtiyaç duyar. Ancak bu bitkiler daha derin sularda geniş kök ve rizom sistemleri ile yayılırlar. Kuzey iklimlerde kış mevsiminde göller buzla tamamen kaplıyken bitkinin kuru ölü gövdeleri çoğunlukla kök bölgesindeki dokuların solunumu için oksijen sağlar. Eğer göl donmadan önce su altında kalan ölü gövdelerinin kesilmesi durumunda oksijen desteğini azalttığından rizomlar ölür. Emergentlerin kontrolü için bu yöntem kullanılabilir. Tatlı sularda yaygın olarak bulunan emergent bitkiler; *Carex*, *Cyperus*, *Oryza*, *Polygonum*, *Phragmites*, *Scirpus*, *Typha*, *Eleocharis*, *Zizania*'dır. Yükselici bitkilerin havadaki olgun yaprakları gelişmeden önce suyun altında ve yüzen yapraklara sahiptirler.

**Yüzen Yapraklı Köklü Makrofitler:** Bu gruba giren bitkiler kökleri ile göl ya da havuz tabanına tutunan ve yaprakları suyun üzerinde yüzen bitkilerdir (Şekil 6.1a). Genellikle suyu kurumayan aşağı yukarı 3 m derinliğe kadar olan sularda gelişirler. *Nymphaea*, *Nuphar*, *Nelumba nucifera*, *Victoria amazonica* ve *Brasenia* bu grubun en yaygın örnekleridir. Yüzen yaprak, köklere veya rizomlara esnek gövdeler ya da birçok türde yaprak sapı ile

bağlanmıştır. *Nuphar* 'da olduğu gibi bazı geniş yapraklı makrofitler bir süre submers formda kalabilirler. Yüzen yapraklı bitkiler rizomları ile geniş koloniler oluşturabilirler. Yüzen yapraklı hidrofitler, suyun dibi ve hava olmak üzere iki farklı uç habitatta yaşarlar. Bu bitkiler genellikle şekil ve uyumsal özellikler bakımından benzerlik göstermektedirler. Yapraklar daha çok peltat, şekilleri çoğunlukla dairesel bir yapı göstermektedirler. Yaprakların üst yüzeyi mumlu bir tabaka ile kaplı su durmaz ve sürekli kayar durumdadır. Su yüzeyinde meydana gelen dalga ve rüzgar gibi fiziksel baskıların yarattığı etkiye kenarları parçalanmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Yaprak sapları çok esnek olduğundan su yüzeyinde kolaylıkla yön değiştirme özelliğine sahiptirler. Su ile temasta olan yaprağın alt yüzeyinde stoma bulunmamaktadır. Yaprığın üst yüzeyinde bulunan stomalar gaz alışverişinde rol oynarlar. Yaprakların alt kısımları hava ile dolu parankimalı anatomik yapıya sahip olduklarından yapraklar suda rahatlıkla yüzmektedir. Yaprakların şekillerini koruması hava dokularının yanında taş hücreleri (sklereidler) gibi yardımcı dokuların varlığı ile şekillerini korumaktadırlar. Buldukları ortamın su seviyesinin yükselmesine karşı yaprak sapları uzayarak yüzen yapraklar suya batmazlar.

**Submers Makrofitler:** Bütün yapıları ile suyun altında batık olarak yaşayan bitkilerdir. Sadece bazılarının çiçekleri dışarıda olabilirler. Su içerisinde çamurlu zemine kökçükleri ile tutunarak sabit kalırlar. Bu bitkilerin hem denizlerde hem de tatlı sularda çok sayıda örnekleri bulunmaktadır (Şekil 6.1b-c). Tatlı sularda tamamen suya batık olarak *Charophyceae* (*Chara* ve *Nitella*), *Isoetes* (Eğrelti), karayosunu (*Fontinalis*) ve birçok *Angiospermae* ait bitki türü bulunur (Şekil 6.1b). Suya batık çiçekli bitkilerin tamamı ya da çoğu *Callitrichaceae*, *Ceratophyllaceae*, *Haloragaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Potamogetonaceae* ve *Lentibulariaceae* familyalarına aittirler. Bunların içinde en büyükleri olan *Hydrocharitaceae* familyasının 17 cinsine ait bilinen 75 türün tamamı submers bitkilerdir. *Elodea minor*, *Vallisneria spiralis*, *V. torta*, *Potamogeton. crispus*, *P. densus*, *P. graminis*, *P. perfoliatus*, *Ceratophyllum. demersum*, *C. submersum*, *Myriophyllum spicatum*, *M. alterniflorum*, *M. verticillatum*, *Najas*, *Ruppia mauritima*, *Urticularia vulgaris* en yaygın türlerdir. Bu bitkiler fotosentez için gerekli olan O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> suda çözünmüş halde alırlar. Çoğu çözünmüş bikarbonatı kullanabilme yeteneğine sahiptirler.

Köklü submers bitkiler ihtiyaç duydukları besinlerin çoğunu sedimentten alırlar. Ancak yine de bazı besinleri ve özellikle mikro besinleri çevresindeki sudan alırlar. Ancak su altında ve kökleri ile suya bağlı olmayan bitkiler besinlerinin tamamını sudan alırlar. Tamamen suya batık türlerin su içinde, suda fotosentez için gerekli olan ışık ve havadan kısmen daha az bulunan CO<sub>2</sub>'i almak için özel sorunlarla karşılaşılır. Submers bitkilerinin gövde ve yaprakları yumuşak olma eğilimindedirler yapraklar uzun ve kurdele benzeri ya da çok parçalanmış durumu onların hasar almadan suyun hareketine dayanabilecek esnekliği kazandırır. Birçok türün çiçekleri havada suyun üzerinde açar. Tozlaşma rüzgar ve böceklerle gerçekleşir Ancak yaklaşık olarak 125-150 türde polen taşınması su yüzeyinin hemen üstünde ya da altında gerçekleşir. Bu olaya da su ile tozlaşması denir. Bu bitkiler, ağırlıklarının %95'i su olduğundan ve su ile desteklendikleri için, yapısal destek için daha az enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu bitkiler akvaryumlarda görsel görüntü, suyun temizlenmesi, balıkların oksijen ihtiyacı için kullanılırlar. Bu bitkilerin bazıları aşırı çoğaldığında sulama kanallarının tıkanmasına sebep olurlar (Şekil 6.2f).

**Serbest Yüzen Makrofitler:** Yaprakları ve gövdeleri suyun üstünde olan ve suyun üzerinde yüzen bitkilerdir (Şekil 6.1a). Bu bitkilerin kökleri var ancak zemine tutunmamış ve suyun içinde serbest halde bulunurlar. Serbest yüzen su bitkileri suyun ve rüzgârın hareketi ile hareket ederler. En yaygın serbest yüzen su bitkileri *Lemnaceae* familyasına ait bitkilerdir (Şekil 6.2a). *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffiella* ve *Wolffia* bu familyanın önemli cinsleridir. *Lemnaceae* familyasının bazı üyeleri kapalı tohumluların en küçük bitkilerini oluştururlar. Bazıları oldukça küçük olduklarından yalnızca suyun yüzey gerilimi tarafından desteklenirler. Kapalıtohumlulardan bilinen en küçük bitki *Wolffia*'dır. Bu bitki hafif küremsi şekilde ve kök içermemektedir. Daha büyük olanlar arasında *Eichhornia crassipes* (su sümbülü), *Limnobium spongia* ve *Pistia statiotes* (su marulu) sayılabilir. Ayrıca eğrelti otlarından *Azolla* ve *Salvinia* yüzen su bitkilerine örnek olarak verilebilir. Serbest yüzen su bitkileri besinlerini tamamen sudan aldıklarından suya bağımlıdırlar. Bu bitkilerin bazıları su sümbülü ve su mercimeği gibi bazı türleri kirli suların iyileştirilmesinde ya da bazı besleyicilerin sudan uzaklaştırmada kullanılırlar. Bu bitkilerden bazıları su yüzeyinde aşırı şekilde çoğaldıklarından suyun ışık dengesini bozarlar (Şekil 6.2a).



Şekil 6.1 (a) Sucul ortamın genel görünümü, serbest yüzen (*Nymphaea*, *Nuphar*) ve yükselici (*Typha*), (b) Suya batık (*Nitella*) ve Yükselici (*Phragmites*), (c) Suya batık *Myriophyllum* sp.

### Öğrenme Çıktısı

1 Su bitkilerinin sınıflandırılmasını öğrenebilme

Araştır 1

Işığın varlığına göre sucul ortamlar kaçaya ayrılır?

İlişkilendir

Hidrofit bitkilerin sucul ortamlarda yaşamak üzere geliştirdikleri adaptasyonlar değerlendirin.

Anlat/Paylaş

Su bitkileri yaşama ortamlarına göre kaç gruba ayrılır? Açıklayın.



## SU BİTKİLERİNİN EKOLOJİSİ

Sucul (Akuatik) ekosistemlerin sürdürülebilirliği fotosentetik organizmaların varlığına bağlıdır. Sucul ortamlarda su bitkileri diğer fotosentetik organizmalar (alg, siyanobakteriler vb.) ile birlikte ortamın birincil üreticileridir. Yeşil bitkiler, makroskobik algler ve fitoplanktonlar ışık enerjisi, su ve suda erimiş karbondioksit kullanarak organik madde üretimini yaparak besin zincirinin ilk basamağını oluştururlar. Böylece diğer organizmaların (hayvanların, mantarların vb.) besin kaynağını oluşturmuş olurlar. Besin zinciri mikroskobik omurgasız hayvanlardan balıklara ve insanlara kadar uzamaktadır. Sucul bitkiler sadece sucul ortama besin üretmezler. Aynı zamanda fotosentez aktivitesi sonunda oksijen açığa çıkararak sucul ortamları oksijen bakımından zenginleştirirler. Sucul ortamlarda biriken besinler mantar ve bakteriler tarafından parçalanır. Sucul bitkiler ve fitoplanktonlar, mantar ve aerobik bakterilerin ihtiyaç duyduğu  $O_2$ 'ni sağlayarak dolaylı olarak parçalanmaya katkı sağlarlar. Ayrıca sucul ortamda bulunan besin minerallerini alarak ortamın kirlenmesini ya da çevre bakımından zararlı olan alg, siyanobakteriler ve diğer bakterilerin çoğalmasını önlemiş olurlar. Su bitkileri suyun pH'ı üzerinde etkilidir. Bu bitkiler fotosentez esnasında  $CO_2$  tüketilmesi sonucunda su içindeki karbonik asit miktarı düşer ve suyun pH'ı yükselir. Solunum esnasında ise ortama  $CO_2$  vererek suyun pH'ı düşürür. Suyun pH'nı yükselterek asidik ortamları seven patojen bakterilerin ortamdan uzaklaştırmasında önemli görevler üstlenirler. Sucul bitkiler su ortamının kimyasal yapısı üzerinde oldukça etkilidirler. Örneğin *Elodea* gibi su bitkileri ortamın kirecini alarak suyu daha yumuşak olmasını sağlarlar. Bu bitkiler eriyik haldeki karbonatın çökmesini sağlayarak suyun sertliğini düşürürler. Sert su ortamına uyumda zorlanan organizmalar için yaşam ortamı doğurmaktadır. Azot bitkiler tarafından genellikle nitrat ve amonyak formlarında alınır. *Azolla* (su kadifesi) eğreltisi, havanın serbest azotunu fikse eden *Anabena azollae* ile simbiyotik birlik kurarak sucul ortamlara bağlı azot kaynağı sağlar. Sucul bitkiler, sucul ortamların biyolojik indikatörleri olarak iş görürler. Son yıllarda çevre kirliliğinin sebep olduğu olumsuzlukları, biyolojik yöntemler ile izlenmesinde sucul bitkilerden faydalanılmaktadır. Algler sucul ortamın oksijen düzeyine karşı oldukça hassas organizmalardır. Su ortamında  $O_2$  azalmasına paralel olarak algle-

rin ortamdan uzaklaştığı ve yerini bakteri ve çeşitli mantarlara bıraktığı görülmektedir. Buna en iyi örnek, sanayi ve evsel lağım suları ile kirlenen sucul ortamlar verilebilir. Su bitikleri suların temizlenmesi ve arıtılmasında aktif olarak kullanılmaktadır. Sulak alanların temizlenmesinde ve arıtılmasında *Ceratophyllum*, *Elodea*, *Myriophyllum*, *Najas*, *Vallisneria*, *Potamogeton*, *Lemna* vb. bitkiler kullanılmakta ya da doğal sularda kendiliğinden yetişerek bu görevi üstlenirler. Sucul bitkiler kıyı şeridinden başlayarak suyun sığ olduğu ve ışığın ulaşabildiği ortamlarda bulunurlar. Özellikle makrofitler kıyıya yakın sığ bölgelerde daha sık bulunmaktadır. Bu alanlar hem canlıların saklanması hem de önemli üreme ortamları oluştururlar. Sazan balığı gibi birçok balık, yumurtalarını su bitkilerinin üzerine bıraktıkları görülmektedir. Yumurtadan çıkan balık larvaları için saklanma, korunma ve beslenme için su bitkileri ideal ortamlar oluşturur. Su bitkileri, ot sazanı, gümüş sazanı, lekeli gümüş sazanı gibi herbivor balıkların temel besin kaynağıdır. Bazı canlılar ışıktan etkilenirler ve ışığın olmadığı gölgelik alanlarda yaşama uyum sağlamışlardır. Su bitkileri bu canlılar için uygun ortamlar oluşturur ve bu canlılar sadece su bitkilerinin olduğu yerlerde yaşarlar. Sulak alanlar su kuşlarının önemli uğrak alanlarıdır. Su bitkileri kuşların yuvalanması, beslenmesi ve saklanması için önemli büyüktür. *Potamogeton* ve *Vallisneria* gibi su bitkileri kazlar ve ördekler tarafından sevilerek tüketilmektedir. Bu hayvanların yetiştirilmesinde, su bitkileri ile mücadelede ve su kuşları yönetiminde önemlidir. Aynı şekilde *Myriophyllum* ve *Lemna* türleri kuşlar tarafından sevilerek tüketilmektedir. Ancak tüm bitkiler aynı derecede sevilmediği de bir gerçektir. Su bitkileri sucul ortamın zeminine çok farklı yönlerde etki etmektedir. Bu etkiler; kökleri ile zemine tutunarak dalgaların ve akıntının su tabanına olan etkisini ortadan kaldırarak dipten materyal sürüklenmesini durdurur ve birçok bentik organizma için yaşam alanı sunar. Ayrıca su bitkileri suyun akıntısı ile taşınan kaba materyalleri süzerek hem materyal sürüklenmesini ortadan kaldırır hem de suyun süzülmesini sağlamış olur. Su bitkileri iki ortamın (su ve hava) etkisinde olduklarından su içinde bulunan yaprak ve çiçekler su dışında bulunan yapılardan morfolojik olarak değişik olabilmektedir. Örneğin *Ranunculus sphaerospermus* (küremsi tohumlu su düğün çiçeği)'ta polimorfik yaprak görülür. Su altında bulunan yapraklar ipliksi iken su üstünde yüzücü yapraklar geniş yapılıdır.

## Sucul Ortamlarda Yabancı Ot Sorunları ve Mücadele Yöntemleri

Su yabancı otları; sucul ortamlarda aşırı gelişerek suyun etkili kullanımını ve kültür bitkilerinin gelişmesini engelleyen su bitkileridir. Bu bitkiler; *su yabancı bitkileri*, *zararlı su bitkileri*, *su yabancı otları* veya *istenmeyen su bitkileri* olarak adlandırılabilirler. Su yabancı otları; tarım, rekreasyon, sivrisinek ve salyangoz ile mücadele, bahçe düzenlemeleri, kültür balıkçılık, hidroelektrik santralleri, sulama ve boşaltım kanalları vb. gibi faaliyetlerin sürdürüldüğü ortamlarda istenmeyebilirler. Yabancı su bitkileri yetiştiği ortama göre yararlı veya zararlı bitki olarak değerlendirilebilirler. Örneğin kaz ve ördekler için istenen *Potamogeton* ve *Vallisneria* bitkileri sulama kanallarında istenmeyebilirler. *Alisma* spp., *Ceratophyllum demersum*, *Chara*, *Nitella*, *Cyperus* spp., *Phragmites*, *Myriophyllum spicatum*, *Juncus* spp., *Lemna minor*, *Najas*, *Urticularia*, *Polygonum* spp., *Potamogeton* spp., *Ranunculus* spp., *Typha angustifolia* ve birçok su bitkisi sulama kanalları, su havuzları ve sucul üretimin yapıldığı diğer alanlarda önemli sorunlar yaratmaktadır (Şekil 6.2f).

**Su yabancı otları ve mücadele sebepleri:** Sucul ortamlarda istenmeyen sucul bitkiler ile mücadele veya kontrol etmek için bölgeden bölgeye ya da ortamın özelliğine göre değişmektedir. Su yabancı otları ile mücadelenin en önemli sebeplerini kısaca incelersek: **Rekreasyon:** Su yabancı otları; yüzme, balıkçılık ve park bahçe havuzları, su kaynakları ya da bu amaçlı kullanılan göl ve göletlerin görünümünün değişmesi veya kullanılamaz hale getirebilirler. **Estetik Değerler:** Göl, havuz ya da akarsulardaki bitkilerin estetik ve görünümünün amaca göre tekrar düzenlenmesidir. **Sivrisinek Kontrolü:** Sucul bitkilerle mücadelenin en önemli sebeplerden biriside sivrisinekler ile mücadeledir. Sucul bitkiler, sivrisinek ve larvalarının saklanması ve gelişimlerini tamamlayabilmeleri için uygun durgun sular yaratmaktadır. Sivrisinek ile mücadele tropikal ve subtropikal bölgelerde halk sağlığı sorunudur. Sinekler sıtma, sarıhumma ve beyin iltihabı gibi pek çok ölümcül hastalığın insanlara geçmesinde vektör görevini görürler. **Salyangoz Kontrolü:** Salyangozlar birçok hastalığın taşıyıcılarıdır. **Balıkçılık Yönetimi:** Balık yetiştirilen ortamlarda aşırı sucul bitkilerin çoğalması balıkların hasadını engelleyerek balık ağlarını ve hasat malzemelerine zarar vermektedir. Diğer önemli bir zararları ise balıkların iyi beslenmemeleri sonucu hasat dönemine

kadar gelişimlerini tamamlayamadıklarından balıklar hasat boyundan küçük olduklarından işletme için istenmeyen bir durumdur. **Suyolları:** Sucul bitkilerin bazı türleri aşırı çoğalmaları suyollarını kapatmasından dolayı yön bulmayı engellediği görülmektedir. **Sulama:** Sucul bitkiler sulama ve boşaltma kanallarının içinde ve banketlerinde büyüyerek sulama kanallarında su akışını engelleyerek tıkanmalara neden olurlar (Şekil 6.2f). Sulama ve boşaltım kanallarında yükselici, su altı, yüzen yapraklı gibi sucul bitkiler gelişmektedir. Sulama kanallarında makroskobik alglerden *Cladophora*, *Chara* ve *Nitella* türleri aşırı gelişerek çeşitli sorunlara neden olurlar. Su kanallarında; *Ceratophyllum demersum*, *Juncus*, *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton berchtoldii*, *P. lucens*, *P. nodosus*, *P. panormitanus* ve *P. pectinatus*, *Phragmites australis*, *Najas*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *Zannichellia*, *Groenlandia densa* türleri yoğun olarak bulunmaktadır. Boşaltma kanallarının yamaç ve kıyılarında: *Salix*, *Tamarix*, *Rubus*, *Ulmus*, *Glycyrrhiza* vb. çeşitli ağaç ve çalılar çeşitli problemlere neden olurlar.

## Yabancı Su Bitkileri ile Mücadele Yöntemleri

Sucul ortamlarda gelişen su yabancı otlarına karşı kimyasal, biyolojik ve mekanik yöntemler ile mücadele edilir. Mücadele şekli sorunun büyüklüğü, bulunduğu bölge ya da ortam çeşidine göre yöntemlerden biri veya bir kaç birliktе uygulanabilir. Yabancı otlar ile mücadelede; bitkinin biyolojisini bilmek, suyun verimliliği hakkında bilgi edinmek, bitkinin tipini belirlemek, bitkinin yapısını ve bulunduğu ortamdaki yoğunluğunu tespit etmek, yapılacak müdahalenin maliyetini (iş gücü, makina, teçhizat, kimyevi maddeler vb.) iyi belirlemek, seçilen yöntem bulunduğu yere uygun mudur veya uygulanabilir olup olmadığına dikkat edilmelidir.

**Kimyasal mücadele:** Eğer su yabancı otları ile mücadelede kimyasal yöntemler kullanılacaksa; seçilen ilacın (herbisit) balıklara ve diğer canlılar üzerinde yaratacağı zehirli etkisi, bitkiler üzerindeki zehirli etkisi, seçilen ilacın maliyeti ve diğer yöntemlere göre başarısı ve uygulanabilirliği gibi hususlar bilinmelidir. Sucul bitkileri ortadan kaldırmak için kimyasal madde kullanımı her zaman tehlikelidir. İlaçlama sonrasında büyük bitkilerin

ölümü sonucunda su içinde çürümeler olacağından istenmeyen durumlar ortaya çıkabilir. Çürüme faaliyeti sonucunda oksijen ihtiyacı artacak ve suda çözünmüş oksijen tüketimi artacaktır. Kimyasal maddelerin doğrudan veya dolaylı çok farklı etkileri görülebilir. Sucul ortamdaki balık ve kabukluların ölümüne sebep olabilir. Su bitkileri ile mücadelede diğer bir yöntem ise inorganik gübrelemedir. Havuzlar tamamen temizlendikten sonra inorganik gübreleme yapılarak ortamda planktonların çoğalması sağlanarak su altı bitkilerin gelişmesi ve büyümesi kontrol altına alınmış olur. Herbisit kullanımı her zaman uzmanlar tarafından ya da kontrolünde uygulanmalıdır.

#### ✓ Herbisit (Herbicide)

Yabancı otlarla mücadelede kullanılan kimyasal maddeler, yabancı ot öldürücü ilaç ya da yabancı ot ilacı olarak adlandırılmaktadır.

**Mekanik mücadele ve yöntemleri:** Bu yöntem ya su yabancı otlarını doğrudan fiziksel olarak ortadan kaldırılır ya da ortam (çevre) şartları değiştirilerek istenilmeyen bitkilerin büyüme ve gelişmelerini güçleştirmektir. Sucul yabancı otların ortadan kaldırılması ve kontrol altına alınması için çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. İnsan gücünün kullanımı: Sucul bitkilerin ortadan kaldırılması veya kontrol altında tutulması için insan emeği ile yolma, tırmıklama, biçme ve kesme yöntemleri en sık kullanılanlarıdır. El ile yapılacak müdahaleler erken dönemde ve popülasyonun yoğunlaşmamış olması gerekir. Örneğin *Sagittaria* türleri ortamda az iken el ile hasat yapılması uygun iken yoğun olduğunda ise ekonomik değildir. Su üstünde yüzen *Eichhornia crassipes* (su sümbül) ve *Lemna* bitkileri el ile toplanarak ortadan kaldırılabilir. *Cyperus*, *Typha*, *Phragmites* vb. yükselici bitkiler el ya da makineler ile kontrol altına alınabilirler. **Makine gücünün kullanımı:** Makineler ile biçme, kesme, parçalama ve hasat yapmanın yanında su altı bitkileri için dip taraması ve dip kısmının kazmasına dayanmaktadır. **Su düzeyinin düşürülmesi:** Göl, gölcük ve havuzların su düzeyinin düşürülmesi sonucu dip kısımlarının hava ile teması sağlanarak yabancı otlar kontrol altında tutulur. *Myriophyllum heterophyllum* dışındaki diğer submers bitkilerde

başarılidir. Bu yöntem ile *M. spicatum*, *Eichhornia crassipes* ve *Glyceria declinata* türleri önemli derecede kontrol altına alınabilmektedir. **Yakma:** Su yabancı otları yakma ile kontrol altında tutulması pek önerilmemektedir. Ancak su düzeyinin düşürüldüğü yerlerde ve *Phragmites australis* ve *Carex* gibi biçilmiş bitki yığınları veya ilaç ile öldürülmüş bitkilerin azaltılması için kullanılmaktadır. **Suyu gölgelemek:** Bu yöntem ile su bitkileri için sınırlayıcı bir etmen olan ışığın niceliğini ve suya giren ışığı tamamen ya da kısmen engellemeye dayanmaktadır. Suya giren ışığın emen çeşitli boyaların, suya katılarak ışığın suyun daha derin kısımlarına gitmesi engelleyerek yabancı otlar kontrol altında tutulabilir. Diğer bir yöntem ise **su seviyesi yükseltilerek** ışığın dip bitkilere ulaşmasını engellemektir. Su üstünde yüzen bitkilerin ve su altında gelişen bitkilerin gelişimini engellemek için çeşitli **yapay gölgelikler** kullanılır. Siyah plastik örtüler serilerek dip bitkiler kontrol altında tutulabilir. Bu örtülerin dezavantajı gaz kabarcıklarını tutuklarından suyun kalitesinde bozulmalara sebep olabilirler. Delikli fiberglas örtüler ışığın % 60 kadar sınırlayabilirler. Bunlar su bitkilerin kontrolünde oldukça başarılıdır. Ayrıca son yıllarda kullanılan polypropylene kumaşlarda etkilidir. Bu örtüler; *Potamogeton* (su sümbül), *Chara fragilis*, *Myriophyllum*, *Ceratophyllum demersum* vb. gibi bitkilerin kontrolünde oldukça etkilidir. Su yabancı otlarının kontrolünde suyun çıkış bölgelerine ya da kanalların belirli bölgelerine **seren gibi engeller** yerleştirilerek özellikle yüzen su bitkileri ve bitki parçalarının ızgaralardan geçişi engellenebilir.

**Biyolojik mücadele ile kontrol:** Biyolojik mücadele herhangi bir ortamda bulunan bir canlı popülasyonunu kontrol altında tutulması için bu canlı grubu ile beslenen ya da farklı şekilde baskılayan başka canlı organizmanın veya organizmaların kullanılmasıdır. Kullanılacak organizma sadece istenilen yabancı bitki ya da bitkileri ile beslenen veya onlarla rekabet ederek onları saf dışı bırakacak kadar etkili olmalıdır. Yararlı bitkilerin tüketilmesi ya da ortamdaki hayvanlara zararlı olması istenmeyen bir durumdur. Getirildiği ortama uyum sağlayabilmelidir. İstenmeyen organizma ya da organizmaların yarattığı etkiyi ekonomik veya görünüm olarak en aza indirebilecek gücüne sahip olmalıdır. Biyolojik mücadelede kullanılan yöntemler çevreye ekstradan bir kirlilik yaratmadığından dolayı ekologlar tarafından kabul edilir ve





## Öğrenme Çıktısı

2 Sucul ortamlarda yabancı ot sorunları ve mücadele yöntemlerini kavrayabilme

## Araştır 2

Su bitkileri ile mücadele amacıyla kullanılan mekanik yöntemlerin ortak özelliği nedir?

## İlişkilendir

Su bitkileri ile mücadelede kullanılan mekanik yöntemlerin biyolojik mücadele yöntemlerine göre avantajlarını irdeleyin.

## Anlat/Paylaş

Su bitkileri ile mücadelede kullanılan biyolojik mücadele yöntemleri nelerdir? Anlatın.

## SU BİTKİLERİNİN YETİŞTİRİCİLİĞİ

Su bitkileri, insanlar tarafından çok çeşitli şekillerde (tarımda, akvaryumlarda, peyzaj düzenlenmesinde, süs bitkisi olarak, barınma, yalıtma malzemesi, destek ve katkı maddesi, hasır yapma, sepet yapma, hayvan yemi vb.) kullanılmakta ve bazı bitkilerin yetiştiriciliği yapılmaktadır. Akvaryumlara uyumlu bitkiler, peyzaj çalışmalarında kullanılan bitkiler ve tarımda kullanılan bitkiler gibi çok sayıda su bitkisinin yetiştiriciliği yapılmaktadır.

## Akvaryum Bitkileri

Akvaryumlarda doğal ve estetik görünüm elde etmek ve ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin düzenlenmesi için su bitkilerinden faydalanır. Akvaryum bitkileri fotosentez yaparken ortamın CO<sub>2</sub>'ni tüketerek ortama O<sub>2</sub> vermeleri ile suyun oksijenlenmesine yardımcı olurlar. Balıkların dışkıları ile gelen amonyum ve nitratı kullanırlar. Akvaryum bitkileri dekoratif ve estetik görünümün yanında balıkların saklanması ve stresinin almasına yardımcı olması ve bazı balıkların besin kaynağını oluştururlar. Akvaryum ortamında kullanılacak bitkilerin akvaryum balıkları ile uyumlu, ortamın ışık (çok ışık, az ışık, normal ışık istekleri), sıcaklık, pH, çözünmüş gazlar, çözünmüş katı maddeler ve biyolojik özelliklerine uygun olmaları gerekir. Akvaryum bitkileri genellikle tropikal bölgelerde doğal olarak yetişirler.

**Akvaryumlarda yetiştirilen yaygın su bitkileri:** Akvaryumlarda daha çok tropikal bitkiler olmak üzere çok sayıda su bitkisi kullanılmaktadır.

Bitkilerin ihtiyaç duyduğu ışık, karbondioksit, oksijen ve besin elementleri ortama hazır olarak verilmektedir. Tercih edilen su bitkisi genellikle akvaryum balığının ekolojik isteklerine uyumlu bitkilerin olmasına dikkat edilir. Örneğin *Lemna minor* kozmopolit bir türdür, yüzen yapraklıdır, çabuk çoğalmakta, akvaryumlarda köpük yuva yapan balıkların yumurtalarının bırakacağı bir koronak meydana getirir. Çok çabuk çoğaldığından tüm yüzeyi kaplayabilir, bu nedenle çeşitli önlemler alınmalıdır. Akvaryum bitkileri çiçeksiz ve çiçekli akvaryum bitkileri olmak üzere iki grupta toplanır.

**Çiçeksiz akvaryum bitkileri:** Bu bitkiler tohum oluşturmayan karayosunu, ciğerotları ve eğrelti gruplarından oluşan bitkilerdir. *Fontinalis antipyretica*, *Riccia fluitans*, *Isotes lacustris*, *Isotes malinverniana* ve *Marselia quadrifolia* türleri en yaygın kullanılan bitkilerdir. Çiçekli akvaryum bitkileri: Akvaryum için seçilen bitki; akvaryumun büyüklüğü, kullanılan balık türlerinin özellikleri, kullanım amacı, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve en önemlisi akvaryumu kuracak kişilerin üretim ya da sadece görsellik amaçlı amatör bir uğraş gibi isteğe göre seçimi yapılmalıdır. *Aponogetton*, *Anubias*, *Elodea* spp., *Vallisneria* spp., *Cryptocoryne* spp., *Echinodorus*, *Sagittaria*, *Bacopa*, *Ludwigia*, *Cobomba*, *Ceratophyllum*, *Limnophila*, *Myriophyllum*, *Lemna minor*, *Lobelia*, *Hygrophila*, *Ceratopteris*, *Nuphar japonica*, *Nymphaea lotus* vb. bitkiler akvaryumlarda sıklıkla kullanılmaktadırlar.

**Akvaryumlarda yetiştirilen bitkileri etkileyen faktörler:** Akvaryum ortamında yetiştirilen



bitkiler için; ışık, sıcaklık, suda erimiş besin tuzları, suyun kalitesi, akvaryum faaliyetleri sonucu üreyen alg ve siyanobakteriler, akvaryum hijyeni, suyun değişimi ve gübreleme ve akvaryum su seviyesi (su derinliği) gibi etmenlerin bilinmesi gerekiyor. Akvaryum ortamında yetiştirilen bitkiler tropikal bitki ve balıklar için 19-25 °C aralıklarındaki sıcaklıkla yeterli olabilmektedir. *Echinodorus*, *Aponogeton*, *Anubias*, *Cryptocoryne* gibi bitkiler tropikal akvaryum için uygundur. Eğer akvaryumlarda ılıman bölge balıkları kullanılacaksa daha çok Kuzey Amerika ve Avrupa orijinli bitkiler seçilmelidir. Bu tip akvaryumlara; *Elodea*, *Ceratophyllum*, *Ludwigia*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Sagittaria*, *Vallisneria*, *Azolla*, *Lemna*, *Riccia* gibi bitkiler uygundur. Akvaryum bitkilerinin fotosentez yapabilmeleri için bitki türüne uygun ışıklandırma yapılmalıdır. Genellikle tropikal bitkiler kullanıldığından tropikal bölgelerde gece gündüz eşit olduğundan 12 saat ışıklandırma yeterli olmaktadır. Ancak daha uzun ışıklandırıldığında kök, gövde ve yaprak gibi yapıların büyümesi hızlandırılmış olur. Dekoratif görünüm kalıcı olması için 12 saat aydınlatma daha uygundur. Işık şiddeti 40-100 Watt arası bir lamba ile desteklenebilir. Genellikle akvaryumlarda pH'ı 6.8-7.0 değerindeki sular önerilir. Çoğu akvaryumlarda kabul edilen su sertliği Alman sertlik derecesine göre derecesi 8 olan su uygundur. Örneğin yaygın olarak kullanılan *Elodea* türleri, yüksek içerikli kalsiyumlu suları tercih ederler.

## Akvaryum Bitkilerinin Üretim ve Yetiştirme Teknikeri

**Akvaryum bitkileri eşeysel yol ile üretim:** Akvaryum bitkileri monoik ya da dioik olabilirler. Dişi ve erkek çiçek farklı bitkiler (dioik bitki) üzerinde olması durumunda bu bitkilerin iki cinsiyetin bir arada olması gereklidir. Gerekli görüldüğünde yapay tozlaşma yapılarak tohum elde edilir. Akvaryum ortamı her ne kadar bitkinin doğal ortamı özellikleri sağlansa da her bitki akvaryum ortamında çiçek açmayabilir. Ayrıca akvaryum ortamı sıvı olduğundan tohumların üretilmesi ve alınmasında çok dikkatli olunmalıdır. *Aponogeton* ve *Ottelia* gibi akvaryum bitkileri vejetatif yol ile çoğaltılamazlar. Kendi tozlaşmayan bitkilerde uygulanan yapay tozlaşma ile farklı türlerin çaprazlaması sonucu çok farklı görünümlü ve egzotik varyete ve melezler elde edilebilir. *Vallisneria* ve *Sagittaria*'nın bazı

türleri, *Echinodorus cordifolius* ve *E. bertoroii* türleri, *Aponogeton*'un bazı türleri kendi aralarında kolaylıkla çaprazlandıkları görülmektedir.

**Akvaryum bitkileri eşeysiz (vejetatif) yol ile üretim:** Akvaryum bitkilerinin akvaryum ortamında çiçek açmadıklarından dolayı, bu bitkilerin çoğaltılması daha çok vejetatif yolla yapılmaktadır. Vejetatif olarak en çok kullanılan üretim yöntemleri: **Ana bitkinin bir kısmının kesilmesi sonucu üretim:** Daha çok nodyum ve internodyum yapılarının olduğu *Bacopa*, *Ludwigia*, *Elodea* ve *Ammannia* gibi bitkiler ana bitkiden nodyum kısmını içerecek şekilde kesilmesi ile yapılan üretimdir. **Filizlerin kesilmesi sonucu yapılan üretim:** *Ludwigia* ve *Elodea* bitkilerinin üretiminde sıklıkla kullanılır. Ana bitki gövdesinin iki nodyum arasında kırılması ya da kesilmesi sonucu oluşan filizlerin ekilmesi ile yapılan üretim şeklidir. **Sürgünlerle bitki üretimi:** *Vallisneria* ve *Sagittaria* bitkileri bu üretim şekline örnektir. Bitkilerde meydana gelen rizom adı verilen yapılardan çıkan sürgünler yeni bitki oluşturmaktadır. Çiçek sapından yavru bitki oluşturma: Bitkinin çiçek sapından köklü yavru bitki oluşturma tekniğine dayanmaktadır. *Echinodorus* cinsinin türlerinin üretiminde kullanılmaktadır. **Büyüme rizomlarının kesilmesi sonucu yapılan üretim:** Bazı bitkilerde depo rizom (internodlar kısa ve şişkin) ve büyüme rizomu (internodlar uzun) olmak üzere iki tip rizom görülmektedir. Üretim büyüme rizomlarının kesilmesi ile gerçekleştirilmektedir. *Cryptocoryne* türlerinde başarıyla uygulanmaktadır. **Ana bitkinin yapraklarından yapılan üretim:** Örneğin; *Azolla*, *Riccia* ve *Vesicularia* gibi çiçeksiz bitkilerin çoğaltılmasında kullanılmaktadır. Bu yöntemle *Lemna* bitkisi de çoğaltılmaktadır.

## Su Bitkilerinin Farklı Kullanım Alanları

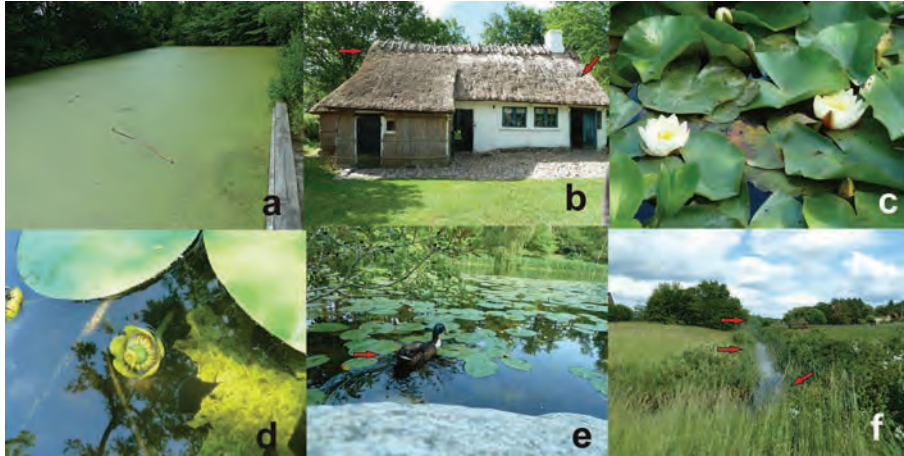
**Biyolojik filtrasyon için kullanım:** Sucul bitkilerin yetiştirilmesinin diğer önemli bir sebebi ise bu bitkilerin çevre kirliliğinin önlemede kullanılmasıdır. Su bitkileri kanalizasyon ve diğer atık su sistemlerde sıvı ortamdan besinlerin alınması için kullanılmaktadır. Bu tip sistemlerde sıvı atıkların içinde bol miktarda fosfor, azot ve diğer bitki besleyicileri bulunmaktadır. Bitkilerin kullanılmasının en önemli nedeni çevreye bir yan etkilerinin olmaması ve kimyasal yöntemlerin çok pahalı olmasıdır. Su bitkileri besin maddelerinin yanında bazı ağır metalleri, fenol gibi organik kirleticileri de bünye-

lerine alabilirler. Filtrasyon işleminde daha çok rahat hasat edilebilen absorpsiyon kapasitesi yüksek bitkiler tercih edilir. Bunun için serbest yüzen ve yükselici bitkilerin kullanımı önerilmektedir. Emergent bitkilerden, *Scirpus* ve *Phragmites* cinslerinin türleri bu amaç için uygundur. Hasadı daha kolay olan serbest yüzen bitkilerden *Eicchornia crassipes* ve *Lemnaceae* türleri kullanılmaktadır (Şekil 6.2a ).

**Katkı ve destek materyali olarak kullanımı:** Emergent sucul bitkiler çok eski çağlardan günümüze kadar katkı ve destek maddesi olarak kullanılmaktadır. Mısırlılar, kağıt hamuru kaynağı olarak papirüsü kullanmışlardır. *Phragmites* cinsinin türleri farklı toplumlar tarafından çit yapımı, damların örtülmesi, müzik enstrümanı yapımında, ok yapımında ve farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Günümüzde hasat edilerek yapı malzemesi ve tatil beldelerinde otantik ev, gölgelik vb. amaçlarla kullanılmaktadır (Şekil 6.2b ). Bu bitkilerden lif kağıt, mukavva, sefon gibi ürünlerin ham maddesidir. Bu bitkiler izolasyon malzemesi ve ayrıca alkol, furfurol ve gübre elde etmek için kullanılmaktadırlar.

**Su bitkilerin yem ve gübre olarak kullanımı:** Bu bitkilerin % 90-95'i oranında su içirmesi bir dezavantaj oluşturmaktadır. Hasat edildikten sonra taşınması ve kurutulması sorun yaratmaktadır. Ancak yine de yem ve gübre olarak kullanılan türleri bulunmaktadır. Bu bitkilerin rahat sindirilmemesi ve lezzetli olmayışı problem oluşturmaktadır. *Lemnaceae* familyasının türleri hem çabuk çoğalmaları hem rahat hasat edilmeleri tercih edilirler. Bu türler hem yaş iken hem de kuru iken hayvanlar tarafından kolayca tüketilmektedir. Bu bitkilerin protein içeriği %44.7'ye kadar çıkabilmektedir.

**Su bitkilerinin peyzaj mimarisinde kullanımı:** Su bitkileri park, bahçe, havuzlarda, özel bahçe ve havuzlarında dekoratif ve estetik görünüm için sıkça kullanılmaktadırlar (Şekil 6.2 ). Planlama yapılırken su bitkilerinin morfolojik özellikleri ve suyun içinde bulunduğu yere (bir kısmı su içiğinde, su altında, yaprak ve çiçekleri su üstünde ve yüzen bitkiler vb.) göre peyzajı yapılır. Su kenarında ve bir kısmı su içinde olan, *Acorus calamus*, *Arundo donax*, *Alisma lanceolatum*, *A. plantago-aquatica*, *Butomus umbellatus*, *Iris pseudacorus*, *Menyanthes trifolita*, *Myosotis palustris*, *Sparganium emersum* bitkiler peyzaj ortamlarında sıklıkla karşılaşılmaktadır. Tamamen su içinde kullanılan bitkilere *Elodea canadensis*, *Myriophyllum spicatum* gibi türler örnek verilebilir. *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Salvinia natans* su bitkileri park ve bahçe havuzlarında ve kişisel havuzlarda en sık rastlanan su üstü yüzen bitkilerdir (Şekil 6.2a-c-d-e).



**Şekil 6.2** Su bitkilerinin kullanım alanları. (a) Biyolojik filtrasyon. Lemna bitkisinin su yüzeyinin tamamen kaplaması (b) Ev çatı yapımı (*Phragmites*) ve duvarların izolasyonunda su bitkilerinin kullanımı, Park ve bahçe havuzlarında sıklıkla kullanılan (c) *Nymphaea* sp. ve (d) *Nuphar* sp., (e) Sucul bitkiler kuşlar için uygun ortamlar oluşturur, (f) Su yabancı otların kanallarda aşırı çoğalması.

## Su Bitkilerinin Tarımı

Su bitkileri için ekonomik değeri en yüksek olan bitki çeltik (*Oryza*) bitkisidir (Şekil 6.3). İnsanlar arasında çeltik (pirinç) dışındaki su bitkilerinin tüketimi pek yaygın değildir. Nilüfer bitkisi eski Mısır'da hem yetiştiriciliği yapılıyordu hem de tüketiliyordu. Uzak Doğu'da nilüfer bitkisinin farklı türleri yetiştirir-

lip meyve, tohum ve rizom elde edilmektedir. Yine Uzak Doğu'da yaygın olarak su kestanesi yetiştiriciliği yapıldığı gör÷lmektedir. *Eleocharis dulcis* bitkisi Çin'de pirinç bitkisi ile değişimli olarak yetiştirilmektedir. Akdeniz bölgesinde *Trapa natans* bitkisi yetiştirilmektedir. *Trapa natans* bitkisinin dikenimsi meyvelerinin içinde büyük ve etli yenilen tohumları bulunmaktadır. Bu bitkinin yetiştiriciliği ve ticareti yapılmakla birlikte çok yoğun geliştiğinde zararlı su bitkiler sınıfına girebilmektedir.

### Çeltik Yetiştiriciliği

*Oryza* L. bilimsel ismi ile bilinen çeltik, sulak alanlarda kùltürü yapılan ve dünyada insanlar için en önemli beslenme kaynağıdır. İnsanlar tarafından tüketilen besin değeri olan kısım pirinçtir (Şekil 6.3b-c). Dünya Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2014 verilerine göre dünyanın çeltik ihtiyacının hemen hemen %90'ını Asya kıtasından sağlanmaktadır. Kùltüre alınan çeltiğin orijini hakkında çok sayıda arkeolojik ve paleocoğrafik araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalar kùltüre alınan çeltiğin iki bölgede köken aldığını göstermektedir. Kùltüre alınan *Oryza sativa* Güneydoğu Çin'den köken aldığını kabul edilmektedir. Tayland-Miyanmar sınırındaki Spirit Mağarasında çeltik kalıntılarına rastlanmış ve bu bitkinin kùltürünün M.Ö. 10.000'li yıllara gidilebileceği kanıtlar elde edilmiştir. Çin'deki orta Yangtze ve Huai ırmağının üst kısımlarındaki yoğun arkeolojik çalışmalarda çeltik (*O. sativa*) tarımı çok eski olduğu yaklaşık olarak 8000 yıl öncesine kadar inmektedir. Hindistan ve Sri Lanka gibi çeltik üretimi olan ÷lkelere Çin üzerinden ulaştığı kabul edilmektedir. Çeltik Akdeniz'e ve Avrupa'ya M.Ö. 344-324 yılları arasında Büyük İskender ile birlikte taşınmıştır. Çeltik bitkisinin ilk Anadolu'ya 500 yıl önce geldiği ve ilk tarımının da Kastamonu ilinin Tosya ilçesinde yapıldığı gör÷řü benimsenmektedir. Afrika'da kùltürü yapılan *O. glaberrima* türü Niger ırmağının oluşturduğu deltada köken aldığını bilinmektedir. *Poaceae* (buğdaygiller) familyasına ait olan *Oryza* L. cinsi Dünya üzerinde 23 türe sahiptir. *Oryza sativa* kompleksinin altında yer alan *Oryza sativa* ve *O. glaberrima* türleri kùltürü yapılan türlerdir.

FAO'nun 2014 yılı istatistiki verilerine göre dünya çeltik üretimi 163,2 milyon hektar alana çeltik ekilmiş buna karşılık 740.9 milyon ton ürün elde edilmiştir. FOA 2014 verilerine göre ÷lkelerin ekim sahaları incelendiğinde ilk beş içinde Hindistan birinci sırada yer almakta bu ÷lkeyi Çin, Endonezya, Bangladeş ve Tayland izlemektedir. Aynı şekilde üretilen çeltik miktarına göre Çin ilk sırayı almakta Hindistan, Endonezya, Bangladeş ve Vietnam olarak sıralanmaktadırlar.



Şekil 6.3 (a) Çorum, çeltik tarlası ve tavaların görünümü, (b) Pirinç taneleri (kırmızı, yeşil, tam soyulmamış), (c) işlenmiş pirinç taneleri

**Türkiye'de çeltik bitkisinin üretimi:** Türkiye'nin toprak ve iklim özellikleri çeltik ekimine elverişlidir. FAO'nun 2014 verilerine göre dünya çeltik verimi 453.89 kg/da iken Türkiye'de elde edilen verim 748.56 kg/da olmakta oldukça yüksek düzeydedir. 2015 yılında 115.856 ha alana ekim yapılmış ve 920.000 ton ürün elde edilmiş ve dekar başına verim 794 kg olmuştur. Türkiye çeltik üretimi 1936 yılında yayınlanan 3039 sayılı "Çeltik Ekim Kanunu" kanun ile düzenlenmektedir. Çeltik doğal olarak yetiştiği bölgelerde yetişme süresi boyunca yüksek nem ve sıcaklık isteyen bir bitkidir. Yıllık yağışın 1000-1200 mm altına ve sıcaklığın vejetasyon periyodunda 20°C'nin altına düşmemesi gerekiyor. Çeltik için Türkiye'deki en uygun yetişme koşulları alüvyal ovalar, akarsu vadilerindeki taban ovalarıdır. 2013 verilerine göre Marmara Bölgesi 75.870 ha ekim alanı ve 627.678 ton üretim ile ilk sıradadır. Karadeniz Bölgesi 27.644 ha ve 232.158 ton üretim ile ikinci sırada yer almaktadır. İl bazında incelendiğin de hem üretim alanı hem de üretim miktarı bakımından Edirne ilk sırayı almaktadır. Çeltik üretim alanlarına göre Türkiye'nin ilk 5 şehri; Edirne,



Samsun, Balıkesir, Çanakkale ve Çorum gelmektedir. Çeltik ekimi 1994 yılında 32 ilde yapılırken 2008 yılında 36 ile çıktığını görmekteyiz. Ancak 1994 yılında çeltik tarımının yapıldığı bazı iller (Bitlis, Zonguldak ve Malatya)'de üretimin yapılmamaktadır. Erzurum, Düzce, Karabük, Kırıkkale ve Tekirdağ'da çeltik ekimi yapılmaya başlanmıştır.

### ✓ Çeltik

Pirinç bitkisi ve kabukları ayıklanmamış pirinç verilen isimdir. Pirinç: Çeltiğin, çeltik içlenme tekniği ile kabuğu ayıklanmış hali ve besin olarak kullanılan tanesidir.

## Çeltik Tarımı

Çeltik bitkisi tahılların arasında su içinde çimlenebilen ve oksijensizliğe karşı dayanıklı tek bitkidir. Çeltik tarımı sulak alanlarda yapıldığından çeltik yetiştiriciliği üç farklı şekilde yapılmaktadır. Buna göre çeltik tarımı; susuz yapılan çeltik ekimi, sulu yapılan çeltik ekimi ve derin su çeltik ekim çeşitleri bulunmaktadır. Susuz yapılan çeltik tarımında, su göllendirilmeden yapılan *kır çeltiği* ya da *dağ çeltiği* tarımı çeşididir. Sulu yapılan çeltik tarımında, ekim yapılan tarlada su 5-50 cm yüksekliğine getirilerek alçak tavalarda yapılan tarım çeşididir. Derin su çeltik tarımından ise 51-100 cm yüksekliğinde su bulundurulması ile yapılan tarım çeşididir. Ülkemizde sulu çeltik tarımı yapılmaktadır (Şekil 6.3).

**Tarımı Yapılan Çeltik Çeşitleri:** Dünya'da kültüre alınan tüm çeltik çeşitleri ya da ırkları yetiştirildikleri bölgenin hidrolojik, edafik ve kültür sezonuna göre çeşitli ekocoğrafik gruplara ayrılırlar. 1930 yılında Kato ve arkadaşları, *Oryza sativa*'yı Japonica ve Indica ırkları olarak iki altı tipe ayırmıştır. Bir başka araştırmacı Morinaga 1954'te üç ayrı ekogenetik gruba ayırmıştır. Bu araştırmacı Japonica ve Indica'ya ilave olarak Javanica ekolojik varyeteyi eklemiştir. **Indica** çeltik çeşitleri daha çok tropikal ve subtropikal coğrafik bölgede yayılış göstermektedir. Bu çeşit yaygın olarak Hindistan, Malezya, Sri Lanka ve Tayland gibi ülkelerde yetiştirilmektedir. **Japonica** ekotipleri daha çok subtropik bölgede mutedil (ılıman) iklim kuşağında yayılış göstermektedir. **Javanica** çeltik çeşitleri tropikal çeşitlerden oluşmuştur, daha çok Endonezya,

Filipinler, Tayvan ve Japonya'da yayılış göstermektedir. Tarımı yapılan diğer bir çeltik türü ise *O. glaberrima*'dır. *O. glaberrima*'nın taneleri az tüylü ve kılçıksız, yakacak *O. sativa*'ya göre daha küçük boyutlu, taneleri glutensiz, tane yuvarlak vb. yapısal özelliklere sahiptir. *O. glaberrima* tarımı bilindiği kadarıyla sadece Afrika kıtasında yapılmaktadır. Türkiye'de yetiştirilen çeltik çeşitleri Japonica ve Javanica çeşitlerinden oluşmaktadır.

**O. sativa bitkisinin biyolojisi:** Kültürü yapılan *O. sativa* su içinde çimlenebilen tek yıllık olup, ince saçak kök yapısına sahiptir. Genellikle bir sapta 10-15 kadar boğum bulunur ve her bir boğumdan bir çiçek çıkmaktadır. Bitki boyları erkenci ve geçici bitkiler arasında farklılıklar görülür. Erkenci çeşitler daha kısa boylu ve geçici çeşitler daha uzundur. Çeltik bitkisinde 8-12 kadar kardeşlenme görülebilir. İri salkım ve tane verimi birinci ve ikinci kardeşlerde daha yüksektir. Çeltik bitkisinde çiçek erdişili (hermafrodit) ve çiçek durumu bileşik salkım (panikula), başaklar (spikular) bir çiçeklidir. Vejetasyon süresi en fazla 120 gün olan ırklar *erkenci* çeşit, vejetasyon süresi 120-150 gün olanlar *orta erkenci* çeşitler ve vejetasyon süresi 150 günden fazla olan ırklar ise *geçici* çeşit olarak sınıflandırılırlar. Türkiye çeltik standartlarına göre; *kısa taneli* çeşitleri (pirinç boyu 5 mm'den kısa), *orta taneli* çeşitler (pirinç boyu 5-5.9 mm arasında) ve *uzun taneli* çeşitler (pirinç boyu 6 mm'den daha büyük) üç sınıfa ayrılmaktadır.

## Çeltik Bitkisinin Ekimi

Çeltik bitkisi 45 derece kuzey 35 derece güney enlemleri arasında 2500 m yüksekliklere kadar yağış ve sıcaklığa bağlı olarak yetişmektedir. Bitkinin ekim esnasında çimlenebilmesi için minimum su sıcaklığının 12 derece ve üzerinde olması gerekiyor. 18-35 °C arasındaki sıcaklık bitkinin çimlenme ve fide devresinin gelişimi için en ideal sıcaklıktır. 25-30 °C arasındaki sıcaklık fide gelişiminin en iyi olduğu sıcaklıktır. Ekim ve çimlenme döneminde ortalama hava sıcaklığı 15 derecenin üzerinde olmalıdır. 12-15 °C arasındaki su sıcaklığı, tohumun çimlenebilmesi için gerekli olan minimum sıcaklık değeridir. Çeltik bitkisinin sıcaklık farkından etkilendiği dönem salkım başlangıç devresi ile salkım çıkarma arasındaki zamandır. Bu zaman içindeki düşük sıcaklıklar hem tohum bağlama sayısını azaltır hem de önemli ölçüde tane verimini düşürür.

Ayrıca 25 °C'nin altındaki sürekli sıcaklık çeltik bitkisinin büyüme ve gelişim süresini uzatır.

**Toprak isteği ve hazırlığı:** Çeltik bitkisi çok çeşitli topraklarda tarımı yapılmaktadır. Toprak bünyesi kumlu-tınlıdan ağır killi topraklara kadar hemen hemen her çeşit toprakta yetişebilmektedir. İyi ve yüksek miktarda verim almak için toprağın bitkinin ihtiyaç duyduğu besin maddeleri tarafından zengin olması, yumuşak ve su geçirmeyen killi bir yapıda olması idealdir. Ancak kumlu ve daha hafif topraklar çeltik ekimi için uygun değildir. Çeltik bitkisi için daha çok toprak reaksiyonu düşük alkali ya da nötral olduğu alanlarda en iyi şartlara sahiptir. Çeltik bitkisi için en uygun pH'ı 4.5-6 arasında değişen özellikteki topraklardır. Bu tip topraklarda çeltik bitkisi iyi yetişmektedir. Toprak pH değeri 4.5'in altındaki topraklarda yapılan tarımda bitkinin büyüme ve gelişmesi istenmeyen durumdur. Ancak yüksek pH değerinde ise bitki topraktaki fosforu alamamaktadır. Çeltik yetiştirilen tavaların hafif eğimli olması suyun yavaş akmasını sağlayacaktır. Yavaş su akıntısı sağlayacak tavalara % 0.2-0.4 kadar eğimi verilmelidir. Tavaların büyüklüğü 10 dekarı geçmemelidir. Ortalama 500-2000 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki tavalar uygundur. Tavalar kullanılan araziye göre ne çok büyük olmalı ne de çok küçük olmalıdır. Tavaların büyüklüğü arazinin tesviye durumuna göre seçilmelidir (Şekil 6.3a).

#### ✓ Tava

Çeltik su içinde yetiştirildiğinden, çeltik tarlaları etrafı belli yükseklikteki setlerle çevrilmiş parsellere ayrılır. Bu parsellere tava denir.

**Ekim zamanı:** Çeltik bitkisinin ekim zamanı çeşidin vejetasyon süresi, sulama suyu ve hava sıcaklığı gibi iklimsel koşullar belirler. Genellikle ülkemizde çeltik ekimi bölgelere ve illere göre değişmekle birlikte nisan ortasında başlayıp haziran sonuna kadar yapılabilmektedir. Çeltik ekiminde üç yöntem kullanılmaktadır. 1) Elle, çeşitli gübre dağıtıcıları ve uçak ile yapılan serpmeye yöntemi; 2) Tohum ekme makineleri yardımıyla sıraya ekim yöntemi; 3) Fideleme yöntemidir. Ülkemizde elle serperek ya da gübre saçıcı makineleri ile ekim yöntemi yoğun olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde daha çok *Japo-*

*nica* çeşitleri ekildiğinden bu çeşitler kardeşlenme düşük olduğundan pek fideleme yöntemi tercih edilmemektedir. Genellikle küçük taneli tohumlar dekara 15 kg, orta taneli tohumlar dekara 17-18 kg, iri taneli tohumlarda ise bu miktar 20 kg/da kadar tohum ekimi tavsiye edilmektedir. Bir metrekareye düşen tohum sayısı yaklaşık olarak 500-600 adet tohumdur. El ya da gübre saçıcı makine ile ekim yapılacaksa ekimden önce tohumlar çuval içinde 2-3 gün su içinde tutularak ön çimlendirme işlemi yapılır. Ön çimlendirmede tohumlar çuval içinde 24-36 saat su içinde bekletilerek tohumlar şişirilir ve suda çıkartılan tohumların çimlenmeleri için tohum çuvaları gölgelik yerde ya da üstü örtülerek 1-2 gün bekletilir. Ön çimlendirme yapılırken çeltik yanıklığını önlemek amacıyla bir fungusit ile ilaçlama yapılır. Ayrıca beyaz uç nematod ile mücadele için ön çimlendirmeden önce tohumlar 10 dakika 55-60 °C'lik sıcak su içinde bekletilebilir. Ön çimlendirme yapılan tohumlar belli miktarda bir ağırlık kazandıklarında ekim esnasında suyun dibine düşeceklerdir. Ekim yapılmadan önce su, bulandırılarak milli ve çamurlu hale getirilir. Tohum ekildikten 5-6 gün sonra tavalardan su boşaltılır ve tavlara 5-6 gün susuz bırakılır. Bitkiler suya tutunduktan sonra tavalara tekrar su verilmeye başlanır.

**Sulama:** Çeltik bitkisinin ekiminden hasada kadar yapılacak en önemli bakım işlemi uygun sulamadır. Çeltik bitkisinin sulama suyu bitkinin gelişimine bağlı normal su yüksekliği değişmekle birlikte 15-20 cm arasındadır. Su seviyesi önce az derin 3-8 cm kadardır bitki boyu 20 cm geçince 10-15 cm derinlikteki su seviyesi çeltik için uygundur. Bitkinin su tüketimi en fazla sapa kalkma ve çiçeklenme döneminde olmaktadır. Çeltik bitkisinin sulanması kesikli ve sürekli sulama olmak üzere iki yöntemle yapılmaktadır. Suyun kısıtlı olduğu ve sivrisinekle mücadele için yerleşim yerlerine yakın yerlerde kesik sulama yapılır. Bu sulamada 3 gün sulama 2 gün su kesme, 8 gün sulama 3 gün su kesme şeklinde yapılabilir. Sürekli sulama yapılan alanlarda su kesme işlemi; ilaçlama, yabancı otlarla mücadele ya da gübreleme gibi zorunlu sebeplerden dolayı su kesimi yapılır. Sulama suyu uygun sıcaklık aralıklarında olmalıdır. Bitkinin hayat devresinin 30 °C üzerindeki sulama sıcaklığı salkım sayısındaki azalma ve başakçıkta verimsiz (sterilite) artışı gibi olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olur. Çiçeklenmeden 20 gün öncesi ve 10 gün sonrası arasında kalan kalan periyot su stresi için kritik dönemdir.



**Gübreleme:** Gübre kullanımı ekim yapılan çeşide, toprağın özelliğine ve ekim zamanına göre değişmektedir. **Azot kullanımı:** Türkiye genelinde yetiştirilen çeltik çeşitleri için önerilen saf azot miktarı 15 kg/da'dır. Çeltik için önerilen azot gübresi amonyum sülfat gübresidir ve iki şekilde uygulanabilir. Amonyum Sülfat gübresinin yarısı ekim esnasında geri kalan yarısı da ekimden 55-60 gün sonra uygulanması tavsiye edilir. Özellikle kumlu ve geçirgen topraklarda üçe bölünerek 1/3 oranında uygulanır. İlk kısım ekim öncesi, ikinci kısım kardeşlenme döneminde geriye kalan kısım ise salkım oluşturma evresinde kullanılabilir. **Fosfor kullanımı:** Fosfor özellikler kardeşlenme, kök gelişimi, erken çiçeklenme ve düşük sıcaklık koşullarında tane dolumu gibi olayları teşvik eder. Fosfor uygulaması bitki ekiminden önce toprağa karıştırılarak verilir. Gerekli tahlillerden sonra ekim öncesi dekara 20 kg kadar TSP (Triple Süper Fosfat) gübresi toprağa karıştırılarak kullanılır. **Potasyum kullanımı:** Türkiye toprakları potasyum bakımından zengindir. Potasyum eksikliği olan ekim alanlarına 2-3 kg/da kadar uygulanması tavsiye edilir. Çinko eksikliği olan ekim sahalarında ekim öncesinden son toprak işlenmesi esnasında dekara 1-2 kg gelecek şekilde Çinko sülfat ya da çinko oksit olarak toprağa uygulanır. Eğer ekimden sonra çinko eksikliği ortaya çıkarsa çinko sülfat, ekimden 40-45 gün sonra (başak oluşumundan 5-7 gün önce) çinko gübreleme üstten püskürtme şeklinde uygulanır.

**Ekim nöbeti:** Türkiye'de çeltik ekilen alanlarda düzenli bir münavebe sistemi yoktur. Çeltik ekimi en az 2-3 yıl arayla aynı yere özellikle toprağı azot bakımından zenginleştiren baklagil yem bitkisi ekilmesi tavsiye edilir.

**Tarımsal zararlılarla mücadele:** Çeltik tarımında önemli ürün kayıplarına sebep olan çeltik yaprak yanıklığı (*Pyricularia oryzae*), çeltik kök çürüklüğü (*Fusarium monüiforme*) ve çeltik kahverengi yaprak lekeli (*Cochliobolus miyabeanus*) en iyi bilinen mantarlardır. Bu mantarlara mücadelede dayanıklı, uygun ve ilaçlanmış tohum, münavebe ve aşırı azot gübresinden kullanımından kaçınılmalıdır. Ülkemizde çeltik ekim alanlarında en tehlikeli yabancı ot olan darıcan (*Echinochloa colonum*) başını çekmekle birlikte sivri saz, hasır otu, su menekşesi, kofalık otu, baraj otu, esmer venüs otu ve kız otu diğer tarla yabancı otlardır. Tarla yabancı otları ile mücadelede tarla hazırlık aşamasında, temiz tohum, temiz su ve mekanik mücadelenin yanında

çeşitli herbisitlerle mücadele edilir. Beyaz uç nematodu (*Aphelenchoides besseyi*) bulaştığı parsellerde verim kaybı, tane ağırlığında ve randımanda azalma görülmektedir.

**Hasat ve harman:** Çeltik bitkisinin hasat zamanı çeltik salkımlarının % 80'nin saman sarısına döndüğünde ve salkımların dip tarafındaki tanelerin sarı renge döndükleri zaman hasat zamanını göstermektedir. Hasat zamanını en doğru belirleme yöntemi tanelerin nem miktarını ölçülmesi ile belirlenir. Bu oran % 22-24 arasında olduğunda hasat yapılır. Hasattan 5-6 gün önce tavalardaki su tamamen boşaltılır. Erken hasat yapılırsa olgunlaşmamış tebeşirimsi, yeşil taneler bulunacağından hem verim hem de randıman düşer. Geç yapılacak hasatta ise böcekler, kuşlar, kemirgeneler ve tane dökme nedeniyle verim azalacaktır. Çeltik hasadı elle biçme, kendi yürür biçme makineleri ile biçme ve biçerdöverle yapılmaktadır.

**Kurutma ve depolama:** Harman işleminden sonra elde edilen çeltik ürünü saklanabilmesi için nem oranının en az % 14-15 düzeyine düşürülmesidir. Kurutma işlemi ya güneş altında ya da kurutma makineleri yardımı ile yapılır. Kurutulan ürünün depolanabilmesi için nem oranının % 14'ün altında olması gerekir. Ürünün depolanacağı ambarın nem oranının %60-62'nin altında olmasına, sıcaklığın mümkün olduğu kadar düşük tutulmasına dikkat edilmelidir.

**Pirinç işleme:** Tarlada hasat, harman ve kurutma işleminden sonra elde edilen çeltik tanesinin üst kısmında kavuz ve çeltik kepeğini oluşturan katmanlar bulunmaktadır. Kavuz çiçeğin organ kalıntılarıdır. Çeltik tanesinden kavuzların uzaklaştırılmasıyla elde edilen ürüne *kargo* (kahverengi pirinç) diyoruz (Şekil 6.3b-c). Kargo pirincinin üzerinde kepek tabakası bulunmaktadır. Kargodan kepek katmanları ve embriyo gibi yapıların alınması ile geriye kalan kısımdan "pirinç" elde edilir. Bu haliyle pirinç çeltik tanesinin endospermi (unlu kısmı) oluşturmakta ve tohumluk değeri yoktur. Hasat ve kurutma işlemi yapılan çeltik taneleri pirinç işleme makinelerinden yabancı maddelerin arındırılması, kavuzların soyulması, danelerin ayrılması, beyazlatma işlemi, toz haline gelen kepeğin ayrılması, parlatma işlemi, boylanması, kırıkların ve kalan diğer maddelerin ayrılması ile işlenerek elde edilen ürüne pirinç adı verilir. Bu işlemde sağlam pirinç, kırık pirinç, pirinç kepeği, pirinç cila unu ve kavuzlar elde edilir. Kepek olarak ayrılan kısım,

çeltik tanesinin perikap, testa ve alevron tabakasından meydana gelmiştir. 100 kg çeltiğın işlenmesi sonucu ortalama olarak: 55-60 kg tam pirinç, 7-8 kg kırık pirinç, 8-10 kg kepek, 2-3 kg hasarlı pirinç taneleri, 2 kg ham tane ve 15-20 kg kavuz ürünü elde edilmektedir. 100 kg pirinçten elde edilen sağlam ya da tam pirinç çeltiğın randıman değerini belirler. Elde edilen sağlam ve kırık pirinç taneleri insanların beslenmesinde ilk sırayı almaktadır. Çeltiğın işlenmesinde elde edilen tüm yan ürünler insan beslenmesinde (gıda sektörü), yem sanayi, mantar yetiştiriciliğinde, biyogaz üretiminde ve yalıtım malzemesi (inşaat sektörü) gibi çok geniş yelpazede kullanılmaktadır.



Daha ayrıntılı ve uygulamalı bilgi için, Tarımtv: [http://www.tarımtv.gov.tr/VD248\\_celtik-tarimi.html](http://www.tarımtv.gov.tr/VD248_celtik-tarimi.html) bağlantıdaki videoyu izleyiniz.

### Öğrenme Çıktısı



- 3 Akvaryum bitkilerini öğrenebilme
- 4 Su bitkilerinin farklı kullanım alanlarını kavrayabilme
- 5 Su bitkilerinin tarımı ve çeltik yetiştiriciliğini anlayabilme

#### Araştır 3

Dünya ve Türkiye'nin çeltik verimi hakkında araştırma yapın.

#### İlişkilendir

Çeltik tarımını diğer tarım ürünleri suya olan ihtiyaç bakımından karşılaştırın.

#### Anlat/Paylaş

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın Gıda Kodeksi Pirinç Tebliği'nin amaç ve kapsamını kısaca açıklayın.

## TOPRAKSIZ TARIM

Hızlı nüfus artışı, tarım alanlarının yerleşim veya diğer sebeplerden dolayı kullanılamaz hale gelmesi, bilinçsiz tarımın getirdiği sorunlar, iklim değişiklikleri ve sanayileşmenin yarattığı çeşitli çevre sorunları vb. toprak temeli tarımı tehdit etmektedir. İnsanların temel besinlerini gerekli olan güvenli yollardan ve üretimini sürekli sağlamak için yeni arayışlara yönlendirmiştir. Son yıllarda dünyada ve Türkiye'de giderek kullanımı artan topraksız tarım ümit vericidir. Topraksız tarımda bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için ihtiyaç duydukları besin maddelerinin hazır olarak su içinde çözündürülerek verilmesi mantığına dayanmaktadır. Tarlada yetişen bitki büyüme ve gelişmesi için gerekli olan besin maddelerini topraktan almaktadır. Bu sistemde toprakta alınan besinler hazır olarak verilmektedir. Aktif topraksız tarımın geçmişi 50-60 yıllık geçmişe sahip olmasına rağmen çeşitli kaynaklara göre çok eskiden benzer üretim yapıldığı bildirilmektedir. Tarihte asma bahçeleri ile ünlenen Babil, yüzen bahçeleri ile Aztekler topraksız tarımın öncüleridir. Milattan birkaç yüzyıl öncesindeki hiyeroglif kayıtları Mısır'da suda bitki yetiştirildiği gösterilmektedir. Topraksız tarımın ilk aşaması bitkiler için gerekli olan besinlerin belirlenmesidir. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu bileşenleri belirlenmeye yönelik ilk çalışmalar 1600'lü yıllarda Fransis Bacon tarafından yazılan *Sylva Sylvarum* eseri ve İngiliz araştırmacı John Woodward'ın nane bitkisi üzerinde yapılan çalışmalar

ilkleri oluşturmaktadır. Alman botanikçiler Julius von Sachs ve Wilhelm Knop 1859-65 yılları arasında çalışmaları topraksız tarımda bir çığır açmış ve geliştirdikleri besin çözeltisi tekniği halen yaygın olarak kullanılmaktadır. Amerika'da William Frederick Gerick Berkeley 1929 başlayan çalışmaları ve sonrasında besin çözeltisi içinde domates yetiştirilmesi ve bu tekniği 1937 yılında Yunancada su (hydro) ve çalışma (ponos) anlamlarına gelen hidroponik (hydroponics) adını vermiştir. Topraksız tarımın ilk uygulamalı örneği II. Dünya savaşı esnasında Amerika ordusu tarafından askerlerine taze sebze sağlamak için Pasifik Okyanusu'ndaki adalarda gerçekleştirilmiştir. Bu yetiştiricilikte su ve çakıl kültürü kullanılmıştır. Topraksız tarımın 1970'li yıllarda hız kazanmasının en önemli sebebi o yıllardaki enerji darboğazı gelmektedir. Topraklı tarımda toprağın dezenfeksiyonun çok yüksek maliyetlere çıkması topraksız tarımın ticari seralar da gelişmesine neden olmuştur. Diğer bir neden ise seralarda uygulanan monokültür üretim şeklidir. Seralarda sürekli uygulanan monokültür nedeniyle toprak kaynaklı hastalıklar, zararlıların artışı, toprak yorgunluğu, verim ve kalitenin düşmesi nedenlerin tamamı üretimi sınırlayan sorunlardır. Bu sorunların üstesinde gelinebilmesi için daha fazla organik madde kullanılabilir, sera toprağı seranın işlenmediği dönemlerde toprağı dezenfekte edilebilir ya da toprak değiştirilebilir. Dezenfeksiyonda fiziksel dezenfeksiyon ve kimyasal dezenfeksiyon en uygulanabilir yöntemlerin başında gelmektedirler. Toprağın belirli dönemlerde buharla dezenfekte etmek en uygun yöntemdir. Ancak bu yöntem çok yüksek maliyet gerektirmektedir. Diğer yöntem ise kimyasal dezenfeksiyon yöntemidir. Kimyasal dezenfeksiyonlar toprakta kalıntı bırakmaları ve bu kalıntıların zamanla ürüne geçmesi halk sağlığı için istenmeyen durumlardır. Seralardaki bu toprak dezenfeksiyonu sorunu yeni alternatiflerin arayışını hızlandırmıştır. Bu alternatiflerin arasında topraksız tarım en uygun olarak ilk sırada yer almaktadır.

#### ✓ İnert Madde

Kimyasal olarak aktif olamayan, üzerinde taşıdığı çözelti ya da maddelerle tepkimeye girmeyen maddelere denir.

Topraksız tarımında, su ve substrat kültürü olmak üzere iki farklı ortam kullanılmaktadır. Su kültüründe bitki durgun ya da akan su içinde ve bitkinin ihtiyaç duyduğu besin maddesi besin çözeltisi şeklinde verilmektedir. Substrat kültüründe ise bitki organik, inorganik ya da sentetik materyaller içinde ve bitkiler ihtiyaç duyduğu su ve besin dışarıdan verilmektedir. İlk katı ortamların kullanıldığı topraksız tarımda kum ve çakıl kullanıldığında geleneksel olarak katı ortam yetiştiricilik *agregat kültürü* ve kullanılan substratlar da *agregat* olarak isimlendirilmiştir. Ancak bu tekniğin zaman içinde gelişmesi ile kayayünü, ağaç kabukları, torf, çeşitli bitki kalıntıları gibi çok farklı materyallerinin kullanılması bu terimin kullanımı tam olarak katı ortamları karşılamadığı açıktır. Topraksız tarım son yıllarda dünyada olduğu gibi Türkiye'de de bu üretim şeklinin kullanımında yükseliş görülmektedir. 1995 yılında 10 hektar olan üretim alanı hızla artarak 2014 yılında 700 ha üretim alanına sahip olmuştur. Ülkemizde topraksız tarımı ilk olarak 1995 yılında Akdeniz bölgesinde Antalya'da başlamıştır. Son yıllarda topraksız tarım yapan işletmeler jeotermal alanların bulunduğu Ege bölgesine (Aydın, Manisa ve İzmir) kaydıklarını görmekteyiz. Bunun en önemli sebebi yüksek verim ve iyi kaliteyi yakalamak için muhakkak gerekli olan sera iklimlendirmesidir. Topraksız tarımda teorik olarak hemen hemen bütün bitkiler yetiştirilebilir. Dünyadaki ürün çeşitliliği çok çeşitli iken Türkiye'de daha çok sebze yetiştiriciliği ve ikinci sırada kesme çiçek yetiştiriciliği yapılmaktadır. Topraksız tarım yoluyla ticari olarak tahıl (çeltik, mısır), meyve (çilek), meyveli (sebze), yapraklı sebze (marul, maydanoz, deniz ıspanağı), tıbbi önemi olan bitkiler (sarı sabır, kalyoz), aromatik önemi olan bitkiler (nene, fesleğen, kekik), süs bitkileri (gül, kadife çiçeği, karanfil, kasımpatı) ve yem bitkiler (sorgum, yonca, arpa, halı çimi vb.) yetiştirilmektedir. Türkiye'de yetiştirilen ürünler illere göre değişmekle birlikte daha çok domates, hıyar, marul, fasulye vb. sebzeler ve kesme çiçek yetiştirilmektedir. Topraksız tarım bilgi ve teknolojinin birlikte kullanıldığı bir üretim şekli olmakla birlikte modern ticari üretimden en basit amatör üretim yetiştiriciliğine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Seralarda toprağın sebep olduğu sorunlar (dezenfeksiyon, toprak yorgun-

luğu vs.) alternatif olarak ortaya çıkan bu üretim şekli önemli bir bitki üretim merkezleri olmuştur. Topraksız tarım ile evlerde ve ofislerde çiçek ve sebze üreticiliği hobi amaçlı rahatlıkla yapılabilir. Öğrenme ve eğitim amaçlı okul ve rehabilitasyon merkezlerinde bitki yetiştiriciliği yapılmaktadır. Küçük ölçekli sebze yetiştiriciliği ile hem beslenme hem de ek gelir elde etmek amacıyla yapılmaktadır.

### Topraksız Tarımın Avantaj ve Dezavantajları

Topraksız tarımın önemini artıran en önemli neden, toprağın bitki yetiştiriciliği için uygun olmayan (çöller, turistik adalar, deniz etkisindeki tuzlu topraklar, kayalık ya da sarp araziler ve jeotermal alanlar) alanlarda bitki üretimi için verimli kılar. Suyun en verimli şekilde kullanımını sağlamaktadır. Su miktarının ve kalitesinin uygun olmadığı bölgelerde (sıcak ve kurak bölgeler) önemli bir avantajdır. Topraksız tarım topraklı tarım ile karşılaştırıldığında daha yüksek verim sunmaktadır. Bitkiler kontrolü bir şekilde beslenme yapıldığından daha kaliteli ürün şansını vermektedir. Topraksız tarım işletmelerinde kuruluş aşamasından sonra topraklı tarımdaki toprak işleme ve yabancı ot ile mücadele gibi iş gücü gerekli değildir. Topraksız tarımda kullanılan tekniğe göre değişmekle birlikte sulamada kolaylık sağlamaktadır. Topraklı tarımda ortamın dezenfeksiyonu her zaman sorun olmuştur. Buna karşın topraksız tarımda ortam dezenfeksiyonu gerekli değil ya da oldukça kolay ve ekonomiktir. Tüm bunların yanında topraksız tarımın topraklı tarıma göre başlangıç aşamasında; bitki yetiştirme yeri (su kültürü, katı ortam ise; yatak, torba, saksı vb.), yetiştirme yerlerinin hazırlanmasında kullanılan konstrüksiyon maliyeti, kullanılacak katı substratın yerli ya da ithal olması, substratın ekonomik ömrü, beslemede kullanılacak gübreleme sistemi, kullanılacak suyun kalitesinin iyileştirmesine yönelik yapılan harcamalar ve besin çözeltilisinin veya ortamın dezenfeksiyonu gibi maliyetlerden dolayı masraflıdır. Ayrıca topraksız tarıma başlayabilmek için yeterli bilgi (bitki yetiştirme, bitki fizyolojisi, bitki besleme, sulama teknikleri, kimya bilgisi, bitki koruma bilgisi, otomasyon ve teknoloji ve elde edilen ürünlerin pazarlanması) birikimine ihtiyaç vardır.

### Topraksız Tarımda Yetiştirme Teknikleri ve Ortamları

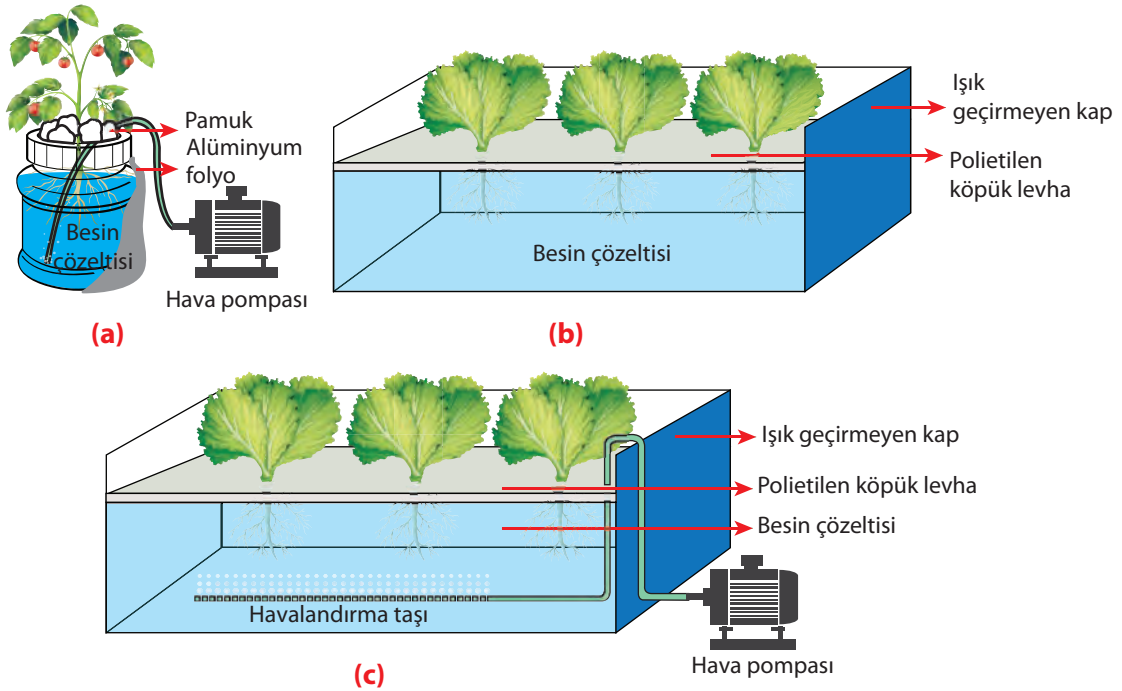
Topraklı tarımda bitki toprak suyu içinde çözünen mineralleri gelişmiş kökleri ile topraktan emerek alır. Topraksız tarımda ise bitkinin ihtiyaç duyduğu besinleri su içinde hazır olarak kök ortamına sunulmaktadır ve bitki köklerinin fazladan gelişmesine gerek yoktur. Bu sistemde artık bitkinin gelişmesi için toprağa ihtiyaç duyulmamaktadır. Topraksız tarım bitkinin yetiştirildiği ortama göre su kültürü (hidroponik) ve substrat (katı ortam) kültürü olmak üzere iki ana gruba ayrılır. **Hidroponik (su kültürü)** *durgun su kültürü*, *akan su kültürü* ve *aerponik* (besin çözeltisi sisi) *su kültürü* olmak üzere üç ana grupta toplanmaktadır. **Substrat (katı ortam) kültüründe** ise bitkilerin kökleri *organik*, *inorganik* ya da *sentetik* materyallerinden birisinin içinde gelişirler. Bitkinin gereksinim duyduğu su ve besin maddeleri ihtiyaca göre hazırlanan besin çözeltileri vasıtası ile karşılanır.

### Su Kùltürü (Hidroponik Sistemler)

**Durgun su kültürü:** Bu sistemde herhangi bir katı ortam olmadan yapılan bitki yetiştiriciliğidir. Bitki ihtiyacına göre hazırlanmış besin çözeltisi içine bitki köklerinin doğrudan yerleştirilmesidir. Bu teknik 18. yüzyıldan itibaren laboratuvar ortamlarında temel bitki besin elementlerinin belirlenmesi için kullanılan başlıca yöntemdir. Bu sistemin kullanılabilmesi için; sisteme uygun köklere sahip bitkiye, uygun besin çözeltilisine ve havalandırma sistemine ihtiyaç vardır. Havalandırma, havalandırma çubuğu veya akvaryum havalandırma pompası gibi bir havalandırma aparatı ile yapılmalıdır. Bitkilerin yetiştirildiği ortam ya da kaplar ışık geçirmeyen bir malzemeden oluşması gerekmektedir. Ayrıca besin çözeltilisinin seviyesini ya otomatik bir aparat ile kontrol edilmeli ya da sık sık gözlem yapılarak eksilen su miktarının hazırlanan stok çözeltili ile tamamlanmalıdır. Bitkilerin büyüklüğu ve çözeltilinin hacmine göre çözeltili 7-14 gün ara ile değiştirilmesi gerekebilir. Bitki genç iken çözeltili uzun süre kullanılabilirken bitkinin büyümesi ile çözeltilinin değiştirme sıklığı da artacaktır. Bu yöntem büyük çaplı ticari üretimler için bazı kısıtlamalara sahiptir. Ancak bitki besleme ile ilgili çalışmalarda, ev, ofis ve okullarda hobi amaçlı bitki yetiştiriciliği

için uygundur (Şekil 6.4). Bu işle uğraşanların kendileri tasarlayabilecekleri gibi piyasada istenilen bitki sayısı kadar (bir veya daha fazla) yetiştirmeye uygun durgun su kültürü sistemleri mevcuttur. Herkesin ulaşabileceği bir kavanozla evlerinde, ofislerinde ya da okullarda eğitim amaçlı olarak durgun su kültürü yapılabilir. Bunun için bir kavanoz, bitkiyi destekleyecek pamuk ve benzeri malzeme, ışık geçirmemesi için alüminyum folyo, akvaryum pompası ve son olarak kendilerinin ya da hazır olarak alacakları besin çözeltisi ile istedikleri bitkiyi yetiştirebilirler (Şekil 6.4a). Durgun su kültürü kullanılarak ticari olarak bitki yetiştirmek için daha çok çabuk yetişen ve dönemi kısa olan marul ve diğer yeşilliklerin üretimi yapılmaktadır. Bu teknikte takriben 25-30 cm derinlikte havuzlarda üretim yapılmaktadır. Bu havuzlardaki besin çözeltisi üzerinde serbest yüzen hafif bir malzeme kullanılır. Bu yüzdürme işi için çoğunlukla oldukça hafif polietilen köpük kullanılmaktadır. Durgun su kültürü sistemi havalandırmaz ve havalandırmalı olarak iki şekilde kullanılmaktadır.

**Havalandırmaz su kültürü:** Bu sistem ticari amaçlı kullanım için çok uygun değildir, bitki beslenmesini konu alan kısa süreli araştırmalar için kullanılmaktadır (Şekil 6.4b). Havalandırma pompası yok, ancak besin çözeltisi ışık alamayacak şekilde ve ısıyı kontrol altında tutulmaktadır. Besin çözeltisi tank, küvet ya da benzeri küçük havuzcuları kullanılır ve üstten 5-10 cm kalacak şekilde besin çözeltisi ilave edilir. Besin çözeltisinin üstüne batmayan yüzen bir platform yerleştirilir ve fideler platformdan açılan deliklerden kökleri besin çözeltiye değecek şekilde yerleştirilir. Daha öncede belirtildiği gibi bitki büyümeye başladıkça 7-14 gün arayla çözeltinin hacmi ve bitki çeşidi göz önünde bulundurularak çözelti değiştirilir.



Şekil 6.4 (a) Ev ve ofis tipi durgun su kültürü, (b) Havalandırmaz su kültürü sistemi, (c) Havalandırmalı su kültürü sistemi.

**Havalandırmalı su kültürü:** Bu sistemde 25-30 cm derinlikteki küvet, tank, tekne ve havuzlarda ve havalandırma kullanılarak yapılan üretim şeklidir. Bu sistem diğer sisteme göre daha fazla üretimlerin yapılmasına daha uygundur. Diğer sisteme benzer olarak üstten 5-10 cm boşluk kalacak şekilde ortama besin çözeltisi eklenir. Çözeltinin sıcaklık değişimi kontrol altında tutulur ve besin çözeltisinin ışık almamasına dikkat edilir. Bitki fidelerinin ekilecek platform hafif tercihen polietilen köpük kullanılabilir. Besin çözeltisi üzerinde yüzen platformdan açılan deliklere ekilir.



Durgun su kùltüründe havalandırma büyük bir problemdir. Bunun için bitki ekilen tank veya küvet akvaryum pompası ya da benzeri bir hava motoru kullanarak ihtiyaca göre ya da günde en az 1-2 dakika süreyle havalandırılmalıdır (Şekil 6.4c). Günümüzde bu istemler bir otomatik zamanlayıcı ile belirlenen saatlerde havalandırma yapılmaktadır. Büyük ticari sistemlerde besin çözeltilisinin alt kısmına yerleştirilecek bir havalandırma taşı havanın homojen olarak su içinde dağılımını sağlayacaktır. Böylece bitki köklerinin ihtiyaç duyduğu oksijen sağlamış olmaktadır. Bu sistemde de 7-14 gün arayla ya da bitkinin büyümesiyle daha sık besin çözeltilisi değiştirilmelidir. Durgun su kùltürü sistemlerinde havalandırma sorunu gelgit sistemi tarzı bir kurulum ile köklerin havalandırılması sağlanmış olmaktadır. *Gelgit sisteminde* besin deposuna bağlı pompa belirli bir süre çalışarak besin çözeltilisini bitki yetiştirme ortamına istenen yüksekliğe kadar aktarılır. Besin çözeltilisi istenilen yüksekliğe gelince fazlası geri dönüş tahliye açıklığında besin tankına döner. Pompa devre dışı kalınca bitki yetiştirme tankında bulunan besin çözeltilisi tanka geri döner. Böylece bitki kökleri hava ile buluşarak oksijenlenmiş olur.

**Akan su kùltürü:** Durgun su kùltürü ile bitki yetiştiriciliğinde havalandırma sorunu ve bu nedenle ortaya çıkan alglerin (su yosunları) yarattığı olumsuz şartlardan dolayı akan su kùltürü daha cazip hale gelmiştir. Akan su kùltürü; besleyici film tekniği (NFT), derin, yarı derin akan su kùltürü (hyponica) ve katlı akan su kùltürü sistemleri gibi çok farklı şekillerde uygulamaları bulunmaktadır (Şekil 6.5a).

**Besleyici film tekniği (NFT):** Bu teknik ile bitki yetiştiriciliği Allan Cooper tarafından 1970'li yıllarda İngiltere'de geliştirilmiştir. NFT (Nutrient Film Technique) bitki yeterli miktarda oksijen ve besin elementlerini bitki kökleri boyunca yüzeyel bir tabaka halinde akan çözeltiliden alma esasına dayanarak geliştirilen bir tekniktir. Çalışma prensibinde yeterli miktarda su ve besin maddesi oksijen zenginleşmesi için bitki kökleri boyunca 1-2 mm (1 cm'den az) kalınlıkta ince bir tabaka halinde akıtılmasıdır (Şekil 6.5a). Bu sistem ile bitki yetiştiriciliğinde; besin çözeltilisi, bitki köklerinin içinde bulunduğu ve suyun dolaştığı kanallar

ya da borular, besin çözeltilisinin sisteme verildiği ve sistemden geri gelen çözeltilinin toplandığı çözeltili tanklarından oluşmaktadır. Ayrıca bu sistem, gerektiğinde besin çözeltilisine müdahale ve değiştirilebilme kolaylığı vermektedir. NFT tekniği ile bitki yetiştiriciliğinde bitki türüne uygun ebatlarda kanallar kullanılmaktadır. Günümüzde sert plastik kanallar daha çok kullanılmaktadır. Ancak beton gibi farklı malzemeden de yapılabilir. Sert plastik düşük maliyet, besin çözeltilisinin kirlenmesini engellemek ve çeşitli bulaşıklardan korunması için daha avantajlıdır. Yetiştirme kanalları yetiştirilen bitki çeşidine göre değişmekle birlikte sebze yetiştiriciliğinde kanal tabanları 25-30 cm olan kanallar tercih edilmektedir. Marul yetiştiriciliği için 10 cm genişliğindeki kanal yeterli olmaktadır. Kanal uzunluklar 20-30 m'den daha uzun olmaması gerekmektedir. Su akışının sağlanması için uygun bir eğim verilmesi gerekmektedir. 1/50 ve 1/70'lik eğimler uygun olmakla birlikte eğimin 1/100'den daha düşük olması gerekmektedir. Ayrıca kanallardan besin çözeltilisinin akıp gitmesini engellemek ve bitkileri daha iyi alması için keçe ve benzeri bir materyal kanal içine şerit şeklinde yerleştirilmesi gerekmektedir. Sistem üzerinde bırakılan açıklıklar fide saksıları veya kayayünü bloklarının büyüklükleri ile uygun olmalıdır. Çünkü tam yerleşmeyen saksıların kenarında besin çözeltilisinin buharlaşması ve istenmeyen çeşitli alglerin gelişmesine neden olacaktır. Kullanılan fideler; kanallara dibi ve yanları kafes şeklinde olan perlit, ponza gibi kimyasal olarak inert bir malzeme ile doldurulan saksılar ya da kayayünü blokları içinde yerleştirilmelidir. Son zamanlarda kayayününde üretilmiş fideler daha çok kullanılmaktadır. Kullanılan besin tankının ışık almaması ve besin çözeltilisinin sıcaklığını koruyacak şekilde olmasına dikkat edilmelidir. Çözeltili sıcaklığı yetiştirilecek bitki çeşidine göre değişebilir. Örneğin domates bitkisi için ideal sıcaklık 20-25 °C iken marul için 16-18 derece olmaktadır. Hıyar bitkisi için istenilen sıcaklık 20 °C'nin üzerinde olmalıdır. Besin çözeltilisinin ve bitki kök bölgesinin sıcaklığı, bitkilerde meydana gelebilecek çeşitli mantar enfeksiyonların önlenmesi için önemlidir. Özellikle sıcak bölgelerde NFT tekniği ile yapılan yetiştiricilikte *Pythium* (çökerten) mantarı sorun olmakta-

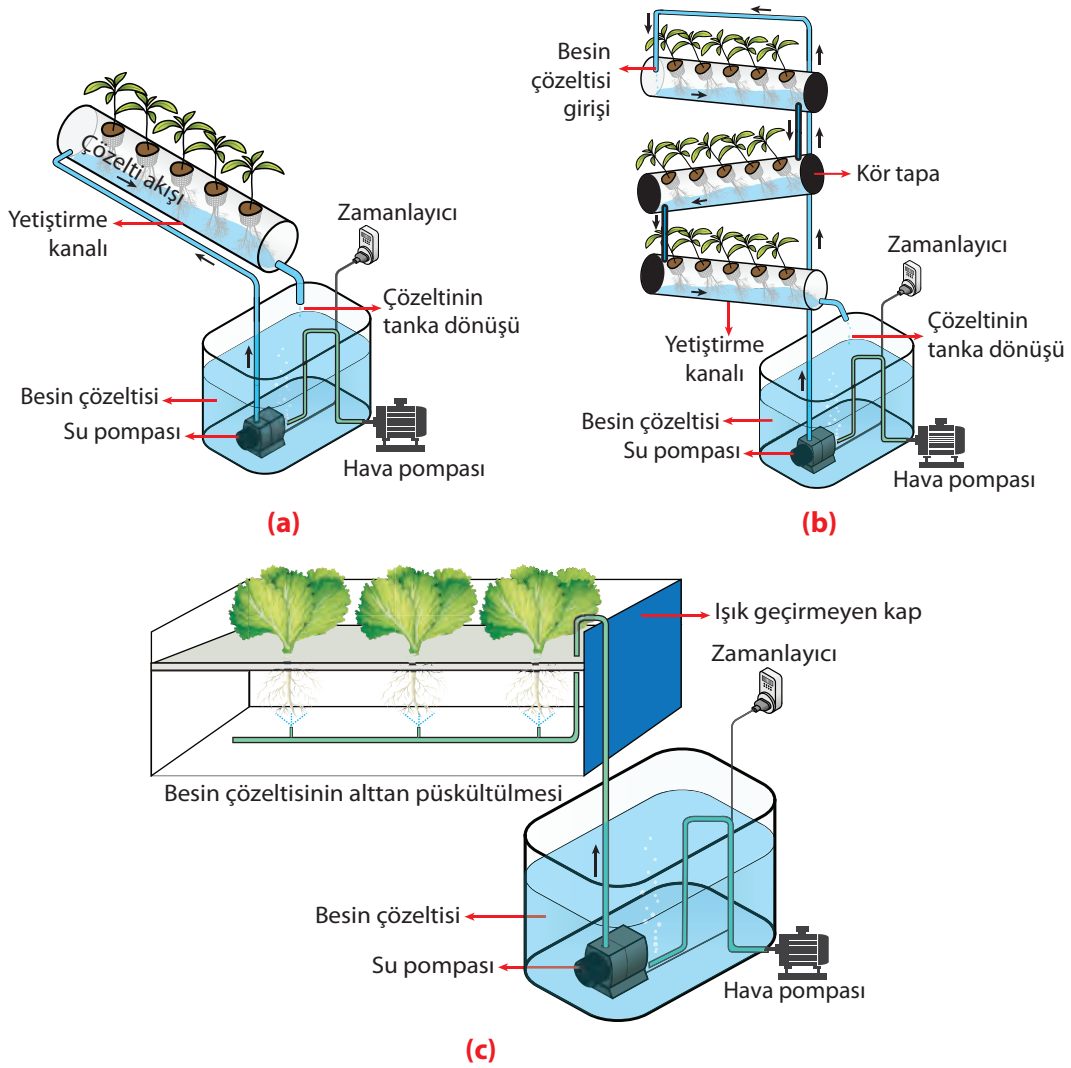
dır. Ticari seralarda bu teknik ile yapılan bitki yetiştiricilikte iki tank kullanımı tercih edilmektedir. Bu tanklardan biri eğimin üst tarafında *beslenme*, diğeri ise kanal sistemin seviyesinin altında *toplama* amacı ile yerleştirilmektedir. Beslenme tankından kanallara giden besin borularının 1 inçlik boyutlarda olması ve çözeltinin havalanması ve tıkanmaların önceden tespiti için kanallara yaklaşık olarak 5 cm yukarısından takılması uygun olduğu kabul edilmektedir. Sistem içinde akan çözeltinin dakikada 2-4 litre olması ve çözeltinin havalandırılması ve oksijen bakımından zenginleşmesi için kanallardan toplama tankına gelen çözeltinin yüksekten akıtılması önemlidir. Bu sistemde üretimin başından itibaren her aşamasında pH kontrolü, besin element içeriği, filtrasyon ve sterilizasyon işlemlerinin yapılması verimli ve sağlıklı bir üretim için önemlidir. Besleyici film tekniğinde yapılacak kimyasal analizlere veya elektriksel geçirgenliğe göre besin elementleri çözeltilere ilave edilmelidir. Bu analizler sonucunda mikro elementler için 4-6 hafta makro elementler için ise 2-3 hafta arayla periyodik olarak yapılması gerekmektedir. Birçok bitki için elektriksel geçirgenlik değeri 2.0-3.0 mS/cm aralığındadır. Besleyici film tekniğinde besin çözeltisinin sistem içinde dolanımı kesintili ve kesintisiz (sürekli) olmak üzere iki şekilde olmaktadır. Sisteme kesintili besin akışı; elektrik tasarufunu sağlar, pompa gibi ekipmanların kullanım süresini artırır, bazı bitkilerin yetiştiriciliğinde örneğin domates bitkisinde kullanıldığında erken dönemde meyve oluşturur ve kök bölgesinde oksijen miktarını artırmaktadır. Kesikli sistemlerin programlaması bir zamanlayıcı ya da solar integratör kullanılarak yapılabilir. Zamanlayıcı genellikle 15 dakika çalışır 15 dakika durur, 30 dakika çalışır 30 dakika durur veya 45 dakika arayla çalışır.

**Derin, yarı derin akan su kültürü (Hyponica):** Japonya'dan geliştirilen bu sistemler besin çözeltisinin kuvvetli havalandırma temel prensibine dayanmaktadır. *Kyowa Yarı Derin Su Kültürü* olarak bilinen sistemde besin çözeltisi bir hava karıştırıcısı içinden geçirilerek yetiştirme ortamına verilir. Böylece oksijence zenginleşen çözelti kılcal borularla bitki köklerine iletilir. Kullanılan yetiştirme ünitelerinin uzunluğu 3-15 m genişliği 1 m kadardır. *M Sistemi* inde ise; yetiştirme ortamındaki çözelti

sirkülasyon pompaları tarafından emilir ve hava ile zenginleştirdikten sonra tekrar yetiştirme ortamına verilir. Akan su kültüründe diğeri bir yöntem ise *Ein Geidi* yöntemidir. Bu yöntemde bitki kökleri sürekli dolaştırılan ve bir sprey ile havalandırılan çözelti içinde bulunmaktadır. Bu sistem aeroponik sistemlere benzemektedir. Ancak kökler su içindedir. Bu sistem daha çok yüksek sıcaklıkta besin çözeltisinde görülün oksijen sorunlarını gidermek için kullanılmaktadır. Bu sistemde çözelti 20 cm genişlikte, 10 cm derinlikte ve 15 m uzunluktaki yetiştirme yataklarına sprey başlıkları ile püskürtülerek verilir.

**Katlı akan su kültürü sistemleri:** Bu sistem ile sahip olunan alandaki bitki sayısını artırmak için akan su kültürü katlı olarak yapılabilir. Bu sistem çilek ve marul üretimi için yaygındır. Katlı yapının tasarımı kullanılan malzeme veya mekanın yapısına göre yapılan farklı şekillerde belli bir eğim ile tasarlanır. Bu sistem evlerde, ofislerde hobi amaçlı olarak kullanıma uygundur. Bu sistemlerde bitkilerin homojen olarak ışıklandırılmasına dikkat edilmelidir (Şekil 6.5b). Besin çözeltisi bir pompa ile en üst kısma pompalanır ve sonra tüm sistem boyunca akan su en son dönüş tankına dökülür.

**Aeroponik sistemler:** Aeroponik sistemlerde besin çözeltisi bitkilere bir sprey vasıtası ile sis şeklinde verilmektedir. Bu sistemin diğeri topraksız sistemlerde bitki gelişimi için sınırlayıcı olan su ve oksijen sorunu aeroponik sistemde yeterli miktarda bulunmaktadır. Bu nedenle diğeri topraksız kültür şekillerine nazaran su ve gübre kullanımında önemli derecede ekonomik avantaj sağlamaktadır. Su miktarının az olduğu ve su kalitesinin düşük yerlerde sistem kullanışlıdır. Ayrıca birim alanda daha çok bitki dikimi, hızlı bitki gelişimi, yüksek verim ve erkenci ürünlerin elde edilmesi gibi avantajları vardır. Sistem ışık geçirmeyen bir kap ya da yapı içinde ve besin çözeltisi bitki köklerine kesikli ve kesiksiz olarak bitki kök bölgesine hava ile karıştırılarak püskürtülür (Şekil 6.5c). Bu sistemin kurulabilmesi için besin tankı, kapalı bir kap ve sislenme düzeneği gereklidir. Bu istem ile marul, ıspanak, domates, çilek, gerbera, nergis gibi çeşitli sebzeler, süs bitkilerin yetiştiriciliği ve çelik kökendirme için uygundur.



Şekil 6.5 (a) Akan Su Kùltürü (NFT), (b) Katlı akan su kùltürü (NFT), (c) Aeroponik sistem.

## Katı Ortam Kùltürü

Genellikle ticari yetiştiricilikte substrat (katı ortam) kùltürü daha çok tercih edilmektedir. Bu sistemlerin kullanmasının en önemli nedenleri; su kùltürü sistemleri kesintisiz elektrik enerjisi ve iyi bir teknik altyapıya ihtiyaç duymalarıdır. Ayrıca sıcak aylarda, yüksek sıcaklıkta (35 derecenin üzeri) çözeltilerde istenmeyen bazı hastalık etmenlerin ortaya çıkması ve bitki köklerinde çürüme ve ölüme sebep olmasıdır. Katı ortam kùltürü ortamında; organik, inorganik (doğal ve işlenmiş görmüş materyal) ve sentetik materyaller kullanılmaktadır. **Organik substrat ortamları:** Torf, ağaç kabukları, talaş, Hindistan cevizi torfu, pirinç kabukları (çeltik kavuzu), yer fıstığı kabukları, mantar kompostları, şeker fabrikası atıkları, zeytinyağı endüstrisi atıkları, deniz ürünleri atıkları, şarap fabrikası atıkları, meyve suyu endüstrisi atıkları, mısır koçanları, tahıl samanları, sebze atıkları, *Sphagnum* yosunu vb. çok sayıda substrat çeşidi bulunmaktadır. İnorganik substrat ortamları: Doğal substrat ortamları (Kum, çakıl, pomza, volkan tüfü vb.) ve İşlem görmüş substrat ortamları (Vermikulit, perlit, zeolit, genişletilmiş kil, kayayünü, cam yünü vb.) olarak iki grup altında toplanır. **Sentetik substrat ortamları:** Poliüretan, polistiren ve polifil köpük vb. substrat çeşitleridir.

Yukarıdaki sınıflandırmanın yanında; kullanılan substratların kimyasal özelliklerine göre **kimyasal olarak inaktif** (inert substratlar) ve **kimyasal olarak aktif** substratlar iki ana grupta sınıflandırılabilir. Yetiştirme ortamında kullanılan kimyasal olarak inaktif olan substratlar besin çözeltili tepkimeye girmezler.

Ancak kimyasal olarak aktif katı ortamlar, ortama besin elementi verebilir veya besin elementlerini yüzeylerinde tutabilirler. Zeolit ve vermikulit gibi bazı inorganik materyallerin katyon değiştirme kapasiteleri yüksektir. Birçok inorganik substrat kimyasal olarak inaktiftir. Substrat olarak kullanılan organik ortamlar genellikle kimyasal olarak az ya da çok aktif durum gösterirler. Topraksız tarımda yetiştirme ortamı bitkileri ayakta tutma, su ve besin maddesi sağlamak için önemli görevler üstlendiğinden ortamın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Bu özellikler:

- Hacim ağırlığının düşük olması tercih edilir. Düşük hacim ağırlıklı ortamlar hafiftir ve gerektiğinde ortamların yer değiştirilmesinde hem düşük maliyet sağlar hem de işçilik bakımından kolaydır.
- Bitkileri ayakta tutabilme özelliğine sahip olmalıdır.
- İdeal porozite oranına sahip olunmalıdır. Ortamın toplam porozitesi (gözeneklilik) oranı %75-80'den az olmamalıdır. Porozite oranı ortamın havalandırılması ve su tutması açısından önemlidir. Suyu tutan küçük gözenekler ile havalandırmayı yapan büyük gözeneklerin oranı ideal olmalıdır.
- Ortamın su ve hava oranı yeterli miktarda olmalıdır. Ortamın iyi drene olup olmadığı önemlidir. Bu nedenle seçilen ortam materyalinin tane iriliği, şekli ve gözenek durumuna dikkat edilmelidir.
- Ortam materyalinin toksisite yaratıp yaratmadığı önemlidir.
- Ortamda kullanılacak materyallerin göre sulama sistemi kurulmalıdır. Kaba bir materyal seçiminde alttan sulama tercih edilirken ince materyaller seçiminde ise damlama sulama sistemleri kullanılmalıdır.
- Seçilen materyalin ucuz, kolay temin edilebilir ve taşınabilir olunmalıdır.
- Katı ortamda kullanılacak materyalin zamanla fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozulmamalıdır. Tercih edilen materyal kimyasal olarak inaktif (inert substrat) özellikte olunmalıdır.
- Tuz içeriğinin düşük ve pH'sı 5.0-6.5 arasında ya da ayarlanabilir özellikte olunmalıdır.
- Katyon değişim kapasitesinin uygun olmalıdır.
- Kullanılacak materyal hastalık ve zararlılarla bulaşık olmamalıdır. Sterilize edilebilir ve atık sorunu oluşturmamalıdır.

**Sıklıkla kullanılan bazı substratlar:** Kullanılan materyaller ülkelerin sahip olduğu teknik, bilgi, tedarik ve sahip oldukları kaynaklarına göre değişmektedir. Akdeniz ülkelerinde perlit ve kayayünü kullanımı yaygın iken daha ekonomik olması nedeniyle volkanik tüf ve pomza kullanımı da görülmektedir. Kuzey Avrupa ülkelerinde daha çok kayayünü kullanımı öne çıkmaktadır. Ülkemizde daha çok kayayünü, perlit ve hindistan cevizi torfu (cocopeat, coir) kullanıldığı görülmektedir.

**Torf (turba):** Su düzeyinin üzerinde kalan karayosunların, bataklık sazlıkların su dibine uzun yıllar içinde bıraktıkları artıkların havasız koşullarda çürüyüp birikmesi sonucu oluşan %100 organik olan doğal materyallerdir. Torfun bitki yetiştiriciliği açısından incelendiğinde herhangi bir besleyicilik özelliği bulunmamaktadır. Ancak hafif, su tutma kapasitesi ve katyon değişim kapasitesi (100-150 meq/100g) yüksek bir materyal olduğundan suyun ve gübrelerin bitkiye yavaş ve düzenli olarak geçmesini sağladığı için önemlidir. Kullanılan torfun çeşidine bağlı olarak pH'sı kireç eklenerek yükseltilebilir. Torfun kalitesi ayrışma derecesi ve meydana geldiği bitkinin çeşidine (türüne) göre değişmektedir. *Sphagnum* karayosunu en kaliteli torfları oluşturmaktadır. Bu torf soğuk kuzey kutbuna yakın Finlandiya, Rusya, Almanya, Kanada gibi kuzey ülkelerinde bulunmaktadır. Türkiye torfları daha çok *Phragmites* ve *Carex* karışımından meydana gelmektedir. Günümüzde torf alanların aşırı tahribi küresel ısınma ve CO<sub>2</sub> salınımı artırması nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Kullanımdan sonra atık oluşturmamaktadır.

**Hindistan cevizi torfu (cocopeat, coir):** Tropikal bölgelerde yetiştirilen Hindistan cevizi (*Cocos nucifera*) bitkisinin meyvelerinin kabuklarının liflerinden elde edilen organik bir materyaldir. Hindistan cevizi bitkisi Sri Lanka, Filipinler, Endonezya, Hindistan ve Latin Amerika gibi ülkeler tarafından üretimi yapılmaktadır. Hazırlanan ürünler sıkıştırılmış 5-25 kg'lık bloklar halinde kullanıma sunulur. Kullanmadan önce su verilerek şişirilir. Dünyada kullanımı artmaktadır, atık oluşturmadığından ekolojik bir üründür, tarım sonrasında toprak düzenleyici olarak kullanılmaktadır. Hindistan cevizi torfu yatak, torba veya saksıların içerisine yerleştirilerek tarıma hazır hale getirilmektedir.

**Kayayünü:** Topraksız tarımda ilk olarak Danimarka'da 1969 yılında kullanılmış ve Hollanda'da kullanımı gelişmiştir. Kayayünü %60 bazalt, %20 kireçtaşı ve %20 kok kömürünün karışımı ve bazı işlemler sonucunda elde edilir. Elde



edilen bu lifler preslenerek plastik ambalajlar içinde pazarlanır. Tarımda kullanılacak kayayünün lif uzunluğu ve kalınlığı ayarlanarak istenen özellikte gözenek sağlanır. Tarımda kullanılan kaya yünü hafif, hacim ağırlığı 0.07-0.1 gr /cm<sup>3</sup> ve kuru haldeki kayayünü dilimleri %5 lif, %95 oranında hava boşluğu içermektedir. Sulama sonrasında drene olan kayayünü su/hava oranı 65/30 kadardır ve kayayünündeki suyun %90'nı bitkiler tarafından alınabilmektedir. Ürün ilk kullanımda besin çözeltilisinin pH'ını yükseltebilir kullanıldıkça bu etki azalır. Kayayünü sterildir, her kullanımdan sonra steril edilebilir ve ürünün tarım sonrasında tekrar işlenerek inşaat ya da saksılarda bitki yetiştirilmesinde kullanılabilir.

**Perlit:** Perlit ülkemizde bolca bulunan volkanik kayaların bir dizi işleme tabi tutulması sonucunda elde edilir. Tarımda tercih edilen perlitin tanecik çapı 0-6 mm arasındadır. Perlitin topraksız tarımda tercih edilmesinin en önemli nedenleri; kimyasal olarak inert bir materyal olması, pH'ının nötr olması, hafif ve steril olması, bitki kökleri için havalanma kapasitesinin yüksek olması, su ve besin maddelerin bitkilerin kolayca alabileceği şekilde tutması gibi özelliklere sahip olmasıdır. Perlit inert bir materyal olduğundan atık sorunu yoktur. İlk kullanımda steril olan perlit istenildiğinde sterilizasyonu yapılabilir. Ekonomik ömrü 4-5 yıl kadardır ancak kullanıldıkça perlit taneleri fiziksel olarak parçalanması istenmeyen bir durumdur. Perlit maddesinin pH'ı 7'dir. Besin solüsyonlarının pH'ı 5'in altına düştüğünde Al toksisitesi olabilmektedir. Katyon değişim kapasitesi yok denecek kadar çok düşüktür. Perlitin dünya üzerindeki rezervlerin %70'i Ülkemizde Ege Bölgesinin kıyı kesiminde bulunmaktadır.

### Katı Ortamlarda Yetiştirme Yöntemleri

Katı ortama dikilecek bitkiler; saksı, viyol, tekne, torba gibi uygun taşıyıcılar içine yerleştirilmiş organik ve inorganik substratlar içinde yetiştirilir. Katı ortam kültürü ile bitki yetiştiriciliği kum kültürü, yatak ya da kanal kültürü yatay ve dikey torba kültürü ve saksı kültürü gibi çeşitli teknikler kullanılarak yapılmaktadır.

**Kum ve çakılda bitki yetiştiriciliği:** Bu gibi yetiştiricilik daha çok kumun bol olduğu bölgelerde uygundur. Kum, toprak 0,05-2.00 mm tane iriliğinde olmalı, drenaj ve havalandırma şartları sağlanmalıdır. Besin çözeltilisi damlama suyu ile ve-

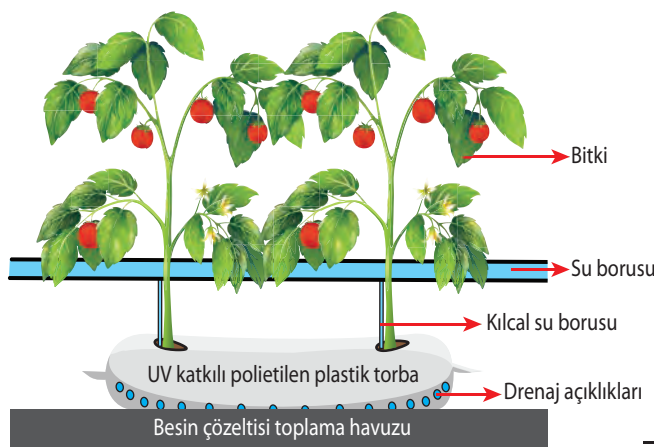
rilir, daha çok çiçek (süs bitkileri) yetiştiriciliği ve çeliklerin köklendirilmesinde uygulanmaktadır.

**Yataklarda bitki yetiştiriciliği:** Bu yetiştirme tekniği kanal ya da tekne gibi farklı isimlerle bilinen bu sistemde çok sayıda bitkinin bir arada yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu özelliği ile torba ve saksı kültürlerinden ayrılır. Yatakların hazırlanması yetiştirilecek bitki çeşidine göre değişiklik gösterebilir. Bu sistemde daha çok domates, biber ve hıyar gibi meyvesi tüketilen sebzelerin yetiştiriciliğinde uygundur. Domates, biber ve hıyar gibi sebzelerin yetiştirilmesinde karşılıklı iki sıra dikime izin verecek şekilde yatak genişlikleri 30-40 cm ya da 30-120 cm derinlik 15-20 cm ve uzunluk 30 m geçmemesi önerilir. Kanallar arası boşluk 1 m kadar seçilmelidir. Eğer soğan, marul gibi sebzeler yetiştirilecek ise yatak genişliği artırılır buna karşılık yataklar arasındaki uzaklık azaltılır. Yatakların inşası çeşitli malzemeler kullanılabilir. Seraların zemine olan eğim % 0.5-1.5 kadar olmalıdır. Böylece drene olan besin çözeltilisi ve su eğimin alt ucunda toplanması sağlanmış olur. Yatakların yüksekte inşa edilecek bir iskelet üzerinde olabileceği gibi doğrudan sera zeminine de oturtulabilir. Yüksekte hazırlanan yataklar kış aylarında bitki kökleri için daha sıcak bir ortam sağlanmış olur. İki sıra halinde ekilen bitkilere iki şekilde damlama sistemi kurulur. Bitkilere verilen besin çözeltilisi iki bitki arasında geçirilen bir damlama sulama borusu ya da bitki sıralarına paralel olarak iki sıra halindeki damlama sulama borusu yerleştirilerek verilebilir. Sistemde katı ortam olarak Hindistan cevizi, kayayünü, torf, talaş, kum ve perlit gibi materyaller kullanılmaktadır. Bu sistem geleneksel toprakla yapılan bitki yetiştiriciliğine oldukça benzemektedir. Bu sistemde sık ekilen soğan ve marul gibi bitkilerin ekimine uygundur. Yataklarda yapılan bitki yetiştiriciliği torba ve saksı yetiştiriciliği kadar özel damlatıcıların kullanımı gerektirmez. Yataklarda birden fazla bitki bir arada yetiştirildiğinde damlatma sistemindeki bir tıkanma bitkilerin beslenmesini hemen etkilemez diğer damlama borusundan faydalanır. Bu sistem topraksız tarıma yeni başlayan küçük ölçekli üreticiler için uygundur. Ancak üretim dönemi bittiğinde katı ortam substratlarının değiştirilmesi ve yatakların yeni substrat ile doldurulması ayrı bir maliyet ve zaman gerektirmektedir.

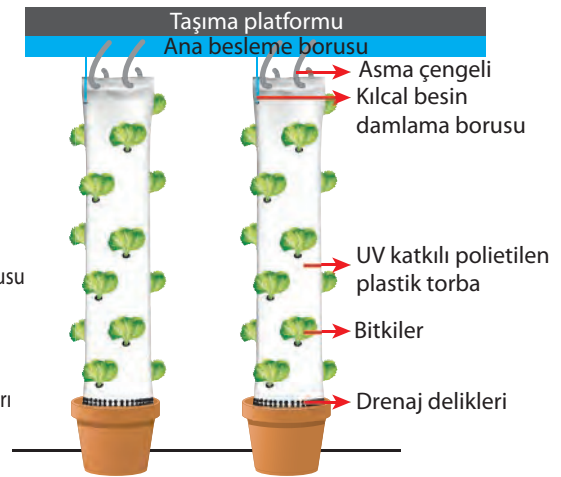
**Yatay torbalarda bitki yetiştiriciliği:** Torbalar uzun süre dayanabilen dış kısmı beyaz iç kısmı siyah renkli UV katkılı polietilen plastik torbalar tercih edilir (Şekil 6.6a). Bu sistemde kullanılan katı ortam materyalleri bir veya birden fazla materyal karıştırı-



arak oluşturulur ve bitki dikimi için torbalara yerleştirilir. Genellikle torf (turba) kültürü % 60 torf, %20 vermikülit ve %20 perlitten oluşan katı karışımlar tercih edilmektedir. Bu karışımların pH'ı 5.2-5.6 arasında bulunmaktadır. Torbaların büyüklüğü değişiklik göstermekle birlikte 100-150 cm boyunda, 6 cm yükseklikte ve 18 cm yükseklikteki torbalar genellikle iki sıra bitki dikilecek boyutlarda ki torbalar tercih edilir. Torbalardan drene olan çözeltilerin daha iyi toplanabilmesi için taşıyıcı kanalların % 0.5 eğim verilmelidir. Torbalar kanalların üzerin iki sıra bitki ekilecek şekilde yerleştirilmez. Besin çözeltisinin bitkilere dağıtımı damlama sulama tekniği ile her bitkiye bir kılcal boru gidecek şekilde düzenlenir. Torbalar tek sıra halinde yerleştirileceği gibi çift sıra halinde de yerleştirilebilir. Dikim öncesi damlama sistem ile ortam su ve besin ile doyurulur. Bir gün sonra fazla besinin drene edilmesi için torbaların her bir alt kenarı üzerinde dipten 2 cm yükseklikte ve 3 farklı yerden 3-5 cm delikler açılır. Torbaların üst tarafında açılan deliklere saksılarda ya da viyollerde yetiştirilmiş bitki fideleri şaşırtılarak dikilir. Dikim sonrası torbalardan çıkarılan kılcal borular tekrar fidelerin yanına takılır. Bitki köklerinin oksijen alımının engellenmemesi için ortam tam olarak su ve besin çözeltisi ile doyurulmamalıdır. Katı ortam sadece kayayünü ise ortam alkali olduğundan dikim öncesi pH 4.5 olan besin çözeltisi ile ortam doyurulur.



(a)



(b)

Şekil 6.6 (a) Yatay torbalarda bitki yetiştiriciliği, (b) Dikey torbalarda bitki yetiştiriciliği.

**Saksılarda bitki yetiştiriciliği:** Saksılarda yetiştirilen bitki türü ve çeşidi isteğe göre değişmekle birlikte birden fazla bitkinin yetiştirilmesine yatay saksılar daha uygundur. Saksılar seranın zeminine yerleştirileceği gibi raflı sistemde kullanılabilir. Bu yöntemde kullanılacak saksılar beslenme çözeltisinin drenajına uygun olmalıdır. Saksıların yerleştirileceği zemin % 0.5-1 kadar eğim verilmelidir. Topraksız tarım üretimi

için ayaklı yatay saksılar daha çok tercih edilmektedir. Kullanılan saksıların iyi drene olmaları için altlarında drenaj delikleri bulunmaktadır. Drenaj çözeltilisini toplamak için her saksının altına PVC boru döşemesi yapılarak saksılar yan yana dizilir. Bitkilere besin çözeltilisi damlama sulama sistemi ya da kılcal borularla verilmektedir. Bu yöntemde daha çok çiçek ve çilek üretimi yapılmaktadır. Katı ortam olarak torf, ağaç kabuğu, tuf, perlit ve talaş kullanımı yaygındır.

#### **Kullanılan substratların tekrar kullanımı:**

Katı ortamların bir üretim döneminden fazla kullanılması hem ekonomik hem de atık sorununun çözümü için önemlidir. Kum ve çakıl gibi ortamlar üretim dönemi sonunda tekrar yıkanarak ya da farklı sterilizasyon yöntemleri ile uzun yıllar kullanılabilir. Yaygın olarak kullanılan perlit, tuf, ve kayayünü gibi katı ortamlar 4-5 yıl süre ile değiştirilmeden kullanıma uygundur. Organik olan torf ve Hindistan cevizi torfunun kesekleşmesi uzun süreli kullanımını zorlaştırmaktadır. Katı ortam materyallerinin bir dönem sonunda tuz miktarının yükselmesi, nematod ve diğer hastalık etmenleri ile bulaşık olma riskleri olacağı unutulmamalıdır. Bir önceki dönemden kaynaklı tuz içeriği yükselmiş ise bol su ile yıkanmalıdır. Aynı şekilde önceki üretimlerde çeşitli hastalıklarla (mantar, nematod vb.) bulaşık durumu olmuş ise katı ortam dezenfekte edilerek kullanılmalıdır. Katı ortam kimyasal ve buhar uygulaması ile dezenfeksiyon yapılır. Günümüzde çevreye duyarlı ve sürdürülebilir tarım uygulamaları için çevreci olan buharla sterilizasyon yöntemi öncelikli olarak kullanılmaktadır. Katı ortam materyalin sıcaklığı 70 °C yükseltilerek ve 30 dakika bekletilerek dezenfeksiyon tamamlanır. Eğer viral hastalık sorunu görülmüş ise sıcaklık 15 dakika süreyle 100 °C tutularak dezenfeksiyon sağlanır. Üretime bulaşıcı olmayan materyal ile başlanmasına rağmen *Pythium* spp. ve *Phytophthora* spp. gibi zoospor oluşturan mantarlar katı ortam içinde hızla üremektedirler. Günümüzde sonradan çıkan biyolojik bulaşıcılar için kullanılan dezenfeksiyon ve fungusit uygulamalarından ziyade biyolojik mücadele yöntemleri ön plana çıkmıştır. Ortama yararlı mikrofloranın doğal olarak oluşumunun teşvik etmek veya istenen antagonistlerin ortama verilmesi ile patojenlerin baskı altına alınması hedeflenmektedir. Bitki gelişiminin artırıcı kök bakterileri ve mikorizalar kullanılmaktadır. Yaygın olarak bilinen *Rhizobium* spp., *Azospirillum* spp., *Glo-mus* spp., *Pseudomonas* spp. ve *Trichoderma* spp. gibi

mikroorganizmalar bitki gelişimini teşvik etmekte, bitkilerin patojenlere karşı direncini artırmakta ve verim artışı sağlamaktadır. Bu organizmalar biyolojik mücadelede kullanılmaktadırlar. Özellikle bitki patojenlerinin gelişimlerinin baskılanmasında antagonistik etki yaratmaktadırlar. Örneğin *Pseudomonas putida* mikroorganizması, *Phyrium ultimum*'nın domates bitkisinde neden olduğu zararları azalttığı saptanmıştır. Aynı şekilde *Pseudomonas fluorescens*, kayayününde yetiştirilen hıyar bitkisinde *Pythium aphanidermatum*'un sebep olduğu hastalığı en az % 60 kadar azalttığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır.

### **Katı Ortam Kùltüründe Bitki Besleme ve Uygulama**

**Besin çözeltilisi ve uygulanması:** Besin çözeltilisinin katı ortama; *açık* ve *kapalı* sistemler olarak iki şekilde uygulanmaktadır. **Açık sistemler:** Açık sistemlerde yetiştirme ortamına verilen besin çözeltilisi bitki kök bölgesinden drene olarak sistemden atılır. Kapalı sistemlerde ise drene olan çözeltili sisteme tekrar geri verilmek üzere toplanır. Kapalı sistemler bazı yönleri ile açık sistemlere göre daha avantajlıdır. Açık sistemlerde drene olan besin çözeltilisi tekrar kullanılmadığından önemli bir çevre sorunu haline dönüşmektedir. Eğer doğrudan doğaya bırakılırsa özellikle atılan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ve fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) iyonları yüzey ve yer altı sularına karışarak suların kirlenmesine neden olacaktır. Son yıllarda açık sistemlerde drene olan su uygun havuzlarda ya da tanklarda toplanıp sera ya da açık alanlarda toprakta yetişen bitkilerin beslenmesinde kullanılan çalışmalar bulunmaktadır. Bu sistem *yarı kapalı sistem* olarak da adlandırılmaktadır. **Kapalı sistemler:** Kapalı sistemlerin en önemli özelliği su ve gübre tasarrufudur. Ayrıca bu sistemde çevreye herhangi bir atık atılmadığından çevre dostudur. Kapalı sistemlerde drene olan çözeltilinin tekrar kullanılması çözeltilinin pH ve elektriksel geçirgenlik (EC) değerlerinin korunması zorlaşabilir. Çözeltilideki besin elementlerinin içeriğinin değişimi ürün verimini ve kalitesini düşürebilir. Bu nedenle drene olan besin çözeltilisinin EC değeri sürekli izlenmeli ve bitki beslenme dengesinin bozulmaması için 4-6 hafta arayla element analizleri yapılarak olumsuzluklar önlenmelidir. Diğer önemli bir sorun ise tekrar kullanılan çözeltilinin hastalık etmenleri ile bulaşıcı olma tehlikesidir. Dezenfeksiyon işlemi filtrasyon, pastörizasyon, kimyasal uygulama, aktif karbon

uygulanması ve çözeltinin UV lambası altında geçirme çeşitli şekillerde yapılır. Topraksız tarımın yaygın olduğu Hollanda'da meyvesi yenilen sebze türlerinin yetiştiriciliğinde kapalı sistemlerin kullanımı sonucu su kullanımını % 30 ve gübre kullanımını % 50 oranında azalttığı görülmüştür. Yetiştiricilikte istenmeyen kök hastalıklarının ortaya çıkması durumu açık sistemler ile kapalı sistemler arasında çok farklıdır. Ayrıca Kapalı sistemlerde kullanılan besin çözeltisini her zaman dezenfeksiyonu mümkündür.

#### **Besin çözeltisinin ortama verilme şekilleri:**

Katı ortamlara besin çözeltisi damlama sulama sistemi ile üstten ve besin çözeltisi dipten verilme ya da kapilar sistemler olarak iki şekilde verilmektedir. Dünyada büyük işletmelerde yaygın olarak damlama sulama sistemleri kullanılmaktadır. Katı ortam kültüründe sulama sık sık yapılmalı ve her sulamada istenilen oranda ve az su verilmelidir. İkinci sulamaya ortamın suyu %5-10 kayba uğradığında tekrar başlatılması uygundur. Sulama programı gün içerisinde uygulama sıklığı değişiklik gösterebilir. Ancak her sulamada eşit miktarda su verilmesine dikkat edilmelidir. Su tüketiminin az olduğu sabah ve akşam saatlerinde daha az sayıda, öğlen saatlerinde daha fazla sayıda uygulanmalıdır. Bitki yetiştirme ortamının tuz birikimini engellemek ve damlatıcılar arasındaki düzensizlikleri önlemek için verilen besin çözeltisinin %15-20'si kadar drene olacak şekilde ayarlanmalıdır. Kapalı sistemlerde yaz aylarındaki sıcak günlerde bu oran %30-35 değerlerine kadar yükseltilebilir. Sulama programı sensörlerle torbalarındaki serbest su miktarı belirli bir değer altına düşüğünde otomatik olarak sulama devreye girebilir. İşletmelerde sulama solar radyasyona göre programlanmaktadır. Solar radyasyon değeri açık sistemlerde 40-60 J/cm<sup>2</sup>, kapalı sistemlerde 140-180 J/cm<sup>2</sup>ye ulaştığında sulama programı devreye girmektedir. Ülkemizde yapılan çalışmalara göre kapalı sistemlerin açık sistemlere kıyasla gün içinde daha az sayıda ve yapılan sulamada daha çok miktarda su verildiğinde iyi sonuç alındığı belirtilmektedir. Domates ve biber yetiştiriciliğinde, açık sistemde solar radyasyon değeri 1 MJ/m<sup>2</sup> ve kapalı sistemde ise 2-4 MJ/m<sup>2</sup> değerine ulaştığında sulamanın uygun olduğu tespit edilmiştir.

**Sulama sistemleri:** Su kaynağı (su tankı), filtreler, su dağıtım sistemi ve kapalı sistemlerde drenaj tankı, filtreler ve dezenfeksiyon unsurları bulunmaktadır. Su ve stok çözeltilerinin karıştırılması belirli bir orana göre yapılmalıdır ve EC ve pH değerleri-

ne dikkat edilerek hazırlanmalıdır. Sulamada da sık ama az miktarda su uygulandığından tüm damlatıcılara eşit miktarda suyun gideceği şekilde tesis edilmelidir. Sulamada damlatıcıların debileri saatte 1-3 litre arasında olması yeterlidir. *Kapilar sistem* olarak da bilinen *dipten sulama* tekniğinde ise daha çok süs bitkilerinin yetiştirilmesinde tercih edilmekte ve dipten yetiştirme ortamına verilen besin çözeltisi kapilarite ile yükselmektedir. Bu sistem bitki tarafından alınmayan elementlerin katı ortamda tuz etkisi yaratabileceği ihtimaline karşın Akdeniz havzası gibi sıcak bölgelerde üretim için uygun değildir.

#### **Topraksız Tarımda Bitki Besleme**

Topraksız tarımla bitki yetiştiriciliğinin yapılabilmesi için, bitkilerin ihtiyaç duydukları besinler ortama hazır olarak verilmesi gerekmektedir. Bu nedenle topraksız tarım yapacak üreticilerin bitki besle konusunda yeterli bilgi birikimine sahip olmalarıdır.

**Su kalitesi ve özellikleri:** İşletmelerin günlük su ihtiyaçları; bitki türüne, bitkinin büyüklüğüne ve ortamın iklimsel şartlarına (sıcaklık, oransal nem, hava hareketi ve diğer iklimsel etmenler) bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sera koşullarında meyvesi tüketilen sebze yetiştiriciliğinde evapotranspirasyon en fazla günlük 6 L/m<sup>2</sup> olabileceği hesaplanmaktadır. Türkiye'de sıcak yaz aylarında hıyar yetiştiriciliği için günlük bitki başına su tüketimi 3 L'ye kadar çıkmaktadır. Ülkemiz koşullarında topraksız tarım için bir planlama yapılırsa ortalama 10 dekarlık alana yaklaşık 90-120 m<sup>3</sup>/gün suya ihtiyaç vardır. Katı ortam kültüründe ya da doğrudan su kültüründe suyun kalitesi önemlidir. Suyun tüm kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Yapılacak su analizlerinde; suyun EC (Elektrik geçirgenlik), suyun pH<sup>1</sup>, sodyum (Na<sup>+</sup>), klor (Cl<sup>-</sup>), kalsiyum (Ca<sup>2+</sup>), magnezyum (Mg<sup>2+</sup>), sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), demir (Fe<sup>2+</sup>), Mangan (Mn<sup>2+</sup>), Bakır (Cu<sup>2+</sup>) Çinko (Zn<sup>2+</sup>) Bor (B) ve Flor (F<sup>-</sup>) gibi iyonların su içindeki miktarlarının bilinmesi gerekir. Yapılan su analizlerde Benoit (1992)'ye göre EC değerinin 25 °C'de 0.5 mS/cm, sodyum 11.5, klor 35.5, kalsiyum 80.2, magnezyum 12.2, sülfat 48.1, bikarbonat 244, demir 0.028, Mangan 0.549, Bakır 0.064, Çinko 0.327 Bor 0.270 ve Flor 0.425 mg/L (ppm) maksimum değerleri (mg/L'de) geçmemesi istenir. Besin çözeltisinin hazırlanmasında pH'sı 5.0-7.0 değerleri arasındaki su kullanılabilir sudur. Eğer suyun Ca ve Mg miktarları normalden fazla ise

çözelti hazırlanırken dikkat edilmelidir. Besin çözeltisi hazırlanırken suyun içeriğine göre eksik olan miktarlar karşılanacak şekilde gübre kullanılmalıdır. Türkiye’de jeotermal alanlarda kurulacak topraksız tarım işletmelerin kurulmadan önce sulama suyunun bor içerikleri kontrol edilmelidir. Fazla miktardaki bor bitkiler için istenmeyen durumlar yaratacağından başlangıç aşamasından ayrıntılı analizler yapılarak önlem alınmalıdır.

**Besin elementlerinin uygulama miktarları:** Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için mutlaka gerekli olan 16 elementin besin çözeltisinde bulunması gerekmektedir. Bitkilerin gelişmesi için gerekli olan makro elementlerden karbon, hidrojen ve oksijen ortamın karbondioksit ve sudan sağlandığından besin çözeltilerin hazırlanmasında herhangi bir ilave yapılmamaktadır. Diğer makro elementler (N, P, K, Ca, Mg ve S) bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için gerekli olan miktarda besin çözeltisine ilave edilir. Mikro elementler (B, Mn, Zn, Cu ve Mo) ise bitkilerin büyüme ve gelişmesi için çok az miktarda gereklidir. Mikro elementlerin eksikliği çok daha kolay düzeltilebilirken fazlalıklarında meydana gelen bozukluklar ya da zehirlenmeleri düzeltmek daha güçtür. Bu nedenle hazırlanan besin çözeltilere eklenecek mikro elementlerin tartım ve hesaplamalara dikkat edilmelidir. Çizelge 6.1’de besin çözeltilerinin alınış formları ve çözeltideki miktarları verilmiştir.

Çizelge 6.1 Topraksız tarımda hazırlanan besin çözeltisinde bulunması gereken makro ve mikro elementler

Makro Element			Mikro Element		
Element	Besin çözeltisindeki içeriği (mg/L)	Besin Çözeltisinde İyon Formu	Element	Besin çözeltisindeki içeriği (mg/L)	Besin Çözeltisinde İyon Formu
C		CO <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe	0.5-3.0	Fe <sup>+2</sup> , Fe <sup>+3</sup>
H		H <sub>2</sub> O	Mn	0.1-1.0	Mn <sup>+2</sup>
O		H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>	Zn	0.01-0.10	Zn <sup>+2</sup>
N	150-250	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cu	0.001-0.01	Cu <sup>+2</sup>
P	5-50 mg	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	B	0.10-0.30	BO <sub>3</sub> <sup>-3</sup>
K	250-350	K <sup>+</sup>	Mo	0.01-0.1	MoO <sup>-</sup>
Ca	40-200	Ca <sup>+2</sup>			
Mg	10-50	Mg <sup>+2</sup>			
S	5-50	SO <sub>2</sub> , SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>			

**Elementlerin kimyasal kaynakları:** N: Kalsiyum nitrat, Potasyum nitrat, Amonyum nitrat, Monoamonyum fosfat; P: Monoamonyum fosfat, Diamonyum fosfat, Monopotasyum fosfat, Dipotasyum fosfat, Fosforik asit; K: Potasyum nitrat, Potasyum sülfat, Monopotasyum fosfat, Dipotasyum fosfat; Ca: Kalsiyum nitrat; Mg: Magnezyum sülfat, Magnezyum nitrat; Fe: Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA; Mg: Mangan sülfat; Zn: Çinko sülfat; Cu: Bakır sülfat; B: Borik asit, Mo: Amonyum molibdat. Potasyum, magnezyum ve azot kaynağı olarak kullanılan sülfat içeren gübreler kullanıldığı zaman ayrıca kükürt ilavesi gerekli değildir.

**Yetiştirme ortamına uygulanacak çözeltinin özellikleri:** Topraksız kültür ortamında kullanılacak besin çözeltisinde bitkiler için gerekli olan elementler genellikle suda çözülmüş iyon formundadırlar. Ayrıca besin çözeltisinin pH’ı, EC (elektriksel geçirgenlik), sıcaklık, oksijen ve suyun kalitesi önemlidir. Bitki besin maddeleri alınırken farklı pH değerleri önemli ölçüde etkilidir. Çözeltide H<sup>+</sup> iyonları OH<sup>-</sup> iyonlarından fazla ise çözelti asidik ve pH 7’den küçük değer almaktadır. Tersine olduğunda çözelti baziktir ve pH 7’den büyüktür. Eğer H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları çözelti içinde eşit miktarda bulunursa çözelti nötrdür ve pH 7’dir. Bitkiler için uygun pH değeri 5-7 arasındadır. pH değeri 8’in üstüne çıktığında ve 4’ün altına düştüğünde bitkiler için uygun olmayan durumlar ortaya çıkmakta ve bitki ölümü gerçekleşmektedir. Besin çözeltilerinin pH’ı anyonların ve katyonların alınımlarını üzerinde etkilidir. Bitkiler için 5’in altındaki pH değerlerinde katyon alınımları ve 7’nin üzerindeki pH değerlerinde ise anyonların alınımları engellenmektedir. Sera ortamlarında bitkilerin ihtiyaç duydukları besin elementlerini en uygun alabileceği pH 5.5-6.5 aralığıdır. Hazırlanan besin çözeltilerinin pH’ının bu aralıkta tutulması önerilmektedir. pH değerinin değişmesi bazı iyonların alınımlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

Düşük pH aralığında Fe, Mn, Zn, ve Cu alınımlarının arttığı görülmüştür. pH’6.5’in üzerine çıktığında Fe, Zn, Cu, B ve Mn gibi elementlerin yarıyılları azaldığı görülmektedir. pH’ının artması ile bitki tarafından



alınan Mo miktarından artış olduğu görülmüştür. Çözelti ortamının pH değeri 7'nin üzerine çıktığında Fe, Mn, P, Ca ve Mg suda çözünmez bileşikler oluşturduklarından bitkiye faydalı olmazlar. Bitki yetiştiriciliğinde elementlerin yeterli miktarda alınmasını sağlamak ve aşırı alınımların meydana gelen toksisite etkilerini ortadan kaldırmak için çözelti pH'ını düzenli olarak kontrol altında tutulması gerekir. Çözeltinin pH'ını düşürmek için asit ve yükseltmek için alkali kullanılır. pH'ı düşürmek için nitrik asit ( $H_3NO_4$ ), fosforik asit ( $H_3PO_4$ ), sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) ve hidroklorik asit (HCl) kullanılır. Ancak yaygın olarak nitrik asit veya fosforik asit ayrı ayrı ya da her ikisi birlikte kullanılır. Çözeltinin pH'ının kontrolünde nitrik asit fosforik aside göre daha etkili bir asittir. Sıcaklık suyun ve besin elementlerinin bitkiler tarafından alınması üzerinde etkilidir. Su kültüründe ve katı ortam kültüründe çözelti sıcaklığı 20-30 °C arasında kalması önerilmekle birlikte optimum sıcaklık aralığı 23-26 °C'dir.

### ✓ pH

Bir çözeltinin bir litresindeki hidrojen iyonlarının konsantrasyonunun eksi logaritmasıdır.

## Topraksız Tarımın Çevreye Etkileri

Topraklı tarımda en büyük sorun toprak dezenfeksiyonun sebep olduğu çevre sorunları ve maliyet artışlarıdır. Topraksız tarımda toprak dezenfeksiyonu olmadığından çevreci bir üretim şekli olarak kabul edilmektedir. Topraksız tarımda kullanılan materyallerin kullanımına dikkat edilmediği takdirde çevre için olumsuz etkiler ortaya çıkabilir. Topraksız tarımda kullanılan çözeltilerin, katı ortam materyaller (kayayünü), çeşitli ortamlarda kullanılan plastikler (yer örtüsü, üretim ortamı için kullanılan plastikler) kurallara uygun davranılmadığı takdirde çevre kirliliğine neden olabilirler. Su kültürü ile yapılan yetiştiricilikte herhangi bir substrat atığı bulunmamaktadır. Substrat kültüründe kullanılan sistemin açık veya kapalı olmasına göre atılan besin çözeltisi değişmektedir. Topraksız tarımın çevreye olan olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ya da en aza indirmek mümkündür. Bunun için; atık olacak besin çözeltisi miktarını azaltmak için açık sistem yerine kapalı sistem tercih edilmelidir. Atık substrat miktarını azaltmak için kullanılacak katı ortam materyali bir üretim yılından fazla olan materyaller kullanılmalıdır. Katı ortam materyallerin kullanım sonrasında arazi iyileştirilmesinde ya da inşaat sektöründe kullanılacak materyaller tercih edilmelidir. Topraksız tarımda kullanılan tüm plastikler çevreye atılmamalıdır, toplanıp geri dönüşüm için değerlendirilmelidir.



Daha ayrıntılı ve uygulamalı bilgi için, Tarımtv: [http://www.tarımtv.gov.tr/VD223\\_topraksiz-tarim.html](http://www.tarımtv.gov.tr/VD223_topraksiz-tarim.html). bağlantısındaki videoyu izleyiniz.

## Öğrenme Çıktısı



- 6 Topraksız tarımın avantaj ve dezavantajlarını anlayabilme
- 7 Topraksız tarımda yetiştirme teknikleri ve ortamlarını kavrayabilme
- 8 Topraksız tarımda bitki beslemesini anlayabilme
- 9 Topraksız tarımın çevreye etkilerini anlayabilme

### Araştır 4

Çözelti pH'ını düzenlemek için asit kullanıldığını belirtmiştik. Asit kullanılırken hangi hususlara dikkat etmeliyiz? Araştırın.

### İlişkilendir

Topraksız tarımın çevreye etkilerini değerlendirin.

### Anlat/Paylaş

Topraksız tarımda bitki beslenmesi üzerinde etkili olan faktörler nelerdir? Anlatın.



1

Su bitkilerinin sınıflandırılmasını öğrenebilme

Su Bitkileri

Hidrofit olarak bilinen su bitkileri genellikle suya batık, su yüzeyinde veya sadece kökleri ile su içinde gövde ve yaprakları su dışında olan bitkilere dir. Su bitkileri su içinde ya da kısmen su içinde geliştiklerinden suyun doğrudan ya da dolaylı etkisi altındadırlar. Su bitkileri karasal bitkilere göre farklı morfolojik, anatomik ve fizyolojik adaptasyonlara sahiptirler. Su bitkileri suyun içinde buldukları duruma göre; emergent (yükselici), Köklü yüzen yapraklı, serbest yüzen yapraklı ve submers (suya batık) olarak dört ayrı grupta toplanırlar. Su bitkilerinin kökleri az gelişmiştir. Bazı gruplar kök içermeyebilir. Gövdeleri ince, uzun ve suyun akıntısı ile hareket edebilirler. Su bitkileri su içinde olduklarından destek görevi su tarafından sağlanmaktadır. Bu bitkilerde kütikula çok ince veya yoktur. Metabolizmaları düşük oksijen seviyesine uyum sağlamıştır.

2

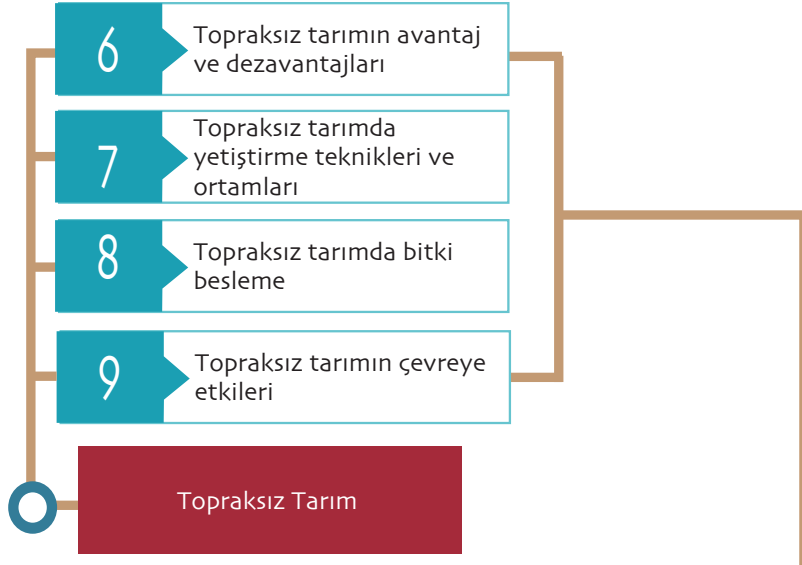
Sucul ortamlarda yabancı ot sorunları ve mücadele yöntemlerini kavrayabilme

Su Bitkilerinin Ekolojisi

Sucul ortamda buluna fotosentetik organizmalar (fitoplanktonlar, makroskobik algler ve su bitkileri) sucul ekosistemlerin birincil üreticileridir. Bu organizmalar hem sucul ortama besin üretirler hem de oksijen açığa çıkararak sucul ortamları oksijen bakımından zenginleşmesini sağlarlar. Su bitkileri kıyıdan başlayarak ışık sınırına kadar inerler. Su bitkileri sucul ortam üzerinde çok yönlü etkilidirler. Sucul ortamda bulunan canlıların beslenmesinde, saklanmasında ve korunmasında önemli roller üstlenmişlerdir. Bazı canlılar ışıktan etkilenirler ve ışığın olmadığı gölgelik alanlarda yaşama uyum sağlamışlardır. Su bitkileri kuşların yuvalanması, beslenmesi ve saklanmasında önemi büyüktür. Su bitkileri kökleri ile zemine tutunarak dalgaların ve akıntının su tabanına olan etkisini ortadan kaldırarak dipten materyal sürüklenmesini durdurur ve birçok bentik organizma için yaşam alanı sunar. Ayrıca su bitkileri suyun akıntısı ile taşınan kaba materyalleri süzerek hem materyal sürüklenmesini ortadan kaldırır hem de suyun süzülmesini sağlamış olur. Su bitkileri, sucul ortamlarda aşırı gelişerek suyun etkili kullanımını engelleyebilirler.



Su bitkileri insanlar tarafından; tarımda, akvaryumlarda, peyzaj düzenlenmesinde, süs bitkisi olarak, barınma, izolasyon malzemesi, destek ve katkı maddesi, hasır yapma, sepet yapma, hayvan yemi vb. pek çok alanda kullanılmaktadır. Bazı su bitkilerinin yetiştiriciliği yapılmaktadır. Akvaryumlarda doğal ve estetik görünüm elde etmek ve ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin düzenlenmesi için su bitkilerinden faydalanır. Su bitkileri, suları temizlemek için biyolojik filtrasyon olarak kullanılmaktadırlar. Su bitkilerinin içinde ekonomik değeri en yüksek olan bitki çeltik (*Oryza*) bitkisidir. *Oryza sativa* (çeltik) sulak alanlarda tarımı yapılan ve dünyada insanlar için en önemli beslenme kaynaklarından biridir. Kültürü yapılan diğer çeltik türü *O. glaberrima*'dır. Halk arasında besin olarak tüketilen pirinç, çeltik tanesinin işlenmesi sonucu elde edilir. Pirinç dünya nüfusunun hemen hemen yarısından fazlasının beslenmesinde kullanılmaktadır. Türkiye'nin coğrafik konumu ve iklimsel özellikleri çeltik üretimini uygundur. Türkiye'nin en uygun bölgemiz Marmara bölgesidir. Çeltik dışında; Uzak Doğu'da nilüfer bitkisinin farklı türleri yetiştirilmekte meyve, tohum ve rizom elde edilmektedir. Çin'de *Eleocharis dulcis* bitkisi pirinç bitkisi ile değişimli olarak yetiştirilmektedir.



Topraksız tarım, topraklı tarımdan farklı olarak bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için ihtiyaç duydukları besin maddeleri hazır olarak su içinde çözündürülerek verilmesi mantığına dayanmaktadır. Topraksız tarımda su ve substrat kültürü olmak üzere iki farklı ortam kullanılmaktadır. Su kültüründe bitki durgun ya da akan su içinde ve bitkinin ihtiyaç duyduğu besin maddesi besin çözeltisi şeklinde verilmektedir. Su kültürü (hidroponik); durgun su kültürü, akan su kültürü ve aerponik (besin çözeltisi sisi) su kültürü olmak üzere üç ana grupta toplanmaktadır. Substrat (katı ortam) kültüründe ise bitkilerin kökleri organik, inorganik ya da sentetik materyallerinden birisinin içinde yetiştirilir ve besin çözeltisi bitkinin çeşidine göre dışarıdan verilir. Topraksız tarımın topraklı tarıma göre pek çok avantajı bulunmaktadır. Topraklı tarımda toprak dezenfeksiyonu pek çok çevre sorunlara sebep olmakta ve işletme maliyetini artırmaktadır. Topraksız tarımda toprak dezenfeksiyonu olmadığından çevreci bir üretim şekli olarak kabul edilmektedir.

1 Akan su kültüründe yaygın olarak kullanılan "Besleyici Film Tekniği (NFT)" tekniği ilk olarak kim tarafından geliştirilmiştir?

- A. Allan Cooper
- B. Frederick Gerick Berkeley
- C. Wilhelm Knop
- D. Julius von Sachs
- E. Fransis Bacon

2 Türkiye'de Jeotermal alanlarda topraksız tarım işletmesi kurulma aşamasında sulama suyunda özellikle hangi elementin içeriği kontrol edilmelidir?

- A. Ca
- B. B
- C. N
- D. P
- E. Mo

3 Aşağıdaki verilen familyalardan hangisi en fazla su altında (submers) gelişen cins ve türlere sahiptir?

- A. Callitrichaceae
- B. Ceratophyllaceae
- C. Haloragaceae
- D. Hydrocharitaceae
- E. Potamogetonaceae

4 Aşağıda verilen yüzen yapraklı bitkilerden hangisi en küçük kapalı tohumlu bitki üyelerine sahiptir?

- A. Lemna
- B. Spirodela
- C. Wolffia
- D. Wolffia
- E. Eicchornia

5 "Çeltik tarımını doğal olarak yapılabilmesi için yıllık yağışın 1000-1200 mm altına ve sıcaklığın vejetasyon periyodunda 20°C'nin altına düşmemesi gerekiyor." Buna göre doğal olarak çeltik tarımı Türkiye'nin hangi bölgesinde yapılabilir?

- A. Marmara Bölgesi
- B. Doğu Anadolu Bölgesi
- C. Akdeniz Bölgesi
- D. Batı Karadeniz Bölümü
- E. Doğu Karadeniz Bölümü

6 Aşağıda verilen illerden hangisi 1994 yılına kadar çeltik tarımı yapılmış ve günümüzde **yapılmamaktadır**?

- A. Kastamonu
- B. Diyarbakır
- C. Edirne
- D. Malatya
- E. Çorum

7 Çeltik bitkisi hayat devresini tamamlayabilmesi için kaç kaloriye ihtiyaç duymaktadır?

- A. 4000-5000 kaloriye ihtiyaç duymaktadır.
- B. 5000-6000 kaloriye ihtiyaç duymaktadır.
- C. 3000-4000 kaloriye ihtiyaç duymaktadır.
- D. 2000-3000 kaloriye ihtiyaç duymaktadır.
- E. 1000-2000 kaloriye ihtiyaç duymaktadır.

8 Aşağıda verilen su bitkilerinden hangisi su altında bulunan bir eğrelti bitkisine örnektir?

- A. Vallisneria
- B. Elodea
- C. Isoetes
- D. Ceratophyllum
- E. Potamogeton

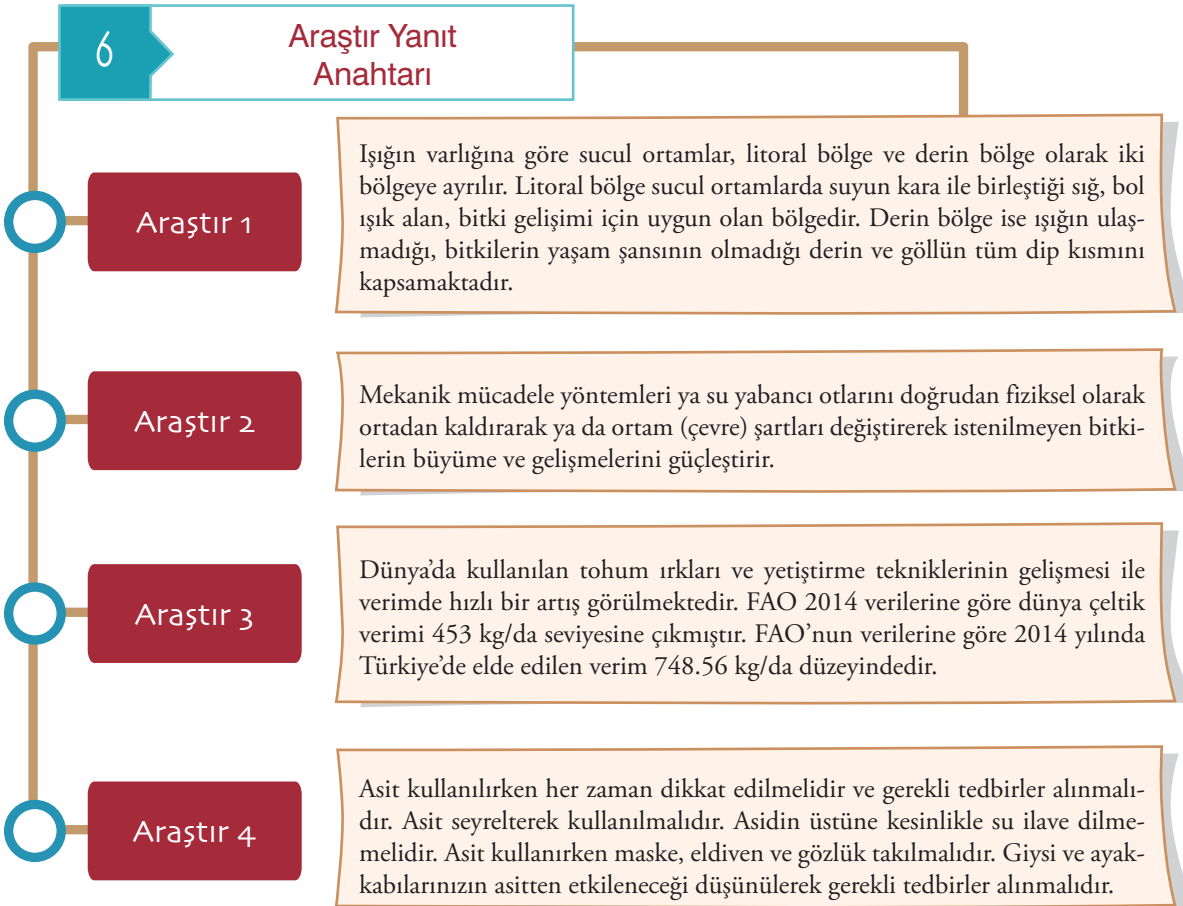
9 Aşağıda verilen hangisi su yabancı bitkileri ile mücadele etmenin sebeplerinden biri **değildir**?

- A. Rekreasyon
- B. Estetik değer
- C. Sulama
- D. Filtrasyon
- E. Balıkçılık

10 Genellikle akvaryum suyun pH'ı hangi değerler arasında tutulması önerilmektedir?

- A. pH'ı 6.8-7.0
- B. pH'ı 4.8-7.0
- C. pH'ı 3.8-6.0
- D. pH'ı 2.8-6.0
- E. pH'ı 1.8-5.0

1. A	Yanıtınız yanlış ise “Topraksız Tarım” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	6. D	Yanıtınız yanlış ise “Türkiye’de Çeltik Bitkisinin Üretimi” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. B	Yanıtınız yanlış ise “Su Kalitesi ve Özellikleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	7. A	Yanıtınız yanlış ise “Çeltik Bitkisinin Kültürü” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. D	Yanıtınız yanlış ise “Submers Makrofitler Tekrar Bakınız” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	8. C	Yanıtınız yanlış ise “Submers Su Bitkilerine” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. C	Yanıtınız yanlış ise “Yüzen Yapraklı Makrofitler Tekrar Bakınız” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	9. D	Yanıtınız yanlış ise “Su Yabancı Otları ve Mücadele Sebepleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. E	Yanıtınız yanlış ise “Türkiye’de Çeltik Bitkisinin Üretimi” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	10. A	Yanıtınız yanlış ise “Akvaryumlarda Yetiştirilen Bitkileri Etkileyen Önemli Faktörler” konusunu yeniden gözden geçiriniz.



## Kaynakça

- Aatif, H., Kaiser, I. Showket, A., Prasanto, M., Negi, A.K. (2014). **A review on the science of growing crops without soil (soilless culture) – a novel alternative for growing crops**. Intl J Agri Crop Sci., 7 (11), 833-842.
- Akvaryum dünyasının tüm renkleri. (2016). <http://www.akvaryum.com> (Erişim tarihi: 26.06.2016).
- Akvaryum. (2016). <http://www.akvaryum.biz> (Erişim tarihi: 26.06.2016).
- Anaç, D. (Ed.) (2016). **Topraksız tarım ve bitki besleme teknikleri**. Ankara: Nobel.
- Anonim (2009). **Su yabancı otları**. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ İdari ve Mali İşler Dairesi Başkanlığı Basım ve Foto-Film Şube Müdürlüğü.
- Benoit, F. (1992). **Practical guide for simple soilless culture techniques**. European, Vegetable, R&D Centre, Belgium.
- Cirik, S., Cirik, Ş., Conk D. M. (1999). **Su bitkileri II** (İç su Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi, Yetiştirme Teknikleri). İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 61.
- Cooper, A., (1982). **Nutrient film technique**. London: Grower Books.
- Cronk, J.K., Fennessy, M. S. (2001). **Wetland plants biology and ecology**. London: Lewis Publishers.
- Dünya Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (2015). <http://faostat3.fao.org/compare/E> (Erişim tarihi: 26.06.2016).
- Göney S., Sertakaya Doğan, Ö. (2014). **Sıcak bölgelerde ziraat hayatı**. Ankara: Nobel.
- GüL, A. (2008). **Topraksız tarım**, İstanbul: Hasad Yayıncılık.
- Güner, H. (1985). **Hidrobotanik**. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Jones, J. B. (1983). **A guide for the hydroponic and soilless culture grower**. Portland: Timber Press.
- Kacar, B., Katkat, A. V. (1998). **Bitki besleme**. Bursa: Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No. 127, VİPAŞ Yayın No. 3.
- Kacar, B., Katkat, A. V. (2014). **Gübreler ve gübreleme tekniği** (5. Basım). Ankara: Nobel.
- Meriç M.K., Öztekin, G. B. (2008). **Topraksız tarımda kapilar sistemler subirrigation in soilless culture**. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 45 (2), 145-152.
- Morinaga, T. (1954). **Classification of rice varieties on the basis of affinity**. pp. 1–14 in reports of the 5th meeting of the international rice commission's working party on rice breeding. Ministry of Agriculture and Forestry, Tokyo.
- Öğütçü, Z., Elçi, Ş., Geçit, H. H. (1984). **Tarla bitkileri**. Ankara: Ankara Üniv. Ziraat Fak., Ders Kitabı.
- Öztürk, M.A., Seçmen, Ö. (1999). **Bitki ekolojisi**. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Singh, S., Singh, B. S. (2012). **Hydroponics – A technique for cultivation of vegetables and medicinal plants**. In. Proceedings of 4th Global conference on –Horticulture for Food, Nutrition and Livelihood Options Bhubaneshwar, Odisha, India.
- Sürek, H., (2002). **Çeltik tarımı**. İstanbul: Hasad Yayıncılık.
- T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, **Topraksız tarım**. Tarımtv. (2010). [http://www.tarımtv.gov.tr/VD223\\_topraksiz-tarim.html](http://www.tarımtv.gov.tr/VD223_topraksiz-tarim.html). (Erişim tarihi: 26.06.2016).
- T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. **Çeltik tarımı**. Tarımtv. (2010). [http://www.tarımtv.gov.tr/VD248\\_celtik-tarimi.html](http://www.tarımtv.gov.tr/VD248_celtik-tarimi.html) (Erişim tarihi: 26.06.2016).
- Tanyolaç, J. (2006). **Limnoloji**. Ankara: Hatiboğlu Basım ve Yayım.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). <http://www.tuik.gov.tr/> (Erişim tarihi: 26.06.2016).
- Ziraat Mühendisleri Odası (ZMO). (2014). <http://www.zmo.org.tr>. (Erişim tarihi: 26.06.2016).





# Bölüm 7

## Temel Kavramlar

### öğrenme çıktıları

1

#### Kirlilik ve Çevre

- 1 Kirlilik ve çevre kavramlarını öğrenebilme

3

#### Su Kirliliği ve Sonuçları

- 5 Su kirliliği kaynaklarını öğrenebilme
- 6 Su kaynaklarında kirliliği kavrayabilme
- 7 Su kalitesinin belirlenmesi ve kontrolünü anlayabilme

2

#### Hava Kirliliği ve Sonuçları

- 2 Başlıca hava kirleticileri öğrenebilme
- 3 Bölgesel ve küresel olarak yaşanan hava kirliliği problemlerini kavrayabilme
- 4 Hava kirliliğinin kontrolünü kavrayabilme

4

#### Toprak Kirliliği ve Sonuçları

- 8 Toprak kirleticilerin sınıflandırılmasını kavrayabilme
- 9 Toprak kirliliğinin kontrolünü anlayabilme

**Anahtar Sözcükler:** • Kirlilik ve Çevre • Hava Kirliliği • Su Kirliliği • Toprak Kirliliği  
• Kirliliğin Etkileri • Kirliliğin Önlenmesi





## GİRİŞ

Kirlilik kavramını çevremizde, okulda ve yayın kuruluşları gibi farklı ortamlarda birçok kez duymuşuzdur. Gazete ve televizyonlar gibi farklı zeminlerde çevremizin git gide kirlendiği, bu kirliliğin başta sağlık olmak üzere çeşitli problemlere sebep olduğu gibi söylemlere sıkça rastlamaktayız. Peki, birçok kez duyduğumuz bu kirlilik terimi neyi ifade etmektedir? Kirliliğin, temel olarak kirleticilerin doğal bir dengenin bulunduğu, tekrar üretilmesi mümkün olmayan hava, su, toprak gibi doğal kaynaklarımıza ve yaşadığımız çevreye çeşitli yollarla ve onların kaldıramayacağı oranda girmesiyle ve ayrıca bu doğal kaynakların aşırı derecede kullanılması ile olduğunu söyleyebiliriz. Kirlilik, hava, su, toprak, radyoaktivite, gürültü, ısı ve ışık kirliliği gibi değişik formlarda ayrı ayrı veya bunların bir kısmının birlikte bulunduğu şekilde olabilmektedir.

Belli bir bedel ödeyerek satın aldığımız ve kullandıktan sonra işimize yaramadığı için sokaklara bıraktığımız gıda atıkları dahil her türlü çöpler, bacalardan ve taşıt egzozlarından çıkan gazlar ve yıkadığımız bulaşık ve çamaşırlardan, tuvaletten, lavabodan akıp giden atık sular, madeni yağ ve petrol atıkları, tarım alanlarında kullanılan kimyasal gübre ve ilaçlar, kullanılmış piller, radyoaktif madde atıkları ve benzeri atık materyallerin değişik formlarından oluşan kirleticiler kirliliğin temel bileşenleridir. Söz konusu olan bu kirleticiler izlenmesi ve kontrolü kolay olan noktasal kaynaklardan veya izlenmesi ve kontrolü oldukça güç olan noktasal olmayan kaynaklardan çevremize girebilmektedir.

Ekonomilerin gelişmişlik düzeyi ve üretim metotları ne olursa olsun, üretimi planlayan, yönlendiren, kontrol eden ve pazarlayan insan olduğundan, insan ve insanın yaşayışı, iktisadi faaliyetleri ve çevre ile olan ilişkileri oldukça önemlidir. Çevre kirliliğinin tabii kaynakların kirlenmesi yoluyla oluşan iktisadi boyutu yanında, sosyal yaşantımızı ve yakın çevreyi de olumsuz yönde etkileyerek değişikliklere neden olduğu bir gerçektir. İnsanın içinde bulunduğu sistemlerde, çevre kirliliği ve insan sağlığını etkileyecek diğer unsurlar verimlilik kaybı ile kendini gösterir. İnsanın işini daha iyi yaparak verimliliğe katkıda bulunması ancak sağlıklı, düzenli ve kirlenmemiş bir çevre içinde çalışabilmesi ile mümkündür.

Artık çevreyi böylesine kirlüten, tabii kaynakları yok eden insanoğlu, çevreyi kirlettiği gibi temizlemesini de bilmeli veya en azından mevcut olanı korumalıdır. Bu, kişi ve yönetimlerin, şehirlere yığılan milyonlarca şuursuz insanı eğitmeyi, havayı, su kaynaklarını, bitki ve orman örtüsünü korumayı, ileri teknolojiler kullanarak daha az atığa neden olan endüstrileşmeyi ve kirlettiğini temizlemeyi önemli bir prensip haline getirmesi ile mümkün olabilir. Bitki ve Su İlişkileri adlı bu kitabın 7. Ünitesi olan Kirliliğin Sebep ve Sonuçları kapsamında, kirlilik kavramı, sınıflandırılması, hava, su ve toprakta olan kirliliğin nedenleri, insanlığa ve çevreye olan etkileri ve sonuçları yanında söz konusu kirliliklere karşı alınabilecek önlemler üzerinde durulacaktır.

## KİRLİLİK VE ÇEVRE

Canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortama çevre denir. Çevre geniş anlamda jeoloji, hidroloji, mineroloji gibi kaynakların yanında doğal olan ve olmayan bitki örtüsünü ve insanların doğrudan etkisinde bulunan yüzeysel toprağı kapsamı içerisine alır. Uluslararası dilde çevre kavramı, belirli bir anda canlı ve özellikle insan faaliyeti üzerine doğrudan ve dolaylı etki eden sosyal faktörlerle biyolojik, fiziksel ve kimyasal koşulların tümünü nitelendirmektedir. Ekosistem ise canlıların dağılımları ve etkileri bakımından homojen olan toprak, iklim, topoğrafya ve biyotik faktörlerin bulunduğu coğrafi bir yer olarak tanımlanır ve buralarda yaşam, enerji akışı ve besin döngüleriyle sürer. Başlıca ekosistem tipleri; haliçler, bataklık ve sazlıklar, tropikal yağmur ormanları, savanlar, orman ve fundalık, ılıman bölge çayırıkları, göller ve nehirler, tundra, açık okyanus, çöl vb. şeklinde sıralanabilir.

### ✓ Ekoloji (Doğa Bilimi)

canlıların birbirleri ve çevreleriyle ilişkilerini inceleyen bilimdir. Ekosistem ise canlı ve cansız çevrenin tamamıdır.

Çevrede meydana gelen ve canlıların sağlığını, çevresel değerleri ve **ekolojik** dengeyi bozabilecek her türlü kirlilik ve olumsuz etki çevre kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Çevre sorunları, insanların

çeşitli faaliyetleri sonucu gittikçe artan şekilde oluşan kirlilik yükü ile hava, su ve toprakta kirlenmelerle bağlantılı olumsuz gelişmelerin olması, dolayısıyla doğal dengenin bozulması ve insan dahil diğer tüm canlıların yaşamsal faaliyetlerinin olumsuz yönde etkilenmesidir. Yirminci yüzyılın ilk yarısında doğa, tükenmeyen bir kaynak ve her türlü atığın bırakılabileceği bir ortam olarak düşünülüyordu. İnsanoğlu bu ortam üzerindeki olumsuz etkilerin sonucunu yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra fark etmeye ve önlem almaya başlamıştır (Bkz. Şekil 7.1). İçinde bulunduğumuz yirmibirinci yüzyılda da nüfusun artmaya devam edeceği ve doğal kaynakların buna paralel olarak aynı ölçüde azalacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Bunun yanı sıra doğal kaynakların bilinçsizce kullanılması bir takım problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu problemler arasında en önemlisi, çevrenin kirlenmesi, tahrip edilmesi ve doğal dengenin bozulmasıdır. İşte bu olaylar günümüzde karşımıza çevre sorunları başlığı altında çıkmaktadır.



Şekil 7.1 Çevre konusunda duyarlılık oluşturma çalışması

**Kaynak:** Stapleton, 2004.

Canlı ve cansız varlıklardan oluşan doğa statik olmayıp, dinamik bir yapıya sahiptir. Doğanın bu dinamizmi canlı ve cansız varlıklar arasında düzen ve denge içinde sürdürülen ilişkilerden oluşmuştur. Doğada sürdürülen bu düzen ve dengeye *Ekolojik Denge* ya da *Doğal Denge* denir. Aslında zamanla kendini temizleme ve oluşan tahribatı onarma özelliği olan doğa, eğer insanların çeşitli faaliyetleri sonucu hava, su ve toprak üzerinde oluşan kirlilik yükü aşırı olursa kendi kendini temizleyemez ve doğal dengesini koruyamaz duruma düşmektedir.

İnsan ve diğer canlılar arasındaki belkide en önemli ekolojik fark, insan dışındaki diğer canlı-

ların mevcut ekolojik koşullara mümkün oldukça uyum sağlamaya çalışması, insanın ise doğal çevre koşullarını kendi istekleri doğrultusunda kısmen de olsa değiştirerek denetimi altına almaya çalışmasıdır. İnsanların zamanla doğaya egemen olma ve daha fazla kazanç sağlamaya yönelik çabaları arttıkça doğanın tahribi daha da artmış olup, birçok bölgede atmosfer, hidrosfer, pedosfer (toprak küre) yaşam ortamı olmaktan çıkmaya başlamıştır. Doğa düşüncesizce yapılan bu müdahale ya da ekolojik baskılar nedeniyle strese girmiş olup, bunun sonucunda da ekonomik, sosyal, politik, çevre sorunları artma eğilimine girmiştir.

Çevre sorunları çok çeşitli aktivitelerden kaynaklanmakla birlikte genelde aşağıda verilen dört grupta toplanabilir.

- Sanayi, tarım, enerji, ulaştırma ve turizm gibi ekonomik sektörlerden kaynaklanan çevre sorunları
- Nüfus, göç ve kentleşme hareketlerine bağlı olarak gereksinim duyulan alt yapı eksikliklerinden ortaya çıkan çevre sorunları
- Doğal kaynakların rasyonel kullanılmaması sonucu ortaya çıkan çevre sorunları,
- Sınır ötesi global çevre sorunları

Çevre sorunları doğal yapıyı ve doğanın işlevini çok değişik şekilde etkileyebilir. Dolayısıyla kirlilik sorunları da etki şekillerine göre ikiye ayrılabilir.

- Rahatsız edici ve doğrudan zararlı çevre sorunları; hava, su ve toprak kirliliği gibi
- Rahatsız edici ancak doğrudan zararlı olmayan çevre sorunları; düzensiz yapılaşma, otoyollar gibi.

Kirlenmenin kökeni aslında çok eski devirlere kadar uzanmaktadır. İnsanlığın ilk yerleşim alanlarının akarsu kenarlarında kurulması ve daha sonra yolların yapılması buralarda kirliliğin kökenini oluşturmuştur. Kabul etmek gerekir ki o devirlerden bugüne kadar yerleşim, eğitim ve kültür yerleri olan şehirlerde kirlenme daima mevcuttu. Fakat her ne olursa olsun sanayi devrimi ve ardından gelen modern endüstrileşmeye kadar, kirlenmenin şekli ve yayılışı, çok sınırlı kalmıştır. Gerçekten bugün modern teknolojik kirleticiler, yerleşim yeri atıkları ve endüstriyel merkezlerin atık gaz ve su gibi emisyon problemleri eski devirdekilerle karşılaştırıldığında etkilerinin çok farklı, yaygın ve ağır olduğu görülür.

Ayrıca günümüzde insanlar tarafından çevreye atılan kirletici maddelere organik kimyanın gelişmesiyle bulunan yeni kimyasal bileşikler ve radyoaktif maddeler de eklenmiştir. Petrol rafinerileri ve petrokimya tesisleri, otomobil fabrikaları, elektrik üretim santralleri, çimento ve seramik fabrikaları, tekstil fabrikaları, çeşitli kimyasal madde üreten fabrikalar vb. tesisler çok fazla miktarda atık üretmektedir. Bazı sanayi kurumları, normal bir belediye arıtma tesisiince temizlenebilecek nitelikte atıklar üretir. Doğru değerlendirilip arıtılmadığında bu atıklar çevre ve sağlık açısından tehlike oluşturur. Dünyanın birçok bölgesinde, fabrikaların neden olduğu kirlilik gerektiği gibi denetlenip, engellenmektedir.

Günümüzde ulusal boyutta ve uluslararası boyutlarda ya da dünya ölçeğinde dikkat çekici çevre

sorunu yaratan başlıca kirlilik örnekleri: hava, su ve toprak kirlenmesi, ses ve gürültü kirliliği, yeşil alan kaybı, sera etkisi, ozon tabakasının delinmesi, biyolojik çeşitliliğin azalışı, nükleer kirlilik, kimyasal kirlilik, asit yağmurları, çölleşme, zehirli atıklar şeklindedir. Ülkemizde çevre sorunları ilk kez Haliç'in kirlenmesi ile toplumun dikkatini çekmeye başlamıştır. İzmir ve İzmit Körfezi kirlilikleri, Ankara'nın hava kirliliği, kıyılarıımıza vuran tehlikeli kimyasal ve atık varilleri, nehir ve göllerde başlayan kirlenme ile görülen balık ölümleri ülkemizdeki diğer önemli kirlilik örnekleridir. Kirliliğe neden olan kirleticiler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik ana başlıkları altında ve atmosfer ve ekolojik sistemlerde yaptığı etkilere göre Çizelge 7.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 7.1 Kirleticilerin sınıflandırılması (Egemen, 1999).

Kirleticilerin Tabiatı	Atmosfer	Ekosistem		
		Karalar	İç Sular	Deniz
1. Fiziksel kirleticiler				
İyonlaştırıcı ışınım	+	+	+	+
Isıl kirlilik			+	+
2. Kimyasal kirleticiler				
Hidrokarbonlar ve yanma ürünleri				+
Plastik maddeler	+	+	+	+
Pestisitler		+	+	+
Deterjanlar			+	+
Çeşitli sentez organik bileşikler	+	+	+	
Kükürt türevleri	+	+	+	+
Nitratlar		+	+	+
Fosfatlar		+	+	+
Ağır metaller	+	+	+	
Florürler	+	+		
Partikül mineraller (aerosoller)	+	+		
3. Biyolojik kirleticiler				
Ölü organik maddeler			+	+
Patojen mikroorganizmalar	+	+	+	+

Her geçen gün artan kirlilik yükü ile hava, su ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak kirlenerek niteliğinin bozulması nedeniyle yaşam ortamı değişen ve insanlar tarafından aşırı tüketilen bitki ve hayvan topluluklarının yok olma noktasına gelmesi, ormanların tahribi, yangınlar ve ortak kültür miraslarını içeren tarihi dokuya duyarsızlık gün geçtikçe kaybolan çevresel değerlerin birer unsurlarıdır. Milyonlarca yılda oluşan biyolojik çeşitlilik ve insanlığa miras olarak ulaşan ekolojik sistemler üzerinde plansız kentleşme, yoğun sanayileşme, yanlış ve aşırı tarımsal aktiviteler, bilinçsizce ve yasa dışı yapılan kara ve deniz avcılığı nedenleriyle oluşan hava, su ve sulak alanlar ve toprak kirlenmesi nedeniyle çok fazla olumsuz etki oluşmakta ve çok sayıda tür kaybedilmektedir.



Günümüzde hava kirliliği, sera gazı salınımı ile küresel ısınma, ozon tabakasında incelme, asit yağmurları, radyoaktif kirlenme, su kirliliği, tarımda kimyasal gübre ve ilaç kullanımı sonucu oluşan amonyak, metan ve sera gazı etkisi yapan azot oksit emisyonu, toprak kirliliği, erozyon ve çölleşme, biyolojik çeşitliliğin dolayısıyla doğal kaynakların kaybı en önemli çevre sorunları arasındadır. Hava, su ve toprak gibi doğal çevre değerlerinde görülen kirlilik tek başına, bağımsız veya yalnız bulunduğu yeri etkileyen bir durum değildir. Herhangi bir ortamda görülen kirliliğin çeşitli insan faaliyetleri ve meteorolojik olaylar nedeniyle diğer ortamlarla da ilgili ve etkileşimli olması ve bazı durumlarda sınırları aşan özellik göstermesi durumun ciddiyetini ve sonuçlarını daha da artırmaktadır. Bu nedenle ülkesel çevre sorunları ile küresel çevre sorunları birbirinden bağımsız ya da çok farklı nitelikte değildir.



## Yaşamla İlişkilendir

İçinde bulunduğumuz yüzyılda özellikle artan nüfusla birlikte gelişen şehirleşme, teknolojik ilerleme ve endüstrileşmenin sonucu olarak daha da yoğunluk kazanan çevre kirliliği ile insanlık kendi eliyle yaşadığı dünyayı yaşanmaz hale getirmekte, dünya çapında iklim değişikliğine ve çeşitli hastalıklarının artmasına neden olmaktadır. Plansız ve programsız şehirleşme, çevreyi tahrip eden bilinçsiz insan kitlelerinin artması, aşırı üretim ve tüketim, çevreye karşı duyarsız yönetimler çevre kirliliğinin günümüzde giderek artmasına neden olmaktadır. Dünyadaki çevre sorunlarının boyutlarını ve tedbir alınmazsa yakın gelecekteki durumunu değerlendirin.



### Öğrenme Çıktısı

1 Kirlilik ve çevre kavramlarını öğrenebilme

#### Araştır 1

İnsan ve diğer canlılar arasındaki en önemli ekolojik fark nedir?

#### İlişkilendir

Çevre sorunlarına neden olan aktiviteleri değerlendirin.

#### Anlat/Paylaş

Çevre sorunları doğal yapı ve işlev üzerine yaptıkları etki şekillerine göre kaçaya ayrılır? Açıklayın.

## HAVA KİRLİLİĞİ VE SONUÇLARI

Hava canlıların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan ve doğal hali hayati önem taşıyan bir gaz ortamdır. Dünyayı saran ve kalınlığı yaklaşık 150 km olan gaz kütesine atmosfer denilmektedir. Atmosferin yeryüzünden itibaren ilk 5 km canlı yaşamına uygun olup yapısında %78 azot, %21 oksijen ve %1 **asal gazlar** bulunmaktadır. Ayrıca atmosfer, miktarları sürekli olarak azalıp çoğalan su buharı, karbon dioksit ve ozon gibi gazları da içermektedir.

Kirleticiler atmosfere doğal yolla veya daha çok endüstriyel aktiviteleri ifade eden insan (antropojenik) kökenli kaynaklar yoluyla atılmaktadırlar. Doğa, her hali ile atmosfere kirletici verebilecek veya kirletici olmayan bir maddenin atmosferde reaksiyona girmesiyle kirletici üretebileceği emisyonlara sahiptir. Polenler (çiçek tozları), çam ağaçlarının

### ✓ Asal Gazlar

Çok benzer kimyasal yapılara sahip, standart şartlar altında tamamı çok düşük kimyasal reaktivitede olan, kokusuz, renksiz, tek atomlu gazlardır. Helyum (He), Neon (Ne), Argon (Ar), Kripton (Kr), Ksenon (Xe), ve radyoaktif Radon (Rn) doğal olarak bulunan asal gazlardır.

metabolizması sonucu ortaya çıkardığı terpenler, denizlerdeki ve okyanuslardaki biyolojik yaşama aktiviteleri sonucu ortaya çıkan metan gazı, sülfat ve nitrat içeren deniz tuzları, bataklık gazı olarak ifade edilen anaerobik canlıların kükürt içeren bileşiklerini kullanarak ortaya çıkardıkları  $H_2S$  (hidrojen sülfür) gazı, volkan patlamaları sonucu ortaya çıkan gaz karışımları ve partikül maddeler doğal kökenli kirleticilere en güzel örneklerdir. İnsan kökenli hava kirleticiler ise motorlu taşımacılık, elektrik üretimi amacıyla kullanılan güç (termik) santralleri, endüstriyel üretim, endüstriyel ve evsel kaynaklı ısınma, atık yakılması sonucu ortaya çıkan emisyonların tümünü içerir.

Hava kirliliği sanayi devrimiyle gözlenmeye başlanan ve insanlığın yerel olarak atmosfere verdiği kirleticilerin sadece kendi bulunduğu bölgede değil, atmosferik hareketlerle uzun mesafeli taşınımı nedeniyle küresel olarak tüm dünyayı etkileyebildiği bir sorundur. Hava kirliliği, bir veya birden daha fazla kirletici maddenin, canlı sağlığını, doğal veya insan eliyle yapılmış cansız varlıkların yapısını etkileyecek düzeyde atmosferde doğal olarak var olandan daha fazla miktarda bulunması sonucu oluşan bir hava koşulu olarak tanımlanabilir. Atmosferdeki kirletici bir madde katı, sıvı veya gaz halinde bulunabilir. Belli bir şekilde atmosfere verilen kirletici madde, artık çoğunluğu gaz olan bir ortamda bulunacağından, atmosferdeki gazlar için kullanılan konsantrasyon tanımının bu maddeler için de kullanımı mümkündür. Kirletici olarak ifade edeceğimiz gazlar için ppm (milyonda bir) biriminin kullanımı oldukça yaygındır.

Hava kirlenmesinin kömür, petrol ve doğal gazın yoğun olarak kullanıldığı ferdi ev bacaları, motorlu araçlar ve termik santraller dahil endüstri olmak üzere üç kaynağı vardır. Özellikle şehir merkezlerindeki kirlenmenin %50'si ev bacalarından ve motorlu araçların egzozlarından çıkan dumanlardan oluşmaktadır. Ev, endüstriyel tesis ve termik santral bacalarından kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların yapısında bulunan kükürt ve azot yanmasıyla oluşan kükürt dioksit ( $SO_2$ ), azot oksitler ( $NO$  ve  $NO_2$  şeklinde iki tip olup  $NO_x$  olarak gösterilirler) ve partikül madde (PM) atmosfere atılmaktadır (Bkz. Şekil 7.2). Dünyada ve ülkemizdeki milyonlarca araç egzoz gazlarının hava kirliliğinin kaynaklarından birini oluşturduğu ve bu egzoz gazlarının özellikle kalabalık şehirlerde yaşayan halkın sağlığını büyük

oranda etkilediği ve yaşam kalitesini düşürdüğü bilinmektedir. Taşıt egzozlarından partikül madde şeklinde yanmamış karbonlar, hidrokarbon (HC) buharları, karbon monoksit (CO), karbondioksit ( $CO_2$ ) ve  $NO_x$  gazları ve su buharı çıkmaktadır.



Şekil 7.2 Bir endüstriyel tesisten atmosfere atılan kirletici gazlar

**Kaynak:** <http://www.pollutionissues.com/A-Bo/Air-Pollution.html>.

$CO_2$  ve  $H_2O$  yakıt içerisinde bulunan karbonun ve hidrojenin yanma havası içerisindeki oksijen ile yanmasıyla oluşur. Bulunulan ortamdaki fazla  $CO_2$ , atmosferde %21 oranında bulunan oksijenin yayılmasını ve havada hissedilmesini engelleyerek boğulma hissine ve etkisine neden olduğundan zararlıdır. Su buharı ve özellikle  $CO_2$ 'in atmosferdeki miktarları arttığında yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarının uzaya dönmelerini engelleyerek ortada tuttuklarından sera etkisi de denilen bu süreçle yeryüzü sıcaklığının artmasına neden oldukları tespit edilmiştir. Karbonun hava ile tam yanması ile oluşan CO, renksiz, kokusuz, çok zararlı ve zehirli bir gazdır. HC'ler, yanmamış yakıt ve dumanını oluşturan buharlaşmış gaz ve parçacıklardan oluşur ve özellikle merkezi sinir sistemi üzerine zararlı etkileri vardır.  $NO_x$ 'ler ise havadaki kirli turuncu sis bulutu oluşumunun ve asit yağmurlarının başlıca kaynağıdır. Ayrıca, insanların sinir sistemi ve mukus zarları üzerinde etkili ve zararlıdır.

## Başlıca Hava Kirleticiler

Hava kirleticiler, kimyasal özellik ve yapılarına, atmosfere erişme durumlarına, yönetmelik veya yasal düzenlemelerdeki tanımlamalara göre sınıflandırılabilir. Hava kirleticiler kimyasal yapılarına göre aşağıda verildiği şekilde sınıflandırılabilirler.

- Kükürt içeren bileşikler
- Azot içeren bileşikler
- Karbon içeren bileşikler
- Halojen içeren bileşikler
- Toksik madde içeren bileşikler
- Radyoaktif madde içeren bileşikler

Atmosfere erişim yollarına bağlı olarak kirleticiler birincil ve ikincil kirleticiler olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadırlar. Birincil kirleticiler atmosfere kaynaktan direkt gönderilen ve bir değişime uğramayan kirletici bileşenleri temsil ederken ikincil kirleticiler kaynaktan çıktıktan sonra atmosferde bulunan diğer maddelerle kimyasal reaksiyona girip bu reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan kirletici bileşikleridir. Yer seviyesi ozonu ve smog (fotokimyasal sis) oluşumunda ortaya çıkan peroksiasetilnitrat (PAN) kirletici bileşikler ikincil kirleticilerdir. Oysa bunların oluşumuna zemin oluşturan yanmamış hidrokarbonlar ve azot monoksit (NO) birincil kirletici grubundadır. Yasal düzenlemelerle kontrol edilen hava kirleticiler ise yaygın kirleticiler dediğimiz kükürt dioksit, azot oksitler, partikül madde ve az miktarda olsalar bile atmosferde yarattıkları etkiye bağlı olarak ifade edilebilir. Kurşun (Pb), karbon monoksit, ozon (O<sub>3</sub>) gibi hava kirleticileridir.

Bu kirleticiler içerisinde yer alan partiküller atmosferde katı ve sıvı olmak üzere yaklaşık 100 mikrondan daha küçük boyutlarda olabilirken, asıl kirletici olarak nitelendireceğimiz partiküller ise 0,001 ile 10 mikron arası büyüklükte olmaktadır. Bu büyüklükteki partiküller atmosferik reaksiyonlarda ve yağmur oluşumu gibi doğal olaylarda görev alırlar. Partikülün büyüklüğü, bir ölçüde partikülün kaynağı hakkında da bize bilgi verir. Büyük partiküller doğal kökenli olup daha çok maden ve kömür kırma veya öğütme işlemleri sonucu atmosfere giderler. Partiküller inorganik ve organik partiküller olabilirler. İnorganik partiküller daha çok metal oksitler halinde atmosferde bulunur. Metal içeren yakıtlar yandığında oluşan bu partiküller içerdikleri metale bağlı olarak atmosferde oksidasyon reaksiyonlarına katılabilirler. Organik partiküller ise çok çeşitli organik bileşikleridir kapsarlar ve eksik yanma ürünü olan poliaromatik hidrokarbonlardan en basit hidrokarbon ve türevlerine kadar geniş bir aralıkta olabilirler. Organik partiküllerin çoğu kanserojen ve mutasyona sebep olabilen bileşikler olarak literatürde yer almaktadırlar.

Bütün bu emisyonlar atmosferde görüş mesafesinin azalmasından, sis oluşumu ve yağışa, güneş radyasyonunun azalmasından, ısı ve rüzgar oluşumundaki değişime kadar çeşitli problemlere sebep olurlar. Aynı zamanda yeryüzünde kullandığımız çeşitli malzemelerde korozyon olarak bilinen süreçle bozunmaya sebep olurlar. Özellikle O<sub>3</sub>, polimer ve kauçuk malzemelerde hızlı bir deformasyona neden olmaktadır. Kirli olarak tanımlanan hava, farklı biçimlerde su kaynaklarını ve toprağı kirletmekte, içerisinde bulunan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazları su buharı eşliğinde çeşitli reaksiyonlarla sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) içeren asit yağmurları şeklinde yeryüzüne inerek tüm canlı yaşamı olumsuz etkilemekte, binalarda, mermer yapılar ve tarihi anıtlarda bozunmaya neden olmakta, yol açtığı iklim değişiklikleriyle tarımsal üretim alanlarında daralma ve ürün kaybına sebep olmakta, diğer bitki örtüsü ve ormanlara önemli derecede zarar vermektedir. Hava kirliliğinin insanların başlıca üst solunum yolu, dolaşım sistemi ve sinir sistemi üzerinde zararları olduğu ve insanları psikolojik olarak etkilediği bilinmektedir. Bitkiler üzerinde **fitotoksik** etkiye sahip olduğu bilinen SO<sub>2</sub>, smog oluşumunun son ürünü olan peroksiasetilnitrat, klor ve civa gibi bileşikler bitki gelişimine önemli zararlar verirken insan sağlığında genelde tekrarlayan üst solunum yolu enfeksiyonlarına, alerjiye, hatta ölüme yol açarlar.

#### ✓ Fitotoksik Etki

Özellikle kimyasal maddelerin ve tarımsal ilaçların bitki üzerinde meydana getirdiği zehir etkisidir.

## Bölgesel ve Küresel Olarak Yaşanan Hava Kirliliği Problemleri

### Atmosferik İnversiyon ve Fotokimyasal Sis

Genellikle sonbahar veya kış mevsiminde görülebilen atmosferik inversiyon, önemli bir hava hareketliliği olup şehir içi bölgelerindeki ciddi hava kirlenmesi sonucu ölümcül atmosferik şartlar oluşabilmektedir. Yüksek basınçlı günlerde, sakin ve açık atmosferik hava koşullarında güneşin

yerküreyi ısıtması sonucunda yerküre üzerindeki hava tabakası ısınır. Normal koşullarda atmosferde yukarı doğru çıkıldıkça sıcaklık her 100 metrede  $0,5^{\circ}\text{C}$  azalır. Bu nedenle yerkürenin hemen üstündeki ısınan hava tabakası yukarı doğru yükselir. Eğer yeryüzü üzerinde kirli hava tabakası bulunuyorsa bu olay sonucu kirli hava tabakası doğal olarak yeryüzünden uzaklaşır. Atmosferik inversiyon olayında ise; özellikle sonbahar ve kış aylarında geceleri yerkürenin çok çabuk soğuması sonucu yerküre üzerindeki hava tabakası da soğur. Bu soğuyan hava tabakası daha üstteki sıcak hava tabakasını geçemediğinden yerküre ile sıcak hava tabakası arasında sıkışıp kalır. Bu sıkışan hava tabakasında biriken atık gaz ve partikül madde şeklindeki kirlenici maddeler yerkürenin hemen üstünde kirli bir hava tabakasının oluşmasına neden olur. Bu sırada söz konusu atık gazların yoğunlukları inversiyon tabakasında bulunan diğer gazların yoğunluklarına yaklaşıp bu nedenle de toprak seviyesinde hareketsiz kalırlar. Diğer taraftan nem, inversiyon sırasında oluşan sis altında yoğunlaştığından hava sıcaklığı oldukça düşer. Bu olayda aerosoller de su buharının yoğunlaşmasında etkili olur. Atmosferik inversiyon sonucu şehrin üzerinde sıkışıp kalan duman/sis tabakası şeklindeki kirli hava tabakası çok kötü bir hava kirliliği tipini oluşturup burada yaşayan canlıları olumsuz yönde etkiler. Böyle bir inversiyon tabakasında havadaki zehirli maddelerin maksimum değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Bu kirli hava tabakası ancak çok şiddetli hava akımları sonucu dağılabilir.

Londra'da, 1952 yılında atmosferik inversiyon sonucu, bir hava kirliliğinin yaşanmasından dolayı bu tip hava kirlenmesi olayına Londra Smog'u adı da verilmektedir. Fotokimyasal sis (smog) literatürde İngilizce kelime olan "smoke" ve "fog" sözcüklerinin bileşiminden ortaya çıkmıştır. Yüksek basınç, durgun hava ve güneşli ortamda ortaya çıkan, içeriğinde ozon, hidrokarbon ve kısmen okside olmuş hidrokarbon,  $\text{NO}_x$  ve eser miktarda diğer zararlı gazlar bulunan ve güneş ışığı altında fotokimyasal reaksiyonlar sonucu gelişen sisli görüntülü bir hava koşuludur. Fotokimyasal sis oluşumu tarihçesine bakıldığında oluşumu itibarıyla ilk ve yoğun görüldüğü yerler endüstriyel gelişimi hızlıca yaşamış olan Londra ve Pittsburg gibi şehirlerdir. Londra'nın çok acı çektiği ve 1950 yıllarında yaşanan bu hava kirliliği problemi, smog oluşumunun içeriklerindeki farklılık açısından da iyi bir ör-

nektir. Londra smogu aslında aşırı miktarda kömür yakılması sonucu ortaya çıkan partikül ile sülfat ve sülfid aerosolları gibi kükürtlü bileşiklerin yoğun olduğu bir sis olayıdır. Ortaya çıktığı koşullara bakılırsa yüksek nem, durgun hava ve düşük sıcaklık profili en belirgin özelliğidir. Özellikle durgun hava nedeniyle 1952 yılında oluşan Londra smogu 5 gün sürmüş ve yaklaşık 5000 kişinin ölümüyle sonuçlanmıştır. Bu ortamdaki  $\text{SO}_2$  konsantrasyonu yaklaşık 700 ppm (milyonda bir) değeri ile normal seviyesinden 7 kat daha fazla olduğu, partikül konsantrasyonunun ise  $1,6 \text{ mg/m}^3$  değeri ile normal seviyesini 56 kat aştığı tahmin edilmektedir.

### Ozon Tabakası İncelmesi

Yapılan araştırmalarda ölümcül ve kronik cilt kanserlerinde maruz kalınan güneş ışığı ile kanser arasında sıkı bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir. Ozon, stratosferde ince bir tabaka oluşturacak biçimde Dünyayı sararak zararlı güneş ışınlarının etkisinden bizleri korumaktadır. Bu nedenle atmosferdeki ozon tabakasının korunması önem taşımaktadır. Aslında atmosferde ozon oluşumu ve bozunma hızları arasında bir denge mekanizması bulunmaktadır. Bu dengede fotokimyasal reaksiyon sonucu oksijen molekülü UV dalga boyundaki güneş ışığını absorplayarak iki tane oksijen atomuna ayrışır. Bu oksijen atomları oksijen molekülü ile birleşerek  $\text{O}_3$  oluşturur. Ancak çevrim bu defa ozonun güneş ışığını absorplayarak ayrışmasıyla bozunma aşamasına girer ve reaksiyon sonunda iki oksijen molekülü oluşur. Bu reaksiyonlar çevrim halinde sürekli olarak devam etmekte olup bozunma ve oluşum hızları arasında havadaki ozonu kararlı konsantrasyonda tutacak bir denge bulunmaktadır.

İnsan katkısıyla atmosfere atılan çeşitli atık kimyasallar stratosfere ulaştıklarında burada ozon ile fotokimyasal reaksiyona girerek ozonun bozunmasına neden olurlar. Bu maddeler içinde azot oksitler, metan ve yarılanma süreleri oldukça uzun olan klorlu ve florlu maddeler sayılabilir. Stratosferdeki güneş ışınlarının etkisiyle oksijen, azotproksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ve metan ( $\text{CH}_4$ ) fotokatalitik olarak ayrışıp, O, H, NO ve metil radikallerini ortaya çıkarabilir ve bu radikaller ozon ile reaksiyona girerek ozonu bozundurlar. İnsan kaynaklı emisyonlar nedeniyle atmosfere klorlu bileşikler verilmekte olup atmosferdeki klorun yaklaşık %25'i metan



klorür kökenlidir. Bu bileşiğin hidrolizi sonucu ortaya çıkan hidroklorik asidin klor radikali vermesi ve bu radikalin ozonla reaksiyona girmesiyle ozon bozunması oluşur. Bu şekilde ortaya çıkan bir tek klor atomu birkaç bin ozon molekülünü yok edebilmektedir.

Şu an ozon bozunmasında en çok tanınan ve kullanımı önce kontrollü olarak azaltılan ve nihayet yasaklanan bileşikler kloroflorokarbonlardır. Geçmişte iklimlendirme cihazlarında soğutucu bileşik, polimer köpüklerde şişirme ajanı, aerosollerde veya elektronik endüstrisinde temizleme ajanı veya çözücü olarak kullanılan bu kimyasallar, ozon tabakasını tahrip etme konusunda en büyük suçlu olarak ilan edilmiştir. Bu bileşiklerdeki klor ve flor gibi halojenler, belli bir dalga boyuna sahip güneş ışınıni absorplayarak ayırıştırmakta ve ozonun bozunmasına neden olan klor ve flor radikallerini üretmektedirler. Bu bileşikler 1980'li yılların sonuna doğru ozon tabakasında yaptıkları tahribatın belirlenmesi sonucu üretimleri durdurulmuş olmasına rağmen atmosferdeki yarılanma sürelerinin uzun olması ve kullanıldıkları eski cihazlardan doğan kontaminasyonların mevcudiyeti, onların halen atmosferde etkili olmalarına sebep olmaktadır.

Tarihsel gelişim sürecine göre kloroflorokarbon (CFC) yerine önce hidroflorokarbonlar üretilmiştir. Hidroflorokarbonlar yapılarında en az bir hidrojen molekülü içerdiklerinden troposferde bozunmaya uğrayarak stratosfere ulaşmaları, böylece ozon tabakasına zarar vermeleri engellenmeye çalışılmıştır. Diğer bir alternatif ise perflorokarbonların kullanımınıdır. Ozon veya hidroksil radikali ile reaksiyona girmediklerinden dolayı ozon bozunumu veya smog oluşum potansiyelleri olmayan bileşiklerdir. Ancak literatüre göre bu tür ozon bozunumu veya smog oluşum potansiyeli düşük olan bu bileşiklerin sera gazı etkisi yüksek olabilmektedir.

## Sera Gazları, Küresel İklim Değişikliği

Atmosferin doğal kompozisyonunda bulunan sera gazı olarak nitelendirdiğimiz, görünür dalga boyunda şeffaf olan karbondioksit ve su buharı, kızılötesi ışınların bir kısmını absorplayıp atmosfere gelen ve giden enerjide bir denge sağlayarak, yeryüzü sıcaklığını yaşanabilir bir düzeyde tutma görevini üstlenmişlerdir. Ancak, endüstriyel faaliyetler ve fosil yakıtların yoğun tüketimi sonucu atmosferdeki miktarları giderek artan CO<sub>2</sub>, kloroflorokarbon,

O<sub>3</sub>, CO, N<sub>2</sub>O ve metan gibi gazlar sera etkileri sebebiyle küresel iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Sera etkisi, özellikle CO<sub>2</sub>'nin ve su buharının atmosferde birikmesi sonucu oluşan tabakanın, güneşten gelen ışınların bir kısmını geçirmesi, kara ve deniz yüzeylerinden yansıyan güneş ışınlarını tutması ve bunun sonucunda atmosfer sıcaklığının artması olarak tanımlanmaktadır. Sera etkisinin en büyük sorumlusu su buharı olmasına rağmen su buharının atmosferdeki diğer görevleri yüzünden ikinci sorumlu olan CO<sub>2</sub> bu problemin en büyük nedeni olarak gösterilmektedir. Atmosfere verilen CO<sub>2</sub> miktarının artan nüfus ve sanayileşme ile orantılı olarak artması, ormanlar gibi CO<sub>2</sub> yutucu ortamların azalması ve karbondioksitin yarılanma süresinin 100 yıl gibi bir süre olması atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarında oldukça hızlı bir artışa neden olmuştur. Bu problem, 1980'li yıllarda Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinin yapılmasıyla topluma bildirilmiş ve sera gazları miktarında hızlı bir azalma sağlanması gerektiği dile getirilmiştir.

Dünya üzerindeki tüm canlı yaşam sera etkisi ile yakından ilişkilidir. Dünyanın ortalama sıcaklığı 15°C olup eğer sera etkisi olmasaydı yaklaşık 33°C'lik bir soğuma ile Dünya buzlarla kaplı olacaktı. Ancak geçtiğimiz yüzyıl artan sera etkisi nedeniyle Dünya ortalama sıcaklığı 0,6°C artmıştır. Karalardaki sıcaklık artışı deniz ve okyanuslara göre daha fazla olmuştur. İklim bilimcilerine göre küresel iklimdeki değişim bu şekilde devam ederse 1990-2100 döneminde Dünya yüzey sıcaklıklarında 1,4 ile 5,8°C arasında bir artış olacağı öngörülmekte ve buna bağlı olarak hidrolojik döngünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin 20-40 cm yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve yüksek sıcaklıklara bağlı salgın hastalıkların ve zararlıların artması gibi, dünya ölçeğinde sosyoekonomik sektörleri, ekolojik sistemleri, insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklerin oluşacağı beklenmektedir.

Atmosfer kirliliği ile iklimsel faktörler arasında sıkı bir ilişki mevcuttur. Hava kirliliği yoğun olduğunda, başta sıcaklık olmak üzere bazı meteorolojik faktörlerde değişiklik olabilir. Örneğin yerleşim alanlarında dumanlı veya sisli günlerde, ya da atmosferde toz yoğunluğu arttığında güneş ışınları yeryüzüne daha az ulaşır dolayısıyla toprak sıcaklığı azalır.



Atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarının üç katına çıkması halinde toprak seviyesindeki hava sıcaklığının 9°C artacağı tahmin edilmektedir. Aslında atmosferde CO<sub>2</sub>'nin artma etkisi karşı bir olayla dengelenmektedir. Modern endüstri tarafından atmosfere verilen, oradan da troposfer ve stratosfere ulaşan aerosol miktarının devamlı olarak arttığı bilinmektedir. Aerosollerin karasal atmosferde ortalama dört kat artmasının, yeryüzüne ulaşacak güneş enerjisinde oluşturacağı azalma nedeniyle toprak seviyesinde 3,5°C gibi bir sıcaklık düşüşüne neden olabileceği ve uzun yıllar sıcaklıkta bu şekilde bir azalmanın devam etmesi durumunda ise yeni bir buzul devrinin kaçınılmaz olabileceği vurgulanmaktadır.

### Asit Yağmurları

Asit yağmuru terimi, insan aktivitesi sonucu özellikle endüstri tesislerinde kömür ve petrol gibi fosil yakıt kullanımıyla ortaya çıkan ve atmosfere verilen SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve klor gibi emisyonların veya yakıtta bulunan diğer safsızlıklardan kaynaklanan maddelerin, atmosferde bulunan ozon, hidroksiperoksit veya hidroksil radikali gibi oksidasyon ajanlarının dahil olduğu bir dizi gaz veya sıvı faz reaksiyonları ile oksitlenip su buharı ile birleşerek yeryüzüne kuru veya ıslak asidik birikim şeklinde dönüşünü ifade eden bölgesel bir problemdir. SO<sub>2</sub>'nin sülfürik aside dönüşmesinde sıvı faz reaksiyonları, NO<sub>x</sub>'in nitrik aside dönüşmesinde ise gaz faz reaksiyonları, reaksiyon kinetiklerinin hızlı olması nedeniyle baskın reaksiyonlardır. Hava kirliliği sonucu oluşan NO<sub>x</sub>'ler özellikle bitki örtüsüne zarar vermektedir. En büyük etkisi ormanlar üzerine olup, ağaçların yapraklarında yanma oluşmakta, büyüme ve gelişme engellenmektedir. Özellikle atmosferinde bu emisyonları nötralize edecek nitelikte iyon veya partikül bulunmayan bölgelerde, oluşan asit yağmurları ile ormanlarda, toprakta, göl ve yüzeysel sulardaki asitlenme sonucu doğal yapıda değişim ve bunun sonucu olarak su ve toprakla ilişkili tüm canlılar üzerinde bazı türlerin yok olması dahil büyük tahribat oluşabilir. Asit yağmurlarının insanlar üzerinde özellikle deri, göz ve solunum sistemi üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir.

### Diğer Hava Kirliliği Sonuçları

Durgun havalarda ve sıcaklık terselmesinin olmadığı zamanlarda hava kirliliği nedeniyle şehirler üzerinde sarı-esmer renkte olan ve azot dioksit

(NO<sub>2</sub>) oluşumuna neden olan bir tabaka veya kubbe oluşur. Artan yeryüzü sıcaklığı nedeniyle oluşan yukarı doğru hava hareketleri bu kirlenme kubbesini besleyerek atmosferin üst kısımlarındaki daha soğuk tabakaya ulaşmasına ve dolayısıyla yağışlara neden olur. Tozlar, dizel taşıt egzozlarından çıkan partikül maddeler ve benzinli motorlardan çıkan kurşunca zengin maddeler atmosfer nemi için etkili yoğunlaşma çekirdeğini oluşturur ve şehir çevrelerinde etkili yağışlara neden olur. Hava kirliliği ve oluşan asit yağmurları karbon, oksijen, azot ve kükürt çevrimleri gibi biyokimyasal çevrimlerin bozulmasına, bitki topluluklarının yaprak dokusunda, çam ağaçlarının ibrelerinde ve meyvelerinde zarara, ayrıca büyüme hızını düşürerek büyümenin engellenmesine sebep olmaktadır. Çeşitli hastalıklara, pestisitlere ve kötü hava koşullarına karşı hassasiyetin artmasına ve üremenin engellenmesine neden olmaktadır.

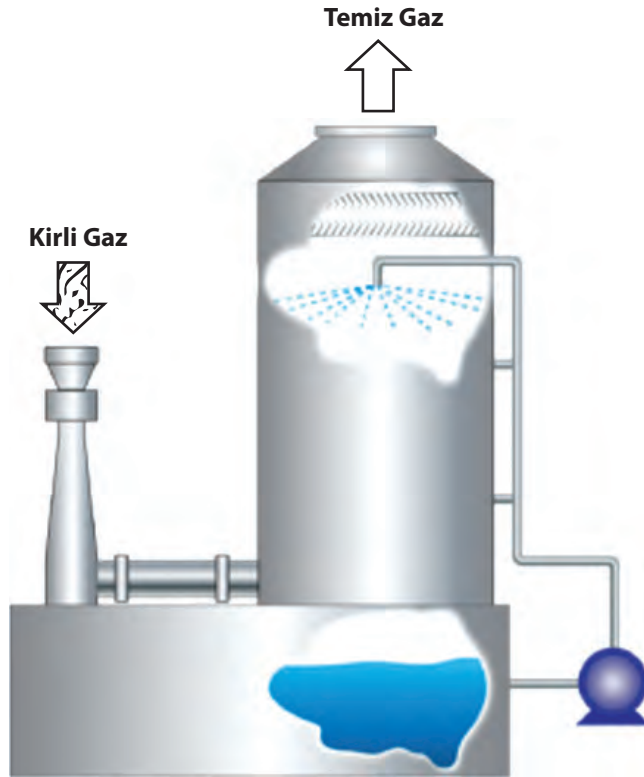
### Hava Kirliliğinin Kontrolü

Kaynağında kirleticisi madde oluşumunun engellenmesi ya da azaltılması kirliliği önleme olarak tanımlanmaktadır. Hava kirliliğine sebep olabilecek kirleticiler katı partikül veya gaz formunda bulunabilirler. Bunların olası etkilerini ve zararlarını en aza indirmek için çeşitli kontrol, teknik, strateji ve ekipmanlar kullanılmaktadır. Sera gazları salınımının ülkeler arası olmak üzere bir takım yaptırımlar içeren düzenlemelerle belirli düzeye getirilmesi, yakıt olarak hava kirliliğine sebep olduğu kanıtlanmış kömür ve diğer petrol ürünleri yerine doğal gaz kullanımı, güneş, jeotermal ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık verilmesi hava kirliliğinin oluşmadan önce kontrolünde izlenecek yöntemler olabilir. Toplu taşımacılık teşvik edilerek yaygın bir şekilde uygulanırsa, otomobil kullanımından kaynaklanan egzoz kirliliğinin azaltılmasında etkili olabilir. Ayrıca bina, makine, araç ve gereçlerde daha az enerji gerektiren teknolojilerin kullanılması, yalıtım yapılması ve yakıt ekonomisi sağlayan yüksek standartların uygulanması hava kirliliğinin kontrolünde göz önünde bulundurulması gereken diğer hususlar. Hava kirliliğinin kontrolünde katı partikül kirleticiler için genellikle siklonlar, elektrostatik filtreler, torba (kumaş) filtreler, ıslak tutucular kullanılırken gaz formundaki kirleticiler için absorpsiyon, adsorpsiyon, yakma gibi teknikler kullanılmaktadır.

## Absorpsiyon ve Islak Yıkama

Gaz absorpsiyonu, basit olarak atık gazların bir sıvı çözücü ile yıkanması olarak tanımlanabilir. Fiziksel bir süreç olan ıslak yıkama tekniğinde partiküller, buharlar ve gazlar ya bir gaz akımının sıvı çözelti içerisinde geçirilmesiyle ya da gaz akımına bir sıvı püskürtülmesi ile kontrol edilirler. Absorban olarak en yaygın kullanılan sıvı genellikle sudur. Islak tutma sürecinde partiküller veya sıvı damlacıklar, genellikle su olan ve gaz akımına göre zıt yönde akan bir sıvı içerisinde tutulurlar. Partikül kontrolünde kullanılan ıslak tutucular aynı zamanda birer absorpsiyon ünitesi olarak da işlev görürler. Sıvı akımı gaz akımı ile temasta

iken, sıvı hava kirleticilerini absorbe eder. Bu durumun benzeri yağmur damlalarının güçlü ve keskin kokuları yıkayarak havadan uzaklaştırdığında da görülmektedir. Fiziksel veya kimyasal olabilen gaz absorpsiyonu genellikle ürün geri kazanımında veya yüksek konsantrasyonlarda suda çözülebilir bileşikler bünyesinde bulunduran gaz akımlarını saflaştırmada kullanılmaktadır. Gaz absorpsiyonu için kullanılan başlıca ekipmanlar püskürtmeli, dolgu veya tepe kuleler ve püskürtme odalarıdır. Temas süresi ve temas alanının maksimize edilmeye çalışıldığı dolgu absorpsiyon kuleleri bu amaçla en sık kullanılan ünitelerden birisidir (Bkz. Şekil 7.3).



Şekil 7.3 Bir ıslak yıkayıcı şematik gösterimi

**Kaynak:** [http://www.energymatters.nl/Portals/o/CATO%20ARN%20Weurts%20-%20CO2%20uit%20rookgassen\\_12dec2014.pdf](http://www.energymatters.nl/Portals/o/CATO%20ARN%20Weurts%20-%20CO2%20uit%20rookgassen_12dec2014.pdf)

## Adsorpsiyon

Adsorpsiyon, bir sıvı veya gaz akımı içerisinde bulunan ve uzaklaştırılması istenen sıvı ya da gaz halindeki kirletici moleküllerinin bir katının yüzeyinde tutulması olayıdır. Adsorpsiyon süreçleri gazların ve uçucu organik bileşik (VOC) buharlarının genellikle karbon, moleküler elekler veya katalizörler gibi belirli katı yüzeyler üzerinde ki moleküler etkileşimi ile ilgilidir. Adsorpsiyon, uygun adsorbent kullanmak koşuluyla fiziksel ya da kimyasal olarak gerçekleştirilebilir. Bir katının iyi bir adsorban olmasını belirleyen en önemli kriter yüzey alanıdır. Büyük iç yüzey alanına sahip olan aktif karbon, içyapısında çok miktarda gazı adsor-

be edebilir ve sıklıkla baca gazlarından uçucu organik bileşikler uzaklaştırmak için kullanılır. Aktif karbon bu işlem sırasında uçucu organik bileşikler açısından doyuma ulaştıktan sonra rejenerasyon da denilen bir süreçte, ısı veya su buharı ile muamele edilerek toplanan uçucu organik bileşikler yapısından uzaklaştırılır. Bu şekilde adsorbandan alınan uçucu organik bileşikler diğer ileri giderme ünitelerine gönderilir, rejenere edilmiş aktif karbon adsorberde tekrar kullanılır. Adsorpsiyonu etkileyen parametreler ise sıcaklık, akış hızı, konsantrasyon ve gazın moleküler yapısıdır. Adsorpsiyon prosesleri, genellikle petrol ve petrokimya tesislerinde organik uçucu bileşiklerin buhar fazlarını tutmak için kullanılırlar.

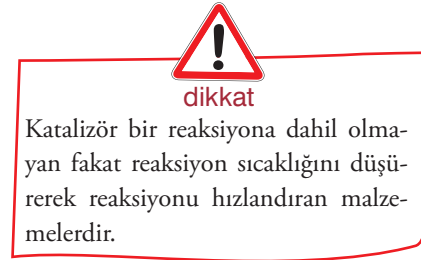
### Bez Filtreler ve Torbalı Süzgeç Odası

Bez filtreler veya torbalı süzgeç odaları birçok endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır. Baca gazı, bez bir yüzeyden geçirilmesi sırasında baca gazı içerisinde bulunan partiküller bu bez yüzeyde tutulurlar. Genelde, torba filtreler uzun bir çorap şeklinde imal edilmektedirler. Çalışma stilleri evlerde kullanılan elektrikli süpürgelere benzemektedir. Partikül içeren gazların bez filtrelerden geçirilmesiyle partiküllerin bez filtrelerin yüzeyinde kuru partikül tabakası halinde tutulması esasına dayanmaktadır. Zamanla bez filtrelerin yüzeyinde toplanan tozların oluşturduğu tabaka kalınlaşır, buna bağlı olarak filtreleme hızı ve filtreleme verimi düşer. Bu durumda bez veya torba filtre yüzeyinde toplanan tozlar, düzenli olarak filtrelere ters yönden hava üflenerek veya sallanarak toz tanklarına toplanmasıyla temizlenebilir. Kağıt, pamuk, Nomex, polyester, cam yünü, teflon ve hatta eğrilmiş paslanmaz çelik filtreler bu amaçla yaygın olarak kullanılan malzemelerdir.

### Katalitik Reaktörle

Katalitik reaktörler veya seçimli katalitik indirgeme (SCR) sistemleri genellikle endüstriyel proseslerde fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan  $\text{NO}_x$  emisyonlarını kontrol altında tutmak için kullanılır. Katalitik reaktörlerde, katalitik maddeleri içeren katı yataklar bulunur ve istenmeyen gazlar indirgenme veya yükseltgenme amacıyla bu yataklar boyunca geçirilir. SCR girişinde amonyak reaktörlere enjekte edilir ve atık gaz akımıyla karışır. SCR içerisinde amonyak ve  $\text{NO}_x$ , azot

ve su vermek üzere reaksiyona girerler. Bu sistem ile %90'ın üzerinde  $\text{NO}_x$  giderme imkânı vardır. Katalitik reaktörlerin, ayrıca katalitik yakıcılar da olduğu gibi ancak daha düşük sıcaklıkta ve sadece seçilmiş atık gaz için gerçekleşen ısıl parçalama fonksiyonları bulunmaktadır. Katalitik reaktörlerin özel bir uygulaması da  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  ve  $\text{HC}$ 'nin eşzamanlı indirgenmesi için modern otomobillerde kullanılan üç yollu katalitik dönüştürücülerdir. Taşıt motorlarının yanma odasına giren hava-gaz karışım oranları mümkün olduğunca optimum seviyede tutularak emisyonlar azaltılabilir. Günümüzde bu aracın motor devri göz önünde bulundurularak yanma odasına alınan hava ve yanabilecek yakıt miktarı hesaplanarak bilgisayar kontrollü olarak yapılmaktadır. Bu, sayede zararlı olan yanmamış gaz emisyonları azaltılabilmektedir. Üç yollu katalitik dönüştürücüde motordaki yanma sonucu oluşan, insan ve çevre sağlığı açısından zararlı olan  $\text{CO}$ ,  $\text{HC}$  ve  $\text{NO}_x$ 'leri içeren gazlar, egzoz manifoldu aracılığıyla üç yollu katalitik dönüştürücüye aktarılmakta ve bu katalitik dönüştürücü içindeki monolit denilen seramik yapının üzerine kaplanmış olan platin (Pt), paladyum (Pd) ve rodyum (Rh) gibi soy metal **katalizör**ler ile temas etmekte ve burada oluşan bir dizi katalitik kimyasal reaksiyon sonucunda  $\text{CO}_2$ , su buharı ve  $\text{N}_2$  gibi zararsız gazlara dönüştürülmektedirler.



### Siklonlar

Katı partiküllerin merkezkaç kuvveti yardımıyla baca gazından mekanik olarak ayrılarak toplandığı sistemler siklon olarak adlandırılmaktadır. Çalışma prensibi katı parçacık veya sıvı damlacık yüklü gazın silindirik şeklindeki siklon içerisine dış yüzeyden eksene dik olarak verilerek hızlıca döndürülmesi esasına dayanır. Döndürme hareketi santrifüj kuvveti yaratarak katı partiküllerin veya sıvı damlacıklarının silindirik duvarına fırlatılmalarına ve oradan da alttaki toplama kabına düşmelerine neden olur. Silindirin ortasında kalan gazlar içerisindeki parti-

külleri veya sıvı damlacıkları temizlendikten sonra yukarıya doğru hareket ederek silindirden çıkarlar. Siklonlar nispeten iri partikülleri gaz akımından ayırmak için kullanılırlar ve yüksek sıcaklıkta çalışabilirler. Siklonlar tipik olarak 50 mikron ( $\mu\text{m}$ ) veya üzeri tanecik boyutuna sahip katı partikülleri veya sıvı damlacıkları ayırmak için kullanılır. Tanecik boyutu 10  $\mu\text{m}$  ve daha büyük olduğunda giderme verimi %90 dan daha fazladır ve giderme verimi partikül çapı ve siklon içerisindeki artırılmış basınç düşüşü ile üstel olarak artar. Siklonlarda ayrılacak materyalin ağırlık, korozivite ve yapışkanlık gibi özelliklerine bağlı olarak girişte tıkanma, toplayıcıda partiküllerin sirkülasyonu, erozyon ve siklon iç yapısında korozyon gibi bir takım problemler yaşanabilir. Siklonlar yaygın olarak, pamuk çırçırı, kereste, un, yem, çimento, pulverize kömür kullanan termik santraller, kaya kırıcıları gibi ve havayı kirletecek büyüklükte katı partiküllerin açığa çıktığı diğer endüstriyel uygulamalarda kontrol ekipmanı olarak kullanılmaktadır.

### Elektrostatik Çöktürücüler (EPS)

Filtre olarak isimlendirilmelerine rağmen, klasik hava akımına dik olarak yerleştirilmiş bir filtre malzemesi üzerinde partiküllerin tutulması esasına göre çalışmayan elektrostatik filtreler, adından da anlaşılacağı üzere partiküllerin ana gaz akımından elektriksel kuvvetler kullanılarak ayrılması esasına dayanır. Elektrostatik çöktürücüler, statik elektrikle elbiselerin üzerine küçük tiftik parçalarının yapışmasındaki prensiple çalışan nispeten büyük yapıda ve düşük hızlı toz toplayıcı cihazlardır. Bu sistemde yüklü elektrotlar ve toplama tabakaları arasında oldukça yüksek voltaj düşüşleri elde edebilmek için trafolar kullanılır. Oluşturulan elektriksel alan sayesinde gaz akımının içerisinde bulunan tanecikler yük kazanarak toplama ünitesine çekilirler. Periyodik olarak toz toplanmış plakaların çekiç etkisi yapabilen bir sistemle temizlenmesi ve plaka yüzeyinden ayrılan tozların alttaki toz toplama kısmına düşmesi sağlanır. Bazı durumlarda toplanmış partikülleri gidermek için su kullanılır. Bu şekilde çalışan sistemlere ıslak çöktürücüler

denir ve sıklıkla sülfürik asit sisi gibi dumanları gidermede kullanılır. Genellikle çimento, çelik ve kağıt fabrikaları, petrokimya tesisleri ve pulvarize kömür tozu yakan termik santral bacalarının çıkışında kullanılan elektrostatik toplama üniteleri seri halinde çalıştırılarak partikül giderme verimi %99'ların üzerine çıkarılabilmektedir.

### Yakıcılar

İnsinerasyon işlemi yüksek etkinlikte tıbbi atık dahil katı, sıvı ve atık gazların yakılması işlemidir. Hava kirliliği kontrolünde yakma, zararlı ve/veya tehlikeli uçucu organik maddelerin oksijen ile tepkimeye sokularak zararsız ya da daha az zararlı ürünlere dönüştürülmesi işlemidir. Yanma reaksiyonları atığın kendiliğinden yanabilmesine dayanabildiği gibi dışarıdan yardımcı olarak doğal gaz ya da propan gibi yakıtların kullanılmasına gereksinim duyulan durumları da içerebilir. Yanmayan katıların olduğu durumlarda ise yakıcılar termal oksitleyici olarak adlandırılır ve tehlikeli atıklarda olduğu gibi %99,9 verimlerde çalıştırılabilir. Termal oksitleyiciler kokulu veya toksik uçucu organik bileşikleri de imha etmede kullanılmaktadırlar. Yakma sistemi kesikli veya katı atık depolarından çıkan metan gazının alevler halinde yanması gibi sürekli olabilir. İstenen sıcaklık olan 1100 °C ulaşıldığında çok miktarda yakıt kullanılması gerekir bu durumda maliyet artar.

### Biyofiltreler

Biyofiltreler ile yapılan uygulamalar, uçucu organik bileşikleri ve kokulu bileşikleri mikrobiyal oksidasyon yolu ile imha etme esasına dayanır. Bu filtreler en etkin şekilde suda çözülebilir maddeleri giderebilmektedir. Biyolojik filtrelerde bakteriler için destek tabakası olarak kullanılan su ile ıslatılmış yataklar bulunmaktadır. Kirli hava ıslak ve bakteri kütlesi taşıyan yatak içerisinde geçirilirken kirleticiler önce suda çözünür sonra bu ıslak yüzeyde tutulur ve ardından bakteriler tarafından zararsız hale dönüştürülür. Bu tür uygulamalarda %98'in üzerinde kirletici giderim verimi almak mümkündür.



## Yaşamla İlişkilendir

Hava kirliliğinin ortaya çıkardığı sorunlar, havada bulunan kirleticilerin ozon tabakasına zarar vermesi sonucu Dünya'ya gelen ışınların miktarının ve şiddetinin artması sonucu ölümcül ve kronik cilt kanserleri gibi hastalıkların ortaya çıkması, karbon çevrimi, oksijen çevrimi, azot çevrimi, kükürt çevrimi gibi biyokimyasal çevrimlerin bozulmasına ve asit yağmurlarına sebep olması, bitki toplulukları üzerinde yaprak dokusuna özellikle çam ağaçlarının ibrelerine ve meyvelerine zarar vermesi, büyüme hızını düşürmesi ve büyümeyi engellemesi, bitkilerde hastalıklara, pestisitlere ve kötü hava koşullarına karşı hassasiyetin artmasına ve üremenin engellenmesini neden olması, tozların, özellikle benzinli motorlardan çıkan kurşunca zengin partiküllerin atmosfer nemi için etkili yoğunlaşma çekirdeğini oluşturması ve şehir çevrelerinde etkili yağışlara neden olması, havadaki

CO<sub>2</sub> miktarının artışı ya da atmosferdeki tozların yoğunluğunun artması, toprak sıcaklığında normalin üzerinde kantitatif değerlerde değişmelerin görülmesi, fosil yakıt kullanımıyla ortaya çıkan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve klor gibi emisyonların veya yakıtta bulunan safsızlıklardan kaynaklanan maddelerin, atmosferde gaz ve sıvı faz reaksiyonları sonucu asit dönüşmesi ve asit yağmurları halinde doğaya geri dönmesi canlılarda sağlık, bitkilerde ve yapılarla ciddi hasarlara neden olması şeklinde sıralanabilir. Hava kirliliğinin kontrolü ise katı partikül kirleticiler için genellikle siklonlar, elektrostatik filtreler, torba (kumaş) filtreler, hem toz hem de gaz formundaki kirleticiler için ıslak tutucular kullanılırken yalnız gaz formundaki kirleticiler için absorpsiyon, absorpsiyon, yakma gibi teknikler kullanılmaktadır. Yakın çevrenizdeki hava kirliliğinin olumsuz etkilerini değerlendirin.

### Öğrenme Çıktısı



- 2 Başlıca hava kirleticileri öğrenebilme
- 3 Bölgesel ve küresel olarak yaşanan hava kirliliği problemlerini kavrayabilme
- 4 Hava kirliliğinin kontrolünü kavrayabilme

#### Araştır 2

Hava kirliliğinde ikincil kirleticiler denince ne anlıyorsunuz? Bunlara bir örnek verin.

#### İlişkilendir

Yeryüzü sıcaklığının gittikçe artmasına sebep olan sera etkisinin nedenlerini değerlendirin.

#### Anlat/Paylaş

Sera gazlarının küresel ısınma üzerindeki etkileri nelerdir? Açıklayın.

## SU KİRLİLİĞİ VE SONUÇLARI

Dünya yüzeyinin göller, denizler ve akarsular olmak üzere %71'ini kaplayan, doğal çevre değeri olarak hayatımızın kaynağını oluşturan ve tüm canlıların yaşamı için vazgeçilmez olan suyun ancak %3'ü tatlı su olup bunun %79'u buzullarda %20'si yeraltında ve %1'de ulaşılabilir kaynaklarda bulunmaktadır. Su kirliliği, göl, nehir, okyanus, deniz ve yeraltı suları gibi su barındıran havzalarda görülen kirliliğe verilen genel addır. Bu nedenle, insan faaliyetlerinden dolayı suyun fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklerinde meydana gelen olumsuz değişim şeklinde tanımlanabilen su kirliliği, çevre kirliliğinin en önemli bölümleri arasında yer almaktadır. Suyun fiziksel kimyasında oluşan değişikliklerin nedenleri arasında asitlik (pH değişiklikleri), elektrik iletkenliği, sıcaklık ve alg birikimi yer almaktadır.



Dünya üzerinde güneş enerjisi sayesinde buharlaşma ile suyun atmosfere girmesi ve yağış ile tekrar yeryüzüne dönmesi şeklinde doğal olarak gelişen ve sürekli olarak oluşan bir su döngüsü bulunmaktadır. İnsan ve diğer canlılar çeşitli aktiviteleri ve ihtiyaçları doğrultusunda suyu bu döngüden alır ve kullandıktan sonra suyun fiziksel ve kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştiren bir takım kirleticilerle birlikte tekrar söz konusu olan su döngüsüne verirler. Bu döngü sonunda su kaynakları üzerinde her geçen gün kirlilik yükü artmakta dolayısıyla sularda yaşayan canlılar olumsuz olarak etkilenmektedirler.

Su kirliliği kavramı, genel olarak insanların neden olduğu aşağıda verilen etkenlerden dolayı oluşan kirliliği tanımlamak için kullanılır. Çeşitli endüstri ve ticari faaliyetler sonucunda oluşan gaz, sıvı veya katı atıklar, belediyelerin kanalizasyon ve katı atıkları ile yayılan **patojenler** ve toksik maddeler, tarımsal gübre ve ilaçlar (pestisitler), hayvansal atıklar ve gıda artıkları da su kirliliğine neden olan temel kirletici kaynaklarını oluşturmaktadır. Su kirliliği, içerisinde zararlı bileşenleri barındıran atık suların, hiç arıtılmadan veya yeterli arıtım işleminden geçirilmeksizin nehir, göl ve denizlere boşaltılmasıyla meydana gelir (Bkz. Şekil 7.4). Birçok gelişmemiş ya da az gelişmiş ülkede arıtma tesisleri kurulmadan, akarsuların kentsel atıklar için bir araç gibi kullanılması kamu sağlığı açısından çok kötü sonuçlar doğurmaktadır. Bu kirleticilerin bazıları yapıları gereği çok zararlı olmamalarına rağmen su kaynaklarına karıştıktan sonra oluşan biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda çok daha zararlı hale gelebilmektedirler. Kimi zamanlarda bazı canlı türlerindeki bozulan dengeler sonucunda da su kirliliği oluşabilmektedir. Doğal yoldan oluşan su kirliliğinin nedenleri arasında yanardağlar, aşırı alg üremesi, rüzgarlar ve depremler yer almaktadır.



Şekil 7.4 Su kaynaklarını kirleten bir noktasal kaynak

**Kaynak:** <http://yumurtaliekmek.com/wp-content/uploads/2015/04/su-kirliliginin-nedenleri-190415.jpg>.

İnsan faaliyetleri ile serbest kalan ve sularda yüksek oranda kirletici olan organik madde kaynakları arasında mezbaha, süt, peynir ve şeker fabrikaları gibi çeşitli gıda sanayilerinin atıklarını da belirtmek gerekir. Su kaynağı aşırı miktarda organik madde ile yüklendiği veya kirlendiği zaman, mikroorganizmalar çoğalarak bu organik maddeyi parçalamak için sudaki çözünmüş oksijen miktarını diğer su canlıları için gerekli olan sınır değerinin altına düşürerek onların ölmesine ve amonyak, metan ve diğer bazı zehirli maddelerin oluşmasına neden olabilmektedirler. Bu durumda, ortamdaki aerobik canlıların yerini bağlı oksijeni kullanan anaerobik canlılar alır ve organik maddeyi ayrıştırma işlemi anaerobik mikroorganizmalar sürdürür.

Kirlenmeye neden olan iki önemli karasal kaynaklı besin kaynağı fosfor ve azottur. Yoğun gübre ve deterjan kullanımı ve kanalizasyon arıtma tesislerinin yan ürünleri nedeniyle şehir atık sularında bu besinlerin yoğunluğu fazladır. Kâğıtçılık sanayi de, suların organik kirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu tesisler karbonhidrat bakımından zengin alkali su çıkararak fermentasyonun gerçekleşebileceği zemin oluşturmaktadır. Kâğıt endüstrisinin atık suları içerisinde sülfidler, klor ve çeşitli



**dikkat**

Patojen, hastalığa neden olan her türlü organizma ve maddedir.

mineral asitler gibi zararlı maddelerde bulunmaktadır. Özellikle deniz kıyısında kurulmuş olan kağıt fabrikaları o çevredeki deniz hayatını yok etmektedir. Bugün büyük ölçekli bir kağıt fabrikası yaklaşık olarak 500000 nüfusa sahip bir şehir kadar su kirliliğine yol açabilmektedir.

Kirli sular, içme, tarım ve endüstriyel faaliyetler için uygun olmayıp, içme sularının zehirlenmesine, ötrofikasyon nedeniyle akarsu veya göl ekosistemlerinin bozulmasına, buna bağlı olarak su canlılarının ölmesine ve bunun sonucu olarak biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve çeşitli diğer çevresel problemlerin ortaya çıkmasına neden olurlar. Su kirliliği, evsel veya endüstriyel atıkların minimize edilmesiyle azaltılabilir veya çeşitli arıtma yöntemleriyle önlenir. Gaz, sıvı ve katı halde olabilen su kirlenici maddelerin kontrolsüz bir şekilde artması bütün hidrosferi kirlenmeye yeterli olmaktadır. Su kirliliğinin yayılması, büyük ölçüde kirlenici maddelerin sudaki çözünürlük değerlerine bağlıdır. Yapılan çalışmalar, sıvı hidrokarbonlar veya organik böcek öldürücüler gibi suda az çözünen maddelerin, göl veya biyosenozlarına girerek sağlık açısından büyük sorunlar yarattığını göstermiştir.

#### ✓ Ötrofikasyon

Göl gibi herhangi bir büyük su ekosisteminde, başta karalardan gelenler olmak üzere, çeşitli nedenlerle besin maddelerinin büyük oranda artması sonucu, plankton ve alg varlığının aşırı şekilde çoğalmasıdır.

Yüksek orandaki patojenler, yetersiz arıtılmış lağım sularının döküldüğü tatlı su havzalarında bulunmaktadır. Bu durum özellikle az gelişmiş ülkelerde görülen ve sadece tek işleme arıtmanın uygulandığı su havzalarında olağandır. Bazı kentlerde yer alan birleştirilmiş kanalizasyon sistemleri, altyapı yetersizlikleri nedeniyle olası bir yağmur fırtınası sonucunda kanalizasyon taşkınlarına neden olabilmektedir. Kimi zamanlarda büyükbaş hayvan işletmeleri de patojen organizmaların artışına neden olabilmektedir. Koliform bakterisi, su kirliliğini ölçmek adına sık kullanılan bir bakteri belirleyicisidir. Bu bakteri türü doğrudan hastalığa yol açmasa da diğer bazı mikroorganizma türleri, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler bırakabilmektedir.

Su kirliliğine neden olan kirlenici arasında farklı çeşitler barındıran kimyasal maddeler, patojenler, ısı değişimi gibi fiziksel veya duyuşsal değişiklikler yer almaktadır. Yine kimi zamanlarda doğada ve suda doğal olarak var olan kalsiyum, sodyum, demir, manganez gibi minerallerin miktarlarındaki aşırı artış da kirlilik nedeni olarak görülmektedir.

Sudaki çeşitli kirleniciyi genel olarak üç başlık altında toplamak mümkündür.

- Biyolojik kirlenme etkenleri (mikroorganizmalar, fermante olabilen organik maddeler, bitkilerin çok fazla büyümesine neden olan kirlenici)
- Kimyasal etkenler (endüstriyel kökenli çeşitli kimyasal atıklar, deterjanlar, böcek ve bitki ilaçları, kimyasal gübreler ve petrol kökenli kirlenici)
- Fiziksel kirlenme etkenleri (ısınma ve radyoaktivite, sediment kökenli kirlenici)

Enerji üretimi ya da tarımsal alanları sulama amaçlı yapılan baraj ve göletler, nehirlerin yer üstü su kaynaklarına taşıdığı suyu azaltmakta, su akış rejimini değiştirmekte veya kirlenmektedir. Her çeşit su kirliliği, kirliliğin bulunduğu havzanın çevresinde veya içinde yaşayan tüm canlılara zarar verdiği gibi, çeşitli türlerin ve biyolojik toplulukların yok olmasına ortam hazırlar. Oksijen tüketen maddeler arasında bitkiler gibi doğal unsurlar veya kimyasal maddeler gibi insan eli değmiş unsurlar yer alabilir. Doğal veya yapay oksijen tüketici maddeler suda bulanıklığa neden olurlar. Bu da güneş ışığını yansıtmayacağından çevredeki bitkilerin büyüme hızının yavaşlamasına ve bazı balık türlerinin solungaçlarının tıkanmasına neden olur. Ayrıca suda çeşitli nedenlerle oluşan bulanıklık güneş ışığının su yüzeyinden geçişini engeller ve böylece su bitkileri fotosentez yapamaz.

Çeşitli şekillerde su kaynaklarına karışmış ve suyu kirlenmiş birçok kimyasal madde toksiktir. Patojenler de insan ve hayvanlar üzerinde su yoluyla taşınan hastalıklara neden olur. Su kirliliği, küresel olarak büyük bir sorun olduğu gibi, bölgesel olarak birçok ölüm ve salgın hastalık olaylarının nedeni olarak görülmektedir. Dünya üzerinde günde 14.000 insan doğrudan veya dolaylı olarak su kirliliğinin nedeni olduğu hastalıklar sonucunda yaşamını yitirmektedir. Buna ek olarak gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde su kirliliğine bağlantılı olarak görülen akut sağlık sorunları nedeniyle, su

kirliliğin azaltılmasına yönelik yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Özet olarak söylemek gerekirse su içerisinde oluşacak kirlilikler hem bitki ve hayvan hem de insan sağlığını ciddi boyutta tehdit etmektedir.

Sudaki Kirlenmelerin Sonuçlarını Şöyle Özetleyebiliriz.

- Gıda kaynakları kirlenen ve alternatif kaynakları olmayan organizmalar açlıktan ölür.
- Belli türlerin azalması ya da yok olmasından dolayı türler arasındaki etkileşimleri azalır.
- Çevredeki diğer türler tarafından tüketilen yiyeceklerle beslenen organizmalar geniş çaplı çoğalır.
- Deniz yosunu gibi ana türlerin yok olması, alt katmanın değişmesi ya da yok olması veya temizleme çalışmaları neticesinde yaşam alanları değişir.
- Çok sayıda pestisit, özellikle tüm herbisitler, fitoplanktonlar için çok zehirlidir ve yaşamlarını sona erdirir.
- Suya karışan bakır tuzları ve kromatlar bir ppm den daha az derişimlerde bile algler için öldürücü olmaktadır.
- Diklordifeniltrikloroethan (DDT) ve diğer insektisitlerin, fitoplankton organizmalarda fotosentezi inhibe ettiği belirlenmiştir.
- Fitoplankton topluluklarının yok olması kıyı şeridindeki balıkların belirgin şekilde azalmasına neden olur.
- Deterjanlar ve endüstri kökenli kimyasal kirleticiler balıkların solungaçları ile ilgili dolaşım sisteminde problemler ortaya çıkarır ve bu canlıların ölmesine neden olur.
- Dolaylı yoldan kirlenmiş su kaynaklarını kullanan insanların bünyelerinde çeşitli hastalıklar ortaya çıkar ve sonunda ölümler görülebilir.

### Su Kirliliği Kaynakları

Su kirliliğine sebep olan kaynaklar evsel, ticari, endüstriyel, doğal ve tarımsal olmak üzere beş başlık altında incelenebilir. Ayrıca su kirliliğine neden olan kaynaklar kapladıkları alana göre noktasal veya noktasal olmayan kaynaklar olarak ikiye ayrılır.

### Noktasal Kaynaklar

Evsel ve güç üreten tesisler dahil endüstriyel kaynaklı katı ve sıvı atıklar, liman, gemi onarım ve söküm yerlerinden açığa çıkan katı ve sıvı atıklar, otomobil ve tren kazaları sonucu dökülen motor yağları ve petrol ürünleri, yer altı ve yerüstü kimyasal ve petrol tanklarından oluşan sızıntılar, septik sistem sızıntıları, kanalizasyon atıkları, hayvansal atıklar vb. su kaynaklarını kirleten noktasal kirlilik kaynaklarına örnek olarak verilebilir. Bunların yanısıra termal kirlilik, doğal bir alanın ısısının alçalıp yükselmesiyle beliren insan kaynaklı bir kirlilik türüdür. Bu kirliliğin bilinen en önemli nedeni, enerji santralleri soğutucu olarak kullanılmak üzere su havzalarından su çekilmesi ve ısınan suyun su havzalarına geri akıtılmasıdır. Isınan su, oksijeni daha az tutacağından, diğer bir deyişle içerisinde çözünmüş olan oksijen miktarı daha da az olacağından, sudaki canlı yaşam tehlikeye girer ve ekosistemin diğer elemanlarına zarar verir.

Dünya deniz ticaret hacminin her geçen yıl artması, petrol taşımacılığında yaşanan tanker kazalarının, dolayısıyla denizlerde petrol kökenli kirlilik boyutlarının artmasına yol açmıştır. Noktasal kaynak olarak değerlendirilebilecek bir tanker kazası sonucunda oluşan petrol kirliliğinin yaratmış olduğu çevresel etkinin büyüklüğü, temizlik faaliyetlerinin zorluğu ve maliyetinin yüksekliği geçmişte yaşanmış kazalardan açıkça görülmektedir.

### Noktasal Olmayan Kaynaklar

Noktasal olmayan kirleticiler ise belirli ve tek bir kaynağı olmayan, yayılmış durumdaki kirlilik kaynaklarına verilen addır. Bu tür kirliliğin nedeni, küçük oranda bazı kirletici maddelerin zamanla birikerek bir yerde yığılmasıdır. Bir tarım arazisinde gübrelenmiş alanlardan sızan ve zamanla bir yerde biriken azotlu bileşiklerin oluşturduğu kirlilik buna verilebilecek en güzel örnektir. Atmosferdeki kirli havada bulunan gazların yağışla su kaynaklarına ulaşması, tarımsal üretimde kullanılan gübre ve pestisitlerin yüzeysel su akışıyla taşınmaları ve yeraltına sızmaları noktasal olmayan kaynaklara örnek olarak verilebilir. Noktasal kaynaklara oranla daha az görünür, daha geniş alana yayılır ve dolayısıyla yüzey ve yeraltı sularını çok daha fazla kirletirler.

Çoğu su kirleticileri, nehirler ve diğer akarsular aracılığıyla denizlere ve okyanuslara taşınır. Dünyadaki bazı bölgelerde nehirler aracılığıyla taşınan kirleticiler, kilometrelerce uzakta yer alan deltaları ve kıyıları kirletebilmektedir. Okyanuslardaki büyük girdaplar plastikten çöpleri belli bir yere toplar. Örneğin, Kuzey Pasifik Girdabı, ilk başta “Büyük Pasifik Çöp Arazisi” adıyla anılan bir çöp bölgesi oluşturmuştur. Günümüzde bu bölge, Türkiye yüzölçümünün 85 katı büyüklüğündedir. Doğada uzun süre yok olmayan çöpler, çeşitli su kuşlarının ve hayvanlarının sindirim sistemine kaçarak bu canlıların iştahsız olmalarına ve dolayısıyla açlıkla yüzleşmesine sebep olabilmektedirler.

## Su Kaynaklarında Kirlilik

### Akarsu Kirliliği

Akarsu kirliliğinin ana kaynağını, herhangi bir arıtım olmaksızın alıcı su ortamına yapılan endüstri ve kanalizasyon deşarjları, besin artıkları ve tarımsal alanlardaki sızıntılarda bulunan organik maddeler oluşturmaktadır. Asidik karakterli yağmur suları, topraktaki alüminyum ve diğer ağır metalleri çözerek ve onlarla reaksiyona girerek bitki ve hayvanlara zararlı bileşikler meydana getirirler. Alüminyum, akarsu ile göllere taşındığı zaman küçük su canlıları ve balıkları öldürmektedir. Tarım alanlarında kullanılan kimyasal gübreler ve pestisitler, sıvı hayvan gübresi, hayvansal atıklar ve diğer atıkların akarsulara ulaşmaları sonucunda sudaki azot ve fosfor konsantrasyonu önemli derecede artmakta ve bu tür kirlilik taşıyan sularla etkilenmiş toprak verimsiz olmaktadır.

Endüstriyel faaliyetler sonucu çeşitli formlarda oluşan kimyasal atıklarda bulunan kurşun, bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) gibi ağır metallerin akarsulara bırakılması sonucu hem akarsulardaki hem de bu şekilde kirlenmiş olan akarsuların ulaştığı göl ve denizlerdeki balık ve diğer suda yaşayan canlılar ölmekte ve bu sularla temasta olan toprak kalitesi de kötüleşmektedir. Petrol ürünlerinin yavaş akan nehirlerle bir şekilde dökülmesi sonucu suya oksijen girişi engellenmekte dolayısıyla sudaki çözünmüş oksijen miktarı git gide azalmakta bu durum canlıların ölümüne neden olmaktadır. Yine endüstriyel faaliyetlerde soğutma amacıyla akarsulardan alınan soğuk suyun, sıcak su olarak tekrar akarsuya bırakılması sonucu

suyun sıcaklığı artmakta, oksijenin sudaki çözünürlüğü sıcaklıkla ters orantılı olarak değiştiğinden sudaki çözünmüş oksijen seviyesi düşmekte ve akarsuyun doğal özellikleri bozulmaktadır.

### Göl Kirliliği

Göllerde, biyolojik yaşamın devamlılığını sağlayan muhteşem bir biyokimyasal reaksiyon dengesi vardır. Göller, gerek akarsuların getirdiği ve gerekse herhangi bir arıtım olmaksızın doğrudan göle deşarj edilen kullanılmış suların kaynaklanan çok miktarda azot, fosfor ve karbon bileşiklerini içermektedir. Göllerde azot ve fosfor gibi bileşikler besin maddesi olarak kullanan alglerin hızla çoğalması sonucu ötrofikasyon olarak adlandırılan olay meydana gelmektedir. Ötrofikasyonun artmasına neden olan unsurların kaynakları değişkenlik göstermekle birlikte yiyecek atıkları, sentetik deterjanlar ve tarımsal gübrelerdeki azot ve fosfor önemli bir yer tutmaktadır. Organizma çeşitliliği, sayısı ve bitki yoğunluğundaki artış, suyun renk değiştirmesi, oksijenin derinlikle azalacak şekilde değişim göstermesi ve çözünmüş azot ve fosfor konsantrasyonundaki artış, bir göldeki en önemli ötrofikasyon belirtileridir. Bir gölün birim hacmindeki alg sayısı, o gölün kirliliği veya göldeki azot, fosfor ve karbonun miktarı ile doğru orantılıdır. Ötrofikasyonun aşırı artması, gölün biyolojik dengesinin bozularak göl suyunun kullanılamaz hale gelmesine dolayısıyla göldeki balık ve diğer canlıların ölmesine yol açmaktadır. Göller, kirlenme durumlarına göre aşağıda verildiği gibi üç sınıfa ayrılabilir.

- Oligotrofik göller: Derin, berrak mavi, oksijen gölün derinliklerine dağılmış ve gölde yıl boyunca oksijen mevcuttur. Bu göller besin açısından fazla zengin olmadıkları için alg patlaması fazla değildir.
- Ötrofik göller: Askıda ve çökelmiş olarak çok miktarda organik madde içerdikleri için alg patlaması olabilir. Bu nedenle bazı dönemlerde ve bölgelerde çözünmüş oksijen hiç olmayabilir.
- Mezotrofik göller: Bu iki sınıf arasında yer almaktadır.

Ayrıca ışık ve sıcaklığın göl kirlenmesine etkisi akarsulara etkisinden daha fazla olduğu için bu iki parametrenin göl kirlenmesiyle ilgili çalışmalarda mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.



## Yeraltı Suyu Kirliliği

Yüzeysel suları ve yeraltı suları arasındaki bağlantı karmaşıktır. Yeraltı suyuna etki edebilecek noktasal veya noktasal olmayan kirlilikler belirsiz ve incelenmesi zordur. Ayrıca bir yeraltı suyunun üzerinde yer alan topraktaki bazı kirlilikler her zaman yüzeyledeki bir su havzasını kirletmek zorunda değildir. Bu tür kirlilikler çoğunlukla yeraltı sularına erişerek burada belli bazı kirliliklere neden olmaktadır. Yeraltı suyu kirlenmesi temel olarak plansız kentleşme ve yeraltı suyunun kontrolsüz bir şekilde tüketilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Yüzeysel sularında olduğu gibi yeraltı sularının kirlenmesine noktasal ve noktasal olmayan kaynaklar neden olmaktadır. Arıtma sistemleri ve endüstriyel faaliyetlerden deşarj olan atıklar, belediye çöplükleri, petrol, kimyasalları depolama ve septik tanklardan gerçekleşen sızıntılar noktasal kaynakları oluşturmaktadır. Bu tür sızıntı suları çözünmüş çeşitli ağır metalleri ve kimyasal toksik maddeleri içerebilmektedir. Bu nedenle yeraltı suyu kirliliğinde, üzerindeki toprak katmanının özellikleri, hidroloji ve kirleticilerin özellikleri incelenmelidir. Sediment kirliliği, hava kirliliği sonucu oluşan asit yağmurları gibi atmosfer kaynaklı kirlilikler ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan gübre ve pestisit kirlenmeleri de noktasal olmayan ve önemli derecede yeraltı sularının kirlenmesine sebep olan etkenlerdir. Bu şekilde kirlenmiş yeraltı sularının çeşitli türde kuyular açılarak gerek tüketim amaçlı gerekse sulama amaçlı olarak kullanımı, kimyasal madde zehirlenmelerine, kanser dahil çeşitli hastalıklara ve ölümlere neden olmaktadır.

## Deniz ve Okyanus Kirliliği

Deniz ve özellikle okyanuslar dünya üzerindeki en büyük su kütleleridir. Son zamanlarda insan faaliyetlerinin aşırı artması sonucu oluşan kirlilik deniz ve okyanuslardaki doğal yaşamı ciddi şekilde etkilemektedir. Deniz ve okyanuslar çok çeşitli deniz hayvanına ve bitkisine ev sahipliği yaptığından onları olabildiğince temiz tutmak ve kirliliğe karşı korumak ve böylece yıllarca insanlığın hizmetinde olabilmelerini sağlamak için herkesin üzerine çeşitli görevler düşmektedir. Deniz ve okyanus kirliliğine, başlıca insan aktiviteleri sonucu oluşan petrol sızıntıları, plastikler, endüstriyel, tarımsal ve hayvansal

atıklar ile toksik olsun veya olmasın her türlü gıda ve kimyasal madde atıklarının ve kanalizasyonların arıtılmadan doğrudan denizlere verilmesi, limanlar, tersaneler, gemi bakım, onarım ve söküm yerlerindeki kirlilik ve toprak erozyonu neden olmaktadır (Bkz. Şekil 7.5).



Şekil 7.5 Çeşitli atıklar ile kirlenmiş bir deniz kıyısı

**Kaynak:** <http://www.timesofmalta.com/articles/view/20150214/environment/clogged-by-plastic.556026>.

Deniz yatağında yapılan petrol arama ve çıkarma çalışmalarından, petrolün nehirler vasıtasıyla taşınmasından ve denizlerdeki petrol tankerlerinden kaza sonucu petrolün ortama dökülmesinden dolayı dünyada yılda 2-28 milyon ton petrol ve petrol ürünü deniz kirliliğine yol açmaktadır. Ayrıca bakır ve altın (Au) gibi madenler için yürütülen çalışmalar deniz ve okyanusların kirlenmesinde ana etkenlerdendir. Özellikle bakır denizlerde yaşayan birçok canlı organizmanın yaşam döngüsüne zarar vermektedir. Ayrıca çeşitli kaynaklardan atmosfere atılan yanma ürünü  $SO_2$  ve  $NO_x$  ile yanmamış karbon parçaları, toz ve kum gibi doğal maddeler ile kirlenmiş hava uzun mesafeli taşınım ile deniz ve okyanuslara ulaşmakta ve özellikle  $SO_2$  ve  $NO_x$  oradaki çeşitli kimyasal reaksiyonlar ve diğer atmosferik olaylar neticesinde asit yağmurları olarak partiküllerle birlikte deniz ve okyanuslara geçmektedir. Ayrıca atmosferde artan  $CO_2$  miktarı nedeniyle oluşan iklim değişikliği, deniz ve okyanus sıcaklığını bir hayli etkilemekte ve deniz ve okyanusun absorplayabileceğinden daha fazla miktarlardaki  $CO_2$  asit yağmurları olarak deniz ve okyanusa dönerek deniz ve okyanus suyunu asitlendirmektedir.



## Su Kalitesinin Belirlenmesi

Su kirliliği, standartlara uygun şekilde alınmış atık su numunesinin fiziksel, kimyasal veya biyolojik olmak üzere birçok farklı yöntemle analiz edilmesiyle belirlenebilir. Kirletici özelliklerine ve istenilen doğruluk payına göre bu yöntemlerden birisi seçilir. Fiziksel ölçüm, sıcaklık, katı derişimi ve bulanıklık gibi farklı birimlerdeki ölçümler aracılığıyla yapılır. Sıcaklık gibi bazı ölçümler, suyun bulunduğu yerde ve örnekleme olmaksızın yapılabilir. Su örnekleri analitik kimya ilkelerine uyularak test edilebilir. Özellikle bir su havzasındaki organik veya inorganik maddelerin derişiminin belirlenmesi bu gruba girer. Yine sudaki pH, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), besin değerleri (nitrat ve fosfor bileşikleri), metaller (bakır, çinko, kadmiyum, kurşun ve civa gibi), petrol ve hayvan yağları, toplam petrol hidrokarbonları (TPH) ve böcek ilaçları oranı ölçümleri, kimyasal ölçüm kapsamındadır. Biyolojik ölçüm, bir bitkinin, bir hayvanın ve/veya bir mikroorganizmanın bir su ekosisteminin sağlığının ölçülmesi için kullanılmasını kapsar. Aşağıda su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan bazı ölçütler verilmiştir.

- pH: Bir çözeltinin hidrojen iyon ( $H^+$ ) konsantrasyonunun ölçüsü olup suyun asitliğini gösterir. Suyun pH'sı, sudaki  $H^+$  konsantrasyonunun negatif logaritmasının alınmasıyla bulunur.
- Çözünmüş oksijen: Absorpsiyonla atmosferden suya geçen veya algler ve su bitkilerinin fotosentezi sonucu suya verilen oksijen miktarıdır.
- Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ): Bir litre sudaki organik maddenin aerobik mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması sırasında tüketilen oksijen miktarının ifade eder. Ortamda azotlu bileşikler varsa bunlarında nitrata yükseltgenmesi için gereken oksijen isteği de BOİ'ye dahildir.
- Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) : Belirli miktardaki organik maddenin kimyasal madde ile ayrıştırılması (oksidasyon) sırasında tüketilen oksijen miktarıdır ve genellikle mg/litre olarak ifade edilir. Bir atık suyun KOİ'si genel olarak BOİ'sinden daha yüksektir. Çünkü biyolojik olarak oksitlenemeyen birçok bileşik kimyasal olarak oksitlenebilmektedir.

- Koku ve renk: Fiziksel özellikler olup suyun estetiği ile ilgilidir ve insan sağlığına doğrudan etkili olmayabilir.
- Katı madde: Suyun belirli bir hacmindeki mineraller, tuzlar, metaller veya çözünmüş anyon ve katyonlardır.
- Besin elementleri: Azot ve fosfor
- Mikrobiyolojik ölçümler

## Su Kirliliğinin Kontrolü

Suların çeşitli kullanımlar sonucunda atık su haline dönüşerek yitirdikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar suya kazandırabilmek ve boşaltıldıkları alıcı ortamın doğal fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemlerinin birine veya birkaçına atık su arıtma adı verilmektedir.

Kanalizasyon veya fabrika atıklarının deşarj noktasında inşa edilen atık su arıtma tesisleriyle noktasal kirletici kaynakların kontrol edilmeleri kolay olmasına karşın, tarım arazilerinden yüzeyel su akışı yoluyla taşınan gübre ve pestisitlerin oluşturduğu noktasal olmayan kirletici kaynakların kontrol edilmeleri oldukça zordur. Bu kaynaklar geniş alanları kapladıkları için, atık su arıtma sistemleri gibi teknolojik önlemlerle kontrol edilmeleri de neredeyse mümkün değildir. Bu nedenle tarımsal faaliyetlerde gübre ve pestisitlerin uygulama zamanı ve miktarlarının doğru saptanarak kontrol altına alınmaları daha etkin ve ucuz bir yoldur.

Yerel yönetimler su kirliliğini önlemek için kontrol programları geliştirmektedirler. Su kirliliği kontrol programının amacı, su kalitesi standartlarını belirlemek ve uygunluğunu kontrol etmek, kritik çevresel parametreleri geliştirerek onlarla ilgili ulusal veri tabanı oluşturmak, kanalizasyon şebekesi döşenmesini, atık su arıtma tesislerinin kurulmasını ve denetimini yaparak kirleticilerin doğrudan alıcı su kaynaklarına ve denizlere deşarjını önlemek, petrol ve kimyasal dökülmelerine mani olmak, noktasal olmayan kirletici kaynaklarını yönetmek, atık suları arıtmak, toprak erozyonu ile su kaynaklarına olan sediment taşınımını kontrol etmektir.

Atık suyun niteliğine göre kullanılacak arıtma süreçleri farklılık göstermektedir. Atık su içerisinde

bulunan çözülmüş organik maddelerin bakteriyolojik faaliyetler sonucu giderilmesi için biyolojik arıtma tesisi, atık su içerisinde çözülmüş veya askıda bulunan ve yerçekimi etkisi ile çökelmeyen maddelerin çöktürülerek sudan uzaklaştırılması için kimyasal atık su arıtma tesisi, suyun içerisinde bulunan ve kendiliğinden çökebilen katı maddelerin atık sudan uzaklaştırılması için fiziksel atık su arıtma tesisi tercih edilmelidir. Bu süreçler ayrı ayrı kullanılabilir gibi birbiri ardına gelecek şekilde de kullanılarak arıtma verimi yükseltilmiş tesisler kurulabilir (Bkz. Şekil 7.6).



Şekil 7.6 Atıksu arıtma tesisi

**Kaynak:** <http://www.dosab.org.tr/Detay/143/Atik-Su-Aritma>.

Fiziksel ayırma süreçleri, atık su içerisindeki kirlenici maddelerin ızgaralar, elekler, kum tutucular, yüzdürme sistemleri, çöktürme havuzları, dengeleme havuzları ile atık sudan alınması amacı ile kullanılan süreçlerdir. Kimyasal arıtma sistemleri, suda çözülmüş veya askıda bulunan maddelerin fiziksel durumunu değiştirerek, çökelmelerini sağlamak üzere nötralizasyon, flokülasyon ve koagülasyondur adımlarının uygulandığı bir arıtma sürecidir. Kimyasal arıtma işleminde, uygun pH değerinde atık suya koagülant, polielektrolit vb. kimyasal maddeler ilave edilmesi sonucu, çöktürülmek istenen maddeler çöktürülerek çamur halinde sudan ayrılır. Biyolojik arıtma süreçleri, atık su içerisindeki çözülmüş organik maddelerin aktif çamur sistemi, biyofilm sistemi, stabilizasyon havuzları, havalandırma lagünleri ve damlatmalı filtreler gibi üniteleri içeren süreçlerde bakteriyolojik faaliyetlerle ayrıştırılarak giderilmesi işlemidir. Burada bakterilerin arıtma işlemini gerçekleştirebilmeleri için pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen, toksik maddeler gibi parametrelerin kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Aktif çamur sistemi, dengeleme, havalandırma, çöktürme ve dezenfeksiyon ünitelerinden oluşmaktadır. Aktif çamur tekniğine göre çalışan sistemler uygulamada en çok kullanılan sistemlerdir. Aktif çamur, koloidal çözülmüş maddelerin mikroorganizmalar ile çökebilir biyolojik floklara dönüştürüldüğü süreçtir ve bu süreçte havalandırma havuzu içerisindeki mikroorganizmaların askıda tutulması esastır. Biyolojik arıtma ünitesi havalandırma sonucu, organik maddelerin askıda büyüyen mikroorganizmalar tarafından parçalanması prensibiyle çalışır. Askıda büyüyen mikroorganizmalar suyun içerisinde bulunan organik maddeleri parçalayarak  $H_2O$  ve  $CO_2$ 'e çevirirler. Mikroorganizmaların organik maddeleri oksitlemesi sonucu, organik maddeler okside olur ya da biyokütleyle dönüşür. Havalandırma havuzunda gereken arıtma veriminin sağlanması amacıyla, havuz içerisinde faaliyet gösteren mikroorganizma sayısını sabit bir değerde tutmak gerekmektedir. Bu nedenle biyokütlenin bir kısmı çöktürme kademesinde fazla çamur olarak sistemden atılırken, diğer kısmı havalandırma bölümüne geri verilir. Aktif çamur sistemlerinde organik maddelerin parçalanmasından sorumlu oldukları için bakteriler en önemli mikroorganizmalardır. Aktif çamur sistemlerinin tasarımında çeşitli parametreler kullanılır. Bu parametrelerden bazıları çamur yükü, çamur yaşı ve bekleme süresidir.

Yukarıda değinilen arıtma işlemlerinde giderilemeyen askıda katı maddelerin ve kolidlerin filtre edilmesi, endüstriyel atık su arıtım süreci çıkışındaki su içerisindeki anyon ve katyonların uygun iyon değiştirici kolonla tutulması ve arıtma tesislerinden çıkan suyun alıcı ortama verilmeden önce bünyesindeki bakteri ve virüslerin dezenfeksiyonla giderilmesi atık su arıtımında kullanılan diğer adımlardır. Ayrıca deniz suyundan tatlı su elde etmek veya atık suyu yeniden kullanılabilir hale getirmek amacıyla ultrafiltrasyon ve ters ozmoz sistemleri gibi pahalı olmaları nedeniyle gerektiğinde kullanılan ileri arıtma metodları da bulunmaktadır.

Atık su arıtım sistemleri pahalı bir yatırım olup işletilmeleri ise emek isteyen bir yatırımdır. Bu nedenle atık su arıtma tesisi kurarken arıtma prosesi, işletim maliyetleri, arıtma tesisinin yapımında kullanılan ekipman ve imalat kalitesi gibi bazı kriterler arıtma tesisi seçiminde belirleyici parametrelerdir. Diğer bir deyişle atık su arıtma tesisi kurulurken alet ve ekipman seçimine büyük önem verilmelidir. Eğer kaliteli ve dayanıklı teçhizat seçilmemiş ise kısa sürede atık su veya pis su kullanılan ekipman-

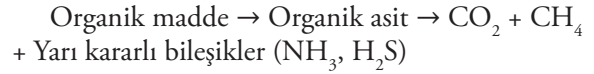
lar aşınmalar ve tıkanmalar nedeniyle bozulmaya başlayacaktır. Bu durum kısa zaman içinde alet ve ekipmanların çalışamaz duruma gelmelerine ve dolayısıyla yenilenmelerine neden olacaktır.

Kirli suların arıtılmasında ya da çevreye daha zararsız duruma getirilmesinde başvurulan yöntemlerden birisi de biyolojik ayrıştırma. Biyolojik ayrıştırma, organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından daha küçük bileşiklere dönüştürülmesi şeklinde tanımlanabilir. Mikroorganizmalar, organik maddeleri metabolik veya enzimatik işlemlerle değişik bileşiklere dönüştürür. Bu işlem sonucunda karbondioksit ve metan gazları oluşur. Biyolojik ayrıştırma, serbest oksijen (aerobik) veya bağlı oksijen (anaerobik) ortamlarında olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir.

Serbest oksijen ortamındaki ayrışmada, mikroorganizmalar (aerobik bakteri) suda serbest haldeki çözülmüş oksijeni kullanarak organik maddeleri daha küçük bileşenlere ayrıştırır ve sonuçta kararlı ve düşük enerjili karbondioksit, su, nitrat, sülfat ve fosfat gibi ürünler oluşur. Bu nedenle sudaki çözülmüş oksijen miktarını artırabilmek için suyun sürekli olarak havalandırılması gerekir. Aerobik ayrıştırma devam ettiği sürece, organik maddeler çevresel açıdan bir problem oluşturmamaktadır.

Bağlı oksijen ortamındaki ayrışmada, mikroorganizmalar ayrıştırma işlemini suda çözülmüş serbest oksijen olmadığı için sudaki bileşiklere bağlı oksijeni kullanarak gerçekleştirir. Bazı anaerobik bakteriler nitrat, sülfat, demir, manganez içeren bileşikler ve karbondioksiti kullanarak onları daha küçük bileşenlere ayrıştırır. Anaerobik ayrıştırma iki aşamada

gerçekleşir. Birinci aşamada organik madde organik aside dönüşürken, ikinci aşamada organik asit  $CH_4$  ve  $CO_2$ 'ye dönüşmektedir. Anaerobik ayrışmada reaksiyon sonucu oluşan bileşiklerin çoğu metan gazı ( $CH_4$ ) gibi fiziksel olarak kararlı olmasına karşı biyolojik olarak ayrışabilirler. Anaerobik ayrışmanın aerobik ayrışmaya oranla daha az enerji gerektirmesi, kirli suların anaerobik yöntemle ayrıştırılmasının önemini arttırmaktadır. Anaerobik ayrışmanın temel eşitliği:



Başka bir önemli su kirliliği de deniz ve okyanus kirliliğidir. Denizlerin kirlenmesine neden olan önemli durumlardan birkaçı da petrol dökülmesi, saçılması veya sızıntısıdır. Petrol tankeri kazaları sonucu deniz ve okyanuslara olası petrol döküntülerine, mümkün olan en kısa süre içerisinde müdahale edilmesi, petrolün yayılmasının önlenmesi ve dökülen petrolün toplanması, sorunun daha fazla büyümeden çözülmesi hususunda önemli bir adımdır. Müdahale yönteminde genellikle petrol bariyerleri ile petrol döküntüsünün yayılmasının önlenmesi ve sonra da sıyrıcılar vasıtasıyla petrolün toplanarak temizlenmesi tercih edilmektedir. Sahillerde, dar koylarda, nehirlerde ve petrolün enkaz parçalarıyla karıştığı durumlarda ya da sızıntı kaynağına ulaşılamaması gibi durumlarda petrol döküntülerinin toplanmasında ve ortamdaki giderilmesinde yüksek yağ emme ve tutma kapasitelerine sahip suni veya doğal bazı adsorban malzemeler, bez kılıflı minder, yastık vb. formda taşıyıcılar içerisinde kullanılabildiği gibi bir file içerisinde yerleştirilerek de kullanılabilir.

### Öğrenme Çıktısı



5 Su kirliliği kaynaklarını öğrenebilme  
6 Su kaynaklarında kirliliği kavrayabilme  
7 Su kalitesinin belirlenmesi ve kontrolünü anlayabilme

#### Araştır 3

Su kaynaklarında kirlilik altında yer alan akarsu kirliliği, göl kirliliği, yeraltı suyu kirliliği ve deniz ve okyanus kirliliği yer almaktadır. Bunlar arasında sizce en önemlisi hangisidir?

#### İlişkilendir

Su kirleticiler arasında önemli bir yeri olan bakırın sulara karışma yollarını ve etkilerini çevrenizdeki benzer maddeler için değerlendirin.

#### Anlat/Paylaş

Kirli suların anaerobik yöntemler ayrıştırılmasının önemini açıklayın.

## TOPRAK KİRLİLİĞİ VE SONUÇLARI

Yerleşim, tarım aktiviteleri ve sanayi için vazgeçilmez unsur olan toprak, dünya yüzeyinin %29'unu kaplayan kara tabakasında bulunan, kaya ve çeşitli organik maddelerle birlikte değişik ayrışma ürünlerinin karışımından oluşan, bünyesinde değişen miktarlarda su ve hava bulunduran, bitkilere besin kaynağı olan, içerisinde ve üzerinde pek çok canlı varlığın bulunduğu doğal bir varlıktır. Toprak kirliliği, toprağın normal konsantrasyon değerlerinden daha yüksek ve diğer organizmalar üzerinde olumsuz etkiye sahip katı veya sıvı formda olan kimyasal ve radyoaktif maddelerle kirlenerek kimyasal, fiziksel ve biyolojik bileşiminin ve dolayısıyla doğal dengesinin bozulması olayıdır. Toprak, tarım, içme suyu, inşaat, endüstri, şehircilik, mezarlıkların kurulması ve düzenlenmesi, sıvı ve katı atıkların uzaklaştırılması ve zararsız hale getirilmesi gibi konularla sıkıca ilgilidir. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, ancak verimli toprak kullanarak ve uygun tarım yöntemlerinin uygulanmasıyla mümkün olabilmektedir. Her geçen gün dünya nüfusu artmakta ve buna paralel olarak gıda, giyim, barınma, ulaşım, ilaç ve benzeri maddelere olan ihtiyaçlarda artmaktadır. Bu ihtiyaçların giderilmesi için yapılan binalar, evsel atıkların artmasına; gıda, giyim ve ulaşım ihtiyaçlarının giderilmesi için kurulan fabrikalarda, fabrika atıklarının artmasına neden olmaktadır. Tüm bu atıklar ve ayrıca yanlış tarım uygulamaları kapsamında değerlendirilebilecek olan toprak verimliliğinin artması için aşırı kimyasal gübre kullanılması ve çeşitli zararlılar için gereğinden fazla ilaç kullanılması toprak kirliliğine neden olmaktadır.

Toprak, yerine konamayan, üretilmesi mümkün olmayan tabii kaynakların başında gelmekte olup, toprak kirlenmesi, çevre kirliliği konuları arasında en az önem verileni gibi görünmektedir. Hava kirliliğinin aksine toprağın kirlenmesi şehirden ziyade kırsal kesimi dolayısıyla ciddi anlamda tarım ürünlerini ve üretimini etkileyen bir kirlilik türüdür. Dünyada mevcut 900 milyon hektar tropikal ormanın, her yıl 11 milyon hektardan fazlası yok olmaktadır. Bu da her yedi yılda bir, Türkiye'nin yüzölçümüne eşit bir alanı kaplayacak kadar tropikal ormanın imha edildiği anlamına gelmektedir. Tabii ki bunun sonucu olarak toprak erozyonu oluşarak

verimli topraklar kaybedilmekte ve ekolojik denge bir felakete doğru sürüklenmektedir. Bu durumun yakın bir gelecekte dünya üzerinde yaşayan bitki ve hayvan popülasyonunda % 15-20 oranında azalmaya yol açma ihtimali yine ciddi problemlerden birisidir.

Tarıma dayalı sanayileşme yolunda olan Türkiye'de ise her yıl yaklaşık 450 milyon ton toprağın erozyon yoluyla yitirildiği bilinmektedir. Yerleşimde yanlış yer seçimi ve nüfus artışı sonucunda büyük şehirlerin gelişmesine paralel olarak tarıma elverişli olan toprakların tarım amacı dışında kullanılması, plansız programsız endüstrileşme ekilebilir ve kullanılabilir tarım alanlarını giderek azaltmıştır. Diğer bir deyişle tarıma elverişli ve verimli alanlar endüstrinin ve şehirleşmenin lehine bozulmakta ve bitki örtüsü azalmaktadır. Günümüzde gelişen modern tarım teknolojisi artan miktarlarda gıda maddesi üretmektedir. Tarımın hızla endüstrileşmesi, kimya endüstrisinin genişlemesi ve enerjiyi ucuza üretme yönündeki çabalar insan kaynaklı organik kimyasalların doğal ekosisteme sürekli olarak bırakılmasına neden olmuştur. Karasal ekosistemin taşıyıcısı olan toprak, ilişkili olduğu su ve hava sistemlerinin içerdiği kirletici unsurlar için son toplanma noktası olduğundan toprak kalitesindeki değişim gerek doğal gerekse de tarımsal ekosistemin verimliliğini etkilemektedir.

Topraktaki kirleticiler karbon içeren organik ve karbon içermeyen inorganik bileşikler olarak ikiye ayrılmaktadır. Organik kirleticilerin en yaygın olanları, yakıt hidrokarbonlar, polinükleer aromatik hidrokarbonlar, klorlu aromatik bileşikler, deterjanlar ve pestisitlerdir. İnorganik türler ise nitrat, fosfat, kadmiyum, krom ve kurşun gibi ağır metaller, inorganik asitler ve radyoaktif maddelerdir. Toprak kirliliğine sebep olan deterjanlar, ağır metallere ait tuzlar, DDT ve benzeri tarım ilaçları, plastikler, florlu polimerler, her türlü atık yağ ve petrol ürünleri, kimyasal gübreler gibi zehirli ve tehlikeli maddeler toprakta uzun süre parçalanmadan kalabilmektedir.

### Toprak Kirleticilerin Sınıflandırılması

Toprak kirleticileri genel olarak organik ve inorganik kirleticiler olarak iki gruba ayrılabilir. Bunları da kendi içlerinde aşağıda görüldüğü şekilde sıralayabiliriz.



## A. Organik kirleticiler

- Pestisitler
  1. İnsektisitler (Böcek öldürücüler), zararlı hayvansal canlılara karşı
  2. Fungisitler (Mantar öldürücüler), zararlı mantarlara karşı
  3. Herbisitler (Yabancı ot öldürücüler), zararlı bitkisel canlılara karşı
  4. Rodentisitler (Kemirici hayvan öldürücüler)
  5. Nematositler (Nematod öldürücüler)
- Petrol Atıkları

## B. İnorganik Kirleticiler

- Ağır Metaller
- Azot ve fosfor içeren maddeler
- Radyoaktivite içeren maddeler

Özellikle nüfus artışının hızlı ve doğal kaynakların sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde, artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kimi zaman güvenlik ve çevre kirliliği gibi etkileri uzun süre sonra ortaya çıkabilecek konular daha az dikkate alınmakta ve bunun sonucu olarak tarımsal alanlarda kontrolsüz gübre ve ilaç kullanımı gündeme gelebilmektedir. Tarımda kullanılan gübreler ve ilaçlardan toprağa önemli miktarlarda toksik elementler geçmektedir. Bu toksik elementlerden en önemlileri kadmiyum, kurşun, nikel (Ni), arsenik (As) ve bakırdır. Bu toksik ve ağır metallerin toprağa ulaşması daha çok fosforlu gübreler ve bu gübrelerin hammaddelerinden kaynaklanmaktadır.

Bitkiler tarafından bitki besin maddelerinin topraktan alınması, yağmurlar ve yüzeysel sular tarafından toprağın yıkanması ve tarıma elverişli ortalama 40-50 cm olan toprak kalınlığının erozyon nedeniyle gün geçtikçe azalması, sulama ve gübreleme sularındaki süspanse katı maddelerin topraktan birikerek toprağın geçirgenliği gibi bazı fiziksel özelliklerini bozması sonucu topraklar zamanla fakirleşmekte ve verim kaybı oluşmaktadır. Bu nedenle tarımsal üretimin en önemli kaynağı olan toprak, gübreleme, zararlılarla mücadele, işleme, sulama gibi tarımsal işlemlerle verimli hale getirilmeye çalışılmaktadır. Toprağın verimliliğini sürdürbilmesindeki ana prensip, bitkilerce kullanılan

azot, fosfor, potasyum ve az miktarda magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), kükürt (S) ve diğer oligoelementler gibi besin maddelerinin toprağa kimyasal gübre ile verilmesidir. Bugün tarım alanlarında verimi arttırmak amacıyla artan miktarlarda kullanılmakta olan kimyasal gübreler kirlilik sorununun artmasına neden olan başlıca unsurlar arasındadır. Diğer bir deyişle kimyasal gübrelerin uygulama miktarı ve zamanı bu olumsuzlukların meydana gelmesinde önemli etkenler olarak görülmektedir.

Ancak yoğun yetiştiricilik yapılan alanlarda, gereğinden çok ve uzun süreli kullanılan kimyasal gübrelerin yıllar boyunca toprakta birikimi ile topraklarda tuzlanma, besin maddesi dengesizliği, mikroorganizma etkinliğinin bozulması, ağır metal birikimi, verim düşmesi, çoraklaşma, sularda ötrofikasyon ve nitrat birikimi, havaya azot ve kükürt içeren gazların salınması gibi problemler oluşmaya başlamıştır. Bu tür problemlerin giderilmesi için yapılması gereken uygulamalar uzun süre ve ciddi ekonomik yatırımları gerektirmektedir. Doğal olarak veya kimyasal gübreleme ile yapay olarak gerçekleşebilen topraktaki yüksek tuzluluk, bitkilerin verimlerinde azalmaya ve kalitelerinde düşüşe neden olmakta ve özellikle sodyum (Na) içeren tuzlar önemli zararlara neden olmaktadır.

Kimyasal gübrelerin fazla kullanılması sadece insan sağlığını tehdit etmekle kalmaz aynı zamanda toprakta zehirli metal ve metaloidlerin birikimi ile toprağın fiziksel yapısını da bozarak uzun vadede **agroekosistemin** dengesini tehlikeye sokar. Yapılan bir araştırmada bir tarım arazisinde toprağa sistematik olarak kimyasal gübre verilmiş ve sonuçta o parseldeki toprağın hızla organik madde miktarının azaldığı ve toprağın fiziksel yapısının bozulduğu tespit edilmiştir. Verimliliği artırmak için kullanılan azot ve fosfor içeren maddeler toprağın biyokimyasal çevrimini bozmaktadır. Ayrıca yüzeysel sularla taşınmış olan fosfat ve nitratlar sonuçta yeraltı sularını da kirliletmektedir. Yoğun kimyasal gübreyle maruz kalarak kirlenmiş topraklarda yetiştirilen ürünlerin insanlar ve hayvanlar tarafından tüketilmeleri bu alanlardaki zararlı bileşiklerin canlı bünyelerine ve insanlara geçmesine dolayısıyla insanlarda alerjik rahatsızlıklar, ürtiker, pigment bozuklukları gibi hastalıkların görülmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle bu toprakların ıslah edilmeleri gerekmektedir.



### ✓ Agroekosistem

Doğal ekosistemin bozularak insan eliyle tarım kültürüne açılan alanlardaki ekosistemlere verilen isimdir. Genellikle çayır mera alanları ve yapraklarını döken ağaçlık alanlar bozularak tarım ekosistemlerine dönüştürülmüşlerdir.

Diğer taraftan tarım arazilerinde ki zararlılara karşı kullanılan organik ve mineral pestisitler toprağın dolayısıyla biyokütleinin kirlenmesine neden olmaktadır. Toprakta kirlilik oluşturan pestisitler aslında bitki sağlığı için yani bitkileri zararlı diğer canlılardan korumak amacıyla kullanılmaktadır. Modern pestisitlerin çoğu organik sentez maddeleri olup pestisit anlamı yıkan, zarar veren, mahveden kemirendir. Bir başka ifadeyle, pestisit, insan, hayvan ve bitki olmak üzere tüm canlılar üzerine ya da çevreye zarar veren böcek, kemirici, mantar, yabancı otlar gibi zararlıları öldürmek için kullanılırlar. Pestisitler kimyasal özelliklerine, etki şekillerine ve etkiledikleri parazitlere göre sınıflandırılmaktadırlar. Pestisitler ticari olarak, toz, suda çözünen tozlar, sulu çözeltiler, konsantre emülsiyonlar, taneçikler, aerosol ve zehirli yemler gibi çeşitli şekillerde bulunurlar (Bkz. Şekil 7.7).



Şekil 7.7 Tarım arazisinde ilaçlama yapımı

Kaynak: Stapleton. 2004.

Pestisit kullanımı sonrasında oluşabilecek başlıca sorunlar aşağıda verildiği gibi sıralanabilir.

- Pestisitlerin büyük bir kısmı son derece zehirlidir ve özellikle insan ve hayvanların çeşitli organlarında birikerek kanser

oluşmasına neden olurlar. Tabii burada bu maddelerin dozu da önemlidir.

- Ayrıca besin zinciri içerisinde bu maddelerin bitkiler ve hayvanlar tarafından alınması, bunların insanlar tarafından tüketilmesiyle insana geçmesi ve sonuçta insanların belirli dokularında özellikle yağ dokusunda birikimi akut ve kronik zehirlenmelere hatta ölüme neden olmaktadır.
- Pestisitlerin devamlı, gereğinden fazla ve bilinçsizce kullanılmaları sonucunda çevrenin ve besinlerin kirlenmesine, biyolojik dengenin bozulmasına ve pestisitlere dirençli türlerin ortaya çıkmasına neden olur.

İnsanlar tarafından aerosol şeklinde atmosfere bırakılan civa, molibden, kurşun, kadmiyum vb. gibi **ağır metaller** ve radyonükleoidler de çeşitli atmosfer hareketleri ve özellikle yağışlar nedeniyle toprağa düşerler ve sonuçta toprakta kirlenmeye neden olurlar.



### dikkat

Ağır metaller, özgül ağırlıkları yaklaşık 5 gr/cm<sup>3</sup>'den büyük olan metaller ağır metal olarak adlandırılmakta ve doğada 60 adet ağır metal bulunmaktadır (Arsenik, Kadmiyum, Krom, Bakır, Kurşun, Çinko vb.).

Sanayi atık suları ve şehir kanalizasyon şebekeleri ile toplanan atık suların herhangi bir arıtım yapılmadan doğrudan akarsu, göl, deniz gibi alıcı kaynaklara ve toprağa verilmesi, kullanıldıktan sonra çevreye atılan piller, kontrolsüzce yapılan sanayi aktiviteleri sonucunda oluşan kurşun ve kadmiyum vb. zehirli ağır metalleri de içeren çok çeşitli endüstriyel atıklar, her türlü cam, plastik, lastik ve metal içeren hurdalar, egzoz gazları, kükürt dioksit ve azot oksit gazları ve partikül madde nedeniyle oluşan hava kirliliğinin rüzgarlar ile uzak mesafelere taşınarak asidik karakterli yağışlarla yer yüzüne inmesi, burada su kaynakları, bitki ve hayvanlara zarar verdiği gibi taşıdığı yeni kimyasal maddelerle toprakları kirlenmesi ve toprağın doğal yapısını bozması, madencilik faaliyetleri, petrol arama, sondaj ve işletme tesisleri, bölgesel savaşlar toprak kirlenmesi nedenleri arasında çok önemli yer tutmaktadır. Nükleer denemeler ve kazalar sonucu hava ve suya karışan radyoaktif atıklar da

toprağa ulaşmakta ve toprakta çok uzun süreler devam edecek radyoaktif kirliliğe neden olmaktadır.

Büyük bedellere mal olan her türlü evsel, tıbbi, endüstriyel, gıda ve tarımsal nitelikteki tüketim ürünlerinin atıkları, bitki ve hayvan ürünlerinin şehirlerde işlenmesi ya da tüketilmesiyle meydana gelen atıklar, tarımsal kökenli katı atıklar ve inşaat atıklarının herhangi bir önlem alınmadan vahşice üst üste yığılmasıyla şehirlerde çöp dağları meydana gelebilmektedir. Bu atıklar çevreyi kirletmenin yanında içerdikleri plastik poşetler, pet ve cam şişeler ve metal içecek kutuları vb. geri dönüştürülebildikleri için büyük bir ekonomik değeri de temsil etmektedirler. Toplumun sağlığını bozması için söz konusu bu atıklar belediyelerce insanların yaşadığı alanlardan mümkün olduğunca uzak çöp depolama alanlarına taşınmaktadır. Çöp deponi alanlarında oluşan organik bozunma ürünleri, yağmur suları ile çöp sızıntı suları olarak taşınmakta, toprağa geçerek toprağı ve dolayısıyla da yeraltı sularını kirletmekte, ayrıca bu tür atıkların biyolojik çevrimi sırasında anaerobik fermantasyon sonucu oluşan kükürtlü bileşikler ve zehirli amonyak toprakta kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Çöp deponi alanlarından yayılan kötü kokular, atmosferde uzun mesafeli taşınarak yerleşim yerlerine ulaşabilmekte ve estetik olmayan görünümleri görüntü kirliliğine sebep olmaktadır (Bkz. Şekil 7.8).



Şekil 7.8 Çeşitli atıklardan oluşan tipik bir çöp dağı

**Kaynak:** <http://indianexpress.com/article/lifestyle/you-can-make-a-difference-by-managing-your-garbage-better>.

## Toprak Kirliliğinin Kontrolü

Toprak kirlenmesinin oluşmadan önlenmesi veya kötü gidişata dur diyebilmek için önlem olarak yeşil alanların, tarım alanlarının ve barajların korunması ve doğal dengenin bozulmadan devamı için yeşil alan ve ağaçlandırma faaliyetlerinin

hızla artırılması, erozyon kontrolü yapılacak ilk çalışmalar arasında olmalıdır. Ayrıca, bitki örtüsünü zedeleyecek, toprağı kirletecek ve verimli toprakları yok edecek yerleşim yeri ve sanayi alanlarının kurulmasıyla ilgili plan ve projelere de izin vermemek gerekir. Aksi halde en kıymetli toprak, orman ve bitki örtülerimizi kaybetmiş oluruz.

Tarım topraklarında kimyasal gübrelemeden kaçınmanın söz konusu olamayacağı gerçeği dikkate alındığında, kimyasal gübre kullanımında yapılan yanlışlıklarının giderilmesi ve toprağın özellikle çabuk bozunan humus ve organik gübrelerle desteklenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Türkiye topraklarının %70'inden fazlası organik madde bakımından yetersiz durumdadır. Organik gübre uygulamalarına zamanla hız vermek ve organik gübre kullanmak, toprağı periyodik olarak dinlendirmek ve iyi havalandırmak hem toprağın verimini artıracak hem de kimyasal gübrelerin kullanım miktarlarını azaltarak kimyasal gübre kaynaklı mevcut olumsuzlukların oluşması bir nebze engellenebilecektir.

Kimyasal gübreler, uzman kontrolünde, toprak analiz sonuçlarına dayanarak hazırlanmış bir gübreleme programı ile uygulandığında, çevre üzerine olumsuz etkileri azalarak ekonomik ve yüksek verim potansiyeli sağlanmış olacaktır. Bu amaçla toprak, bitki ve su analizleri gübre uygulamasında temel faktörler olarak ele alınmalı, ayrıca bilinçli sulama yapılması ve uygun sulama sisteminin seçilmesi de göz önünde tutulmalıdır. Gübre sarfiyatını minimize eden ve en etkin sulama ve gübreleme sağlayan damla sulama yönteminin uygulama saha- larında yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

Pestisitlerin reçete ile satılması, uygulama öncesi dikkat edilmesi gereken kuralların belirlenmesi ve bu konuda eğitim almış uzman kişi ve kuruluşların gözetiminde uygun yöntem ve cihazlarla uygulanması ve potansiyel uygulayıcıların eğitilmesi pestisitlerin neden olacağı toprak ve diğer tür kirliliğinin önlenmesine büyük katkı sağlayacaktır.

Tarım alanlarının yakınlarında yaşayan ve çeşitli kuyular vasıtasıyla çıkartılan yer altı sularını içme ve kullanma suyu olarak kullanan insanların bu suları kullanmak yerine alternatif su kaynaklarına yönelmeleri, kimyasal gübre ve pestisit kullanımından dolayı yer altı sularına karışabilecek ve burada bozunmadan uzun sürede birikecek olan sağlığa zararlı kimyasal bileşiklerden korunmalarında önemli katkı sağlayacaktır.

Toprak ve su kirliliğine neden olan çöplerin içerisindeki madde çeşitliliğine ve oranlarına baktığımızda organik atık miktarı %40'ı bulabilmektedir. Yiyecek ve bitki atıkları olarak adlandırabileceğimiz, önceden canlı birer organizma olan bu atıklar, kompost yapılarak gübre olarak değerlendirilebilmektedir. Organik madde bakımından zengin katı atıkların çürüyüp gübre şeklinde değişmesi sağlanmalı ve biyolojik olarak ayrışmayan zehirli maddelerin çevreye verilmesi kontrol edilmeli ve yasaklanmalıdır. Ayrıca atıkların kaynağında azaltılması, oluşan atıkların ayrı ayrı biriktirilmesi, sınıflandırılması, yeniden kullanılması veya yakarak giderilmesi tarımsal toprakların kalitesinin ve yüksek verimin korunmasına katkı sağlayabilir.

Kent alanlarında, evsel atıklar, atık toplama merkezlerinde toplanır ve işlem görürler. Yerel yönetimlere bağlı bu atık toplama merkezleri katı atıklar gibi genel kirleticiler maddeleri kontrol etme görevini üstlenirler. Türkiye'de yılda 18-20 milyon ton evsel atık üretilmekte olup bunun yaklaşık 2,5 milyon tonu kağıt, cam, metal, plastik olarak geri kazanılmaktadır. Söz konusu bu çöpler geri kazanımın yanında yakma, gömme, yeniden kullanım gibi farklı yöntemlerle bertaraf edilmektedir. Doğru tasarlanan ve yönetilen atık toplama merkezleri katı atıkları yüzde doksan oranında giderebilmektedir. Ancak tüm bu bertaraf yöntemlerinin hem pahalı olması hem de çevreye verdiği ek zararlar nedeniyle çöpün kaynağında azaltılması üzerine çalışmalar yapılmalıdır. Toprak kirliliğinin azaltılması için günlük hayatta kullandığımız plastik içeren maddeler yerine doğada kolayca bozunabilen kâğıt içerikli maddeler kullanılabilir.

Yerleşim merkezinden uzakta olan çöp deponi alanlarının zeminleri, çöp sularının dışarı sızarak toprağı ve dolayısıyla yeraltı sularına karışarak yeraltı su-

yunu kirlitmesini önlemek amacıyla geçirimsiz özel topraklarla kaplanmalı, bu kapsamdaki mevcut mevzuat ve standartlara sıkıca uyulmalıdır. Ayrıca çöplerin biyolojik bozunması sonucu oluşan ve çoğunlukla metan gazı olan çöp gazlarının çöpler arasında sıkışarak zamanla yangın ve patlama gibi tehlikeli durumlar yaratmaması için çöp dağlarının uygun yerlerine gaz tahliye boruları yerleştirilmelidir.

Tarım topraklarının korunmasında vahşi sulama ya da salma sulama adı verilen yöntemler yerine suyun ve kimyasal gübrenin daha verimli kullanıldığı damla sulama yönteminin kullanılması, organik tarımın desteklenmesi ve tarım alanlarının amaçları dışında kullanılmaması toprak kirliliğini önlemede göz önünde bulundurulabilecek diğer önlemler olabilir. Tuzlanma gibi toprak sorunlarının yaşandığı yerlerde toprak, etkili drenaj yöntemleri ve diğer uygun ıslah yöntemleri ile verimli olarak yeniden kullanılabilir hale getirilebilir.

Toprak ıslahı, insan sağlığı ve ekosistem verimliliğini tehdit eden toprak kirliticilerini belirli bitkiler, mikroorganizmalar veya çözücüler kullanılarak azaltma veya uzaklaştırma işlemidir. Toprak ıslah teknikleri genel olarak biyolojik ve fiziko-kimyasal olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Biyolojik ıslah teknikleri, biyolojik ayrışma, bitki ile ıslah ve biyo havalandırma işlemlerini içermektedir. Nispeten küçük ölçekli ve lokal topraklara uygulanabilen ve oldukça maliyetli ve uygulaması o denli zor olan fiziko-kimyasal teknikler ise yerinde toprak yıkama, depolama ve yakma safhalarını içermektedir.

Son olarak bizler toprak kirliliği konusunda duyarlı olarak ve çevremizdekileri bu konuda uyarak toprak kirliliği konusunda toplumsal farkındalığı artırabiliriz ve böylece topraklarımızı olası kirlilik ihtimallerine karşı koruyabiliriz.

### Öğrenme Çıktısı



8 Toprak kirliticilerin sınıflandırılmasını kavrayabilme  
9 Toprak kirliliğinin kontrolünü anlayabilme

Araştır 4

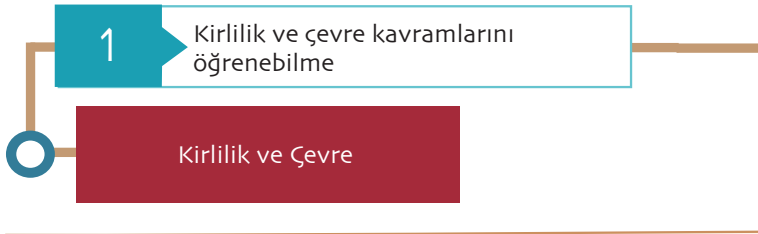
Pestisit kullanımı sonrasında oluşabilecek başlıca sorunlar nelerdir?

İlişkilendir

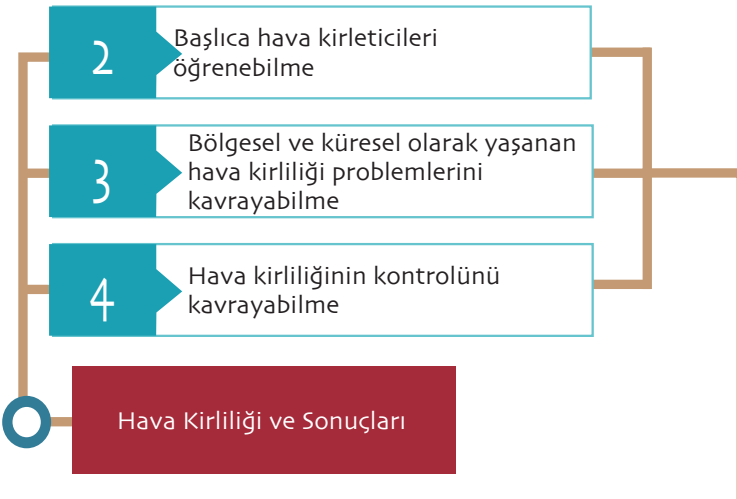
Erozyon ve toprak kirliliği arasındaki ilişkiyi irdeleyin.

Anlat/Paylaş

Toprak kirliliğinin kontrolü neden önemlidir? Açıklayınız.



Kirlilik temel olarak kirleticilerin doğal çevremize çeşitli yollarla girmesiyle doğal dengede veya sistemde yaptığı aşırı tahribat nedeniyle oluşan ve bunun sonucunda normal yaşantımızı olumsuz yönde etkileyerek değişikliklere neden olan bir unsurdur. Canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortama çevre denir. Çevre de meydana gelen ve canlıların sağlığını, çevresel değerleri ve ekolojik dengeyi bozabilecek her türlü olumsuz etki (değişik formda kirlilik) de çevre kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasına en temel olarak toprak, su, hava ve canlı kaynaklarına kaldıramayacakları oranda yük bindirilmesi veya bunların aşırı derecede kullanılması olduğunu söyleyebiliriz. Kirlilik hava, su, toprak, radyoaktivite, gürültü, ısı ve ışık gibi değişik formlarda ayrı ayrı veya bunların bir kısmının birlikte bulunduğu şekilde olabilmektedir. Günümüzde ulusal boyutta ve uluslararası boyutlarda ya da dünya ölçeğinde dikkat çekici çevre sorunu yaratan başlıca kirlilik örnekleri: Hava kirlenmesi, Su kirlenmesi, Toprak kirlenmesi, Ses ve gürültü kirliliği, Yeşil alan kaybı, Sera etkisi, Ozon tabakasının delinmesi, Biyolojik çeşitliliğin azalışı, Nükleer kirlilik, Kimyasal kirlilik, Asit yağmurları, Çölleşme, Zehirli atıklar şeklindedir. Kirleticiler fiziksel, kimyasal ve biyolojik ana başlıkları altında sınıflandırılabilir.



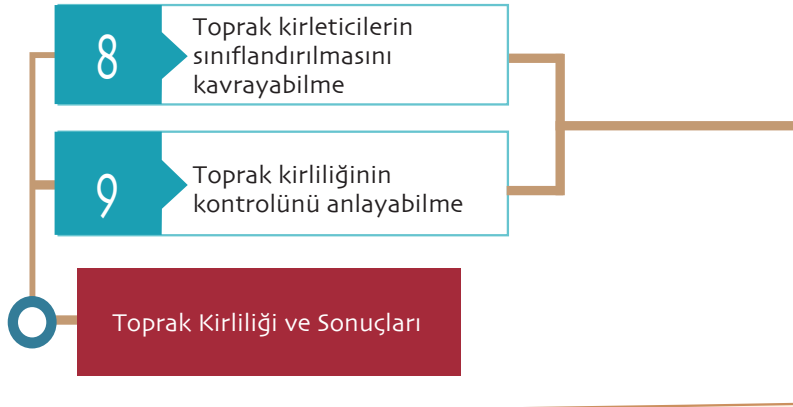
Hava kirliliği, bir veya birden daha fazla maddenin, canlı sağlığını, doğal veya insan eliyle yapılmış cansız varlıkların yapısını etkileyecek düzeyde atmosferde doğal olarak var olan konsantrasyonundan daha fazla miktarda bulunması sonucu oluşan bir hava koşulu olarak tanımlanabilir. Hava kirleticiler kimyasal kompozisyonları veya atmosfere erişimleri veya kanunlardaki sınıflamaları göz önüne alınarak sınıflandırılabilir. Hava kirleticiler kimyasal kompozisyonlarına göre kükürt içeren bileşikler, azot içeren bileşikler, karbon içeren bileşikler, halojen içeren bileşikler, toksik madde içeren bileşikler, radyoaktif madde içeren bileşikler şeklinde sınıflandırılabilirler. Ayrıca atmosfere erişim yollarına bağlı olarak yapılan sınıflandırmayla da kirleticiler birincil ve ikincil kirleticiler olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadırlar. Birincil kirleticiler (hidrokarbonlar ve NO) atmosfere kaynaktan direkt gönderilen ve bir değişime uğramayan kirletici bileşenleri temsil ederken ikincil kirleticiler (yer seviyesi ozonu ve smog oluşumu vb.) kaynaktan çıktıktan sonra atmosferde bulunan diğer maddelerle reaksiyona girip bu reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan kirletici bileşikleri temsil etmektedir. Bölgesel ve küresel olarak yaşanan hava kirliliği problemleri fotokimyasal sis, ozon tabakası incelmeleri, asit yağmurları, sera gazları olarak sıralanabilir.



Su kirliliği, insan faaliyetlerinden dolayı suyun fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklerinde meydana gelen olumsuz değişim şeklinde tanımlanabilir. Belediyelerin kanalizasyon ve katı atıkları, endüstri ve ticari faaliyetler sonucunda oluşan sıvı veya katı atıklar, toksik maddeler, tarımsal gübre ve ilaçlar (pestisitler) ve hayvansal atıklar, su kirliliğine neden olan temel kirletici kaynaklarını oluşturmaktadır.

Su kirliliğinin kontrolünde kullanılan yöntemler endüstriyel tesislerin atık su arıtma sistemleri kurması ve etkin şekilde kullanması, kirletici kaynakların su kaynaklarını kirletme zamanı ve miktarlarının doğru saptanarak önleyici planlama faaliyetleri yapmak, yerel yönetimlerin su kirliliğini önlemek için kontrol programları çerçevesinde standartlar belirleyip uygunluğunu kontrol etmesi, kritik çevresel parametreler geliştirilerek onlarla ilgili veri tabanı oluşturmak, ulusal kanalizasyon şebekesi alt yapısı oluşturmak ve sürdürülebilir kılmak, su kaynaklarına olan kirletici deşarjını önlemek, petrol ve kimyasal dökülmelerine mani olmak, noktasal olmayan kirletici kaynaklarını yönetmek şeklinde sıralanabilir. Su kirliliğinin neden olduğu sonuçlar ise su ortamındaki belli türlerin azalması ya da yok olmasından dolayı türler arasındaki etkileşimlerin azalması, dolaylı yoldan gıda kaynakları kirlenen ve alternatif kaynakları olmayan organizmaların açlıktan ölmesi, çok sayıda pestisit, özellikle tüm herbisitlerin, fitoplanktonlar için zehirli bir ortam oluşturması, suya karışan ağır metallerin bir ppm den daha az derişimlerde bile alglerin yaşamını tehdit eder duruma gelmesi, sentetik deterjanlar ve endüstriyel kimyasal kirleticiler balıkların solungaçları ile ilgili dolaşım sisteminde problemler ortaya çıkarak balıkların ve su canlılarının ölümüne sebebiyet vermesi ve dolaylı yoldan kirlenmiş su kaynaklarını kullanan insanların bünyelerinde çeşitli hastalıklar ve ölümlerin görülmesi şeklinde özetlenebilir.





Toprak kirliliği toprağın normal konsantrasyon değerlerinden daha yüksek olan ve diğer organizmalar üzerinde olumsuz etkiye sahip kimyasal maddeler ile kirlenmesi olayıdır. Hava kirliliğinin aksine toprağın kirlenmesi şehirden ziyade kırsal kesimi dolayısıyla ciddi anlamda tarım ürünlerini etkileyen bir kirlilik türüdür. Toprak kirliliğine sebep olan etkenlere, endüstrileşmede yanlış yer seçimleri ve planlamalar, kimya endüstrisinin genişlemesi, ucuz enerji ihtiyacı ve insan kaynaklı organik kimyasalların doğal ekosisteme sürekli olarak bırakılması, tarım alanlarında verimi arttırmak amacıyla artan miktarlarda kullanılmakta olan kimyasal gübreler, tarım arazilerinde ki zararlılara karşı kullanılan organik ve mineral pestisitler, tarımsal kökenli katı atıklar ve bitki ve hayvan ürünlerinin şehirlerde işletilmesi yada tüketilmesiyle üst üste yığılan atıkların çevrime girmesiyle anaerobik fermentasyon sonucu oluşan kükürtlü bileşikler ve zehirli amonyak örnek olarak verilebilir. Toprak kirleticileri genel olarak pestisitler ve petrol atıkları gibi organik kirleticiler ve ağır metaller, azot ve fosforlu maddeler ve radyoaktif maddeler gibi inorganik kirleticiler olarak iki grup olarak sınıflandırabiliriz.

Toprak kirliliğinin beraberinde getirdiği sonuçlara, ekolojik dengenin bozulması sonucu Dünya üzerinde yaşayan canlıların sayısında azalma, bitki örtüsünün ve verimli tarım arazilerinin giderek azalması, verimliliği arttırmak için kullanılan maddelerin azot ve fosfor biyokimyasal çevrimini bozması, biokütlenin kirlenmesi, büyük bir kısmı son derece zehirli olan pestisitlerin insan ve hayvanların çeşitli organlarında birikerek kanser oluşturması ve yaygınlaştırması en göze çarpan örnekler olarak verilebilir. Toprak kirliliğini önleyebilmek için tarım alanlarının ve barajların korunması, ağaçlandırma faaliyetlerinin hızlandırılması, erozyon kontrolünün yapılması, pestisitlerin kontrollü kullanımı için reçete ile satılması, bu konuda eğitim almış kişilerin gözetiminde uygun yöntem ve cihazlarla uygulanması, hazırlanmasında dikkat edilmesi gereken kuralların belirlenmesi gibi çalışmaların yapılması ve toprak ıslahı etkili adımlar olarak söylenebilir. Ayrıca kirlenmiş toprakların ıslahı ise biyolojik ve fiziko-kimyasal olarak iki ana gruba ayrılabilir.

1 Kirliliğin kökeni aslında çok eski devirlere kadar uzanmakta olup bunun ilk örnekleri arasında insanlığın ilk yerleşim alanlarının ..... kenarlarında kurulması ve daha sonra yolların yapılması sayılabilir. Yukarıda boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi gelebilir?

- A. Vadi                      B. Göl  
C. Akarsu                  D. Dağ  
E. Orman

2 Aşağıda verilenlerden hangisi çevre sorunlarına neden olan aktiviteler arasında **sayılamaz**?

- A. Endüstriyel üretim  
B. Kentleşme  
C. Tarımda ilaçlama  
D. Toprağın nadasa bırakılması  
E. Termik santralde enerji üretimi

3 1952 yılında beş gün süre ile yaşanan ve yaklaşık 5000 kişinin ölümüyle sonuçlanan fotokimyasal smog aşağıda verilen hangi şehirde yaşanmıştır?

- A. Pittsburg              B. NewYork  
C. Paris                    D. Londra  
E. Berlin

4 Hava kirliliği kontrolünde kullanılan cihazlar arasında aşağıdakilerden hangisi **yer almaz**?

- A. Siklon                      B. Yakma ünitesi  
C. Islak tutucu              D. Absorpsiyon  
E. Distilasyon

5 Önemli hava kirleticilerden olan partikül madde gideriminde gideriminde aşağıdakilerden hangisi **kullanılmaz**?

- A. Adsorpsiyon              B. Siklon  
C. Torba kumaş filtre      D. Elektrostatik filtre  
E. Islak tutucular

6 Sıcaklık terselmesi de denen süreçte durgun soğuk bir hava örtüsü kara yüzeyi ile sıcak hava tabakası tabakası arasına yerleşir. Bu olay aşağıdaki verilenlerden hangisi ile bilinir?

- A. Smog                      B. İnversiyon  
C. Fotokimyasal sis      D. Aerosol  
E. Nispi nem artışı

7 Suda kirliliği belirlemek için yaklaşım yöntemleri temel olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu ölçütlerden biri kalitatif yani suyun görünümü ve estetiği ile ilgili yapılan kıyaslama ve değerlendirme olup çıktı olarak miktar içeren bir sonuç vermez. Kantitatif yaklaşımda ise kirliliği ya da atık suyun içerisindeki bileşenler ya da unsurlar miktar olarak bulunur ve sayısal analiz sonuçları elde edilebilir. Bu durumu bilen bir araştırmacı aşağıdaki hangi yöntemi kullanırsa diğerlerinden farklı bir analiz yapmış olur?

- A. Suda çözünmüş oksijen tayini  
B. Suda kimyasal oksijen ihtiyacı tayini  
C. Suda koku ve renk tayini  
D. Suda katı madde tayini  
E. Suda biyolojik oksijen ihtiyacı tayini

8 Suda kirliliğe sebep olan kaynaklar farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Aşağıdakilerden hangisi diğerlerinden farklı bir suda kirlilik sınıflandırmasıdır?

- A. Endüstriyel kaynaklı      B. Ticari kaynaklı  
C. Noktasal kaynaklı        D. Doğal kaynaklı  
E. Tarımsal kaynaklı

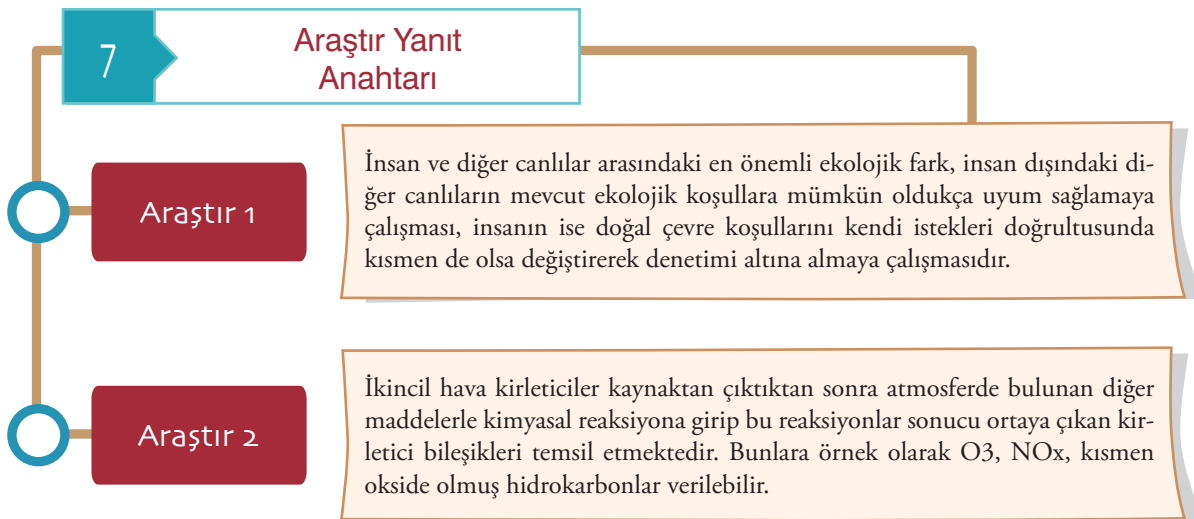
9 Aşağıdakilerden hangisi sudaki oluşabilecek bir kirlenmeye önlem olarak alınan bir uygulama **değildir**?

- A. Yeraltı suyuna oksijen verilmesi  
B. Petrol tankerlerinden denize dökülen veya saçılan petrole karşı adsorban malzemelerin kullanılması  
C. Ulusal kanalizasyon şebekesi döşemek  
D. Baca gazları için emisyonu azaltacak filtre kullanılması  
E. Su kalitesi standartları belirlemek ve uygunluğunu kontrol etmek

10 Aşağıdaki durumlardan hangisi doğrudan toprak kirliliğine sebep olabilecek bir durumdur?

- A. Bir fabrikada baca gazları için filtre kullanılmaması  
B. Etkin kanalizasyon sistemlerinin ve altyapının yapılmaması  
C. Tehlikeli kimyasalların akarsuya verilmesi  
D. Tarım arazisinde kemirgenlerle mücadelede yüksek miktarda pestisit kullanımı  
E. Petrol tankeri ile taşımacılıkta sırasında etkili önlemler alınmaması

1. C	Yanıtınız yanlış ise “Kirlilik ve Sınıflandırılması” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	6. B	Yanıtınız yanlış ise “Hava Kirliliği ve Sonuçları” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. D	Yanıtınız yanlış ise “Kirlilik ve Sınıflandırılması” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	7. C	Yanıtınız yanlış ise “Su Kirliliği ve Sonuçları” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. D	Yanıtınız yanlış ise “Hava Kirliliği ve Sonuçları” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	8. C	Yanıtınız yanlış ise “Su Kirliliği ve Sonuçları” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. E	Yanıtınız yanlış ise “Hava Kirliliğinin Kontrolü” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	9. D	Yanıtınız yanlış ise “Su Kirliliğinin Kontrolü” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. A	Yanıtınız yanlış ise “Hava Kirliliğinin Kontrolü” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	10. D	Yanıtınız yanlış ise “Toprak Kirliliği ve Sonuçları” konusunu yeniden gözden geçiriniz.



7

### Araştır Yanıt Anahtarı

Araştır 3

Su kaynakları kirliliği arasında en önemlisi akarsu kirliliğidir. Çünkü akarsu, insan aktiviteleri sonucu çeşitli nedenlerle kendisi kirlenebildiği gibi daha da önemlisi bu akarsu kendi kirliliğini ulaştığı topraklara, göl ve denizlere de taşımaktadır. Bu taşınım bir ülke sınırları içerisinde kalılabildiği gibi Tuna nehrinde olduğu gibi bazen ülkeler arasında taşınımında olabilmektedir.

Araştır 4

Pestisit kullanımı sonrasında oluşabilecek başlıca sorunlar 3 madde halinde sıralanabilir. Bunlar;

1. Pestisitlerin büyük bir kısmı son derece zehirlidir ve özellikle insan ve hayvanların çeşitli organlarında birikerek kanser oluşmasına neden olurlar. Tabii burada bu maddelerin dozu da önemlidir.
2. Ayrıca besin zinciri içerisinde bu maddelerin bitkiler ve hayvanlar tarafından alınması, bunların insanlar tarafından tüketilmesiyle insana geçmesi ve sonuçta insanların belirli dokularında özellikle yağ dokusunda birikimi akut ve kronik zehirlenmelere hatta ölüme neden olmaktadır.
3. Pestisitlerin devamlı, gereğinden fazla ve bilinçsizce kullanılmaları sonucunda çevrenin ve besinlerin kirlenmesine, biyolojik dengenin bozulmasına ve pestisitlere dirençli türlerin ortaya çıkmasına neden olur.

## Kaynakça

Akman, Y. vd. (2000). Çevre kirliliği (çevre biyolojisi). Ankara: Palme Yayıncılık.

Anonim (2016). **Su kirliliği**. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Su\\_kirlili%C4%9Fi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Su_kirlili%C4%9Fi) (Erişim tarihi: 25.09.2016)

Anonim (2016). **Su kirliliğinin nedenleri nelerdir?** <http://yumurtaliekmek.com/su-kirliliginin-nedenleri-nelerdir/> (Erişim tarihi: 12.08.2016)

Anonim (2016). **Aritma yöntemleri**. <http://www.arokem.com/geri-kazanım-unitelemi/> (Erişim tarihi: 25.09.2016)

Anonim (2016). **Atık su arıtma tesisleri**. <http://cevreonline.com/atik-su-aritma-tesisleri/> (Erişim tarihi: 25.09.2016)

Anonim (2016). **Atıksu arıtma tesisi**. <http://www.dosab.org.tr/Detay/143/Atik-Su-Aritma> (Erişim tarihi: 12.08.2016)

Anonim (2015). **Toprak kirliliği nedir? Nedenleri; Sonuçları**. <http://www.hurbilgi.com/index.php/2015/12/03/toprak-kirliligi-nedir-nedenleri-sonuclari/> (Erişim tarihi: 25.09.2016)

Anonim (2016). **Toprak kirliliğinin sonuçları zararları etkileri nedenleri tedbirleri nelerdir?** <http://www.pembeylemavi.com/toprak-kirliliginin-sonuclari-zararlari-etkileri-nedenleri-tedbirleri-nelerdir.html> (Erişim tarihi: 25.09.2016)

Bayçöl, Ö. F. (2016). Üç yollu katalitik **konverter nedir?** <http://www.calismaprensibi.com/uc-yollu-katalitik-konvertor-nedir.html> (Erişim tarihi: 25.09.2016)

Chaturvedi, K. (2014). **You can make a difference by managing your garbage better**. <http://indianexpress.com/article/lifestyle/you-can-make-a-difference-by-managing-your-garbage-better/> (Erişim tarihi: 12.08.2016)

- Christoforou, C. (2016). **Air pollution**. <http://www.pollutionissues.com/A-Bo/Air-Pollution.html> (Erişim tarihi: 12.08.2016)
- Çınar, Ö. (2008). Çevre kirliliği ve kontrolü. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Çubuk, M., Gürü, M., Uğurlu, E. L. (2014). **Atık strafor, çay lifi ve polisitiren** köpük kullanılarak sudaki **petrol kirliliğinin giderilmesi**. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29 (2), 281-287.
- Dunham, W. (2015). Clogged by plastic. <http://www.timesofmalta.com/articles/view/20150214/environment/clogged-by-plastic.556026> (Erişim tarihi: 11.08.2016)
- Egemen, Ö. (1999). Çevre ve su kirliliği. İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Elkoca, E. (2003). **Hava kirliliği ve bitkiler üzerindeki etkileri**. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(4), 367-374.
- Jurg, I. (2014). **Atık gazlardan CO<sub>2</sub> kazanımı**. [http://www.energymatters.nl/Portals/0/CATO%20ARN%20Weurts%20-%20CO2%20uit%20rookgassen\\_12dec2014.pdf](http://www.energymatters.nl/Portals/0/CATO%20ARN%20Weurts%20-%20CO2%20uit%20rookgassen_12dec2014.pdf) (Erişim tarihi: 11.08.2016)
- Köksal, S. (2016). **Hava kirlenmesi**. <http://www.ctf.edu.tr/halk/%C3%87evre%20Sa%C4%9Fl%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20Hava%20Kirlenmesi.pdf>
- Kukreja, R. (2016). **What is Ocean Pollution?** <http://www.conserve-energy-future.com/causes-and-effects-of-ocean-pollution.php> (Erişim tarihi: 12.08.2016)
- Lean, G. (2012). **The great smog of London: the air was thick with apathy**. <http://www.telegraph.co.uk/news/earth/countryside/9727128/The-Great-Smog-of-London-the-air-was-thick-with-apaty.html> (Erişim tarihi: 12.08.2016)
- Maharashtra, T. (2016). **Pacific consultants & engineers**. <http://www.indiamart.com/pacific-consultants-engineers/products.html> (Erişim tarihi: 12.08.2016)
- Salaver, L., Lee T., C. D. Cooper, Wu, C., and Donnelly J. (2007). **Air pollution emission control devices for stationary sources**. [http://events.awma.org/files\\_original/ControlDevicesFactSheet07.pdf](http://events.awma.org/files_original/ControlDevicesFactSheet07.pdf) (Erişim tarihi: 25.09.2016)
- Sönmez, İ., Kaplan, M., Sönmez, S. (2008). **Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri**. Derim, 25(2), 24-34.
- Stapleton, R. M., Hemminger, P.I, Senecah, S. L. (2004). **Pollution A to Z**. USA: MacMillan Reference: Thomson/Gale.
- Ünürlü, M. (2012). **Ozon tabakasını incelten maddeler ile ilgili mevzuat ve uygulamalar**. <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Sunumlar/20-21%20Nisan%202012%20sunumlar%20C4%B1/MEHTAP%20%20C3%9CN%20C3%9CRL%20C3%9C%20-ANTALYA%2020.04.2012.pdf> (Erişim tarihi: 25.09.2016)
- Uslu, Y. D. ve Erkan U. (2016). Çevre yönetim sistemlerinde yenilenebilir enerji uygulamaları: Yeşil ofis. Alternatif politika, 8(1), 211-233.



# Bölüm 8

## Su ve Arazi Toplulaştırma

### öğrenme çıktıları

- 1 Arazi Toplulaştırmasının Tarihçesi
- 1 Arazi toplulaştırmasının tarihsel sürecini sıralayabilme

- 2 Su Kullanımında Arazi Toplulaştırmanın Önemi
- 2 Arazi toplulaştırması ile su kullanımı arasındaki ilişkiyi kavrayabilme

- 3 Arazi Toplulaştırması Yapılacak Alanlarının Belirlenmesi ve Kesinleştirilmesi
- 3 Toplulaştırma öncesi yapılan ön çalışmalar sırasında dikkat edilmesi gereken hususlara sıralayabilme

- 4 Arazi Toplulaştırmasının Paydaşlarımıza Anlatılması
- 4 Arazi toplulaştırma uygulaması süresince ve sonrasında ne tür resmi işlemlerin uygulandığını ve arazi sahiplerinin üzerine düşen görevlerin neler olduğuna sıralayabilme

- 5 Arazi Toplulaştırma Uygulaması
- 5 Arazi derecelendirmesinin ne olduğunu, parsellerin farklı amaçlar doğrultusunda nasıl yeniden düzenlendiğini ayırt edebilme
  - 6 Ülkemizin tarım arazilerinin bölünmüşlük durumları ile parsel şekillerini değerlendirebilme
  - 7 Toplulaştırma sonucunda oluşan yeni düzenlemenin tarımsal üretim ve verim üzerine ne tür etkileri olacağını değerlendirebilme

- 6 Arazi Toplulaştırması Kapsamında Kırsal Alan Düzenlemesi ve Arazi Dağıtımı, Satışı ve Kamulaştırma
- 8 Arazi toplulaştırması sonucunda kırsal alanların düzenlenmesi, satış ve kamulaştırma ile ilgili bilgi sahibi olabilme

**Anahtar Sözcükler:** • Arazi Toplulaştırma • Arazi Toplulaştırmanın Tarihçesi • Arazi Toplulaştırmanın Uygulanması • Kadastro • Arazi Derecelendirme • Ortak Kullanım • Parselasyon Planlama • Mülakat



## GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusunun gıda talebi nüfus artışına paralel bir şekilde artmaya devam etmektedir. Artan gıda talebinin karşılanması için gıda üretiminin arttırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Gıda üretiminin arttırılmasının ise iki yolu bulunmaktadır. Bunlardan ilki, gıda üretimi için tarıma açılan arazilerin arttırılmasıdır. Diğer yolu ise birim alandan elde edilen verimin arttırılmasıdır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar dünya genelinde bugüne kadar gıda üretimi için açılan tarım arazilerinin sınırına gelindiğini ve bu aşamadan sonra tarıma kazandırılacak yeni arazilerin hemen hemen bulunmadığını göstermektedir. Tam tersine dünyada gıda üretimi için pulluk altında bulunan tarım arazilerinin bir kısmı gerek toprak gerekse de topoğrafik özellikleri nedeniyle sürdürülebilir tarım açısından sürekli işlenmeye uygun olmadığı bilinmektedir. Bu açıdan bakıldığında tarıma yeni kazandırılacak araziler olmadığı gibi tam tersine toprak koruma tedbirleri gereği bir kısım arazinin sürekli işlemeli tarımın dışında bırakılması gerekmektedir.

Gıda üretimini arttırmanın diğer bir yolu ise birim alandan elde edilen verimin arttırılmasıdır. Bunun için ise tarımsal üretime bilim ve teknolojinin uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bilim ve teknolojinin tarımsal üretime uygulanması ile yüksek verim kapasitesine sahip üretim materyalleri (tohumluk, fide, fidan ve damızlık) geliştirilerek üreticilere sunulmaktadır. Tarımsal üretiminde bu yüksek verimli üretim materyallerini kullanan üreticiler birim alandan daha yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek için gerekli olan ilk adımı atmış olmaktadır. Fakat hedeflenen yüksek verime ulaşılabilmesi için sadece yüksek verim potansiyeline sahip üretim materyalinin kullanılması yeterli değildir. İkinci önemli faktör ise yüksek potansiyelli üretim materyalinin sahip olduğu potansiyelin ortaya çıkabilmesi için uygun ekolojik (toprak ve iklim) koşullarda üretimin yapılmasına yapılması gerekmektedir. Üçüncü önemli faktör ise agronomik/yetiştiricilik uygulamalarının (toprak işleme zamanı ve yöntemi, ekim/dikim zamanı ve yöntemi, birim alana ekilecek/dikilecek tohumluk/fide/fidanın miktarı, sulama, gübreleme, yabancı ot, hastalık ve zararlılarla mücadele, hasadın zaman ve yöntemi, ürünün işlenmesi, paketlenmesi ve depolanması) hedeflenen yüksek verimi sağlayacak şekilde yapılması gerekmektedir. Tarımsal üretimde

bilim ve teknolojinin gereklerini yerine getirerek birim alandan daha yüksek verim elde edilmektedir. Fakat burada bilim ve teknolojinin gerektirdiği uygulamalar yapılırken karşımıza çıkan en önemli sorun ise tarımsal alt yapı sorunudur.

Dünyada ve ülkemizde karşılaşılan en önemli tarımsal alt yapı sorunları; tarımsal işletmelerin işlemiş oldukları arazilerin yetersizliği, işletmelerin ekonomik üretim yapmasını engelleyecek düzeyde yetersiz olan arazi miktarının çok sayıda parselden oluşmasıdır. Ayrıca bu parsellerin çok dağınık olması ve aynı zamanda parsellerin makineli tarım için şekillerinin uygun olmaması ve aşırı parçalanmışlık ve şekilsiz parseller nedeniyle sulama, drenaj, tesviye ve yol açısından etkin bir şekilde arazilerin faydalanamamasıdır.

Tarımsal üretimimizin bu alt yapı sorunlarının çözümünün ancak arazi toplulaştırılma çalışmaları ile olabileceğinin bilinmesi gerekmektedir. Çünkü tarımsal arazilerin parçalı ve dağınık oluşunun giderilmesi, parsel şekillerinin düzeltilmesi, çiftçilerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi gibi yapısal iyileştirmeler ancak arazi toplulaştırılma çalışması çerçevesinde yürütülebilmektedir.

## ARAZİ TOPLULAŞTIRMASININ TARİHÇESİ

Ülkemizde ilk defa 1961 yılında Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından 7457 sayılı kanuna ve 4721 Sayılı Yurttaşlar Yasasına dayanarak arazi toplulaştırılması yapılmıştır. Daha sonraları 1966 yılında çıkarılan ve Bakanlar Kurulu kararıyla uygulanmaya konmuş olan Arazi Toplulaştırma tüzüğü ile 1973 yılına kadar arazi toplulaştırması işlemleri yapılmaya devam etmiştir. Toprak ve Tarım reformu bölgesinin dışındaki alanlarda toplulaştırma çalışmaları 1973 yılında çıkarılan 1757 sayılı kanuna göre yapılmıştır. Bu kanuna göre arazi toplulaştırma çalışmaları 1978 yılına kadar Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmeye çalışılmıştır. 1978 yılında ise 1757 sayılı Toprak ve Tarım Reformu Kanunu iptal edilmiştir. Bu kanunun iptali ile birlikte arazi toplulaştırma işlemleri tekrar eski mevzuata göre yapılmaya başlanmıştır. Ancak aynı yıl 7/18231 sayılı arazi toplulaştırma tüzüğü yürürlüğe konmuştur. Kapatılan Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, mülga 1757 sayılı kanuna dayalı olarak çıkarılan bu tüzüğe esas alarak çalışmalarını yürütmüştür. 1994 yılında çıkarılarak yürürlüğe



Şekil 8.1 Arazi toplulaştırma uygulaması öncesi tarım alanları.

konan “3083 sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlemesine Dair Tarım Reformu Kanunu” yalnız tarım reformu uygulama alanı ilan edilen reform bölgelerini veya sulama alanlarını kapsamıştır. 3083 sayılı yasanın kapsam alanı tarım reformu uygulama alanları ve sulama alanları ile sınırlı olduğundan Türkiye genelinde arazi toplulaştırma faaliyetlerinin yürütülmesi açısından yetersiz kalmıştır.

2005 yılında ise çıkarılan 5403 Sayılı “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı” Kanunu ile Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’na geniş anlamda arazi toplulaştırma yapma ve yaptıurma yetkisi verilmiştir. Daha sonraları ise 2007 yılında çıkarılan ve 5403 sayılı yasanın 17. Maddesinde değişiklik yapan 5578 sayılı kanun ile Arazi toplulaştırması (AT) ve Tarla içi

geliştirme hizmetlerinde (TİGH) “DSİ Genel Müdürlüğünün kendi sulama alanlarında arazi toplulaştırması” yapmasına izin verilmiştir. Son durumda ülkemizde arazi toplulaştırması yapmaya veya yaptırmaya yetkili olan Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ile DSİ Genel Müdürlüğü bu çalışmaları yürütmeye devam etmektedir. Ülkemizde, kapatılan TOPRAKSU ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından 1961-2005 yılları arasında toplam 349.814 hektarlık alanda toplulaştırma çalışması tamamlanmıştır. 2012 yılı sonu dikkate alındığında ise ülkemizde yaklaşık 3 milyon hektar alanda arazi toplulaştırma çalışmaları tamamlanmış bulunmaktadır.

### Öğrenme Çıktısı



1 Arazi toplulaştırmasının tarihsel sürecini sıralayabilme

Araştır 1

Ülkemizdeki arazi toplulaştırması hangi yılda, hangi kurum tarafından başlatılmıştır?

İlişkilendir

Ülkemizdeki arazi toplulaştırması çalışmaları ile gerçekleştirilen toplulaştırma ile elde edilen yararları değerlendirin.

Anlat/Paylaş

Arazi toplulaştırmasının yararlarını anlatın.

## SU KULLANIMINDA ARAZİ TOPLULAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Aşırı derecede parçalanarak küçültülmüş ve parsel şekilleri bozulmuş arazilerde sulama sistemlerinin kurulması ve parsellerin tümüne su verilmesi mümkün olmamakta veya da çok yüksek maliyetlerle sulama suyu verilebilmektedir. Fakat aynı sahaya arazi toplulaştırması uygulanarak daha büyük ve düzgün şekilli (genelde dikdörtgen şekilli) parsellerin üretilmesi sulama sistemlerinin daha az masrafla oluşturulmasına neden olduğu gibi saha içerisindeki tüm parsellerin sulama kanallarına sınırlı olacak şekilde planlanmaktadır.



dikkat

Ülkemizde tarımsal üretim yapılan arazilerin büyük bir kısmı; tarımsal üretimin ekonomik bir şekilde yapılmasını engelleyecek düzeyde bölünmüş, parsel şekilleri bozulmuş, yol ağına bağlantısı olmayan, sulama ve drenaj sistemlerinin inşasını zorlaştırıcı bir konumdadır.



Arazi toplulaştırması sonucu bütün parseller sulama kanallarından doğrudan sulama suyu alabilecek hale getirilmektedir. Ayrıca çoğunlukla arazi toplulaştırması yapılan alanlarda kapalı ve basınçlı sulama sistemlerine geçilmesi sonucu hem su tasarrufu sağlanmakta ve hem de bölgede açık sulama sistemlerinde görülen buharlaşma sonucu oluşan yüksek nemin bitki hastalıklarını (fungal hastalıklar vb.) teşviki azaltmaktadır. Tüm bunlar dikkate alındığında arazi toplulaştırması yapılan alanlarda daha az masrafla ihtiyaç duyulduğu zamanda ve miktarda sulama yapma fırsatı doğmaktadır. Bu da yapılacak olan bitkisel üretimin verim ve kalitesinde artışa neden olacağı görülmektedir. Arazi toplulaştırması birçok ekonomik fayda sağlar. Bunlar;

Her parsel sulama kanalından doğrudan faydalanacağından ve çiftçiler öncesine göre daha az sayıda parselde sahip olacaklarından sulama oranı ciddi ölçülerde artacaktır. Bunun sonucu olarak da son derece pahalı olan baraj ve sulama yatırımlarından beklenen fayda artmaktadır.

Sulama, drenaj kanalları ve yol inşaatı gibi devlet yatırımlarında ihtiyaç duyulan araziler için toplulaştırmaya sahalarında istimlak bedeli ödenmemektedir. Bu durum bu tip yatırımların devlete maliyetini azaltmaktadır.

Toplulaştırma ile işletme merkezi ile parseller arasındaki mesafeler azaldığından üreticilerin geliş-gidişler için yaptıkları masraflar ve harcanan zamanı azalmaktadır. Bu da üreticinin gelirinde artışa neden olmaktadır.

Arazi toplulaştırması ile oluşturulan yeni parsel şekillerinden (dörtgen parseller) dolayı arazide çalışan insan ve makine gücü iş veriminde artışlar olmaktadır. Bu şekilde çiftçilere arazi toplulaştırmasının sağlayacağı faydalarla ilgili bilgiler sunularak üreticilerin arazi toplulaştırmasıyla ilgili bilgi düzeyi arttırıldıktan sonra mülakat için hedef gruplar titiz bir çalışma sonucu belirlenmelidir.

### Öğrenme Çıktısı



2 Arazi toplulaştırması ile su kullanımı arasındaki ilişkiyi kavrayabilme

Araştır 2

Ülkemizdeki arazi toplulaştırması ile yapılan su tasarrufunu araştırın.

İlişkilendir

Ülkemizdeki arazi toplulaştırması çalışmaları ile elde edilen ekonomik yararları değerlendirin.

Anlat/Paylaş

Arazi toplulaştırmasının çevreye olan katkısını anlatın.

## ARAZİ TOPLULAŞTIRMASI YAPILACAK ALANLARININ BELİRLENMESİ VE KESİNLEŞTİRİLMESİ

Arazi toplulaştırması yapılacak alanlarının belirlenip kesinleştirilmeden önce ayrıntılı etüt çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Yasal mevzuatın kendilerine arazi toplulaştırması yapmaya yetkili kıldığı kurumlar belirli bir bölgede arazi toplulaştırması yapmaya ve aldığı kararı Bakanlar Kurulu Kararı haline getirmeden önce yörede kapsamlı şekilde araştırmalar yaparak, toprak ve su kaynaklarının tarımda kullanımını engelleyen sorunları belirleyerek ve bu sorunların giderilmesini sağlayacak tedbirlerin tespiti için etüt çalışmaları yapmaktadır. Yapılan etüt sonucu elde edilen veriler değerlendirilerek alanın arazi toplulaştırması projesi için uygun olup olmadığına karar vermektedirler. Bu amaçla yapılan etüt çalışmaları ön etüt ve ayrıntılı etüt olmak üzere iki kısımda incelenmektedir.



Şekil 8.2 Arazi toplulaştırma uygulaması öncesi tarım alanları.

### Ön Etüt Çalışmaları

Proje sahasında yürütülen ön etüt çalışmaları sonucunda arazi toplulaştırma projesinin yapılmasının uygun olup olmadığına karar verilmektedir.

Eğer yapılan ön etüt çalışmaları sonucunda arazi toplulaştırma projesi için bölgenin uygunluğuna karar verilirse Bakanlar Kurulu Kararının (BKK) alınması için çalışmalar başlatılmaktadır.

### Ayrıntılı Etüt Çalışmaları

Sahanın arazi toplulaştırma projesinin kararı Bakanlar Kurulundan çıktıktan sonra projenin yaklaşık maliyetinin oluşturulmasına yönelik yapılan detaylı etütlerdir.

Ön etüt çalışmaları yapılarak arazi toplulaştırma projesinin uygulanması uygun bulunan ve Bakanlar Kurulu Kararı alınan saha arazi toplulaştırma alanı olarak ilan edilir. Daha sonraki aşamada ise yürütülecek olan arazi toplulaştırma projede yapılacak iş kalemlerinin ayrıntılarının ve keşif bedellerinin belirlenmesi için ayrıntılı etütlerin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

### Öğrenme Çıktısı



3 Toplulaştırma öncesi yapılan ön çalışmalar sırasında dikkat edilmesi gereken hususlara sıralayabilme

#### Araştır 3

Arazi toplulaştırması yapılacak tarım alanlarının belirlenmesi ve kesinleştirilmesi için uygulanan etüt çalışmaları nelerdir?

#### İlişkilendir

Ülkemizdeki arazi toplulaştırması çalışmalarında yapılan ön etüt ve ayrıntılı etüt çalışmalarında yapılan çalışmalar karşılaştırmalı olarak değerlendirin.

#### Anlat/Paylaş

Arazi toplulaştırmalarında gerçekleştirilen etüt çalışmalarının önemini anlatın.

### ARAZİ TOPLULAŞTIRMASININ PAYDAŞLARIMIZA ANLATILMASI

Arazi toplulaştırma projelerinde gerekli etüt çalışmaları yapılarak proje sahası belirlendikten sonra Bakanlar Kurulu Kararı alınarak Resmi Gazete’de yayınlanarak ilan edilmektedir. Arazi toplulaştırma projesi Resmi Gazete’de yayınlanarak ilan edildikten sonra projenin yürütüleceği alanının bağlı olduğu İlin Mülki Amiri başta olmak üzere, proje ile ilgili tüm kurum ve kuruluşların (Bakanlık içerisinde ilgili Genel Müdürlükler, Karayolları Genel Müdürlüğü, Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, madencilikle ilgili kurumlar, Kaymakamlıklar, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Orman İl Müdürlüğü, İl Özel İdaresi, Üniversiteler ve Üniversitelerin İlgili Birimleri, BOTAŞ–TEDAŞ, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Belediyeler, Su Kullanıcı Örgütler, Tarımsal Örgütler ve Kooperatifler, Köy veya Mahalle Yönetimleri, Sahada Üretim Yapan Sektörler) katılımının sağlanacağı bir toplantı düzenlenerek kendilerine uygulanacak olan proje hakkında bilgi verilmelidir.



**dikkat**

Arazi toplulaştırması projelerinde ana hedef asgari düzeyde problemle ve en kısa süre içerisinde projenin tamamlanmasıdır. Bu hedefin gerçekleştirilmesi için proje sahasında hali hazırda çalışan ve daha sonraki aşamalarda da çalışma yapabilecek olan kurum ve kuruluşların tümüyle iletişim içinde olunması gerekmektedir. Bu kurum ve kuruluşlarla iletişime geçilmesi ve çalışma süresince de iletişimin devamı için toplantılar tertiplenmelidir.

Bu bilgilendirme toplantısından önce katılımcı kurum ve kuruluşlara toplulaştırmayla ilgili ayrıntılı bilgiler içeren bir yazı hazırlanarak kendilerine gönderilmelidir. Gönderilecek olan bu yazı kurum ve kuruluşların faaliyet alanları da dikkate alınarak içerik olarak ayrı ayrı düzenlenmelidir. İlgili kurum ve kuruluşların toplulaştırma projesindeki varsa rolleri de belirtilmelidir. Ayrıca ilgili kurum ve kuruluşların proje sahası içerisinde yapılmış veya yapılması planlanmış olan faaliyetlerle ilgili bilgi-belgeleri de birlikte toplantıya getirmeleri istenir. Bu yazıda toplantının yapılacağı yer ve tarihte belirtilmelidir.

Toplantıda arazi toplulaştırma projesiyle ilgili olarak davet edilen kurum kuruluşlara aydınlatıcı bilgiler verilmelidir. Toplantıya hazır bulunan kurum ve kuruluşların proje alanında daha önceden uyguladıkları ya da uygulamayı planladıkları projeler varsa bu projelerle ilgili bilgiler toplantıda ayrıntılarıyla değerlendirilmelidir. Toplantıda gündeme alınan konular ve alınan kararlar rapor halinde yazılarak ilgili tüm birimlere gönderilmelidir.

## Sosyal Yapı Etüt Raporlarının Hazırlanması

Tarımın alt yapı sorununu çözmek amacıyla yürütülen arazi toplulaştırması projeleri ile ekonomik tarımsal üretimi imkân vermeyecek şekilde parçalanmış tarım arazilerinin toplulaştırılması, ihtiyaç durumu dikkate alınarak kırsalda yeni yerleşim yerlerinin kurulması ya da eklemelerin yapılması, tarım arazilerinin amaç dışı kullanımının engellenmesi ve tarım arazilerinin sürdürülebilir şekilde gıda üretiminde kullanılması planlanmaktadır. Arazi toplulaştırmasının gerçekleştirilmesini istediği bu hedeflere ulaşabilmek birçok faktörün yanı sıra çalışma sahasında yerleşik bulunan üreticiler için yapılacak olan sosyal yapı etüt çalışmalarının da büyük katkısı bulunmaktadır. Sahada yürütülen bu etütlerin sonucunda hazırlanacak olan raporların içerdiği bilgilerden proje süresince faydalanılması başarıyı arttıracaktır.

Proje sahasındaki yerleşim birimlerinde yapılacak olan sosyal yapı etüt çalışmalarının amaçları şu şekilde özetlenebilir. Bu çalışmayla projenin başarıyla ve aksamadan yürütülebilmesi için ihtiyaç duyulan veriler (hem sahası ve hem de üreticilerle ilgili) temin etmektir. Projenin sahasındaki çiftçilerin projeye yaklaşımları ve proje ile ilgili bilgi düzeylerini ortaya koymaktır. Bunun bilinmesi projenin uygulanması aşamasında çiftçilerle kurulacak olan iletişim açısından büyük öneme sahiptir.

Projenin daha sağlıklı yürütülmesi ve mümkün olduğunca daha az sayıda problem yaşanması için sosyal yapı etüt raporları daha sonra parsel planlarını yapacak uzmanlar tarafından yapılmasında fayda bulunmaktadır.

**dikkat**

Projenin daha sağlıklı yürütülmesi ve mümkün olduğunca daha az sayıda problem yaşanması için sosyal yapı etüt raporları daha sonra parsel planlarını yapacak uzmanlar tarafından yapılmasında fayda bulunmaktadır.

Proje kapsamında blok (ada) planlama ve/veya parsellasyon çalışmaları öncesinde proje bölgesinin; sosyal yapısı, tarımsal, ekonomik ve çevresel özellikleri, mülkiyet durumları, parsellerdeki hisselik durumları, parsellerin kullanım durumları, karşılaşılan problemler, çiftçilerin talepleri gibi verileri toplanarak bir rapor haline getirilmesi yapılacak olan blok veya parsellasyon planlarının başarısını arttıracaktır. Hazırlanan sosyal etüt raporları projeyi uygulayan idarenin önerileri doğrultusunda proje süresince ihtiyaç durumu dikkate alınarak güncellenmesi gerekmektedir.

Sosyal yapı etüt raporları aşağıdaki ana başlıklar halinde hazırlanmalıdır.

1. İçindekiler
2. Özet bilgiler
3. Giriş
4. Yerleşim yeri genel bilgileri
5. Sosyal yapı etüt raporu bilgileri
6. SWOT analizi

Raporun giriş bölümünde projenin amacı, önemi, kapsamı, raporu hazırlama yöntemleri ve yararlanılan kaynaklara ait bilgiler sunulmalıdır.

Yerleşim yeri genel bilgileri; sosyal yapı etüt raporunun bu bölümde yerleşim biriminin; idari yapısı, nüfusu, tarihi, coğrafik konumu, topografyası, altyapı durumu, su kaynakları, tarımsal makine varlığı (makinelere cinsi, sayısı, özel ürünler için kullanılan makineler, köyde bulunmayıp bazı ürünler için dışarıdan kiralanan makineler), hayvan varlığı (büyükbaş, küçükbaş hayvan varlığı, su ürünleri ve kanatlı hayvancılık potansiyeli) ve yörenin iklim durumuna ait bilgiler içermelidir.

### Sosyal Yapı Etüt Raporunda Bulunması Gerekli Bilgileri

**Köyde fiilen çiftçilik yapanlar ve maliklerin durumu:** Köyde fiilen çiftçilik yapan işletme ve kişi sayıları tablolar halinde verilir, tablonun devamına malik sayısı ile fiilen tarım yapanların sayısı belirtilir. Köyde yaşayan ve yaşamayan arazi sahiplerinin durumları belirlenmelidir. Çiftçilerin gelir durumları; çiftçilerin gelir durumları ve yaşam standartlarıyla ilgili bilgiler detaylı bir şekilde bu bölümde verilmelidir. Proje sahasındaki işletmelerin tarımsal faaliyet durumu; proje sahasındaki işletmelerin ne kadarın bitkisel üretim, ne kadarının ise hayvansal üretim veya karma üretim (hem hayvansal ve hem de bitkisel üretim) yaptığı tespit edilerek bu bölümde belirtilmelidir.

**İşletme büyüklüklerine göre parsel sayılarının dağılımı ve durumları:** Proje sahasında yer alan işletmelerin arazi varlıkları ve işletmelerin sahip oldukları parsel sayıları hakkında bilgiler verilmelidir. Parsel büyüklüklerine göre dağılım oranları; proje sahasındaki parsellerin toplam sayısı ve parsellerin alanlarına göre gruplandırılmış sayıları ve oranları ile ilgili bilgiler verilmelidir. İşletmelerin parsel sayıları ve dağılım oranları; proje sahasındaki işletmelerin sahip oldukları parsel sayıları ve parsellerin büyüklükleri dikkate alınarak dağılım oranları ile ilgili bilgiler verilmelidir. Parsellerin mülkiyet durumu; proje sahasındaki işletmelerin işledikleri arazilerin mülkiyet durumlarıyla (mülkiyet sahibi, kiracı, şahıs ve hazine arazileri, köy ortak kullanımına ait araziler vb.) ilgili ayrıntılı bilgiler olmalıdır. Parsellerin hisselik durumları; tarımsal işletmelerin kullandıkları parsellerin hisselik durumlarıyla ilgili bilgiler detaylı bir şekilde verilme-

lidir. Parsellerin kullanım durumları; proje sahası içerisindeki parsellerin ne kadarının fiili üretimde kullanıldığı ve ne kadarının işlenmediği ile ilgili bilgiler bulunmalıdır. Fiili durumdaki parsel kullanımları ile kadastro parsellerinin karşılaştırılması: Parsellerin fiili kullanımları ile kadastro değerleri (proje bünyesinde sayısallaştırılan veya kadastrodan sayısal olarak alınan) karşılaştırılır. Sonuçta fazladan arazi kullanan işletmeler belirlenir, arazi kullanımının fiili durumu ile mülkiyet farklılığı ortaya çıkarılır, dolayısı ile blok planlamasına esas durumun bu aşamada belirlenmesi sağlanır.

**Hazine arazilerinin mülkiyet durumu:** Proje sahasındaki hazine arazilerinin miktarı ve bu arazilerin kullanım durumlarıyla ilgili bilgiler verilmelidir. Ayrıca hazine arazilerinin kimler tarafından kullanıldığı, adil bir kullanım durumunun olup olmadığı ve bu arazilerin kullanıcılarına mı bırakılmalı yoksa toplanarak yeterli büyüklüklerde parseller oluşturularak kiraya mı verilmeli yoksa satışa mı sunulmalı konusunda bilgi verilmelidir.

**Hazine arazilerinin kullanımına itirazlar:** Uygulama sahası içerisindeki hazine arazilerinin kullanım durumunun çiftçiler arasında huzursuzluğa ve itirazlara sebep olup olmadığı belirlenmeli ve bu durumla ilgili bilgiler bu başlık altında rapora geçirilmelidir.

**Tarımsal işletmelerin toplulaştırma konusunda bilgi durumu:** toplulaştırma sahasında tarımsal üretim faaliyetinde bulunan çiftçilerin arazi toplulaştırması hakkındaki bilgi durumu (bilgi var, bilgisi yok, eksik bilgi sahibi şeklinde) bu kıstıda belirtilmelidir.

**Çiftçilere istimplak ödenmeyecek olmasının olumlu veya olumsuz etkileri:** Arazi toplulaştırma projelerinin yürütüldüğü alanlarda kamu hizmetleri için gereken araziler hazine veya da katılım payı için kesilen arazilerden karşılandığı için kamulaştırmaya gerek kalmamakta bu nedenle arazi sahiplerine istimplak bedeli ödenmemektedir. Bu durum bazen arazi sahipleri tarafından bir gelir kaybı olarak algılanabilmektedir. Ancak duruma rasyonel bakıldığında; kamulaştırma yerine doğal ortaklık payı kesintisi (DOP) uygulandığında, kamulaştırılacak alan proje kapsamına giren tüm maliklerin hak edişlerinden kesinti yapılarak karşılanmaktadır. Böylece çiftçi, arazisinden kamulaştırma ile kaybedeceğinden daha az bir miktar kaybedecek ve hala arazi sahibi olarak kalmaktadır. Hatta yol

yapımı gibi kamulaştırma kalemlerinde arazisi aynı bölgede kalarak değer kazanmaktadır. Toplulaştırma olmasaydı kamulaştırmaya tabi olacak arazi sahiplerini; ne kadar istimlak bedeli alacakları, toplulaştırma ile arazilerinde ne kadar kesinti uygulandığı ve arazilerinin değerinin tahmini olarak ne kadar artacağı bilgileri değerlendirilir ve raporlanır.

**Çiftçilerin toplulaştırmaya itirazları:** Çiftçiler gerek yanlış bilgilendirmeden, gerekse yakın çevrelerinde gerçekleştirilmiş arazi toplulaştırmalarındaki uygulama hatalarından dolayı, toplulaştırmaya karşı bir tepki geliştirilmiş olabilmektedir. Bu tepkiler genelde değerli parsellerini kaybetme korkusu, güçlü çiftçilerin kayrılacağı korkusu, kadastronun net olmaması ve bu nedenle hatalar yapılabileceği korkusu, köy sınırlarının net olmamasından dolayı bazı sorunların yaşanacağı korkusu, mera arazilerinin sınırlarının net olarak bilinmemesi ve mera üzerinde işgal ya da yapılaşmanın yarattığı sorunlardan ve mantıklı olmayan duygusal itirazlardan kaynaklanmaktadır. İtiraz sebebi olan bu sorunlar ve çözüm önerileri detaylı bir şekilde incelenerek hazırlanacak raporun bu bölümünde belirtilmelidir.

**Projede istihdam edilebilecek yerel iş gücü katılımları:** Arazi toplulaştırma projesi yürütülürken ihtiyaç duyulan istihdam alanlarında projede çalışabilecek köydeki/mahalledeki iş gücü ve teknik personelin değerlendirilmesi projeye olan desteği arttıracaktır. Bu nedenle projede çalışabilecek mesleki gruplar (inşaat, hizmet, teknik, mali ve vasıfsız iş gücü) belirlenerek raporda ayrıntılı olarak yazılmalıdır.

**Toplulaştırma projesi ile köye sağlanabilecek ek yararlar:** Arazi toplulaştırması ile aşırı derecede parçalanmış ve dağılmış parselleri birleştirmenin dışında köy/mahalle yerleşim yeri ihtiyacı, eğitim ve sağlık hizmetleri ihtiyaçları, yol, kanalizasyon ihtiyacı, rekreasyon amaçlı arazi ihtiyacı ve ticari ihtiyaçlar belirlenir ve raporlanır.

**Köydeki tarla içi geliştirme hizmetleri (TİGH) ihtiyacının belirlenmesi:** Toplulaştırma alanı için yapılabilecek tarla içi geliştirme hizmetleri (sulama, arazi ıslahı, tesviye, drenaj ve parsel sınır düzeltme ihtiyaçları) ihtiyaçları, toprak haritaları incelenerek ve çiftçiler ile görüşülerek belirlenir. Raporun bu bölümünde bu ihtiyaç kalemleri göz önünde bulundurulur ve getireceği faydalar anlatılır.

**Toplulaştırma sahasındaki özel ürünlerin ve alanlarının belirlenmesi:** Proje sahası içerisinde çeltik üretim alanları, ağaçlık alanlar ve sera alanları gibi özellikli alanların olup olmadığı belirlenir. Bu tip özel üretim alanları varsa bunların miktarları ve toplulaştırmada bu alanların nasıl korunacağıyla ilgili bilgiler verilir.

**Proje alanındaki tarımsal potansiyelin tespiti:** Proje sahasının organik tarım, hayvancılık (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı), su ürünleri potansiyeli, yerel niteliklere sahip olduğu için korunması gereken ürünler bakımından sahip olduğu potansiyel, varsa sözleşmeli tarım yapılan alanlar ve çiftçilerin örgütlenme düzeyi vb. konular belirlenerek rapora dahil edilmelidir.

**Biyolojik çeşitliliğin durumu:** Çalışma sahasının biyolojik çeşitliliği ve enerji kaynakları durumu: proje sahasının biyolojik çeşitliliği ile ilgili incelemeler yapılarak biyolojik çeşitlilik potansiyeli raporda belirtilmelidir. Toplulaştırma projesi kapsamında mevcut biyolojik çeşitliliği korumanın yolları belirlenerek raporda belirtilmelidir. Çalışma sahasının doğal alanları üzerinde katma değer yaratma potansiyelinin mevcut olup olmadığı tespit edilmeli ve mevcut ise (örneğin eko turizm olanakları) bu durumdan nasıl yararlanılacağı da belirtilmelidir.



**dikkat**

Proje sahasındaki işletmelerin bitkisel ve hayvansal atıklarının neler olduğu ve bunların miktarları belirlenmelidir. Bu atıkların yok edilme yöntemleri belirlenmeli ve bunların biyoenerji üretiminde kullanılıp kullanılmayacağı tespit edilmelidir. Artıklardan biyoenerji üretilecek ise bunun nasıl yapılacağı ve üretilen bu biyoenerjinin nerelerde ve nasıl kullanılacağı hakkında bilgi verilmelidir.

**Proje sahasında korunması gereken doğal alanların belirlenmesi:** Proje alanındaki mevcut ise var olan koruma alanları ile potansiyel olarak korunması gerektiren alanlar belirlenmelidir. Proje sahası içerisinde fazla eğimden, taşlı olmasından, üçgen parselin uç kısmı olmasından vb. nedenlerle kullanılması sorunlu olan alanlar potansiyel koru-

ma alanları olarak belirlenmeli ve bu alanlar hazine adına tescil edilerek park alanı, ağaçlandırma alanı veya ekolojik koridor çalışması içerisinde kullanılmalıdır. Ayrıca mevcut veya potansiyel, tabii ve arkeolojik sit alanları, önem arz eden göl, akarsu ve diğer su yolları, ekolojik koridor için uygun alanlar, kuş göç yolları ve konaklama alanları belirlenir ve bunların nasıl korunacağı ile ilgili öneriler raporda kayıt altına alınmalıdır.

**Proje bölgesinin istihdam durumu:** öncelikle proje sahasının mevcut çalışabilir durumdaki insan gücü potansiyelinin belirlenmesi: Toplulaştırma sonrasına yönelik planlanan tarımsal üretim sistemi için ek istihdama ihtiyaç olup olmadığı tespit edilmelidir. Hal hazırda istihdam edilen veya proje sonrasında ihtiyaç duyulacak olan insan kaynaklarının niteliklerinin geliştirilmesi için alınacak önlemler (tarımsal üretim yöntemleri ve teknolojileri konusunda eğitimler vb.) belirlenmelidir.

**Projenin uygulanmasından önceki parsel deseninin dezavantajları:** Proje sahasındaki mevcut parsellerin şekilleri, dağılımı, parsellere ulaşım durumu ve parsellerin sulama sisteminden faydalanma durumu (mevcut sulama yönteminin olumsuzlukları ve daha modern bir sulama yöntemiyle ilave alanların sulama açılıp açılmayacağı ve bu uygulamaların çiftçilerin gelir durumu üzerine olan etkisi vb.) ortaya konmalıdır. Ayrıca parsellerin alansal dağılımı (küçük olduğundan işletilmeyen parsel var mı, var ise sayısı ve alanları vb.) ve bu durumun ortaya çıkardığı sorunlar ve çözüm önerileri raporlanmalıdır.

**Proje sahasındaki mevcut ürün deseni ile proje sonrası için planlanan ürün deseninin belirlenmesi:** Öncelikle proje sahasında toplulaştırma öncesi ürün deseni belirlenerek kayıt altına alınmalıdır. Daha sonra toplulaştırma ile birlikte tarla içi geliştirme hizmetleri yapıldıktan sonra ürün desenini nasıl değişeceği belirtilmeli ve bu iki ürün deseni karşılaştırılmalı olarak raporda belirtilmelidir.



**dikkat**

Proje sahasındaki yerleşim yerlerinin sosyal yapısı; yerleşim yerlerindeki insani ilişkiler incelenerek ve bu ilişkilerde toplulaştırma projesini olumlu veya da olumsuz etkileyecek unsurların bulunup bulunmadığı tespit edilmelidir.

**Akrabalık, hasımlık, aşiret gibi yapıların etkinliği ortaya konulması:** Genç nüfus, çalışan nüfus, kadın-erkek oranı vb. konularla ilgili bilgiler raporda yer almalıdır. Projenin başarıyla uygulanmasında etkili olabilecek önder kişi veya gruplar belirlenmeli ve bunların işbirliği sağlanmalıdır. Ayrıca projeye etki edebilecek örf, adet, töre gibi yazılı olmayan toplumsal kuralları ile genel eğitim durumu ve alışkanlıklar da raporda yer almalıdır.

**Sosyal etüt raporunun sonuç bölümü:** Uygulanacak olan arazi toplulaştırması projesinin bölgenin ekosistemi üzerinde oluşturacağı muhtemel etkiler ile ilgili bilgiler içermelidir. Eğer bölgenin ekosistemi üzerinde proje uygulamasının olumsuz bir etkisi olursa bu durumun ortadan kaldırılması için ne gibi uygulamaların yapılacağı da ayrıntılarıyla raporlanmalıdır.

Proje sahasındaki hedef gruplar (tarla, bahçe tarımı ile geçinenler, hayvancılıkla geçinenler ve hem hayvancılığı ve hem de bitkisel üretimi birlikte yapanlar) belirlenmeli ve bu hedef grupların arazi toplulaştırmadan beklentileri ve bu beklentilerin nasıl karşılanacağı da sosyal yapı etüt raporunda belirtilmelidir.



**dikkat**

Projenin uygulanma safhası boyunca iletişimde olunacak ve kendileriyle çalışılacak olan temas grupları (yüzey tahliye ve drenaj temas grubu, yol temas grubu, arazi derecelendirme temas grubu, sulama temas grubu, sosyal yapı temas grubu vb.) dikkatlice seçilmeli ve projenin uygulanması aşamasında bu temas gruplarıyla sürekli iletişim içerisinde olunmalıdır.

Elde edilen tapu ve kadastro durumu bilgileri, temas gruplarından ve köylü ile yapılan görüşmelerden elde edilen bilgiler ışığında; köyün sorunlarını çözmeye yönelik ve toplulaştırma yöntemlerine ilişkin etkin ve problem stratejiler (ulaşım ile ilgili stratejiler, sulama ile ilgili stratejiler, yüzey tahliye ile ilgili stratejiler, rekreasyon ve koruma alanları ile ilgili stratejiler, çevresel etkiler ile ilgili stratejiler, blok planlama stratejileri vb.) belirlenerek rapora geçirilmelidir.



**dikkat**

Proje sahasındaki hedef gruplar; tarla ve/veya bahçe tarımı ile geçinenler; hayvancılık ile geçimlerini sürdürenler ve/veya her iki yetiştiricilik türünü de kullanan insanlardır.



Şekil 8.3 Arazi toplulaştırma uygulaması sonrası tarım alanları.

Proje sahasında bulunan her yerleşim birimi için ayrı ayrı ve projenin geneli için de bir swot analizi yapılmalıdır. Bu analizde proje sahasının projenin uygulanması yönünden zayıf yönleri, güçlü yönleri, riskleri ve avantajları ele alınarak ayrıntılı olarak çalışılmalıdır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek, zayıf yönler ve risklerin nasıl ortadan kaldırılacağı oluşturulan stratejide ele alınmalı ve açıklanmalıdır. Eğitim faaliyetlerinde ve bilgilendirme toplantılarında ise güçlü yönler ve avantajlar üzerinde durulmaya gayret edilmelidir. Arazi toplulaştırma sahasıyla ilgili tüm bu bilgileri içeren ayrıntılı raporlar hazırlanarak daha sonraki işlemlerde kullanılmak üzere arşivlenmektedir.

Tarımsal üretim için sürdürülebilir tarımsal işletmeler kurmak ve tarım arazilerinin ekonomik olarak kullanımını sağlamak amacıyla parsel büyüklüklerinin uygun ölçülerde oluşması, mevcut parsel deseninin, parseller arası ve işletme merkezine ulaşım, sulama ve tarımsal mekanizasyon tekniklerinin başarıyla uygulanması için gerekli olan hususlar dikkate alınarak arazinin yeniden düzenlenmesi ve ihtiyaç duyulması durumunda tarla içi geliştirme hizmetlerinin yapılması için; proje alanına giren arazinin yarısından çoğuna sahip olan ve sayıca maliklerin yarısından fazlasını oluşturan

arazi sahiplerinin talebi/rızası üzerine isteğe bağlı, Bakanlığın veya kurulların talebi üzerine kamu yararı gözetilerek isteğe bağlı olmaksızın, arazi toplulaştırması yapılmak üzere Bakanlar Kurulu kararı ile proje sahası (alanı) belirlenmektedir.

Bakanlar Kurulunun bu kararı aynı zamanda toplulaştırma ve diğer işlemler yönünden kamu yararı kararı olarak da kabul edilmektedir. Bakanlar Kurulunun bu kararı Resmî Gazete'de yayınlanmasından sonra, toplulaştırma alanı (sahasının) sınırları da belirtilmek suretiyle ilgili muhtarlık/belediye ve mahallin en büyük mülki idare amirine bildirilmektedir. İlgili kurumlara bildirilen bu karar mahallinde alışılmış araçlarla ilan edilmektedir. Bu şekilde ilan edilerek kesinleştirilen arazi toplulaştırması, proje idaresinin kendisi tarafından yapılmakta veya ihale yoluyla özel sektöre yaptırılmaktadır.



Şekil 8.4 Arazi toplulaştırma uygulaması sonrası tarım alanları.

**dikkat**

Arazi toplulaştırma projesinin uygulanması Bakanlar Kurulu kararı ile belirtilen sahanın kadastral sınırları içerisinde kalan arazilerde yapılmaktadır. Bu nedenle zaman zaman toplulaştırma projesi uygulama sahasına birden fazla yerleşim birimine ait araziler de girebilmektedir.

Bakanlar Kurulunca ilan edilen toplulaştırma proje sahası arazi kullanım şekilleri ve özellikleri dikkate alınarak kendi içerisinde toplulaştırma



yapılması için birden fazla uygulama sahasına bölünerek toplulaştırma projesinin uygulanması da mümkün olmaktadır.

Arazi toplulaştırması kapsamında yapılacak çalışmalarda faydalanılmak üzere uygulama sahasındaki parsel ve blokların arazi şekillerini, sabit tesisleri ve benzeri ayrıntıları gösteren haritaları temin edilmektedir. Bu haritalar mevcut değilse veya güncellenmesi gerekiyorsa bunlar idarece yapılır veya yaptırılır. Arazi toplulaştırması kararı Bakanlar Kurulunca alınarak Resmî Gazete’de yayımlanarak mahallinde ilan edildikten sonra yapılacak olan sabit tesisler arazi toplulaştırmasında dikkate alınmamaktadır. Sabit tesislerin de belirtildiği hali hazır haritalar hazırlanırken/hazırlatılırken bu durumun tespiti de büyük öneme sahiptir. Diğer taraftan Bakanlık, büyük masraflarla gerçekleştirilecek olan toplulaştırmasının etkinliğini artırmak için toplulaştırma uygulamasını yapan kurum/kuruluş ve diğer ilgili birimler arasında iyi bir işbirliği sağlamakla görevlidir. 3/07/2005 tarih ve 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu ve 24/07/2009 tarihli Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Arazi Toplulaştırmasına İlişkin Tüzük özel arazi toplulaştırması yapılmasına imkan sağlamaktadır.

Özel arazi toplulaştırması ve tarla içi geliştirme hizmetlerini yapmak için İl özel idareleri, belediyeler ve köyler ile tarımsal amaçlı faaliyette bulu-

nan kooperatifler, birlikler gibi tüzel kişilikler veya diğer kamu kuruluşları proje idaresi olarak kurula veya Bakanlığa başvurabilmektedirler. Başvuruda toplulaştırmanın gerekçesini ve isteğe bağlı olup olmadığını belirten raporla birlikte toplulaştırmayı uygulayacak proje biriminin de belirtilmesi gerekmektedir. Özel arazi toplulaştırması talebinin uygun görülmesi durumunda, Bakanlığın teklifi ve Bakanlar Kurulu kararı ile proje alanı kesinleşir ve Resmî Gazete ’de yayımlanarak ilan edilmektedir. Daha sonra başvuruda bulunan proje idaresi proje alanı ile ilgili her türlü çalışma ve değerlendirme-yi içeren planlama raporunu onay için Bakanlığa iletmektedir. Özel arazi toplulaştırma kapsamında yapılacak olan tüm uygulamalar ve parsel planlamalarını içeren uygulama projesi Bakanlıkça onaylandıktan sonra kesinleşir ve uygulanabilir. Aynı sahada birden fazla kurum/kuruluş tarafından toplulaştırma ve tarla içi geliştirme hizmeti yapma talebinde bulunursa, toplulaştırma ve tarla içi geliştirme hizmetini yapacak kuruluş Bakanlık tarafından belirlenerek ilgiliye bildirilir. Özel arazi toplulaştırması yapmak isteyen proje idaresi projenin uygulanabilmesi için ihtiyaç bulunan teknik personeli proje süresince istihdam etmesi gerekmektedir. Proje sahasında kamu yatırımları için ihtiyaç duyulan arazi özel arazi toplulaştırması yapan proje idaresince toplulaştırma yoluyla karşılanabilmektedir.



## Yaşamla İlişkilendir

Ülkemizdeki tarım alanlarının yetersiz olmasından ve tarım ürünlerine olan talebin her geçen gün artması nedeniyle mevcut tarım alanlarının daha ekonomik ve daha verimli şekilde değerlendirilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle, birim alandan en yüksek faydayı sağlayabilmek için yapılan uygulamalardan biri de tarım arazilerinin toplulaştırmasıdır. Ülkemiz tarımının en önemli sorunlarından biri olan parçalı arazi çözümüne yönelik olarak geliştirilen arazi toplulaştırması uygulamaları, ıslah çalışmalarının da gerçekleştirilmesiyle tarım arazilerinin verim seviyesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Bunun yanı sıra arazi toplulaştır-

ma çalışmaları sırasında arazinin yeri, şekli ve büyüklüğü de değişikliğe uğramaktadır. Arazi toplulaştırması sonucu tarım arazisinde meydana gelen tüm bu değişiklikler aynı zamanda tarım arazilerinin değerine etki eden faktörler olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, arazi toplulaştırması sonucu arazi değerinde de önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Ayrıca, arazi toplulaştırmasının; su tasarrufu, maliyet düşüşü, verim artışı, çevre korunması başta olmak üzere birçok bakımdan yararı olmaktadır. Ülkemizdeki arazi toplulaştırmasının, tarımımıza ve çiftçimize olumlu ekonomik ve sosyal etkileri gözlenmeye başlamıştır.

## Öğrenme Çıktısı



4 Arazi toplulaştırma uygulaması süresince ve sonrasında ne tür resmi işlemlerin uygulandığını ve arazi sahiplerinin üzerine düşen görevlerin neler olduğuna sıralayabilme

## Araştır 4

Çiftçilerin toplulaştırmaya karşı muhtemel itirazlarının sebepleri neler olabilir? Proje sahasındaki mevcut ürün deseni ile proje sonrası için planlanan ürün deseninin belirlenmesi nasıl yapılmaktadır? Araştırın.

## İlişkilendir

Arazi Toplulaştırma projesinin geneli için uygulanan swot analizi ile projenin başarısını ilişkilendirin.

## Anlat/Paylaş

Arazi toplulaştırmalarında karşılaşılan sorunları anlatın.

## ARAZİ TOPLULAŞTIRMA UYGULAMASI

Arazi toplulaştırma aşağıda belirtilecek çeşitli işlem basamaklarının sıra ile ve özenle yapılması ile başarıya ulaşması mümkün olabilir.

### Kadastro İşlemleri

Proje uygulama alanı içerisinde bir kısım parseller için kadastro paftalarının yenilenmesi gerekiyorsa, bu yerlerin kadastro yenileme işlemleri Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünce öncelikle olarak yapılmakta veya yaptırılmaktadır. Diğer taraftan proje sahası içerisinde yer alan tescil harici su kanalları, dere yatakları, eski kadastral yollar ile yol fazlalıkları vb. alanlar toplulaştırmanın ilanı ile birlikte proje amacına uygun olarak kullanılmak üzere proje idaresinin hüküm ve tasarrufuna geçmektedir.



**dikkat**

Bir sahada arazi toplulaştırması projesinin uygulanabilmesi için o alanın kadastrounun yapılmış olması gerekmektedir.

## Arazi Malikleri ile Ön Görüşme Yapılması ve Muvafakat Alınması

Bilindiği gibi arazi toplulaştırması isteğe bağlı veya Bakanlığın/kurulların talebi üzerine kamu yararı gözetilerek isteğe bağlı olmaksızın Bakanlar Kurulu kararı ile zorunlu olarak yapılmaktadır. Fakat uygulamada isteğe bağlı toplulaştırma projelerine öncelik verilmektedir. İsteğe bağlı toplulaştırma için başvuru, proje alanı içerisinde toplulaştırılması istenen arazilerin yarısından çoğuna sahip olan ve sayıca maliklerin yarısından fazlasını teşkil eden arazi sahiplerinin veya vekillerinin yazılı rızası ile yapılmaktadır. Bu talep için arazi sahiplerinden veya vekillerinden muvafakat alma işlemi Bakanlar Kurulu kararı öncesinde yapılmakta ve gerekçeye eklenmektedir. Proje birimince, proje alanı içinde bulunan arazi malikleri ile yerel yönetim temsilcilerinin katıldıkları bir toplantı düzenlenerek proje ile ilgili olarak kamu ve bireysel yararlarla yönelik istekler saptanmaktadır. Toplulaştırma alanı; mülkiyet, toprak koruma, arazi bozulması, tarımsal sulama, ekolojik yapı ve diğer tarla içi geliştirme hizmetleri yönünden incelenerek proje kapsamına girecek işler ayrıntılı olarak belirlenir. Toplantıda alınan kararlar ve yapılacak işler alışılmış ilan yöntemleriyle ilgililere duyurulmalıdır.

## Tapu Siciline Şerh Konulması

Arazi toplulaştırma sahasında yer alan parsel-lerin tapu kütüğü sayfalarının beyanlar hanesine toplulaştırma alanına girdiğine dair şerh konulması gerekmektedir. Bu şerhler proje idarelerinin isteği üzerine Bakanlık veya Valilikler tarafından ilgili tapu sicil müdürlüklerinden talep edilmektedir. Tapu kütüğüne şerh konulduktan sonra proje tamamlanıp tapuya tescili sonuçlandırılıncaya kadar taşınmazlar üzerindeki her türlü devir, temlik, ipotek ve satış vaadi, ifraz ve taksim, aynı ve şahsi haklar ile şerh işlemleri proje idaresinin talebi ve Bakanlık veya Valiliklerin izni ile yapılabilmektedir. Toplulaştırma şerhinden sonra araziyi satın alan malik önceki arazi sahibinin taahhütlerini aynen kabul etmiş sayılmaktadır. Arazi toplulaştırma kararı alınıp projenin uygulanmaya başlanmasından önceki dönemde herhangi bir nedenle dava konusu edilmiş ve yargılama süreci devam eden, toplulaştırma alanındaki taşınmazlara ilişkin toplulaştırma kararı alındığı ve tapuya şerh konulduğu bilgisi ilgili mahkemelere bildirilmelidir. Mahkeme kararı ile yapılan her türlü devir, temlik ve ifraz işlemlerinin sonucu ilgili tapu sicil müdürlüklerince Bakanlığa veya Valiliğe bildirilmektedir. Anlaşmazlıklara çözüm getirmek ve projenin uygulanmasında aksaklıklara meydan vermemek için gerekirse toplulaştırma amacına uygun olarak değerlendirilmek üzere, taşınmazlar 4/11/1983 tarih ve 2942 sayılı Kamulaştırma Kanununun ilgili hükümleri gereğince kamu kurumları (proje idaresi) tarafından satın alınabilmektedir. Bu şekilde kamulaştırılan araziler toplulaştırma kapsamında değerlendirilerek Kanunun 17'nci maddesine uygun olarak sonra satışı yapılabilmektedir.

## Toplulaştırma Alanlarında Alınacak Önlemler

Arazi toplulaştırması sahasındaki çiftçilerin gerekli önlemleri alabilmesi için öncelikle toplulaştırma projesinin arazi çalışmalarına başlanacağı ekim mevsiminden en az 30 gün öncesinden alışılmış yöntemlerle ilan edilmesi gerekmektedir. Arazi toplulaştırması uygulamalarının çevre, ekolojik denge ve biyolojik çeşitlilik üzerine olan etkisi çok iyi araştırılmalı ve projenin doğal denge üzerinde herhangi bir olumsuz etkisine izin verilmemelidir. Meyve ağaçları, meyvesiz ağaçlar ile geniş çalı top-

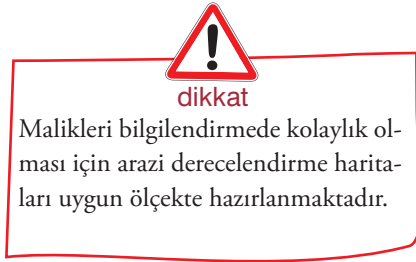
luluğu ve diğer doğal varlıkların proje ile korunması ve iyileştirilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan erozyon tehlikesi bulunan alanlarda bitki örtüsünün korunması ve geliştirilmesi için doğal dengeyi bozmamak kaydıyla proje idaresi tarafından gerekli tedbirler alınmaktadır. Arazi toplulaştırma projesinin yürütüldüğü alanlarda uygulamayı geciktirmek için üç yılı geçmemek üzere yapılacak bitkisel üretimin tür ve çeşidi, kapsayacağı alan çiftçilerin de görüşü alınarak proje birimince kararlaştırılmakta ve alışılmış usullerle bu kararın ilanı yapılmaktadır. Alınan karara uyulmasını teşvik amacıyla tarımsal desteklerin uygulanmasında önerilen bitki desenlerine uyan çiftçilere öncelik verilmektedir. Çiftçiler tarafından bu karara uyulmamasının projeyi geciktirmesine izin verilmemelidir.

## Arazi Derecelendirme Komisyonu

Arazi toplulaştırma çalışmalarının başarısı üzerinde büyük bir etkiye sahip olan arazi derecelendirme işlemleri arazi derecelendirme komisyonu tarafından yapılmaktadır. Arazi derecelendirme komisyonu; proje idaresince belirlenecek başkanla birlikte proje biriminden üç asıl bir yedek üye, köylerde köy muhtarı veya belirleyeceği bir asıl bir yedek üye, belediyelerde, belediye başkanının belirleyeceği konusunda uzman bir asıl bir yedek üye, il özel idarelerinde valinin belirleyeceği konusunda uzman bir asıl bir yedek üye ve proje alanında arazisi bulunan maliklerin kendi aralarından seçecekleri iki asıl bir yedek üye olmak üzere altı asıl üç yedek üyeden oluşmaktadır. Proje birimi başkanı aynı zamanda arazi derecelendirme komisyonu başkanlığı görevini de yürütmektedir. Komisyon üyeleri kendilerine veya birinci derece akrabalarına ait arazilerin derecelendirilmesine yapılan itirazın incelenmesinde görev alamamaktadır. Asıl üyenin katılamadığı toplantılara yedek üye katılır. Herhangi bir nedenle komisyondaki görevinden ayrılan üyenin yerine aynı usule göre yeni üye belirlenmektedir. Arazi derecelendirme komisyonu çoğunluk sağlanarak toplanmakta ve kararlar oy çokluğu ile alınmaktadır. Oyların eşitliği halinde başkanın oyu yönünde karar alınmış sayılmaktadır. Parsellerin yerlerinin değiştirilmesine arazi sahiplerinin yazılı olarak muvafakat vermeleri durumunda arazi derecelendirme komisyonu oluşturulmasına gerek kalmamaktadır.

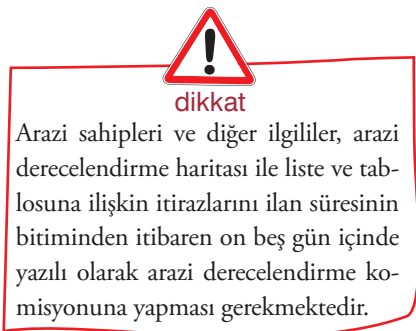
## Arazi Derecelendirmesi

Arazi derecelendirmesi, arazi derecelendirme komisyonu tarafından toplulaştırma sahasında bulunan arazilerin aynı değerde yeni araziler ile değiştirilebilmesi amacıyla yapılmaktadır. Arazi derecelendirilmesi proje birimince yapılan/yaptırılan ve toprağın kalıcı ve değişken özelliklerini belirleyen toprak ve verimlilik etütleri, yerleşim yerlerine veya işletme merkezlerine uzaklığı ve arazinin diğer özellikleri göz önüne alınarak yapılmaktadır. Fakat arazi derecelendirmede arazi üzerindeki sabit tesisler ve mülkiyet sınırları dikkate alınmamaktadır. Bu çalışma sonucunda derecelendirme katsayıları belirlenmektedir. Belirlenen katsayılar parsel alanları ile çarpılarak parsellerin birim cinsinden değerleri elde edilmektedir. Bulunan bu değer üzerinden toplulaştırma sonrası için yeni parselasyonlar yapılmaktadır.



## Arazi Derecelendirilmesinin İlanı

Arazi derecelendirme komisyonu tarafından tespit edilen dönüşüm katsayılarını ve parsellerin birim değeri cinsinden karşılıklarını gösterir mülkiyet listesi ve arazi derecelendirme haritası, muhtarlık veya belediyece uygun görülecek yerlerde on beş gün süre ile asılarak ilan edilmektedir.



Arazi derecelendirme komisyonu yapılan itirazları en geç on beş gün içinde karara bağlayarak ilgililere yazılı olarak bildirir ve yeniden on beş gün süre ile askıya çıkararak ilan etmektedir. Arazi sa-

hipleri ve diğer ilgililer ilan süresinin bitiminden itibaren on beş gün içinde, proje idaresine itiraz edebilirler. Proje idaresi bu itirazları otuz gün içinde karara bağlamakla yükümlüdür. Proje idaresinin kararı kesin olup ilgililere yazılı olarak bildirilmektedir. Süresi içinde itiraz edilmeyen arazi derecelendirme kararları kesinleşmiş kabul edilmektedir.

## Ortak Kullanım ve Kamu Tesisleri

Arazi toplulaştırması projesi uygulanan alanlar için ortak kullanım kesinti payı parsel planlamasından önce belirlenmektedir. Sadece proje alanına hizmet edecek olan gölet, baraj, yol, sulama ve drenaj kanalları, elektrik iletim tesisleri ve diğer tesisler için gerekli olan arazi öncelikle ortak katılım payından karşılanmalıdır. Bu amaçlar için ihtiyaç duyulan fakat ortak katılım payından karşılanamayan arazi hazine veya devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan arazilerden karşılanmaktadır. Bunların da ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda ise gerçek ve tüzel kişilerden anlaşma veya kamulaştırma yoluyla elde edilen arazilerden karşılanmaktadır. Projede ortak katılım payı olarak alınan araziler için arazi sahiplerine herhangi bir ödeme yapılmaz. Ortak kullanım alanı için proje kapsamında yapılan kesinti payı proje alanındaki tüm arazilerin % 10'unundan fazla olamaz. Uygulama sahasındaki tescil harici gelen araziler de hazine arazisi olarak tescil edilmektedir. Proje sahasındaki ortak kullanım tesisleri dışında kamunun kullanımına ait karayolları, demiryolları, havaalanları, elektrik iletim tesisleri, barajlar, göletler vb. kamu yatırımları için gerekli olan arazi varsa ortak katılım payı için kesilen miktardan bedeli ödenerek karşılanabilir. Ortak katılım payı olarak kesilen arazi bu işler için yetersiz ise proje alanı içerisindeki hazine arazilerinden karşılanır. Hazine arazilerinin yeterli olmadığı veya bulunmadığı yerlerde ise ilgili idarelerce belirlenecek usul ve esaslar çerçevesinde gerçek/tüzel kişilerden anlaşma yoluyla karşılanabilir. Gerçek/tüzel kişilerden anlaşma yoluyla arazi temin edilirken tesislerin yapılacağı fiziki alan dikkate alınmaksızın arazi temin edilir ve daha sonra bu araziler fiziki tesislerin yapılacağı yere kaydırılabilmektedir.

## Parsellerin Yeniden Düzenlenmesi

**İdeal Parselasyon Planlaması ve Mülakat Çalışmaları:** İdeal parselasyon; üreticinin parsellerini yoğunluklu olarak kullandığı parselin yanına ya da

en büyük parselinin bulunduğu yere diğer parsellerinin taşınması şeklinde yapılan parsellasyondur. İdeal parsellasyon yapılmasındaki amaç, mülakat aşamasına geçildiğinde çiftçilere alternatif sunularak çiftçilerin projeye gönüllü katılımlarının sağlanması, yapılan planlamadaki faydaların analitik değerlere (ulaşım, zaman ve iş gücü kazanımlarına) dayandırılarak anlatılması sonucu çiftçilerin doğru tercihte bulunmasını sağlayabilmektir. Blok (ada) planının onaylanmasının ardından temas grubu ile yapılan görüşmeler ve sosyal etüt raporundan elde edilen tüm bilgiler çerçevesinde proje sahasında nasıl bir topluluştırma yapılabileceği değerlendirilmelidir. Her köy için belirlenen topluluştırma stratejisi gerekçeleriyle birlikte raporlanarak uygulayıcı kuruma onaylatılmalıdır. Geliştirilen stratejilere uygun olarak her köyde "Köy Bilgilendirme Toplantıları" yapılmalıdır.

Arazi topluluştırma projelerinde 3 farklı topluluştırma stratejisi uygulanmaktadır.

- Bunlardan birincisi; düz ve düze yakın arazilerde yapılan topluluştırmadır (ideal parsellasyon). Proje sahasında sabit tesisin az olması durumunda arazi sahipleri ile mülakat yapılmadan önce topluluştırmadan elde edilecek faydayı maksimize eden ideal bir parsellasyon planı oluşturulmaktadır. Bu tip parsellasyonda üreticinin parselleri en büyük parselin/hissenin olduğu veya fiili olarak kullandığı parselin yanına taşınması esas alınmaktadır. İdeal parsellasyonun gerçekleştirildiği bu tip topluluştırma, proje sahasında sabit tesislerin veya sınırı değiştirilemeyecek parsel sayısının az olması ve arazilerin çoğunluğunun düz ve düze yakın olması durumunda yapılabilmektedir.
- İkincisi; sabit tesislerin çok olduğu veya dalgalı arazilerin yoğun olduğu alanlarda yapılan topluluştırmadır. Eğer proje sahasında sabit tesis sayısı çok fazla, arazi fazla dalgalı ve parsellerin neredeyse tamamı sınırı değiştirilemeyecek parseller ise bu sahada ideal parsellasyon yapılamamaktadır. Bu nedenle bu tip proje sahalarında çalışılırken ideal parsellasyon yapılmadan fiili kullanım haritaları çıkartılarak mülakatlara başlanmalıdır. Mülakat sonucunda arazi sahiplerinin genel kabulünü sağlayacak şekilde bir parsellasyon yapılmaya çalışılmalıdır.

- Üçüncüsü ise; arazi topluluştırmasında uygulanan karma topluluştırma stratejisidir. Proje sahasının belirli bölgelerinde sabit tesisler yoğun olarak bulunurken diğer bölgelerde sabit tesisler bulunmuyor ise sabit tesislerin yoğun olduğu bölge için parsellasyon yapılmadan mülakata geçilirken. Diğer taraftan sabit tesislerin olmadığı alanlar için ise ideal parsellasyon yapılarak mülakata geçilmektedir.

#### **Parsellasyon stratejisinin uygulanma aşamaları şunlardır:**

- Çalışılan proje sahasının durumu dikkate alınarak yukarıda bahsi geçen topluluştırma stratejilerinden hangisinin uygulanacağına karar verilmektedir. Eğer yapılan değerlendirme sonucunda proje sahasında ideal parsellasyon stratejisinin uygulanmasına karar verilmiş ise bu uygulama aşağıdaki işlem adımları takip edilerek yapılmaktadır.
- Blok planlanmasını yapan teknik eleman ile ideal parsellasyon planlanmasını yapacak olan teknik elemanın aynı olmasında fayda bulunmaktadır. İdeal parsel planlaması yapılırken henüz işletmelerin akrabalık ve yakınlık dereceleri belirlenmediğinden bu planlamaya başlanılmadan önce AT-1 (eski mülkiyet listesi) ve AT-2 (soyadı sıralı liste) listeleri yardımı ile köylüyü iyi tanıyan birilerinden ya da muhtardan akrabalık ilişkilerinin öğrenilmesi ideal parsellasyonun başarısını yükseltmektedir.
- İdeal parsellasyon planlamasına başlanılmadan önce onaylı blok planlaması, derecelendirme haritaları, hali hazır haritalar, sayısal yükseklik modeli, kadastro haritaları, eski mülkiyet listesi (AT1), soyadı sıralı liste (AT2), fiili kullanım haritası, sabit tesis tutanakları ve pylon (metal direk) yerlerine ait listeler temin edilerek hazır bulundurulmalıdır.
- Sosyal etüt ve blok planlamasının yapılması aşamasında her yerleşim yeri için oluşturulan temas gruplarındaki kişilere eklemeler yapılarak daha kapsamlı ve yerel halktan oluşan bir ideal parsellasyon temas grubu oluşturulmalıdır. Temas grubunda yer alacak olan şahıslar, bölgeyi iyi bilen, araç kullanan ve yıllardır çiftçilik yapan kişilerden



seçilmesinde fayda bulunmaktadır. Eşdeğer parsel gruplarının oluşturulması için temas grubunda yer alan kişiler ile birlikte çalışma sahasındaki parseller gezilerek değer tespit çalışmaları yapılmalıdır. Ayrıca temas grubu ile birlikte ideal parselasyon yapılırken meraların ve Köy Tüzel Kişiliğine ait toprakların ne şekilde kullanılacağına da karar verilmelidir.

- Eşdeğer parsel gruplarının oluşturulması; proje sahasındaki parseller toprak yapısı ve parsellerin konumu dikkate alınarak aynı değerde olan parseller bir araya getirilerek eşdeğer parsel grupları oluşturulmaktadır. İdeal parselasyon, temas grubunda yer alan kişiler ile proje sahası gezilerek hangi bölgedeki arazilerin kendi içinde eşdeğer (asfalt kenarındaki araziler bir özdeş grup olarak alınabilir) olduğu tespit edilmelidir. Parsellerin bloklara yerleştirilmesi sırasında ise tespit edilen eşdeğer parsel grupları dikkate alınmalı ve bu durum proje idaresine de raporlanmalıdır.
- Parsellerin bloklara yerleştirilmesinde, parsellerin toprak yapısı ve konumları dikkate alınarak toplulaştırmanın faydasını maksimum kılacak bir dağıtım ve parselasyon planı yapılmalıdır.



**dikkat**

Hazırlanan parselasyon planı, inşa edilecek sulama sistemlerine ve üretimde kullanılan veya toplulaştırmadan sonra kullanılması planlanan tarımsal mekanizasyona uygun olmalıdır.

- Parseller mümkün olduğunca tarımsal işletmecilik açısından en uygun parsel şekli olan "dikdörtgen" biçiminde planlanmalıdır. Planlamada mümkün olduğunca işletmecilik açısından sorun oluşturan şekilsiz veya üçgen biçimde parsel bırakılmamasına dikkat edilmelidir. Yapılan toplulaştırma sonucunda oluşan parsellerin tümü mümkün olduğunca yol, drenaj ve sulama açısından doğrudan faydalanabilmelidir.



**dikkat**

Her işletmenin sahip olduğu parsel veya hisse sayısının toplulaştırma sonucunda mutlaka azalması hedeflenmelidir.

- Parsel boyutları belirlenirken, blok planlamasında belirlenmiş sulama uzunlukları ve sürüş mesafeleri göz önüne alınarak ortalama en-boy oranı kısa kenar yol ile irtibatlandırılacak şekilde 1/3-1/10 arasında olacak şekilde planlanmalıdır.
- Planlama sonucunda blokların içerisine yerleştirilen parsellerin yola cephelerinin genişliği büyük bir zorunluluk olmadıkça 25 metreden az olmayacak şekilde ayarlanmalıdır.
- Toplulaştırma alanındaki sabit tesisler (ev, ahır, ambar, kuyu, meyve bahçesi, kavaklık vb.) ile sınırlarının değiştirilmesi mümkün olmayan sabit parseller planlama sırasında mümkün olduğunca korunmalı ve eski sahibine verilmelidir.
- Özdeş arazilerin (değer olarak birbirine yakın; asfalt kenarındaki araziler, dere kenarındaki araziler, köye yakın araziler, arazi maliklerince verimli bulunan bölgeler vb.) kendi aralarında planlanmasına dikkat edilmelidir.
- Parsel planlamasında, parseller birleştirilirken veya taşınırken kesinlikle bir çiftçinin diğerinden daha avantajlı duruma gelmesine izin verilmemelidir.
- Planlama sonucu oluşan yeni parsellerin parsel içi meyilleri kontrol edilmeli, sulamaya veya yüzey tahliyeye ters meyiller var ise bu parseller bu durumu ortadan kaldıracak şekilde yeniden planlanmalıdır.
- Parsellerin toprak erozyonunu önleyici kontur sürüme uygun olarak planlanıp planlanmadığı kontrol edilmelidir. Bunun için parselin uzun kenarı eğime dik olmalıdır. Bu tip parsellerde sürümler kolayca eğime dik olacak şekilde yapılabilmektedir.
- Proje sahasında planlama yapılırken paydaş kurumların çalışma sahasında projelerinin olup olmadığı belirlenmeli ve var ise

(otoyol, demiryolu, drenaj ve sulama kanalı vb.) planlamada bu durum mutlaka dikkate alınmalıdır.

- Bloklardaki parsellerin planlanması esnasında düzgün şekilli olmayan arazi parçaları blokta en büyük parseli olan işletmeye birleştirilerek verilmelidir.

## Mülakat

Başarılı bir parselasyon çalışması yapabilmek için parsel sahipleriyle bu aşamada yapılacak olan mülakatlar sosyal etüt raporu ve ideal parselasyon planını yapan teknik eleman/elemanlar tarafından yapılması büyük öneme sahiptir. Çünkü mülakatı çiftçileri iyi tanıyan, onlarla iyi iletişim kurabilen ve onların güvenini kazanmış teknik elemanların yapması çiftçilerin mülakatlarda doğru tercihlerde bulunmasını kolaylaştırarak projeden elde edilecek başarıyı arttıracaktır.

## Mülakatın Hazırlık Aşamaları

Mülakat yapılacak yerleşim biriminin özelliklerinin tespiti mülakat hazırlık aşamasında şu işlemler yapılmalıdır:

- Daha önceden hazırlanmış olan sosyal etüt raporu incelenerek ve temas grubu yardımı ile gerekli saha incelemeleri yapılarak köyün genel durumu tespit edilmelidir. Gerek sosyal etüt raporunun incelenmesinden ve gerekse yapılan saha incelemelerinden elde edilen veriler ışığında mülakatta çiftçilerin doğru tercihler yapması için yönlendirilmeye çalışılmalıdır.
- Proje sahasındaki arazinin (topografya, alt yapı ve üst yapısı ile birlikte) ve projeyi etkileyebilecek çevre arazilerin etütleri yapılmalı ve bölgenin durumu hakkında yeterli veriler toplanmalıdır.
- Arazi sahiplerinin (işletmelerin) ekonomik yapısı hakkında yapılacak inceleme ve araştırmalarla yeterli bilgi toplanmalıdır.
- Yerleşim birimindeki üreticilerin genel anlamda kırılğan noktaları (mera ve hazine arazileri işgali vb.) tespit edilmeli ve bu durum raporlara geçilme ve toplulaştırma süresince bu durum mutlaka dikkate alınarak çözümler üretilmelidir.

- Toplulaştırma çalışmalarının yürütüldüğü proje sahasındaki arazilerin işlenip işlenmediği, işlenme oranının ne düzeyde olduğu, araziler genelde sahipleri tarafından mı yoksa ortakçılık, kiracılık vb. şekillerde mi işlendiği belirlenmelidir.
- Proje sahası içerisindeki arazinin ne kadarında sulu tarım ve ne kadarında kuru tarım yapıldığı ve bunların parsel sayıları ve malik sayıları ayrı ayrı belirlenmelidir.
- Çiftçiler için daha değerli kabul edilen ana asfalt yolların kenarındaki parseller, sabit tesislerin yoğun olduğu bölgeler, mera ve hazine arazileri, proje sahası sınırındaki komşu köyler ve bu sahada üretimi yapılan ürün desenleri (çok yıllık, tek yıllık vb.) belirlenmelidir.

**Mülakat öncesi köy bilgilendirme toplantısı:** Mülakata başlamadan önce, parsel planlaması konusunda neler yapılacağını belirlemek amacıyla köyde mülakat bilgilendirme toplantısı düzenlenmelidir. Toplantıda anlatılacak konular özetle şunlar olmalıdır.



**dikkat**

Toplantının köyün hassasiyet durumları da dikkate alınarak kaç yerde ve hangi gruplara düzenleneceği sosyal etüt raporunun incelenmesiyle belirlenmelidir. Toplantıda kullanılacak materyaller belirlenerek toplulaştırmanın faydalarını anlatan görsel ve yazılı doküman hazırlanmalıdır.

Arazi toplulaştırmasının neden yapıldığı konusunda mutlaka bilgiler verilmelidir. Toplulaştırmanın yasal durumu ve dayanakları hakkında bilgi verilmeli ve çiftçi ile devletin sorumlulukları ayrıntılı olarak aktarılmalıdır. Ülkemizde tarımsal üretim yapılan parsellerin sürekli parçalanması nedeniyle ortalama parsel büyüklüklerinin (1,1 hektar) verimli ve teknolojik tarım yapılmasını engelleyecek ölçüde küçük olduğu belirtilmelidir. Her çiftçinin birden çok parselde sahip olduğu (Türkiye ortalaması 6 parsel), parsellerin dağınık olduğu ve parsel şekillerinin (üçgen, yamuk ve şekilsiz) tarımsal üretimde mekanizasyon kullanı-

mına uygun olmadığı açıklanmalıdır. Toplulaştırma öncesindeki mevcut yolların yetersiz olduğu ve ihtiyaca cevap vermediği, arazinin bu haliyle yapılacak sulama yatırımlarının ekonomik olmadığı, sulamaya açılan alanların yarısına yakınına ancak sulanabildiği ve buna bağlı olarak da sulama oranının düşük olduğu ile ilgili bilgiler verilmelidir. Aynı zamanda parsellerin büyük çoğunluğunun sulama ve ulaşım açısından yoksun olduğu ve zaman zaman yapılan kamulaştırmaların arazi parçacılığını arttırdığı ve uzun vadede tarımsal üretim yapılacak alanlarda büyük zararlar meydana getireceği bildirilmelidir. Ayrıca toplulaştırmanın sosyal ve ekonomik faydaları hakkında işletmele-re bilgiler sunulmalıdır. Arazi toplulaştırmasının sosyal faydaları şöyle özetlenebilir;

- Yapılacak olan arazi toplulaştırmasıyla bütün parseller yol ve sulama kanallarından yararlanır hale getirileceğinden çiftçiler arasında çok ciddi huzursuzluklara sebep olan yol ve su geçişi problemleri ortadan kaldırılmış olmaktadır.
- Hızlı nüfus artışı sonucu miras yoluyla bölünen parsellerin toplanarak mümkün olduğunca her çiftçiye tek tapunun verilmesinin sosyal barış üzerinde etkisi olmaktadır.
- Toplulaştırma projelerinden sonra sayısal olarak parsel sınırlarının belirlenmesi ile kadaströ kaynaklı sorunlar minimum düzeye indirilmiş olmaktadır.
- Yerleşim birimlerinin ihtiyaç durumları dikkate alınarak köylere köy yerleşim alanları ile diğer sosyal alanların kazandırılması ve bu durumun ise kırsalda sosyal yaşam standardını arttırarak faydalı olmaktadır.
- Arazi toplulaştırması çalışmalarının sadece arazi birleştirmeden ibaret olmadığını, aynı zamanda ihtiyaç durumuna göre tarla içi geliştirme hizmetlerini (yol, kanal, kanalizasyon, tahliye gibi) de kapsadığı için tarımsal üretimin verim ve kalitesini arttırarak faydalı olmaktadır.
- Genellikle işgal edilmiş ve üzerine binaların yapılmış olduğu mera arazilerinin ya vatan-daş arazileriyle ya da hazine arazileriyle değiştirilmesi ile çiftçiler arasında huzursuzluğa neden olan bu işgaller ortadan kaldırılarak sosyal barışa katkı sağlamaktadır.

#### **Mülakat için belirlenecek hedef gruplar şunlardır:**

- Bitkisel üretim yapan çiftçiler.
- Hayvansal üretim yapan çiftçiler.
- Hem bitkisel ve hem de hayvansal üretim yapan çiftçiler.
- Şehirde oturup köyde çiftçilik yapan üreticiler.
- Şehirde çalışan arazilerini kiraya veren kişiler.
- Arazi geliri olmayan ve köyde işçilik yapanlar.
- Eşinden dolayı arazi sahibi olan malikler.
- Emekliler.
- Organik tarım yapan çiftçiler.
- Sera üretimi yapan çiftçiler.
- Sebze üretimi yapan çiftçiler.
- Bağ ve bahçe tarımı yapan çiftçiler.

Mülakat öncesi gerekli bilgilendirmeler yapılarak mülakat için hedef gruplar belirlendikten sonra mülakatın yapılması aşamasına geçilmektedir. Mülakatlar üç ana kategoride değerlendirilebilir.

- Düz arazilerde yapılması gereken mülakat:** Sosyal etüt raporu esas alınarak hazırlanan ve projeyi yürüten idare tarafından onaylanmış olan ideal parsel planı yerleşim birimine götürülerek arazi maliklerine sunulmalı, parsellerin toplulaştırmadan önceki ve sonraki durumları ve toplulaştırma ile oluşan avantajlar harita üzerinden gösterilerek anlatılmalıdır. Ayrıca bu mülakatta arazi maliklerine, ideal parselasyondaki yeni yerlerini kabul edip etmedikleri, arazilerinden hangi parselleri kullandıkları, parsellerin birleştirilmesine herhangi bir itirazlarının olup olmadığı, çiftçilerin itirazı varsa parsellerini, nerede ve kiminle birleştirmek istedikleri harita üzerinden çizdirilmek suretiyle belirlenmelidir. Bu talebin mümkün olmadığı durumlarda üreticiye gerekçeleri ile birlikte anlatılarak ikna edilmelidir. Bu şekilde dinamik ideal parsel planı üzerinden mülakat çalışması yapılmalıdır.
- Sabit tesislerin yoğun olduğu arazilerde yapılması gereken mülakat:** Projenin yürütüldüğü sahada sabit tesis sayısı çok fazla, arazi fazla dalgalı ve parsellerin büyük bir kısmı sınırı değiştirilemeyecek parseller olması durumunda ise bu sahada ideal parselasyon yapılamamaktadır. Bu nedenle bu tip pro-

je sahalarında çalışılırken ideal parselasyon yapılmadan hali hazırdaki kullanım haritaları çıkartılarak mülakatlara başlanmalıdır. Mülakat sonucunda arazi sahiplerinin genel kabulünü sağlayacak şekilde bir parselasyon yapılmaya çalışılmalıdır. Parsellerin fiili kullanım durumu ile tapu bilgileri karşılaştırılarak hisse taşıma yapılabilecek parseller tespit edilmeli ve bu tip alanlarda hisse taşınarak toplulaştırma tamamlanmalıdır.

- C. **Bu iki durumu içinde barındıran araziler de yapılması gereken mülakat:** Bu durumda mülakat iki kısımdan oluşur. Öncelikle mutlaka yerinde kalacak parseller belirlenir. Diğer taraftan taşınabilecek parseller belirlenir. Mülakatta taşınabilecek parseller için çiftçinin önerileri de dikkate alınarak taşıma önceliği olan parseller tespit edilmelidir. Mutlaka yerinde kalacak parseller için yapılacak kesintiler parselin kendi içinde yapılabileceği gibi varsa kesintisi kadar hisse bu parselde taşınarak da yapılabilir.

Proje idaresi tarafından çevre, doğa ve genetik kaynakların korunması ve sürdürülebilirliği dikkate alınarak proje alanının yeniden düzenlenmesi aşağıda belirtilen hususlara uygun olarak yapılmaktadır:

Yeni blokların oluşturulmasında yerleşim birimleri arasındaki var olan/oluşturulacak olan kadastral sınırları, mevcut yollar, sulama/drenaj kanalları ve tesisler dikkate alınmalıdır.

Proje sahasındaki arazi sahiplerinin de rızası dikkate alınarak parsellerin arazi derecelendirme hakk edişlerden en fazla % 10 ortak katılım payı kesildikten sonra geriye kalan arazi miktarlarının toplamına eşit değerdeki alan mümkünse tek parsel olarak tercih durumları da dikkate alınarak arazi sahiplerine verilmelidir.

Arazi sahiplerine ait şerhli, parçalı ve hisseli parseller olduğu gibi yeni oluşturulan parsellere taşınarak toplulaştırılmalıdır.

Sabit tesislere sahip araziler ile çevre ve doğaya görünüm güzelliği katan araziler için parsel planlaması bu araziler eski sahiplerine verilecek şekilde yapılmalıdır. Eğer arazi sahibinin bu özelliklere sahip birden fazla arazisi mevcut ise arazi sahibinin bunlardan birinin etrafındaki toplulaştırma isteği dikkate alınarak diğer parselleri onun etrafında toplulaştırılmalıdır.

Proje sahası içerisindeki dikili tarım arazileri ile seraların olduğu araziler ihtiyaç durumu dikkate alınarak gerektiğinde kendi içinde toplulaştırmaya konusu haline getirilmelidir. Dikili tarım arazileri ile seraların olduğu alanlar için yeni oluşturulacak parsellerin asgari büyüklüğü ise yörenin ihtiyaçları (sürdürülebilir üretim için gerekli olan asgari alan) dikkate alınarak belirlenmelidir.

Kamu kuruluşlarınca parsellere tesis edilmiş olan irtifak hakları toplulaştırma sonucu oluşacak yeni parsellere sahiplerinin olurunun alınmasına gerek olmaksızın ve bedel ödenmeksizin aktarılmaktadır.



**dikkat**

Kamu kuruluşlarınca parsellere tesis edilmiş olan irtifak hakları, arazi üzerindeki kullanım hakkını ifade etmektedir.

Çayır ve meralar arazi toplulaştırma projesi kapsamına alınmalı ve mümkün olduğunca bu alanlar da sulama, drenaj ve yol sistemlerinden faydalanır hale getirilmelidir.

Proje sahasındaki tescilli veya tescilsiz sabit tesislerin tüm belgeleri ilgili kişi/kuruluşlardan temin edilerek bunlardan yerleri değiştirilemeyecek olanların mevcut durumları korunmalıdır.

### **Yeni Parselasyon Planlarının Askıya Çıkarılması ve Onaylanması**

Proje alanındaki araziler için arazi derecelendirme değerleri dikkate alınarak yapılan yeni parselasyon planı ve bu plan esas alınarak oluşturulan sahiplik listeleri mahallinde 15 gün süre ile askıya çıkarılarak ilan edilmektedir. Parsel sahipleri ve diğer ilgililerin ilan süresinin sona ermesinden itibaren 15 gün içinde proje idaresine itiraz etme hakları bulunmaktadır. Bu itirazlar proje idaresince en geç 30 gün içerisinde değerlendirilip karara bağlanmalıdır. Yeni parselasyon planı ve yeni mülkiyet listeleri Bakanlık onayından sonra kesinleşmektedir. Bakanlığın onayı ile kesinleşen parselasyon planına uygun olarak yeni parseller hak sahiplerine dağıtılmaktadır. Bu konuda doğabilecek anlaşmazlıklar yeni durum dikkate alınarak sonuçlandırılmalıdır. Anlaşmazlıklar bakanlıkça parselasyon planının

onayından sonra sonuçlanması halinde doğacak olan ilave arazi ihtiyacı öncelikle tahsisli arazilerden karşılanmalıdır. Bunun mümkün olmaması durumunda kamulaştırma bedeli ödenerek karşılanmalıdır. Eğer anlaşmazlığın çözümüyle arazi malikine fazla arazi verildiği ortaya çıkar ise fazla miktar için rayiç bedel parsel sahibinden istenmektedir. Eğer parsel sahibi, rayiç bedeli ödemeyi kabul etmez ise fazla miktar köy tüzel kişiliği adına hisseli olarak tescil edilerek sorun çözümlenmelidir.

## Toplulaştırma Sonucu Yeni Oluşan Parsellerin Tapuya Tescili

Parselasyon planı bakanlığın onayı ile kesinleştikten sonra planın araziye aplikasyonu yapılmaktadır. Parselasyon planının araziye aplikasyonu sonucu meydana gelen yeni duruma ilişkin teknik dosya proje idaresince hazırlanarak kadastro müdürlüğüne gönderilmektedir. Kadastro müdürlüğünde gerekli kontroller yapıldıktan sonra parsellerin tapuya tescili yapılmaktadır. Daha sonra da proje alanının eski ve tescil edilen yeni durumunu belirten mülkiyet listeleri proje idaresince ilgili vergi dairelerine gerekli işlemlerin yapılması için gönderilmektedir.

### Öğrenme Çıktısı



5 Arazi derecelendirmesinin ne olduğunu, parsellerin farklı amaçlar doğrultusunda nasıl yeniden düzenlendiğini ayırt edebilme

6 Ülkemizin tarım arazilerinin bölünmüşlük durumları ile parsel şekillerini değerlendirebilme

7 Toplulaştırma sonucunda oluşan yeni düzenlemenin tarımsal üretim ve verim üzerine ne tür etkileri olacağını değerlendirebilme

#### Araştır 5

Parsel boyutları belirlenirken göz önünde bulundurulması gerekenler nelerdir ve parsel en boy oranı ne şekilde ayarlanmalıdır?

#### İlişkilendir

Yerleşim birimindeki üreticilerin genel anlamda kırılan noktaları nelerdir ve bunlar için önerilen çözümleri değerlendirin.

#### Anlat/Paylaş

Tarımsal işletmecilik açısından ideal parselasyon nasıl yapılacağını anlatın.

## ARAZİ TOPLULAŞTIRMA KAPSAMINDA KIRSAL ALAN DÜZENLEMESİ, ARAZİ DAĞITIMI, SATIŞI VE KAMULAŞTIRMA

Proje idareleri veya kurulların talebi üzerine Bakanlığın uygun görüşü alınarak proje idareleri kırsal alan düzenlemesi yapabilme yetkisine sahiptir.

### Proje Alanlarında Kırsal Alan Düzenlemesi

Proje alanlarında kırsal alan düzenlemesi şu hususları kapsamaktadır:

- Gerçek ve tüzel kişiler ile kamuya ait tarım arazilerinin parsel sayısının asgariye indirilerek birleştirilmesini ve yeniden düzenlenmesini, gerektiğinde genişletilmesini, toprakların verimli bir şekilde işletilmesini ve bu durumun korunmasını, tarımsal üretimin artırılmasını mümkün kılan önlemlerin alınmasını,



- b. Toprakların ekonomik bir şekilde işlenerek verimliliğin artmasını sağlamak için yol, sulama ve drenaj şebekelerinin kurulmasını, arazi tesviyesi, erozyon önleyici tesisler ve yan dere yatağı ıslahının yapılmasını,
- c. Arazi yeteneği ve toprak özelliklerine göre çayır ve mera alanları da dahil tüm bitkisel üretim alanları ile iskân ve sanayi yerlerinin belirlenmesini,
- d. Mevcut çayır ve mera alanlarınının 25.02.1998 tarih ve 4342 sayılı Mera Kanununun ilgili hükümlerinde öngörülen şekilde düzenlenmesini,
- e. Çevrenin ve doğanın korunması ve iyileştirilmesini,
- f. Kırsal yaşam için iskân sahaları ve sosyal-kültürel ihtiyaçları karşılamak için gerekli olan kamu tesisleri ile proje sahalarındaki ortak tesislerin kapladığı alanlar için arsa ve

arazi ihtiyaçlarının karşılanması ve köy yerleşim yerlerinin asgari yaşam standartlarını karşılayacak şekilde oluşturulmasını kapsamaktadır.

Ekonomik ölçekte ve sürdürülebilir tarım işletmeleri oluşturmak için tarım arazisi olmayan veya arazisi yetersiz olan proje alanındaki çiftçilere toplulaştırma kapsamında tahsis edilen araziler Bakanlıkça bedeli karşılığında verilebilmektedir. Diğer taraftan da proje sahasında bulunan fakat tarım yapılamayacak kadar küçülmüş araziler ile verimli işletilemeyen tarım arazileri sahiplerinden proje idaresi tarafından anlaşma yolu ile satın alınabilmektedir. Bu şekilde kamu tarafından satın alınan araziler kamu tesisleri için kullanılabilir gibi gerektiğinde küçük işletmelerin ekonomik ölçekte işletmeler haline getirilmesi için de kullanılabilir. Bunların dışında ayrıca bu araziler ilgili kuruluşlarla işbirliği yapılarak bölgeye iskân edilecek ailelerin arsa ve arazi ihtiyaçları için de kullanılabilir.

### Öğrenme Çıktısı

8 Arazi toplulaştırması sonucunda kırsal alanların düzenlenmesi, satış ve kamulaştırma ile ilgili bilgi sahibi olabilmek

#### Araştır 6

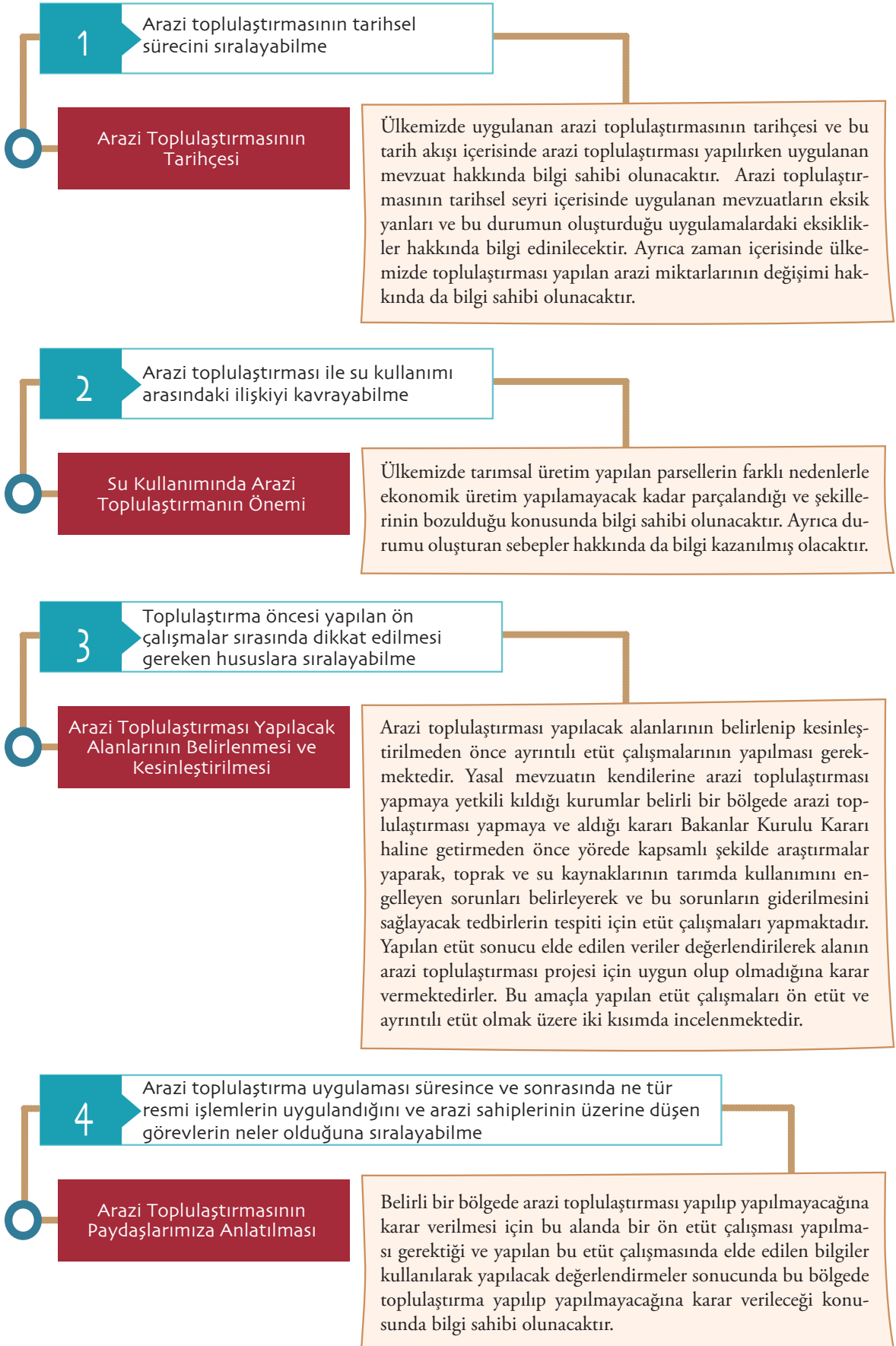
Toplulaştırma sonucu yeni oluşan parsellerin tapuya tescili ne şekilde yapılmaktadır?

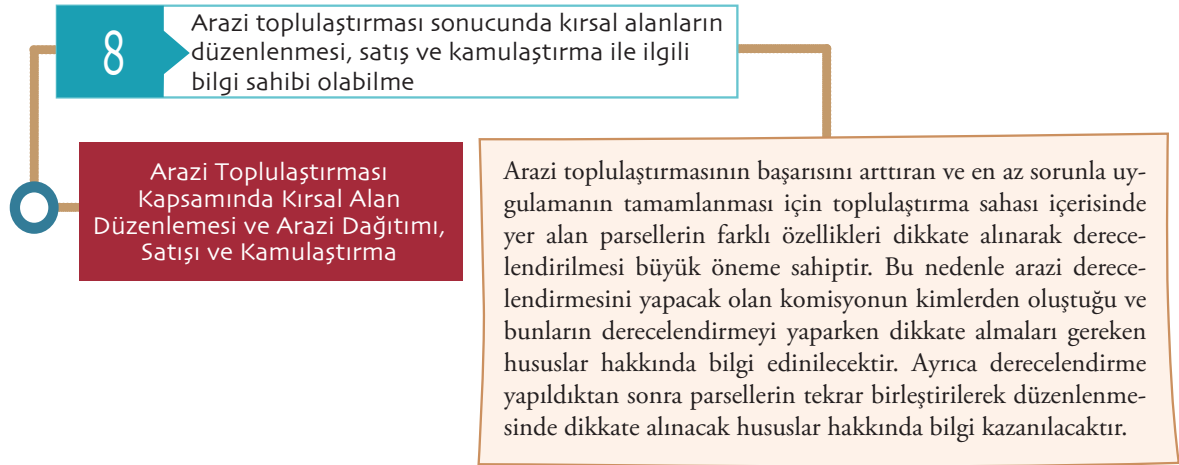
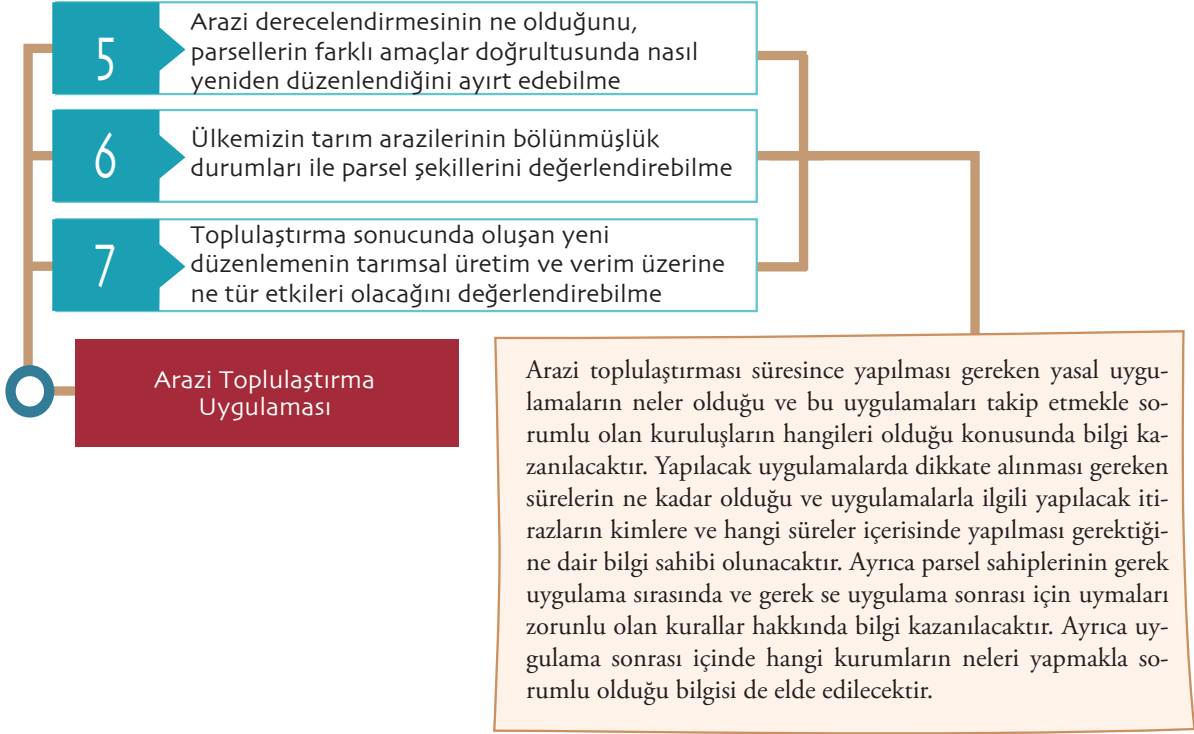
#### İlişkilendir

Tarım alanlarında yapılan toplulaştırma çalışmalarının doğa korumaya olan katkısını değerlendirin.

#### Anlat/Paylaş

Tarım alanlarında yapılan toplulaştırma çalışmaları sırasında yapılabilecek olan kamulaştırma çalışmalarını anlatın.





1 Aşağıdakilerden hangisi dünyada ve ülkemizde karşılaşılan en önemli tarımsal alt yapı sorunlarından biri **değildir**?

- A. Tarımsal işletmelerin işlemiş oldukları arazilerin yetersizliği
- B. Üretim yapılan parsel sayısının fazla olması
- C. İşletmelerin ekonomik üretim yapmasını engelleyecek düzeyde yetersiz olan arazi miktarının çok sayıda parselden oluşması
- D. Parsellerin dağınık ve düzensiz yerleşimi
- E. Arazilerin sulama, drenaj, tesviye ve yol ağından etkin bir şekilde faydalanamaması

2 Sosyal yapı etüt raporu bilgileri hazırlanırken aşağıdakilerden hangisi dikkate **alınmaz**?

- A. İşletmelerin parsel sayıları ve dağılım oranları
- B. İşletme büyüklüklerine göre parsel sayılarının dağılımı
- C. Parsel büyüklüklerine göre dağılım oranları
- D. Parsel sahiplerinin eğitim düzeyi
- E. Parsellerin mülkiyet durumu

3 Aşağıdakilerden hangisi toplulaştırma alanı için yapılabilecek tarla içi geliştirme hizmetlerinden birisi **değildir**?

- A. Sulama
- B. Arazi ıslahı
- C. Yetiştirilecek bitki türü
- D. Tesviye
- E. Drenaj

4 Arazi toplulaştırması sahasındaki çiftçilerin gerekli önlemleri alabilmesi için toplulaştırma projesinin arazi çalışmalarına başlanacağı ekim mevsiminden en az kaç gün öncesinden alışımlı yöntemlerle ilan edilmesi gerekmektedir?

- A. 15 gün
- B. 20 gün
- C. 25 gün
- D. 30 gün
- E. 35 gün

5 Arazi toplulaştırma uygulamalarının aşağıdakilerden hangisi üzerine olan etkisi çok iyi araştırılmalıdır?

- I. Çevre
- II. Ekolojik denge
- III. Biyolojik çeşitlilik

- A. Yalnız I
- B. I ve II
- C. Yalnız II
- D. II ve III
- E. I, II ve III

6 Aşağıdakilerden hangisi için gerekli olan arazi öncelikli olarak ortak katılım payından karşılanmalıdır?

- A. Akarsu
- B. Baraj
- C. Gölet
- D. Yol
- E. Drenaj kanalları

7 Aşağıdakilerden hangisi arazi toplulaştırmasının sosyal faydaları arasındadır?

- A. Toplulaştırma projelerinden sonra sayısal olarak parsel sınırlarının belirlenmesi ile kadastro kaynaklı sorunlar minimum düzeye indirilmiş olacaktır.
- B. Her parsel sulama kanalından doğrudan faydalanacağından ve çiftçiler öncesine göre daha az sayıda parsel sahibi olacaklarından sulama oranı ciddi ölçülerde artacaktır ve bunun sonucu olarak da son derece pahalı olan baraj ve sulama yatırımlarından beklenen fayda artacaktır.
- C. Arazi toplulaştırması ile oluşturulan yeni parsel şekillerinden dolayı arazide çalışan insan ve makine iş gücü veriminde artışlar olacaktır.
- D. Toplulaştırma ile işletme merkezi ve parseller arasındaki mesafeler azaltılacağından üreticilerin geliş-gidişler için yaptıkları masraflar ve harcanan zaman azalacaktır.
- E. Sulama, drenaj kanalları ve yol inşaatı gibi devlet yatırımlarında ihtiyaç duyulan araziler için toplulaştırma sahaslarında istimlak bedeli ödenmemektedir ve bu durum bu tip yatırımların devlete maliyetini azaltacaktır.

8 Aşağıdakilerden hangisi mülakat öncesi köy bilgilendirme toplantısında anlatılacak konular arasında **değildir**?

- Arazi topluluştırmasının neden yapıldığı konusunda bilgiler verilmesi
- Arazi topluluştırmasının nasıl yapılacağı konusunda bilgiler verilmesi
- Topluştırma öncesindeki mevcut yolların yetersiz olduğu ve ihtiyaca cevap vermediği, araziye bu haliyle yapılacak sulama yatırımlarının ekonomik olmayacağını anlatılması
- Topluştırmanın sosyal ve ekonomik faydaları hakkında bilgiler sunulması
- Topluştırmanın yasal durumu ve dayanakları hakkında bilgi verilmesi

9 Aşağıdakilerden hangisi proje alanlarında kırsal alan düzenlemesi kapsamında **değildir**?

- Mevcut çayır ve mera alanlarının 25.02.1998 tarih ve 4342 sayılı Mera Kanununun ilgili hükümlerinde öngörülen şekilde düzenlenmesi
- Çevrenin ve doğanın korunması ve iyileştirilmesi
- Kırsal yaşam için iskân sahaları ve sosyal-kültürel ihtiyaçları karşılamak için gerekli olan kamu tesisleri ile proje sahalarındaki ortak tesislerin kapladığı alanlar için arsa ve arazi ihtiyaçlarının karşılanması
- Köy yerleşim yerlerinin asgari yaşam standartlarını karşılayacak şekilde oluşturulması
- Proje alanındaki işletme merkezleri ve parseller arasındaki mesafelerin azaltılması

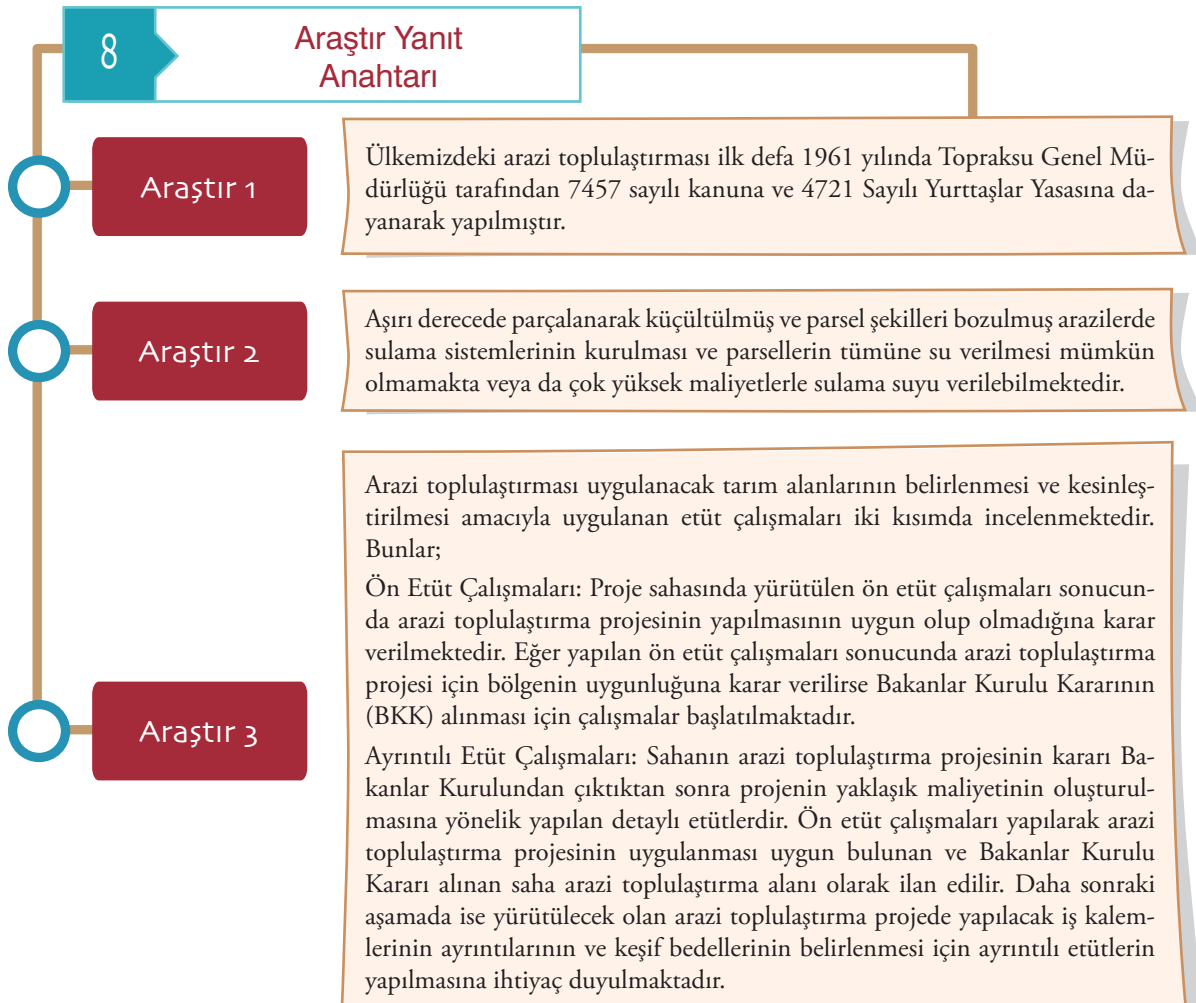
10 Arazi topluluştırması kapsamında arazi dağıtımı, satışı ve kamulaştırması hakkında aşağıda verilen bilgilerden hangileri **yanlıştır**?

- Proje sahasında bulunan fakat tarım yapılmayacak kadar küçülmüş araziler ile verimli işletilemeyen tarım arazileri sahiplerinden proje idaresi tarafından anlaşma yolu ile satın alınabilmektedir.
- Kamu tarafından satın alınan araziler yalnızca kamu tesisleri için kullanılabilir.
- Ekonomik ölçekte ve sürdürülebilir tarım işletmeleri oluşturmak için tarım arazisi olmayan veya arazisi yetersiz olan proje alanındaki çiftçilere topluluştırma kapsamında tahsis edilen araziler Bakanlıkça bedeli karşılığında verilebilmektedir.

- Yalnız I
- I ve II
- Yalnız II
- II ve III
- Yalnız III



1. B	Yanıtınız yanlış ise “Giriş” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	6. A	Yanıtınız yanlış ise “Ortak Kullanım ve Kamu Tesisleri” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. D	Yanıtınız yanlış ise “Sosyal Yapı Etüt Raporlarının Hazırlanması” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	7. A	Yanıtınız yanlış ise “Mülakat” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. C	Yanıtınız yanlış ise “Sosyal Yapı Etüt Raporlarının Hazırlanması” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	8. B	Yanıtınız yanlış ise “Mülakat” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. D	Yanıtınız yanlış ise “Toplulaştırma Alanlarında Alınacak Önlemler” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	9. E	Yanıtınız yanlış ise “Arazi Toplulaştırması Kapsamında Kırsal Alan Düzenlemesi” konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. E	Yanıtınız yanlış ise “Toplulaştırma Alanlarında Alınacak Önlemler” konusunu yeniden gözden geçiriniz.	10. C	Yanıtınız yanlış ise “Arazi Toplulaştırması Kapsamında Arazi Dağıtımı, Satışı ve Kamulaştırması” konusunu yeniden gözden geçiriniz.



8

## Araştır Yanıt Anahtarı

Araştır 4

Çiftçilerin toplulaştırmaya karşı muhtemel itirazlarının sebepleri neler olabilir? Çiftçilerin toplulaştırmaya itirazları; çiftçiler gerek yanlış bilgilendirmeden, gerekse yakın çevrelerinde gerçekleştirilmiş arazi toplulaştırmalarındaki uygulama hatalarından dolayı, toplulaştırmaya karşı bir tepki geliştirilmiş olabilmektedir. Bu tepkiler genelde değerli parsellerini kaybetme korkusu, güçlü çiftçilerin kayrılacağı korkusu, kadastronun net olmaması ve bu nedenle hatalar yapılabileceği korkusu, köy sınırlarının net olmamasından dolayı bazı sorunların yaşanacağı korkusu, mera arazilerinin sınırlarının net olarak bilinmemesi ve mera üzerinde işgal ya da yapılaşmanın yarattığı sorunlardan ve mantıklı olmayan duygusal itirazlardan kaynaklanmaktadır. İtiraz sebebi olan bu sorunlar ve çözüm önerileri detaylı bir şekilde incelenerek hazırlanacak raporun bu bölümünde belirtilmelidir.

Proje sahasındaki mevcut ürün deseni ile proje sonrası için planlanan ürün deseninin belirlenmesi nasıl yapılmaktadır?

Proje sahasındaki mevcut ürün deseni ile proje sonrası için planlanan ürün deseninin belirlenmesi; öncelikle proje sahasında toplulaştırma öncesi ürün deseni belirlenerek kayıt altına alınmalıdır. Daha sonra toplulaştırma ile birlikte tarla içi geliştirme hizmetleri yapıldıktan sonra ürün desenini nasıl değişeceği belirtilmeli ve bu iki ürün deseni karşılaştırılmalı olarak raporda belirtilmelidir.

Araştır 5

Parsel boyutları belirlenirken, blok planlamasında belirlenmiş sulama uzunlukları ve sürüş mesafeleri göz önüne alınarak ortalama en-boy oranı kısa kenar yol ile irtibatlandırılacak şekilde 1/3-1/10 arasında olacak şekilde planlanmalıdır.

Araştır 6

Parselasyon planı bakanlığın onayı ile kesinleştikten sonra planın araziye uygulaması yapılmaktadır. Parselasyon planının araziye uygulaması sonucu meydana gelen yeni duruma ilişkin teknik dosya proje idaresince hazırlanarak kadastro müdürlüğüne gönderilmektedir. Kadastro müdürlüğünde gerekli kontroller yapıldıktan sonra parsellerin tapuya tescili yapılmaktadır.

## Kaynakça

- Akdeniz, H. (2008). **Toprak koruma, arazi kullanımı ve toplulaştırma**. Ankara: II. Kadastro Kongresi, 21-24 Mayıs.
- Bıçakcı, C., Yıldız, S.S., Yalçın, G., Karataş, K. (2014). **Arazi toplulaştırma projelerinde mülkiyetten kaynaklanan sorunlar ve öneriler**. Çorum: 7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu (15-17 Ekim).
- Eser, Ö., Uçan, K. (2012). **Arazi toplulaştırılması etkinliğinin belirlenmesi**. KSÜ Doğa Bil. Derg., 15(2), 38-45.
- Gürsel, K., Ç. Bahri, 1988. **Adana-Ceyhan-Doruk Köyü arazi toplulaştırma projesinin parsel sınırları, yol uzunluğu, enerji ve işgücü kayıpları ile bunların yatırım giderleri üzerindeki etkileri**. Adana: E. Ü. Zir. Fak. 3. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri. Cilt:2 20-23 Eylül.
- İlhan, H., Erpul, G. (2015). **Arazi toplulaştırma çalışmasında başarı analizi (fiziksel, sosyal ve ekonomik değerlendirmeler): Erzurum İli, Daphan Ovası Projesi**. Ankara: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-28 Mart 2015.
- Kara, M. (1988). **Tarımda parsel şekli ve uygun parsel boyutlarının tayini**. Adana: E. Ü. Zir. Fak. 3. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri. Cilt:2 20-23 Eylül.
- Karakayacı, A., Aydın C., Gönül, E. U. (2016). **Arazi Toplulaştırmasının Arazi Değerine Etkisi; Konya İli Alanözü Kasabası Örneği**, Journal of Agricultural Faculty of Mustafa Kemal University 21(2):157-167.
- Zuhal Sönmez, N.K., Sarı, M., Demirtaş, E.I., Altunbaş, S. (2005). **Arazi toplulaştırmasında kullanılan farklı toprak derecelendirme yöntemlerinin karşılaştırılması**. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(3), 425-435.





## sözlük

### A

**Abiyotik faktör:** Canlıların yeryüzündeki dağılışı ışık, sıcaklık, iklim, toprak, mineraller, su ve pH gibi abiyotik faktörlerin etkisindedir. Abiyotik faktörlere aynı zamanda çevrenin fiziksel ve kimyasal etkenleri de denir.

**Absisyon:** Bitkilerin bazı çevresel ve iç olayların etkisi ile yapraklarını kaybetmesi (yaprak dökmesi) olayına denir.

**Absorpsiyon:** Soğurma, bir maddenin başka bir maddeyi kendi içerisine alması.

**Açık Havza:** Sularını denize ulaştırabilen havzalara açık havza denir. (Yeşilirmak, Kızılırmak, Yenice, Sakarya, Susurluk, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Aksu, Göksu, Seyhan, Ceyhan, Fırat, Dicle Çoruh vb.)

**Adaptasyon:** Canlıların ortamlarında başarılı bir şekilde yaşamasını sağlayan kalıtsal değişiklik olup yapısal, davranışsal, veya fizyolojik olabilir.

**Adezyon:** Birbirinden farklı moleküller arasında gerçekleşen çekim kuvvetine denir.

**Adsorpsiyon:** Akışkan fazda çözünmüş haldeki belirli bileşenlerin bir katı adsorbent yüzeyine tutunmasına dayanan ve faz yüzeyinde görülen yüze tutunma olayıdır.

**Aerankima:** Özellikle sucul bitkilerde gaz değişimini sağlayan dokuya verilen isimdir.

**Aerobik:** Havadan oksijen alınarak karbonhidratların parçalanması yoluyla karbon dioksit, su ve enerjinin çıkmasıdır. Oksijenli solunum.

**Aerosol:** Bir katının veya bir sıvının gaz ortamı içerisinde dağılmasıdır. Duman, sis ve spreyle örnek olarak gösterilebilir.

**Agroekosistem:** Doğal ekosistemin bozularak insan eliyle tarım kültürüne açılan alanlarda ekosistemlere verilen isimdir.

**Allelopati:** Bir bitkinin salgıladığı bir takım kimyasal maddeler nedeniyle çevresinde başka bitkilerin yaşamasına izin vermemesidir. Ceviz ağacının altında başka bir bitkinin yetişmemesi örnek olarak verilebilir.

**Anaerobik:** Anaerobik, teknik bir kelime olup havasız (buradaki hava genellikle oksijeni ifade eder) anlamına gelir.

**Antropojenik:** Doğada insanoğlunun neden olduğu etkiler.

**Arazi bozulumu:** Toprağın doğal olaylar ve (ya) antropojenik etmenler ile doğal ekolojik görevi ve ekonomik işlevinin uzun süreli olmayan zarar görmesi olayıdır.

**Arazi derecelendirilmesi:** Toplulaştırma işlemlerinde toprağın, doğal ve sürekli özellikleri, arazinin yerleşim yerine veya işletme merkezine olan mesafesi ile toprak ve verimlilik etütleri esas alınarak bulunan ve arazinin değişimine esas olacak değerleri ifade eder.

**Arazi derecelendirme komisyonu:** Arazi derecelendirme işlemlerini yapmaya yetkili komisyonu ifade eder.

**Arazi kullanma şekilleri:** Arazinin hâlihazır kuru tarım, sulu tarım, mera, orman, yerleşim yeri, terk ve diğer kullanım şekillerini ifade eder.

**Arazi toplulaştırması:** Arazilerin doğal ve yapay etkilerle bozulmasını ve parçalanmasını önlemek, parçalanmış arazilerde ise doğal özellikleri, kullanım bütünlüğü ve mülkiyet hakları gözetilerek birden fazla arazi parçasının birleştirilip ekonomik, ekolojik ve toplumsal yönden daha işlevsel yeni parsellerin oluşturulmasını ve bu parsellerin arazi özellikleri ve alanı değerlendirilerek kullanım şekillerinin belirlenmesini ve arazi geliştirme hizmetlerinin sağlanmasını ifade eder.

**Arazi yetenek sınıflaması:** Toprak bozulmasına neden olmayacak şekilde arazinin en uygun kullanım şeklini belirlemek için kullanım ve koruma verilerini bir araya getirerek temel toprak etütlerine ve iklim koşullarına dayalı yapılan planlamalara yönelik arazi sınıflamasıdır.

**Arazi:** Toprak, iklim, topografya, ana materyal, hidroloji ve canlıların değişik oranda etkisi altında bulunan yeryüzü parçasını ifade eder.

**Arsa:** Yerleşim alanları içinde veya dışında konut, sanayi, ticaret, turizm ve benzeri amaçlarla yerleşim için imar planı yapılmış veya bu amaçla kullanılan, planı bulunmayan yoğun yerleşim alanları içinde kalan arazileri ifade eder.

**Asal gazlar:** Çok benzer kimyasal yapıya sahip, standart şartlar altında tamamı çok düşük kimyasal reaktivitede olan, kokusuz, rensiz, tek atomlu gazlardır. Helyum (He), Neon (Ne), Argon (Ar), Kripton (Kr), Ksenon (Xe), ve radyoaktif Radon (Rn) doğal olarak bulunan asal gazlardır.

**Atmosfer:** Herhangi bir gök cisminin etrafını saran ve gaz ile buhardan oluşan tabaka.



**B**

**Bağlı su:** Toprakta bulunan bazı maddelerin bünyesinde hidrasyon suyu şeklinde ya da kolloidlere bağlı şekilde bulunur.

**Biyolojik çeşitlilik:** Bir bölgenin sahip olduğu ekosistem çeşitliliği, tür çeşitliliği, genetik çeşitlilik ve işlevsel çeşitliliğin toplamıdır.

**Biyom:** Yeryüzünün geniş alanlarına yayılmış büyük yaşam birlikleridir.

**Biyotik faktör:** Bir canlının ekosistemdeki diğer bir canlının tüm faaliyetlerinden olumsuz veya olumlu olarak etkilenmesi. Örneğin buğday tarlasındaki tarla farelerinin buğdayı yiyerek zarar vermesi.

**Blok (ada):** Yol, kanal, dere gibi yapay ve doğal sınırlarla çevrili parseller topluluğunu ifade eder.

**Buharlaştırma (evaporasyon):** Suyun topraktan, su yüzeylerinden ve bitki yapraklarının yüzeylerinden ısı transferi aracılığı ile sıvı halden gaz hale dönüşerek atmosfere geçme olayıdır.

**Buzul:** Kar birikimi ve sıkışmasıyla oluşan, yerçekimi ve kendi ağırlığının baskısı nedeniyle aşağıya ya da dışarıya doğru oturan hareketli buz kütesi.

**Ç**

**Çiftçi:** Bedeni ve fikri güçlerini kısmen veya tamamen kullanarak geçimini tarımdan sağlayanları ifade eder.

**Çölleşme:** Kurak, yarı kurak ve yarı nemli bölgelerde iklimsel değişiklikler ve insan faaliyetleri sonucu meydana gelen arazi yapısındaki bozulmaların uç noktalarıdır.

**D**

**Değer:** Farklı derecedeki arazilerin denklik dönüşüm katsayısı ile aynı birime indirgenmiş parsel değerini belirtir.

**Değişken gazlar:** Atmosferde devamlı bulunan ancak miktarları değişebilen gazlardır.

**Difüzyon (yayıma):** Molekül, iyon ya da gaz halindeki maddelerin yüksek konsantrasyonda buldukları ortamdan daha küçük konsantrasyonda buldukları ortama doğru (konsantrasyon gradienti yönünde) homojen bir dağılım sağlanıncaya kadar gerçekleştirdikleri ve enerjiye ihtiyaç duyulmadan gerçekleşen hareketlerine verilen isimdir.

**Dikili tarım arazisi:** Mutlak ve özel ürün arazileri dışında kalan ve üzerinde yöre ekolojisine uygun çok yıllık ağaç, ağaççık ve çalı formundaki bitkilerin tarımı yapılan, ülkesel, bölgesel veya yerel önemi bulunan arazileri ifade eder.

**Dioik:** İki evcikli bitkidir. Erkek ve dişi çiçeklerin ayrı ayrı bitkiler üzerinde bulunma durumudur.

**Drenaj:** Toprak içerisindeki suyun kontrollü olarak uzaklaştırılmasına, toprağın suyunun alınmasına denir.

**E**

**Edafik faktör:** Toprak ile ilgili faktör. Toprağın sahip olduğu tüm nitelikler edafik faktörlerdir. Örneğin toprağı asitlik, tuzluluk, nemlilik vb. tüm özelliklerine denir.

**Efemer bitki:** Genellikle kurakçıl habitatlarda gelişen, vejetasyon süreleri oldukça kısa olan bitkileri ifade etmek için kullanılan bir terimdir.

**Ekoloji:** Canlıların birbirleri ve çevreleriyle ilişkilerini inceleyen bilimdir.

**Ekosistem:** Komünite ve cansız çevrenin birlikte değerlendirilmesi ile ortaya çıkan ekolojik birimdir.

**Eksüdasyon:** Bitkinin gövde veya dallarında herhangi bir etki ile oluşan bir yaradan sıvı olarak su çıkması olayına verilen isimdir.

**Emisyon:** Gaz ya da gaz partikül karışımlarının atmosfere verilmesi, yayılması, kirlenmesi.

**Erozyon:** Dış etkilerle belirli bir bölgedeki toprağın oluştuğu ve bulunduğu yerden aşınıp, taşınması ve başka bir bölgede birikmesi olayıdır.

**Evaporasyon:** Suyun topraktan, su yüzeylerinden ve bitki yapraklarının yüzeylerinden ısı transferi aracılığı ile sıvı halden gaz hale dönüşüp buharlaşarak atmosfere geçme olayıdır.

**Evapotranspirasyon:** Toprak ve bitki yüzeyinden oluşan suyun buharlaşmasına denir.

**F**

**Faydalı su:** Kapillar su veya tarla kapasitesi olarak da anılan bu su adezyon ve yüzey gerilim kuvvetleri ile toprak parçacıklarının arasında mevcut kapillar boşluklar içinde 1/3-15 atmosferlik bir basınçla tutulan sudur.

**Fermantasyon:** Mayalanma, bir maddenin bakteriler, mantarlar ve diğer mikroorganizmalar aracılığıyla, genellikle ısı vererek ve köpürerek kimyasal olarak çürümesi olayıdır.

**Fitoplankton:** Çoğunlukla bir hücreli su yosunlarından oluşan, sularda yaşayan bitki topluluğu.

**Fitotoksik etki:** Özellikle kimyasal maddelerin ve tarımsal ilaçların bitki üzerinde meydana getirdiği zehir etkisidir.

**Fitotoksik:** Özellikle kimyasal maddelerin (tarımsal ilaçların) bitki üzerinde meydana getirdiği zehir etkisidir.

**Fizyolojik kuraklık:** Toprakta yeterli suyun bulunması ancak bitkinin donma, toprağın yüksek osmotik potansiyeli vb. sebeplerle mevcut sudan yararlanamaması olayına denir.

**Floem:** Soymuk boru. Bitlerde organik madde taşınmasında iş gören iletim elemanlarıdır.

**Flokülasyon:** Çok ince tanecikli olduğu için çöktürilemeyen bir kolloiddeki katı taneciklerini, uygun maddeler katarak bir araya yaklaşıtıp, büyütürük çöktürme işlemi.

**Fosil yakıt:** Mineral yakıtlar olarak da bilinir. Hidrokarbon ve yüksek oranlarda karbon içeren kömür, petrol ve doğal gaz gibi doğal enerji kaynaklarıdır.

## G

**Glikofit bitki:** Ortamdaki tuz miktarı konusunda hassas olan ve zarar görebilen bitkilere denir.

**Görünür ışık:** Atmosfer tabakaları tarafından emilen ışınların insan gözü tarafından görülebilen kısmıdır.

**Gutasyon:** Yaprakların uç kısımlarından sıvı halde su salınması olayına verilen addır.

## H

**Habitat:** Bir türün bireylerinin yaşamsal faaliyetlerini en iyi şekilde devam ettirebildiği alandır.

**Haliç:** Gelgit olayının büyük ölçüde görüldüğü kıyılarda, akarsuların ağızlarında oluşan, huni biçiminde, derin, az çok geniş ve uzun su bölümü.

**Halofit bitki:** Nispeten yüksek tuz içeren ortamlara karşı toleransı yüksek olan bitkilere denir.

**Hava:** Dünyanın herhangi bir bölgesindeki, belli bir zamandaki kısa süreli atmosferik olaylardır.

**Havza:** Bir akarsu, göl, baraj rezervuarı veya yeraltı suyu haznesi gibi bir su kaynağını besleyen yeraltı ve yüzeysel suların toplandığı bölgenin tamamını,

**Herbisit:** Yabancı otlarla mücadelede kullanılan kimyasal maddeler, yabancı ot öldürücü ilaç ya da yabancı ot ilacı olarak adlandırılmaktadır.

**Heterofili:** Aynı bitki üzerinde farklı morfolojik yapıda (farklı tipte) yapraklar bulunması olayına verilen isimdir.

**Hidrofilik:** Bir molekülün hidrojen bağları kurarak suya bağlanabilme özelliğidir. Başka bir ifade ile suyu seven, suda çözünen anlamında kullanılır.

**Hidrofite:** Su içerisinde yaşayan bitkileri ifade etmek için kullanılan bir terimdir.

**Hidrofobik:** Suyu sevmeyen suda çözünmeyen anlamındadır. Bütün hidrokarbonlar hidrofobik yapıdadır.

**Hidrokarbon:** Sadece karbon ve hidrojen CxHy atomlarından oluşan kimyasal bileşiklerin genel adı.

**Hidrolabil tür:** Kendilerine özgü su durumları olmayan, bünyelerindeki su miktarının buldukları çevreden elde edecekleri su miktarına bağlı olan canlılar için kullanılan bir terimdir.

**Hidroliz:** Hidroliz işlemi suyu oluşturan hidrojen ve oksijen elementlerinin birbirinden ayrılması ile sonuçlanan bir işlemdir. Bazı kaynaklarda hidroliz, moleküllerin su ilavesiyle daha fazla sayıda parçacık oluşturması olarak da geçer. Hidroliz, su ile bir kimyasal bağın parçalanmasıdır.

**Hidroloji:** Suların yerküre üzerindeki dağılımını ve mekanik, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini inceleyen disiplinler arası bir bilimdir.

**Hidrosfer:** Dünya'da bulunan tüm okyanus, deniz, göl ve su kaynaklarının bütünüdür.

**Hidrostatik tür:** Kendilerine özgü su durumları olan, bünyelerindeki su miktarı belirli sınırlar arasında değişen, bunu sağlayabilmek için yaşadıkları ekolojik koşullara göre bazı uyum mekanizmaları geliştirmiş olan canlılar için kullanılan bir terimdir.

**Higrofit (mezofit):** Suyun ne çok eksik ne de çok fazla olduğu, nemli ortamlarda gelişen bitkileri ifade etmek için kullanılan bir terimdir.

**Higroskobik su:** Toprak partiküllerin üzerinde ince bir tabaka şeklinde (sadece birkaç mikron) ve çok büyük bir enerji ile absorbe edilen sudur.

## I-İ

**IPCC:** Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli.

**İklim değişikliği:** Belli bir bölgede Meteoroloji tarafından belirlenen iklimin ortalama durumundan sapmalar şeklinde gelişen, uzun bir zaman periyodu boyunca süren ve gözlenen değişimlerdir.

**İklim:** Belirli bir bölgede uzun bir zaman periyodunda görülen hava koşullarının ortalama ve uç değerlerinin ifadesidir.

**İklimlendirme:** Kapalı bir ortamın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlık ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak üzere bu kapalı ortamdaki havanın şartlandırılmasıdır.

**İnert madde:** Kimyasal olarak aktif olamayan, üzerinde taşıdığı çözelti ya da maddelerle tepkimeye girmeyen maddelere denir.

**İnfiltrasyon kapasitesi:** Birim zamanda toprağa infiltre olabilecek maksimum su miktarıdır.

**İnsektisit:** Böcek ilacı, böceklere karşı kullanılan bir çeşit pestisitir.

**İnsinerasyon:** Yüksek etkinlikte tıbbi atık dahil katı, sıvı ve atık gazların yakılması işlemidir.

**İnversiyon:** Atmosferin aşağı tabakalarında gerçekleşen ve soğuk hava katmanının daha yukarıdaki sıcak hava katmanı tarafından tutulmasıyla oluşan atmosfer olayı.

**İrtifak hakkı:** Gayrimenkul üzerinde başkalarına bırakılan yararlanma hakkı.

**İskân etmek:** Bir yere yerleştirmek, kondurmak.

**İyon:** Artı ya da eksi elektrik yüklü atom, atom grubu ya da parçacık.

## K

**Kalıptra (kök başlığı):** Bitki köklerinin uç kısmında yer alan, kolloidal yapıya sahip olan ve kök toprak içerisinde ilerlerken bölünme özelliğine sahip hassas hücrelerin korunmasını sağlayan yapının adıdır.

**Kamu yararı kararı:** Bakanlıklarca yatırım programına alınmış yatırımlar ile insan, toplum ve çevre ilişkilerinde dengeyi bozucu nitelikte olmayan, ekonomik, ekolojik ve toplumsal kayıplar bakımından toplum aleyhine sonuçlar doğurmayan, kişiler ve toplum yararı birlikte gözetilerek ilgili bakanlık veya açıkça yetki verilen birimler tarafından alınan kararı ifade eder.

**Kapalı havza:** Sularını denize ulaştıramayan havzalara kapalı havza denir. Kapalı havzaların oluşmasında yer şekilleri, sıcaklık ve nem etkilidir. (Van Gölü Kapalı Havzası, Tuz Gölü Kapalı Havzası, Konya Kapalı Havzası, Göller Yöresi Kapalı Havzası vb.)

**Kapiler (kılcal) su:** Genellikle ince yapıli topraklarda ve küçük boşluklarda bulunan sudur.

**Kaspari şeridi:** Kök ile alınan suyun yanal olarak sızmasını engellemek amacıyla endodermis hücrelerinin ışınal çeperlerinin çevrildiği suya geçirimsiz yapıya denir.

**Katalizör:** Kendisi değişmeksizin, kimyasal bir tepkimeyi sağlayan ya da tepkimenin hızının değişmesine yol açan madde.

**Kavitasyon (embolizm):** Yapraklarda oluşan yüksek emme basıncı nedeniyle ksilem elementlerinin içerisine hava kabarcığı girmesi ve bundan dolayı ksilem içerisindeki su filminin kopması olayına verilen addır.

**Kaynak suyu:** Jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yüzüne kendiliğinden çıkan su.

**Kırsal alan düzenlemesi:** Kırsal yerleşim birimlerinin yaşam ve çevre koşullarının iyileştirilmesi amacı ile yerleşim yerinin ve tarımsal üretim yapılan arazinin toprak koruma, ıslah, sulama gibi köy gelişimi için tüm altyapı hizmetlerinin ve yerleşim birimlerine ait kadastro sınırlarının toplulaştırma amacına uygun olarak planlanmasını ve uygulanmasını ifade eder.

**Kızıl ve mor ötesi:** Atmosfer tabakaları tarafından emilen ışınların insan gözü tarafından görülemeyen kısmıdır.

**Kohezyon:** Aynı moleküllerin sahip oldukları polar özellik nedeniyle birbirine bağlanarak çekmesi olayına verilen addır.

**Kolloid:** Gerçek çözelti ile heterojen karışımlar arasında yer alan ara karışımların adıdır. Burada dağılan fazın tanecik boyutu, yaklaşık 1-1000 nm dolayındadır.

**Komünite:** Aynı alan içinde birden fazla popülasyonun bir araya gelerek oluşturduğu topluluktur.

**Konsantrasyon:** Derişim, bir çözültideki çözünmüş madde miktarını incelemek için kullanılan bir kimya terimidir.

**Kontaminasyon:** Çevresel Kimya'da ise kirlilik kelimesine karşılık gelir.

**Kontur (tesviye eğrili) sürüm:** Daha çok % 3-8 meylli 60-100 metre uzunluğundaki arazilerde, su erozyonuyla toprakların taşınmasını önlemeyi ve su muhafazasını sağlamayı esas alan bir sistemdir. Sürüm, ekim, dikim ve sulama işlemleri tesviye eğrilerine paralel yani eğime dik olarak yapılmaktadır.

**Korozyon:** Günlük yaşamda kireçlenme, paslanma vb. de denilen, madenlerin elektriksel, kimyasal ya da mekanik nedenlerle aşınması.

**Kserofit:** Kurak ortamlarda yaşayabilen bitkilere verilen isimdir. Kaktüsler kserofit bitkilere dir.

**Ksilem:** Bitkilerde su ve suda erimiş mineral maddelerin taşındığı iletim elemanlarıdır.

**Kuraklık:** Belirli bir bölgede yağışın ortalama seviyesinin oldukça altına düşerek hem arazi kaynak ve kullanımına hem de su döngüsü (hidrolojik) ile ilgili olayları negatif etkileyen bir doğal bir olaydır şeklinde tanımlanmaktadır.

**Kuru tarım:** Yıllık düşen yağış miktarı 500 mm'den düşük veya yeterli yağış alıp da yağışın çoğunluğu bitki yetiştirme periyodu dışında düşen bölgelerde sulama olmadan yürütülen tarım sistemidir.

**Kutikula:** Bitkileri en dış kısımdan çepeçevre saran ve su kaybını önlemek için geliştirilmiş bir adaptasyon olan ince mumsu bir tabaka.

**Kütle hareketi:** Aralarında basınç farkı olan iki alan arasında atom ya da moleküllerin topyekün, eşgüdüm halinde hareketidir.

## M

**Metamorföz:** Bitki organlarının esas görevleri dışında, farklı görevler üstlenmesi olayına verilen addır.

**Mineraloji:** Mineralleri inceleyen bir bilim dalı. Mineraloji sözcüğü mineralis kelimesinden gelir. Latince, “yer kabuğundan çıkarılan cisim” anlamındadır.

**Monoik:** Bir evcikli. Erkek ve dişi organların ayrı çiçeklerde fakat aynı bitki üzerinde bulunan bitkidir.

**Montreal protokolü:** 1991 yılında yapılan, endüstride kullanılan ozon tüketen maddelerin üretim ve tüketimine kısıtlama getiren uluslararası bir anlaşmadır.

## N

**Nadas:** Yıllık düşen yağış miktarı 500 mm'den düşük veya yeterli yağış alıp da yağışın çoğunluğu bitki yetişme periyodu dışında düşen bölgelerde yeterli ürün almak amacıyla toprakta yeterince su biriktirmek için tarlanın ekilmeyip bir yıl boş bırakılmasına denir.

**Nemli tarım:** Bir bölgede düzenli olarak 1250 mm'den fazla yıllık toplam yağışın düşmesi durumunda uygulanan tarım sistemidir.

## O-Ö

**Oksidasyon:** Yükseltgenme, elektronların bir atom ya da molekülden ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkimedir.

**Osmoregülasyon:** bitkilerin toprağın osmotik basıncının fazla olduğu durumda, toprak çözeltisinden enerji harcayarak iyon alarak kendi osmotik basıncını arttırması ve böylece su alabilmesi olayına denir.

**Osmotik basınç:** Osmotik basınç suyun meydana getirdiği bir basınçtır. Belirli bir yoğunluğu olan her çözeltinin saf suyla etkileşmesi halinde, ilişkiye geçtiği saf suyu emebilmesi için aktif olan bir değeri vardır. Bu değere o çözeltinin “osmotik değeri” denir. Osmoz olayları sırasında bizzat iş gören osmotik değere “osmotik basınç” denir.

**Osmoz (su difüzyonu):** Ayrımlı ya da yarı geçirgen bir zarla ayrılmış ortamda bulunan suyun, su yoğunluğunun yüksek olduğu alandan daha düşük olduğu alana doğru geçişine verilen isimdir.

**Ötrofikasyon:** Göl gibi herhangi bir büyük su ekosisteminde, başta karalardan gelenler olmak üzere, çeşitli nedenlerle besin maddelerinin büyük oranda artması sonucu, plankton ve alg varlığının aşırı şekilde çoğalmasdır.

**Özel arazi toplulaştırması:** İl özel idareleri, belediyeler ve köyler ile tarımsal amaçlı faaliyette bulunan kooperatifler, birlikler gibi tüzel kişilikler veya kamu kuruluşlarının, hizmet konuları ile ilgili arazi teminini de kapsayacak şekilde yapacakları arazi toplulaştırmasını ve tarla içi geliştirme hizmetlerini

**Özel ürün arazisi:** Mutlak tarım arazileri dışında kalan, toprak ve topoğrafik sınırlamaları nedeniyle yöreye adapte olmuş bitki türlerinin tamamının tarımının yapılmadığı, ancak özel bitkisel ürünlerin yetiştiriciliği ile su ürünleri yetiştiriciliğinin ve avcılığının yapılabildiği, ülkesel, bölgesel veya yerel önemi bulunan arazileri

## P

**Panikula:** Bileşik salkım, yan dalları tekrar dallanmış rasemoz çiçek durumudur.

**Partikül:** Sürtünme, bölünme, erozyon, yoğunlaşma ve tam yanmama sonucu oluşan katı veya sıvı tüm küçük parçacıklar için kullanılır.

**Patojen:** Hastalığa neden olan her türlü organizma ve madde.

**Pedosfer:** Yerkürenin en dış katmanı olan Litosfer (Taşküre) üzerini kaplayan toprakların oluşturduğu katmandır. Yunan dilinde “pedon” (toprak) ve sfaira (küre) kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur.

**Pestisit:** Zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak ya da zararlarını azaltmak için kullanılan madde ya da maddelerden oluşan karışımlardır. Pestisit, kimyasal bir madde, virüs ya da bakteri gibi biyolojik bir ajan, antimikrobik, dezenfektan ya da herhangi bir araç olabilir.

**Petrokimya:** Petrokimya, petrolden organik kimyasal ürünler elde etmede kullanılan sanayi yöntemlerini topluca belirten terim.

**Pilon:** İki tarafında kulelerin bulunduğu abidevi kapı, madeni direk.

**Plazmoliz:** Hücrenin suyunu kaybedip hücre zarının hücre çeperinden ayrılarak sitoplazmanın büzülmesi olayıdır.

**Polimorfik yaprak:** Bitkinin morfolojik olarak iki çeşit yaprak tipine sahip olmasıdır. Su içindeki yapraklar şeritsi ve uzun, su üstündeki yapraklar ise geniş ve bazılarının kenarları yuvarlaklaşmış yapıdadır.

**Populasyon:** Bir türe ait bireylerin oluşturduğu topluluktur.



**Proje alanı:** Arazi toplulaştırması ve/veya kırsal alan düzenlenmesinin yapılacağı alanı,

**Proje birimi:** Toplulaştırma projesinin hazırlanması ve uygulanması amacı ile proje idaresi bünyesinde birisi başkan, konusunda uzman en az iki ziraat mühendisi ve bir harita mühendisi olmak üzere en az üç kişiden oluşturulan ekibi,

**Proje idaresi:** Arazi toplulaştırması yapan, Bakanlık, il özel idareleri, belediyeler ve köyler ile tarımsal amaçlı faaliyette bulunan kooperatifler, birlikler gibi tüzel kişilikler ve diğer kamu kuruluşlarını,

## R

**Radikal:** Eşleşmemiş elektronu olan atom, molekül veya iyonlardır.

**Radyoaktivite:** Atom çekirdeğinin, tanecikler veya elektromanyetik ışınlar yayarak kendiliğinden parçalanmasıdır, bir enerji türüdür. Radyasyon yayan nesnelere, radyoaktif olarak adlandırılır.

**Rafineri:** Toprak altından çıkan petrolün işlenmeden, temizlenmeden ya da arıtılmadan kullanılması mümkün değildir. Ham petrolün damıtılıp arıtılarak yeni petrol ürünleri elde edilen yerdir.

**Reaktör:** Kimyasal tepkimelerin içinde oluşturulduğu, amaca ve tepkime koşullarına göre çok çeşitli malzemelerden yapılabilen kap.

**Rejenarasyon:** Yenilenme ya da verilen kayıpların tekrar yerine konması.

**Respirasyon:** Bitkinin metabolik faaliyetlerini yürütmesi için oksijeni kullanıp karbondioksiti serbest bırakmasına solunum veya respirasyon denir.

**Rizom:** Toprak altı gövdesidir. Rizom toprak altında yatay olarak gelişir ve ekseni boyunca kökçükler vardır. Üzerinde yaprakları pulsu bir yapıda olup, terminal ve lateral tomurcukları bulunur.

## S

**Sabit gazlar:** Atmosferde sürekli bulunan gazlardır.

**Sabit tesis:** Kullanılabilir durumda olan ev, ahır, samanlık, ambar, kuyu gibi yapılar ile dikili tarım arazilerini

**Sediment:** Bir sıvının bekletilmesi veya santrüfij edilmesi sonucu dibe çöken maddeye denir.

**Sekresyon:** Bitkilerde belirli yerlerde oluşturulan salgıların belirli zamanlarda dışarıya salınması olayına verilen addır.

**Septik:** Mikroorganizmalarla bulaşmış olan, mikroplu.

**Sera etkisi:** Atmosfere giren ışınlar su buharı, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> tarafından da emilip katı ve sıvı yüzeylere yansıtılarak atmosferin ilk katmanı olan troposferin ısınması olayıdır.

**Sera gazı:** Sera etkisini destekleyen, atmosferde bulunan ve en çok ısı tutma özelliğine sahip olan bileşikler.

**Smog:** Dumanlı sis.

**Solut:** Hücre içerisinde bulunan ve çözünebilir maddeler.

**Spika:** Başak, başak şeklindeki çiçek durumudur. Ana ekseni uzamış, çiçekleri sapsız ve eksen üzerinde teker teker bulunan basit rasemoz çiçek durumu.

**Steril:** Verimsiz, kısır olan, döl verme veya meyve oluşturma yeteneği olmayan.

**Stoma:** Bitkilerin dış ortamla ilişkilerini sağlayan gözenekler. Gaz alış-verişi veya su dengesinin sağlanması görevini yerine getiren açıklıklar.

**Stratosfer:** Alt hava-kürenin üstündeki hava katı. Troposferin üstündeki katmandır.

**Stres adaptasyonu:** Bitkilerin stres faktörlerine karşı geliştirdikleri fizyolojik, metabolik ve morfolojik uyumların tümü. Bu uyumlar bitkiler tarafından kalıcı olarak kazanıldıklarından nesilden nesile aktarılabilirler.

**Stres direnci:** Bitkilerin stres faktörlerine karşı gösterdiği mukavemet veya dayanıklılık olarak adlandırılır. Örneğin su kıtlığı ile karşılaşan bitkinin öncelikle yaşamsal aktivitelerini azaltarak suyu var olan suyu tasarruflu kullanması.

**Stres faktörleri:** Bitkinin yaşadığı çevredeki diğer canlı veya cansızlarda meydana gelen ve bitkinin yaşamını olumsuz etkileyebilen tüm değişimler. Örneğin, gereğinden fazla yağmur yağması, karğaların tarım ürünlerini yemesi.

**Stres toleransı:** Bitkilerin stres faktörlerine dayanma yeteneği. Örneğin, bir bitkinin kuraklık karşısında stomalarını kapatarak su kaybını en aza indirmesi, böylece bir stres faktörü olan kuraklığa daha uzun süre dayanarak bu faktörü bertaraf etmiş olacaktır.

**Stres:** Bitkilerin çevredeki olumsuz etkiler nedeniyle fizyolojik, metabolik ve morfolojik yapılarının olumsuz etkilenme durumu.

**Su döngüsü:** Suyun sırasıyla havadan (yoğunlaşma) Dünya'ya (yağış) inme ve tekrar atmosfere (buharlaşma) dönme şeklinde dolaştığı süreç. Su devri olarak ta bilinmektedir.

**Su fazlalığı (Sel etkisi):** Bitkilerin ihtiyacından fazla su ile karşılaşmaları. Aşırı yağmur yağması, sel baskınları gibi bitkilerin aşırı su içinde kalması durumu.

**Su güvenliği:** bir toplumun içme, kullanma, sulama suyu temini ile enerji üretimi gibi amaçlar doğrultusunda ihtiyacı olan suya erişimini sürdürebilme ve suyun olası zararlarından korunma yetkinliğidir.



**Su potansiyeli (suyun kimyasal potansiyeli):** Suyun hareketi ve etkileşimi için gerekli olan enerjinin ya da başka bir ifade ile suyun serbest enerjisinin matematiksel bir ifadesidir.

**Sukulent bitki:** Gövde ve yapraklarında yer alan özel dokularda su tutma, biriktirme yeteneğinde olan bitkilere verilen isimdir.

**Sulak alan:** Derinliği 6 m'yi geçmeyen, suları tatlı, tuzlu veya acı su karakterinde olabilen, gölleri, bataklıkları, akarsuların durgun kesimlerini ve taşkın alanları, alçak deniz kıyılarını, haliçleri, nehir ağzıklarını kapsayan sucul bir ekosistemdir.

**Sulu tarım:** Yıllık yağışı 500 mm veya daha az olan yerlerde sulama imkânlarının mevcut olduğu yerlerde yeterli verim elde etmek için çoğunlukla sulama yapmak suretiyle yapılan tarım sistemidir.

**Sürekli solma noktası:** Bitkinin sürekli solma gösterdiği toprak nemi noktasına denir.

## T

**Taban suyu:** Sulu tarım üretim yapılan arazilerde sulamayla birlikte sulama suyunun alta geçirimsiz tabaka üzerinde birikmesi ve yükselmesi sonucu çeşitli yüksekliklerde oluşabilen sulardır.

**Tahsis:** Bu Tüzük kapsamında değerlendirilmek üzere, Hazinesin özel mülkiyetinde veya Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan taşınmazlardan, vasfı ve hâlihazır kullanım şekline bakılmaksızın toplulaştırma kapsamında değerlendirilebilecek yerlerin, Maliye Bakanlığı tarafından Bakanlığa tahsis edilmesini,

**Tarım arazisi:** Toprak, topografya ve iklimsel özellikleri tarımsal üretim için uygun olup, hâlihazırda tarımsal üretim yapılan veya yapılmaya uygun olan veya imar, ihya, ıslah edilerek tarımsal üretim yapılmaya uygun hale dönüştürülebilen arazileri,

**Tarla bitkileri:** Geniş alanlarda kültürü yapılan buğday, arpa, ayçiçeği, nohut vs. gibi bitkilere denir.

**Tarla içi geliştirme hizmetleri:** Sulama, drenaj, toprak koruma, toprak ıslahı, tesviye ile ağaç, çalı temizleme, taş toplama, tarla içi yollar ve yan dere ıslahı gibi arazi geliştirme hizmetlerini ifade eder.

**Tarla kapasitesi:** Su ile doymuş toprakta, fazla su süzülükten sonra toprakta kalan su miktarına denir.

**Temas grupları:** Projenin uygulanması aşamasında kendileriyle iletişim içerisinde olunacak ve proje uygulama sahası içerisinde yaşayan seçilmiş kişilerden oluşur. Örneğin; yüzey tahliye ve drenaj temas grubu, yol temas grubu, arazi derecelendirme temas grubu, sulama temas grubu, sosyal yapı temas grubu vb. konular için temas grupları oluşturulabilir.

**Terleme (transpirasyon):** Buharlaşmanın değişik bir şeklidir. Bitki kökleri ile alınan suyun yapraklar aracılığı ile atmosfere verilmesidir.

**Ters osmoz:** Bilinen en hassas membran filtrasyon teknolojisidir.

**Terselme:** Isınan (sıcak) hava hafif olduğu için yükselir ve sıcak hava yükseldikçe soğur. Fakat bazen bu olay normal seyrinin dışına çıkar ve sıcak hava yükselirken belirli bir yükseklikte kendinden daha sıcak bir hava kütle ile karşılaşır. Bu olaya sıcaklık terselmesi veya enverziyon denir.

**Toksik:** Zehir, hücrelere ve yaşayan dokulara kimyasal, biyokimyasal ya da radyoaktif nitelikte zarar veren her türlü maddeye verilen isimdir.

**Topografya:** Bir kara parçasını, doğal engebelerini belirtecek bir biçimde, kâğıt üzerinde çizgilerle gösterme işi.

**Toprak bozulumu:** İnsanlar tarafından yanlış kullanımlar sayesinde toprağın, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulması sonucu verimlilik düşüşüne neden olan toprak kalitesinin azalmasıdır.

**Transpirasyon:** Bitki yüzeyinden oluşan suyun buharlaşmasına denir.

**Troposfer:** Atmosferin yere temas eden en alt katıdır. Gazların en yoğun olduğu kattır.

**Turgor:** Hücre içerisine osmoz yolu ile giren su nedeniyle hücrenin şişmesi olayıdır. Hücre içerisine giren suyun çepere uyguladığı basınca ise turgor basıncı adı verilmektedir.

## V

**Vakuol:** Bitkilerin sitoplazmalarında bulunan ve su depo etme görevini yerine getiren organeldir.

**Vejetatif organ:** Bitkilerin kök, gövde ve yaprak gibi organlarına denir. Başka bir deyiş ile vücudu oluşturan organlara denir.

## Y

**Yağış şiddeti:** Birim zamanda düşen yağış miktarıdır. Saatte düşen yağışın mm olarak verilir.

**Yeraltı suyu:** Dünya yüzeyinin altında toprak parçaları ve kaya tabakaları arasında bulunan su.

**Yerçekimi suyu:** Yağışın ya da sulamanın ardından toprağın büyük boşlukları içinde geçici olarak bulunan ve yerçekimi ile hareket eden sudur.