

# **BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ**

## **V**

### **Editörler**

Hasan DEĞİRMENCI

Atılgan ATILGAN

Burak SALTUK



© Copyright 2023

*Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.*

<b>ISBN</b> 978-625-399-497-6	<b>Yayın Koordinatörü</b> Yasin DİLMEN
<b>Kitap Adı</b> Biyosistem Mühendisliği V	<b>Sayfa ve Kapak Tasarımı</b> Akademisyen Dizgi Ünitesi
<b>Editörler</b> Hasan DEĞİRMENCİ ORCID iD:0000-0002-6157-816X Atılğan ATILGAN ORCID iD: 0000-0003-2391-0317 Burak SALTUK ORCID iD: 0000-0001-8673-9372	<b>Yayıncı Sertifika No</b> 47518 <b>Baskı ve Cilt</b> Vadi Matbaacılık <b>Bisac Code</b> TEC003000 <b>DOI</b> 10.37609/akya.2920

**Kütüphane Kimlik Kartı**

Biyosistem Mühendisliği V / editörler : Hasan Değirmenci, Atılğan Atılğan, Burak Saltuk.  
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2023.  
242 s. : rnk. resim, tablo, şekil. ; 160x235 mm.  
Kaynakça var.  
ISBN 9786253994976  
1. Tarım.

**GENEL DAĞITIM**  
**Akademisyen Kitabevi A.Ş.**

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara  
Tel: 0312 431 16 33  
siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

# ÖN SÖZ

Akademisyen Yayınevi yöneticileri, yaklaşık 30 yıllık yayın tecrübesini, kendi tüzel kişiliklerine aktararak uzun zamandan beri, ticarî faaliyetlerini sürdürmektedir. Anılan süre içinde, başta sağlık ve sosyal bilimler, kültürel ve sanatsal konular dahil 2700'ü aşkın kitabı yayımlamanın gururu içindedir. Uluslararası yayınevi olmanın alt yapısını tamamlayan Akademisyen, Türkçe ve yabancı dillerde yayın yapmanın yanında, küresel bir marka yaratmanın peşindedir.

Bilimsel ve düşünsel çalışmaların kalıcı belgeleri sayılan kitaplar, bilgi kayıt ortamı olarak yüzlerce yılın tanıklarındır. Matbaanın icadıyla varoluşunu sağlam temellere oturtan kitabın geleceği, her ne kadar yeni buluşların yörüngesine taşınmış olsa da, daha uzun süre hayatımızda yer edineceği muhakkaktır.

Akademisyen Yayınevi, kendi adını taşıyan “Bilimsel Araştırmalar Kitabı” serisiyle Türkçe ve İngilizce olarak, uluslararası nitelik ve nicelikte, kitap yayımlama sürecini başlatmış bulunmaktadır. Her yıl Mart ve Eylül aylarında gerçekleşecek olan yayımlama süreci, tematik alt başlıklarla devam edecektir. Bu süreci destekleyen tüm hocalarımıza ve arka planda yer alan herkese teşekkür borçluyuz.

Akademisyen Yayınevi A.Ş.





# İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	Bitki Biyoteknolojisinde Biyoinformatik Yaklaşımlar ve Uygulamalar .....	1
	<i>Ash GİRAY</i>	
	<i>Sevda ALTUN</i>	
Bölüm 2	Arazi Toplulaştırmasının Kırsal Kalkınmada Rolü ve Etkileri .....	11
	<i>Müge KİRMİKİL</i>	
Bölüm 3	Hidroponik Yetiştiricilik: Bitkisel Üretimde Yenilikçi Bir Yaklaşım.....	21
	<i>Erkan YASLIOĞLU</i>	
Bölüm 4	Azerbaycan Şamkir Bölgesindeki Seraların Mevcut Durumu, Sorunları ve Uygun Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi.....	35
	<i>Kamran MEHDİYEV</i>	
	<i>Erkan YASLIOĞLU</i>	
Bölüm 5	Gıda Fermantasyonlarındaki Mikrobiyal Floranın Araştırılmasına Yönelik Nükleik Asit Bazlı Yaklaşımlar .....	47
	<i>Aytül BAYRAKTAR</i>	
Bölüm 6	Sürdürülebilir Sulu Tarım: Toprak Tuzluluğu, Belirlenme Teknikleri ve Yönetimi .....	73
	<i>Sertan SESVEREN</i>	
Bölüm 7	Kahramanmaraş İklim Koşullarında Etlik Piliç Kümeslerinde Evaporatif Soğutma Gereksiniminin Belirlenmesi.....	111
	<i>Merve Nur EREN</i>	
	<i>Adil AKYÜZ</i>	
	<i>Ali ÇAYLI</i>	
Bölüm 8	Su, Enerji ve Finansal Performansın Değerlendirilmesi: Güzelyurt Sulama Şebekesi Örneği.....	123
	<i>Hasan DEĞİRMENCİ</i>	
	<i>Fırat ARSLAN</i>	
	<i>Musa POLAT</i>	
Bölüm 9	Akıllı Tarım Teknolojileri ve Uygulamaları .....	135
	<i>Ali ÇAYLI</i>	

Bölüm 10	İklim Değişikliği ve Küresel Isınmanın Tarıma Olası Etkileri .....	157
	<i>Burak SALTUK</i> <i>Atılğan ATILGAN</i>	
Bölüm 11	Etlik Piliç İşletmesinde Yağmur Suyu Hasadı ve Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi .....	173
	<i>Sedat BOYACI</i>	
Bölüm 12	Yağmur Suyu Hasadı .....	185
	<i>Burak SALTUK</i> <i>Atılğan ATILGAN</i> <i>Ayşe ULUSOY</i> <i>Hasan ERTOP</i>	
Bölüm 13	Seralarda Sulama ve Otomasyon Sistemleri ile Akıllı Tarım Uygulamaları .....	207
	<i>Murat Alper ŞİRİN</i> <i>Nefise Yasemin TEZCAN</i>	

## YAZARLAR

**Prof. Dr. Adil AKYÜZ**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği  
Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Fırat ARSLAN**

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet  
Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem  
Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Aytül BAYRAKTAR**

Süleyman Demirel Üniversitesi,  
Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi,  
Kimya Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Sedat BOYACI**

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat  
Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Ali ÇAYLI**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği  
Bölümü

**Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENÇİ**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği

**Merve Nur EREN**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem  
Mühendisliği AD.

**Hasan ERTOP**

Doktora Öğrencisi Ziraat Yüksek Mühendisi  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

**Doç. Dr. Aslı GİRAY**

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi  
Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Genetik  
ve Biyomühendislik Bölümü

**Arş. Gör. Dr. Sevda ALTUN**

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,  
Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Genetik  
ve Biyomühendislik Bölümü

**Doç. Dr. Müge KİRMİKİL**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Biyosistem Mühendisliği Bölümü

**Kamran MEHDİYEV**

Doktora Öğrencisi Bursa Uludağ  
Üniversitesi

**Musa POLAT**

Mühendis Devlet Su İşleri, 15. Bölge  
Müdürlüğü

**Doç. Dr. Burak SALTUK**

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi  
Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi

**Doç. Dr. Sertan SESVEREN**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği  
Bölümü

**Murat Alper ŞİRİN**

HM Bars Mühendislik Sera Sulama ve  
Otomasyon Sistemleri Ltd. Şti., Proje ve  
Satış Müdürü

**Dr. Öğr. Üyesi Nefise Yasemin TEZCAN**

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

**Ayşe ULUSOY**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Alanya Alaaddin  
Keykubat Üniversitesi

**Prof. Dr. Erkan YASLIOĞLU**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Biyosistem Mühendisliği Bölümü



# BÖLÜM 1

## BİTKİ BİYOTEKNOLOJİSİNDE BİYOİNFORMATİK YAKLAŞIMLAR VE UYGULAMALAR

Aslı GİRAY<sup>1</sup>  
Sevda ALTUN<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Son yıllarda, moleküler biyoloji ve genomik teknolojilerdeki hızlı ilerleme, bu bilimlerdeki bilgide üstel bir büyümeyi de beraberinde getirmiştir. Verilerin depolanması, büyük veri setlerinin analizi, görselleştirilmesi, modellenmesi ve tahmin edilmesi için yazılımların geliştirilmesinde paralel bir büyüme kaydedilmektedir.

“Biyoenformatik” terimi, biyoloji bilimindeki tüm araştırma alanlarında moda bir kelime haline gelmiştir. Moleküler biyolojideki sürekli gelişme ve ilerlemeyle birlikte biyolojik bilginin artmasına yol açmıştır. Bu durum, tüm alanlarda yapılan araştırmalardan elde edilen çok sayıdaki biyolojik verinin toplanması, depolanması, yönetilmesi ve analiz edilmesi için daha organize bir bilgisayarlı sistemin gerekliliğini ortaya koymuştur (1).

Biyoinformatik, disiplinler arası bir alan olup, biyolojik verilerin verimli bir şekilde sınıflandırılması ve veritabanlarında düzenlenmesi için gerekli olan birçok araç ve tekniğe sahiptir (2). Biyoinformatik, genomik ve proteomik verilerin analizi ve yorumlanması için matematik, biyoloji ve bilgisayar bilimlerini tek bir disiplin haline getirmek üzere uygulayan bilgisayar tabanlı bir bilimsel alan olarak adlandırılmaktadır. Kısaca, biyoinformatiğin ana bileşenleri (a) veri tabanının toplanması ve analizi ve (b) biyolojik verilerin yorumlanması için bir araç olarak yazılım araçlarının ve algoritmanın geliştirilmesidir. Biyoinformatik, uygulamaları nükleotit ve amino asit dizileri, protein alanları ve yapısı ile çeşitli organizmalardan ekspresyon modelleri dahil olmak üzere çeşitli veri türleri sağladığından, biyolojinin birçok alanında çok önemli bir rol oynamaktadır (2).

<sup>1</sup>. Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, asli.giray@alanya.edu.tr, ORCID iD:0000-0002-5374-3727

<sup>2</sup>. Arş. Gör. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, sevda.altun@alanya.edu.tr, ORCID iD:0000-0001-9719-3053

Benzer şekilde, bitki biyoteknolojisi alanında, biyoinformatikten yararlanılmaktadır. Biyoinformatik, bitkilerin biyolojik kaynak olarak keşfedilmesine ve çeşitli bitki türlerinin tam genomik bilgilerinin elde edilmesine olanak sağlamaktadır (3).

Bitki biyoteknolojisinde, birçok bitki türünden elde edilebilen çok sayıda veri tabanı ile elde edilen bilgi hızla katlanarak artmaktadır. Verimli biyoinformatik araçlar ve metodolojiler de hızlı genom dizilimine ve bitki genomunun “omik” yaklaşımında çalışmasına olanak sağlamak için geliştirilmiştir. Bu kitap bölümünde, bitki biyoteknolojileriyle ilgili biyoinformatikteki bazı temel kavramlar, araçlar ve uygulamalar açıklanmaktadır. Bununla birlikte, bitki biyoteknolojisindeki çeşitli biyoinformatik uygulamalara ve bunların tarımdaki sonuçları iyileştirme-deki avantajlarına odaklanılmaktadır. Ayrıca bitki biliminde biyoinformatiğin iyileştirilmesi ve sürekli geliştirilmesi için mevcut zorluklar ve sınırlamalar da açıklanmaktadır.

## **1. BİTKİ BİYOTEKNOLOJİSİNDE BİYİNFORMATİK UYGULAMALARI**

Bitki biyolojisi alanına biyoinformatik ve hesaplamalı biyolojinin girişi, yaşam bilimlerindeki bilimsel buluşları büyük ölçüde hızlandırmaktadır. Bilim insanları, dizileme teknolojisinin yardımıyla bitki biyolojisindeki proteom, transkriptom, metabolom gibi çeşitli bitki ve mikroorganizma türlerinin genetik mimarisini ve hatta metabolik yollarını ortaya çıkarmışlardır.

Dizi analizi, modern bilimde bir organizmanın genomundan DNA, RNA, protein dizisi gibi tüm genom dizisinin elde edilmesine yönelik en temel yaklaşımdır (1). Tüm genomun dizilenmesi, farklı türlerin organizasyonlarının belirlenmesine izin verirken, işlevlerini anlamak için de bir başlangıç noktası teşkil etmektedir. Tam bir sekans verisi, organizmaların sahip olduğu benzersiz özellikleri belirleyen herhangi bir fonksiyonel gen için gerekli bir öncü görevi görebilen kodlama yapan ve kodlama yapmayan bölgelerden oluşmaktadır. Ortaya çıkan dizi, genellikle çok büyük miktarda genom bilgisini oluşturan ekzonları, intronları, düzenleyici ve promotör gibi tüm bölgeleri içermektedir (4,5).

Yeni nesil dizileme (next-generation sequencing, NGS) ve bitki genomlarını incelemek için kullanılan diğer bazı omik teknolojilerinin ortaya çıkmasıyla birlikte, daha fazla sayıda sekanslanmış bitki genomu ortaya çıkacağı aşikardır (6-8). Dolayısıyla bu büyük miktardaki veriyi düzenlemek için biyoinformatiğin geliştirilmesi ve uygulanması, bilim insanlarının bunları sistematik bir veri tabanında depolamasına ve düzenlemesine olanak tanımaktadır (1,5).

## **2. BİTKİ BİYOTEKNOLOJİSİ İÇİN BİYOİNFORMATİK VERİTABANLARI VE ARAÇLARI**

Biyoinformatik alanında, bitki biyoteknolojisi ile ilgili analizleri gerçekleştirmek için çeşitli veritabanları ve araçlar mevcuttur. Son yıllarda bitki genomları üzerindeki yeni nesil dizileme (NGS) ve biyoinformatik analizleri sayesinde büyük miktarda veri üretilmiştir. Tüm bu veriler, çevrimiçi olarak halka açık olan çeşitli ve çoklu veritabanlarına gönderilir. Her veri tabanının birbirinden farklıdır ve spesifik özelliklere sahiptir. Örneğin, CottonGen veri tabanı, herhangi bir pamuk türünün genomik ve üreme bilgilerini elde etmeye yöneliktir (9). Böyle bir veri tabanının oluşturulması, mevcut diğer veritabanlarında arama yapmak yerine sadece bir veri tabanı kullanmaya odaklanmakta ve böylece araştırmacılar için kolaylık sağlamaktadır. Fakat, Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi (NCBI) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>) gibi bazı veritabanları yalnızca belirli bir türe veya cinsine değil, tüm bitki türlerine odaklanacak şekilde oluşturulmuş ve tasarlanmıştır. Bu veri tabanı, 2021 itibarıyla erişime açık yaklaşık 21.000 bitki genomuna sahiptir (10). Böyle bir veri tabanı, belirli bir cins veya türe odaklanmayan çalışmalar için oldukça kullanışlı olup, araştırmacıların her türlü genomik veriye tek bir veri tabanından erişmesini kolaylaştırmaktadır. Bu veritabanları herkese açıktır ve yalnızca bir cins veya tür için tasarlanmamıştır.

Bu kısımda, mevcut bitki genomu veritabanlarından bazılarını kısaca değinilmektedir. Bunlarda ilki, tüm araştırmacılar ve biyologlar tarafından dünya çapında bilinen ve tanınan veri tabanı olan NCBI veri tabanıdır. NCBI, moleküler biyoloji, biyokimya ve genetik hakkında bilgi toplamaya ve analiz etmeye dayalı bir veri tabanıdır. NCBI veri tabanında, gen ekspresyon omnibus (GEO) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/>) veya sekans okuma arşivi (SRA) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sra/>)'den, bitkinin bilimsel adı arama çubuğuna yazılarak, ilgili bitki türlerinin genom bilgileri indirilebilir ve bu şekilde bitkinin tüm genomik bilgisi elde edilebilir.

Gen ontolojisi (<http://geneontology.org/>), Visualization and integration Discovery (DAVID) (<https://david.ncifcrf.gov/>) ve Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) gibi biyoinformatik araçlar, araştırmacılara çalışma konularında daha fazla analiz etme olanağı tanımaktadır.

Bitki genom veri tabanına erişim sağlayan bir diğer veri tabanı ise EnsemblPlants (<https://plants.ensembl.org/index.html>)'dir. NCBI veri tabanının aksine, EnsemblPlants veri tabanı, spesifik olarak bitki genomlarının erişimine olanak sağlamaktadır. EnsemblPlant, 1999'da başlayan Ensembl projesinin bir parçasıdır.

Bu proje, genoma otomatik olarak not eklemeyi ve notun sonucunu erişime açık diğer biyolojik verilerle bütünleştirmeyi ve araştırma topluluğunun kullanımı için çevrimiçi açık erişim arşivi veya veri tabanı oluşturmayı amaçlamıştır (11). Bu veri tabanı, bitki genomunun tamamen sekanslandığı ve her seferde yeni bir bitki türünün eklenmesiyle sürekli olarak güncellenen bir platformdur. NCBI veri tabanı ile karşılaştırıldığında, EnsemblPlant veri tabanı yalnızca ilgilenilen bitki türlerinin genom dizilimlerini, gen modellerini ve fonksiyonel açıklamalarını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda polimorfik lokusları, popülasyon yapılarını, genotiplerini ve fenotip bilgilerini de içermektedir. NCBI'den farklı olarak EnsemblPlant veri tabanı, ilgili bitki türlerinin karşılaştırmalı genomik verilerini de sağlamaktadır. Bu platform, sadece genom dizisi verilerini sunmakla kalmayıp, aynı zamanda ilgilenilen bitki türleri hakkında ek analitik veriler de oluşturmaktadır (11,12).

Bitki genom dizisini elde etmek için yukarıda belirtilen ve yaygın olarak kullanılan veritabanlarının yanı sıra, PlantGDB, Maize-DIG ve Phytozome gibi diğer bitki veritabanları da bulunmaktadır. Tablo 1'de bitki biyoteknolojisinde yaygın olarak uygulanan mevcut veri tabanını ve araçları listelenmektedir. (17).

### **3. BİTKİLERDE STRES DİRENCİ ÇALIŞMALARINDA BİYOİNFORMATİK**

Bitkiler üzerindeki stres yanıtının anlaşılması, tarımda ıslah çalışmalarının iyileştirilmesi açısından oldukça hayati önem taşımaktadır (13). Bitkilerde stres tepkisi biyotik ve abiyotik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Biyotik stres, esas olarak virüs, mantar, bakteri, böcek, nematod ve yabancı ot gibi canlı organizmaların neden olduğu olumsuz etkiyi ifade ederken, abiyotik stres aşırı sıcaklık, kuraklık, sel, tuzluluk ve radyasyon gibi mahsul verimi dramatik olarak etkileyen faktörleri ifade eder (13). NGS teknolojileri ve tüm genom ve transkriptomun dizilimine izin veren diğer güçlü hesaplama araçları, amoleküler bazda stres tepkisine yönelik bitkiler üzerinde kapsamlı çalışmalara olanak sağlamaktadır (1, 2, 13). Genom dizilemesinden elde edilen muazzam miktarda bitki genomu verisi, canlı organizmanın moleküler omurgası ile çevreye karşı adaptasyonları arasındaki korelasyonların araştırılmasına izin vermektedir (14).



**Tablo 1. Bitki biyoteknolojisinde yaygın olarak uygulanan mevcut veri tabanları ve araçları**

İşlev	Sunucular	URL
Genome Database	ArrayExpress	<a href="http://www.ebi.ac.uk/array-express">www.ebi.ac.uk/array-express</a>
	BarleyGenes	<a href="https://icshutton.ac.uk/barleyGenes/">https://icshutton.ac.uk/barleyGenes/</a>
	Chrysanthemum Transcriptome Database	<a href="http://www.icugi.org/chrysanthemum">http://www.icugi.org/chrysanthemum</a>
	Cottongen	<a href="https://www.cottongen.org/">https://www.cottongen.org/</a>
	Expression Atlas EMBL-EBI	<a href="http://www.ebi.ac.uk/gxa/home">www.ebi.ac.uk/gxa/home</a>
	Ensembl Plants	<a href="https://plants.ensembl.org/index.html">https://plants.ensembl.org/index.html</a>
	Gene Expression Omnibus	<a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/geo">www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/geo</a>
	MaizeDIG	<a href="https://maizedig.maizegdb.org/">https://maizedig.maizegdb.org/</a>
	MaizeGDB	<a href="https://www.maizegdb.org/">https://www.maizegdb.org/</a>
	VvGDB	<a href="http://www.plantgdb.org/VvGDB/">www.plantgdb.org/VvGDB/</a>
	PLEXdb	<a href="http://www.plantgdb.org/prj/PLEXdb/">http://www.plantgdb.org/prj/PLEXdb/</a>
	PRGdb	<a href="http://prgdb.org/prgdb/">http://prgdb.org/prgdb/</a>
	Rice Expression Database	<a href="http://expression.ic4r.org/">http://expression.ic4r.org/</a>
	TAIR	<a href="https://www.arabidopsis.org/">https://www.arabidopsis.org/</a>
	The Rice Annotation Project Database	<a href="https://rapdb.dna.affrc.go.jp/">https://rapdb.dna.affrc.go.jp/</a> <a href="http://ted.bti.cornell.edu">http://ted.bti.cornell.edu</a>
	Tomato Functional Genomics	<a href="http://www.ebi.ac.uk/metabolights/">www.ebi.ac.uk/metabolights/</a>
	Metabolights	<a href="http://www.reactome.org">www.reactome.org</a>
	Reactome	<a href="http://plantcyc.org">http://plantcyc.org</a>
	PlantCyc	<a href="https://qteller.maizegdb.org/">https://qteller.maizegdb.org/</a>
	qTeller	<a href="http://www.ebi.ac.uk/chebi/">www.ebi.ac.uk/chebi/</a>
	ChEBI	<a href="http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/">http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/</a>
	PubChem	<a href="http://metlin.scripps.edu/">http://metlin.scripps.edu/</a>
	Metlin	<a href="http://www.inetbio.org/aranet/">www.inetbio.org/aranet/</a>
	AraNet	<a href="http://aranetmpimp-golm.mpg.de/">http://aranetmpimp-golm.mpg.de/</a>

Bitkilerin stres ortamına verdiği tepki büyüme ve gelişmelerini sağlamanın anahtarıdır (15). Bu nedenle, biyotik ve abiyotik strese yanıt olarak bitki transkriptomunu incelemek ve analiz etmek için biyoinformatik araçların kullanılması önemlidir. Ayrıca, biyoinformatik araçların bitki ve ürün genomu üzerinde uygulanması, farklı türlerin genomları arasında istenen geni araştırarak ve ürünler üzerindeki işlevlerini aydınlatarak tarım çalışmalarına fayda sağlayabilir (15). Ge-

nom veritabanları, bitkilerden elde edilen büyük ve karmaşık genom dizilerinin saklanması ve çıkarılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Veri depolanmanın yanı sıra, bazı genom veritabanları, hücre veya dokularda transkript düzeyinde ifade edilen genin modelini tahmin etmek için, gen ifade profili oluşturmayı da gerçekleştirebilir. *In silico* genomik teknolojiler kullanılarak, strese karşı savunma mekanizmasında rol oynayan, ilgili transkripsiyon faktörü ile hastalığa dirençli gen-enzimi tanımlanabilir (16). Örneğin, yapılan bir çalışmada, krizantem bitkilerindeki dehidrasyon stresini incelemek için, krizantem bitkilerinin büyük ölçekli bir transkriptom diziliminin gerçekleştirildiği rapor edilmiştir. Chrysanthemum Transcriptome Database (<http://www.icugi.org/chrysanthemum>) adlı çevrimiçi veri tabanı, transkriptom dizisinin ve analiz sonucunun saklanması ve dağıtılmasına olanak sağlamak için geliştirilmiştir. Farklı protein veritabanlarının yardımıyla, krizantemin dehidrasyon stresine yanıt olarak biyokimyasal yolak ve kinaz aktivitesi tahmin edilebilmektedir. Ayrıca, çeşitli biyotik ve abiyotik streslerle karşılaşıldığında toplam 306 transkripsiyon faktörü ve 228 protein kinaz olduğu tespit edilmiştir (17).

#### **4. BİTKİ PATOJENİNE KARŞI DİRENÇ ÇALIŞMALARINDA BİYOİNFORMATİK YAKLAŞIMLAR**

Modern tarımda, dünya nüfusunun artmasıyla birlikte beslenme talebini karşılamadaki zorluklardan biri, hastalık nedeniyle mahsul kaybıdır. Bitki patojeni çalışması, diğerleri arasında patojen tanımlaması, hastalık etiyolojisi, hastalık direnci ve ekonomik etki dahil olmak üzere bitki hastalıklarının çalışılmasında önemli bir rol oynar. Bitkiler, böcekler, bakteriler, mantarlar ve virüsler dahil olmak üzere çeşitli patojenlere karşı karmaşık bir savunma sistemi ile kendilerini korurlar. Bitki-patojen etkileşimi, bitkilerdeki patern tanıma reseptörü (PRR'ler) tarafından protein, şeker ve polisakarit formundaki patojen türevli moleküllerin aracılık ettiği çok bileşenli bir sistemdir. Yabancı moleküllerin tanınmasından sonra, buna göre sinyal iletimi gerçekleşir ve bitki bağışıklık sistemleri, farklı genleri içeren farklı yolaklar yoluyla yanıt verir. Moleküler bitki patolojisinin gelişimi genel olarak üç döneme ayrılabilir. İlk dönem, 1900'lerin başından 1980'lere kadar hastalık fizyolojisi ile başlar. Moleküler bitki genetiği çalışmalarında ikinci dönem ise, bakteriyel patojenlerin bir veya birkaç geni üzerinde durulurken, bitki genomik çalışmalarında üçüncü dönem genom dizilimi ile 2000 yılında başlamış ve bakteriyel patojen *Xylella fastidiosa*'nın ilk tam genomu elde edilmiştir. DNA dizisi teknolojilerindeki son gelişmeler, araştırmacıların bitkilerin bağışıklık sistemini genomik ve transkriptomik düzeyde incelemelerine olanak tanımaktadır (1, 17). Biyoinformatik araçların uygulanması yoluyla bitki-patojen etkileşimleri daha net bir şekilde görselleştirilebilir.

## **5. PRGDB: BİTKİ PATOJEN DİRENCİ GEN ANALİZİ İÇİN BİYOİNFORMATİK WEB**

Bitkiler, farklı patojenlere karşı geniş bir savunma mekanizması geliştirirler ve böylelikle patojenlerin büyümesini ve yayılmasını engellemektedirler. Bitki savunma sistemine R direnç geni aracılık eder. R geni, savunma mekanizmasında önemli bir rol oynar. Bu direnç geni, spesifik avirüent (Avr) patojen proteinlerini tanıyan proteini kodlar ve bu proteinler savunma mekanizmasını başlatır. Daha fazla yeni R genini incelemek ve tanımlamak amacıyla, yüksek verimlilikte genomik deney ve bitki genomik dizisi yapılmaktadır. 2009 yılında, bitki hastalık direnç geninin keşfedilmesi üzerine, bitki genomu araştırmalarını kolaylaştırmak için yüzlerce bitki türünü kapsayan kapsamlı bir biyoinformatik kaynak olan Bitki Hastalığı Direnç Geni veri tabanı (PRGdb) oluşturuldu. Bugüne kadar PRGdb 3.0 veri tabanı, 153 referans direnç geni ve 177.072 aday patojen reseptör geni (PRG'ler) ile piyasaya sürülmüştür. Bu veri tabanı, bitki direnç genlerinin keşfi ve kullanımıyla ilgili tüm araştırma çalışmaları için önemli bir referans sitesi ve deposu görevi görmektedir (18). Kolayca erişilebilen bu platform, yeni bir R geninin araştırılması ve keşfi için gerekli olan farklı araçlara da izin verir. Örneğin, bilinen ve yeni hastalık direnç genini keşfetmek için oluşturulan DRAGO 2.0 aracı, PRG'yi DNA veya amino asitten yüksek doğrulukla açıklamak ve tahmin etmek için herhangi bir transkriptom veya proteom üzerinde başlatılabilir. Ayrıca, PRGdb'de bulunan BLAST arama araçları, gen homolojisinin belirlenmesine ve ekspresyon analizine izin veren farklı dizilerin karşılaştırılmasını sağlar (18,19). Veri tabanı dışında bitki patolojisi alanında da tüm genom dizilim teknolojilerinden yararlanılmaktadır. NGS ve Sanger dizileme gibi DNA dizileme teknolojileri hem konakçı bitki hem de patojen üzerinde genomik, proteomik, metabolomik ve transkriptomik çalışmalara izin vermektedir (1). Sıralanan fitopatogen genomları sayesinde, hem bitki konakçısının enfeksiyonu ile ilgili moleküler temelde değerli bilgiler sağlanması ve hem de potansiyel yeni virülans faktörlerinin keşfedilmesi beklenmektedir (1).

## **BİTKİ BİYOTEKNOLOJİSİNDE METAGENOMİK VE CAS9 MODİFİKASYONU**

Çevre mikroorganizma topluluğunun, özellikle toprak mikroorganizmasının bitkiler üzerindeki etkileri, bitkinin büyümesine ve patogeneze katkıda bulunabilir. Metagenomik yaklaşımlar yoluyla, bitki büyümesine katkıda bulunan toprak mikroorganizma topluluğu, fizyoloji ve patolojiye ilişkin büyük bir genomik içgörü sağlayabilir. Metagenomik yaklaşımlarda, topraktan elde edilen genel genetik materyaller sıralanır ve veri analitiği yoluyla mikrobiyal topluluk

analizine doğru ilerler (20,21). Toprakтан çıkarılan genetik materyaller, fonksiyonel genomik çalışmalar, mikrobiyal türlerin tanımlanması ve yapısal metagenomik analizlerinin yapılması için 16S rRNA dizilimi, shotgun metagenomik dizilimi ve MiSeq dizilimi gibi çeşitli NGS yaklaşımları aracılığıyla yüksek verimlilikteki metagenomik analizlere tabi tutulmaktadır. Bir NGS, her çalışma için devasa genomik veriler üretir; bu nedenle, biyoinformatik araçların uygulanması metagenomik analizlere değer katmaktadır, çünkü belirlenen hedef gen bitki büyümesi, bitki hastalığı, toprak kontaminasyonu ve mikrobiyal taksonominin aydınlatılmasına olanak sağlamaktadır. Örneğin, mantar tanımlaması için UNITE (<https://unite.ut.ee/>), 16S rRNA için SILVA (<https://www.arb-silva.de/>) ve MGnify kullanımı (<https://www.ebi.ac.uk/metagenomics/>) mikrobiyomun metagenomik verilerine sahiptir (17). Bu veritabanları, araştırmacıların belirli bir çalışma için ilgili metagenomik dizili verileri almasına ve analiz etmesine olanak tanır (22,23).

Metagenomik analiz, bitki-mikroorganizma etkileşiminde daha fazla çıktı sağladığından, bitki bağışıklığından sorumlu olan genler, hastalığa neden olan mikroorganizmalara karşı korunmada çok önemli bir rol oynayabilir. CRISPR gen düzenleme tekniğinin ortaya çıkmasıyla, Cas9 modifikasyonu ile hastalığa daha dirençli bitkiler üretilebilir. CRISPR/Cas9 sistemi, bitki-mikroorganizma etkileşimi ile ilgili olarak bitkilerde işlevsel genomiklerin incelenmesinde kullanılır. CRISPR/Cas9 sistemi, hedeflenen bir gen mutasyonu oluşturan çift sarmallı kırılma yoluyla bir mutant yaratarak ve ardından genom onarımı yaparak gen düzenlemesini kolaylaştırmaktadır (23,24).

## **SONUÇ**

Bitki biyoteknolojisinde biyoinformatiğin uygulanması, bilim insanlarının canlı organizmaları detaylı incelemesine olanak tanımaktadır. Biyoinformatik, bitki ıslahının ilerlemesinde kritik bir öneme sahip olan stres direnci ve bitki patojeninin incelenmesine yardımcı olduğu için tarım sektörünün gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. NGS ve diğer dizileme teknolojileri, herkese açık veritabanlarında daha fazla bitki genomu verisine erişilmesini, genomik varyantların tanımlanmasını, protein yapısını ve fonksiyonunun tahmin edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, lokusların ve alel varyasyonlarının tanımlanmasına izin veren GWAS, ürün modifikasyonunu ve gelişimini kolaylaştırmaktadır. Kısaca, bitki biyoteknolojisindeki biyoinformatik uygulamalardaki ilerlemeler, araştırmacıların, ekonomik açıdan önemli bitkiler hakkında temel ve sistematik bir anlayışa ulaşmalarını sağlar. Bununla birlikte, bitki genomunun karmaşıklığının üstesinden gelmek için daha uzun okumalar sağlayabilen etkili biyoinformatik araçlara kritik anlamda ihtiyaç vardır. Bunu başarmak için,

veri analizi, karşılaştırma ve benzeri işlemleri etkinleştirmek için gelişmiş bir algoritma geliştirme esastır. Bu nedenle, biyoinformatikçiler ve matematik ve programlama becerilerine sahip uzmanlar, sadece bitki biyoteknolojisi ve tarım sektörünün değil, insanlığın geleceği için de biyoinformatiğe yeni yaklaşımlar ve bilgiler kazandırılmasında önemli bir rol oynayacaktır.

## **KAYNAKLAR**

1. Gomez-Casati DF, Busi MV, Barchiesi J, Peralta DA Hedin N, Bhadauria V, (2018). Applications of bioinformatics to plant biotechnology. *Curr Issues Mol Biol* 27:89–104. <https://doi.org/10.21775/cimb.027.089>.
2. Zhang SY, Liu SL (2013) Bioinformatics. In: Maloy S, Hughes K (eds) *Brenner's Encyclopedia of Genetics*, 2nd edn. Academic Press, London. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374984-0.00155-8>.
3. Tiwari A, Singh P, Kumawat S (2020) Applications of bioinformatics in plant breeding system. *Int J Curr Microbial App Sci*. 11:2825–2831.
4. Rhee SY, Dickerson J, Xu D (2006) Bioinformatics and its applications in plant biology. *Annu Rev Plant Biol* 57:335–360. <https://doi.org/10.1146/annurev.arpla.56.032604.144103>.
5. Normand EA, Van den Veyver IB (2019) Next-generation sequencing for gene panels and clinical exomes. In: Leung PCK, Qiao J (eds) *Human Reproductive and Prenatal Genetics*, 1st edn. Academic Press, London. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813570-9.00025-5>.
6. Blätke MA, Szymanski JJ, Gladilin E, Scholz U, Beier S (2021) Editorial: advances in applied bioinformatics in crops. *Front Plant Sci* 12:640394. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.640394>.
7. Kushwaha UKS, Deo I, Jaiswal JP, Prasad B (2017) Role of bioinformatics in crop improvement. *Glob J Sci Front Res D Agric Vet* 17(1):13–23.
8. Caligari PDS, Brown J (2017) Plant Breeding, Practice. In: Thomas B, Murray BG, Murphy DJ (eds) *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 2nd edn. Academic Press, London. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00195-7>.
9. Yu J, Jung S, Cheng CH, Lee T, Zheng P, Buble K et al (2021) CottonGen: the community database for cotton genomics, genetics, and breeding research. *Plants*. 10(12):2805. <https://doi.org/10.3390/plants10122805>.
10. Sayers EW, Bolton EE, Brister JR, Canese K, Chan J, Comeau DC et al (2022). Database resources of the national center for biotechnology information. *Nucleic Acids Res*, 50:20–26. <https://doi.org/10.1093/nar/gkab1112>.
11. Howe KL, Contreras-Moreira B, De Silva N, Maslen G, Akanni W, Allen J et al (2019) Ensembl Genomes 2020—enabling non-vertebrate genomic research. *Nucleic Acids Res* 48:689–695. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz890>.
12. Bolser D, Staines DM, Pritchard E, Kersey P (2016) Ensembl plants: integrating tools for visualizing, mining, and analyzing plant genomics data. In: Edwards D (ed) *Plant Bioinformatics. Methods in Molecular Biology*, vol 1374. Humana Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3167-56>.
13. Ambrosino L, Colantuono C, Diletto G, Fiore A, Chiusano ML (2020) Bioinformatics resources for plant abiotic stress responses: state of the art and opportunities in the fast evolving -omics era. *Plants*. 9(5):591. <https://doi.org/10.3390/plants9050591>.
14. Filho HA, Machicao J, Bruno OM (2018) A hierarchical model of metabolic machinery based on the kcore decomposition of plant metabolic networks. *PLoS One* 13(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185000>.
15. Cho KT, Portwood JL, Gardiner JM, Harper LC, Lawrence-Dill CJ, Friedberg I et al (2019) MaizeDIG: maize database of images and genomes. *Front Plant Sci* 10:1050. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01050>.

16. Costa MCD, Farrant JM (2019) Plant resistance to abiotic stresses. *Plants (Basel)* 8(12):553. <https://doi.org/10.3390/plant8120553>.
17. Yung CT, Asqwin UK, Ying PW and Anna PKL (2022) Bioinformatics approaches and applications in plant biotechnology. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 20:106. <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00394-5>.
18. Sanseverino W, Roma G, Simone MD, Faino L, Melito S, Stupka E et al (2010) PRGdb: a bioinformatics platform for plant resistance gene analysis. *Nucleic Acids Res* 38(Database Issue): D814–D821. <https://doi.org/10.1093/nar/gkp978>.
19. Osuna-Cruz CM, Paytvi-Gallart A, Donato AD, Sundesha V, Andolfo G, Cigliano RA et al (2018) PRGdb 3.0: a comprehensive platform for prediction and analysis of plant disease resistance genes. *Nucleic Acids Res*, (46):1197–1201. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx1119>.

## BÖLÜM 2

# ARAZİ TOPLULAŞTIRMASININ KIRSAL KALKINMADA ROLÜ VE ETKİLERİ

Müge KİRMİKİL<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Tarım, insanlığın öncelikle besin ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla toprağı işlemesidir. İnsanlık tarıma sadece besin ihtiyaçları için değil, ticari amaçlar doğrultusunda da başvurmaktadır. Bu nedenle tarım, insan hayatında önemli bir geçim kaynağıdır. Ancak tarım için gerekli en önemli kaynaklardan biri olan toprak varlığının, dünya nüfusu arttıkça yetersiz kalması ve hızla azalması tarımsal üretim açısından bir problem haline gelmektedir (1), (2). Ülkemiz toprak varlığının değişmemesi ve miras yoluyla tarımsal arazilerin sürekli parçalanması bu ihtiyacı karşılamamızı zorlaştırmaktadır. Zamanla dağılan ve tarımsal faaliyetleri gerçekleştirmeye olanak tanımayacak şekilde parçalanmış parselleri en uygun şekilde birleştirilmesi ve yeniden şekillenmesi için arazi toplulaştırma çalışmaları yapılmaktadır (3). Birçok ülkede tarımsal arazilerde verimin artırılması ile ürün alma sürekliliğinin korunması amacıyla üretim ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve geliştirilmesi, arazi toplulaştırma çalışmaları kapsamında yürütülmektedir (4), (5).

Arazi toplulaştırma projeleri, tarımsal üretimi arttırmak, özellikle kırsalda yaşayan insanların refah seviyesini yükseltmek amacıyla arazilerin şekillerini düzenlemek, sulama ve drenaj sistemlerini içeren tarımsal alt yapı sistemlerini arazilere ulaştırabilmek için oldukça önemli bir araç, (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13), (14), (15) kırsal alanlarda tarımın geliştirilmesi ve genel kırsal kalkınma stratejilerinin bir parçası olarak oldukça önemli bir yere sahiptir.

Kırsal bölgelerde yaşayan bireylerin refah seviyesini yükseltmek, hassas tarım teknolojilerinden faydalanmalarını sağlamak ve şehir ile kırsal arasında sosyal dengeyi sürdürmek, kırsal kalkınma projeleri aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Bu projeler, tarımsal işletmelerde bulunan kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kul-

<sup>1</sup> Doç. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, muge@uludag.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6832-7742

lanılmasını destekleyerek, kırsal alanlardaki yaşam kalitesini artırabilir. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımının önlenmesi, habitat alanlarının ve ekolojik dengeye olan katkısının korunarak arttırılması, etkili bir arazi yönetimi ve kırsal kalkınma politikaları ile mümkün hale gelir (16), (17).

Sürdürülebilir kırsal kalkınmanın temel ölçütlerinden biri, tarım arazilerinin planlanan amaca uygun, verimli ve etkili bir şekilde kullanılmasıdır. Bu hedefe ulaşmada önemli bir araç olan arazi toplulaştırma (18) çalışmaları, kırsal kalkınma için kritik bir başlangıç noktası olarak kabul edilmelidir. Bu çalışmalar, tarım arazilerini daha düzenli ve etkin hale getirerek, verimliliği artırmanın yanı sıra sürdürülebilir tarım uygulamalarına da olanak tanır (17), (19), (20), (21).

Bu çalışmada, arazi toplulaştırmasının kırsal kalkınmadaki rolü ve önemi; tarım verimliliği ve sürdürülebilirlik, mekanizasyon ve teknolojik gelişim, istihdam ve gelir artışı, altyapı gelişimi, topluluk katılımı ve yerel kalkınma, doğal kaynakların etkin kullanımı ve son olarak mirasa ilişkin sorunların çözümü başlıkları altında ele alınacaktır.

## **TARIM VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK**

Arazi toplulaştırması, parçalı tarım arazilerinin birleştirilmesi ve düzenlenmesini içeren bir süreçtir. Bu süreç, genellikle tarım arazilerini özellikle modern tarım teknikleriyle daha etkili kullanımını sağlamayı ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmeyi amaçlar (22). Modern tarım tekniklerinin uygulanmasıyla bitki hastalıklarıyla mücadele, gübreleme ve sulama gibi tarım uygulamalarının daha etkili bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır (23).

Sürdürülebilir tarımın önemli bir unsuru, su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetimidir. Arazi toplulaştırması, sulama sistemlerinin düzenlenmesini ve su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayarak su tasarrufu ve sürdürülebilir sulama uygulamalarını destekler (24), (25).

Tarımın sürdürülebilirliğinde erozyon kontrolü ve toprak verimliliği de önemli bir konudur. Düzensiz tarım arazileri erozyona daha yatkındır. Arazi toplulaştırması, erozyon kontrolü ve toprak verimliliğini arttırmaya yönelik tedbirlerin daha etkili bir şekilde uygulanmasına olanak tanır. Bu da toprak kalitesini koruyarak sürdürülebilir tarımı teşvik eder (26), (27).

Daha büyük ve düzenli tarım alanları, biyoçeşitliliği destekleme potansiyeline sahiptir. Arazi toplulaştırması, tarım alanlarının çevresel değerini artırarak ekosistemlerin korunmasına katkı sağlamaktadır (27).

Arazi toplulaştırması, tarım verimliliği ve sürdürülebilirliği artırmak için etkili bir stratejidir. Literatürde yapılan çalışmalar, bu uygulamanın modern tarım



tekniklerinin benimsenmesini kolaylaştırdığını ve su kaynakları, toprak verimliliği, erozyon kontrolü gibi faktörler üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Ancak, bu süreçlerin yerel koşullar ve çevresel etkiler göz önüne alındığında uyarlanması gereklidir. Arazi toplulaştırması, tarımın gelecekteki zorluklarını aşma yolunda önemli bir adımdır ve sürdürülebilir gıda üretimi için kritik bir unsurdur (22), (28), (29).

## **MEKANİZASYON VE TEKNOLOJİK GELİŞİM**

Tarım sektörü, mekanizasyon ve teknolojik gelişim sayesinde önemli dönüşümler geçirmektedir (22), (30). Mekanizasyon, tarım işlemlerinin insan gücü yerine makinelerle gerçekleştirilmesini ifade eder (31). Bu değişim, tarım sektörünün verimliliğini ve üretkenliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Arazi toplulaştırma çalışmalarıyla birlikte büyüyen düzenli tarım parselleri sayesinde traktörler, biçerdöverler ve diğer tarım makinelerinin daha etkili bir şekilde kullanılmasına olanak tanınır. Özellikle büyük arazilerde mekanizasyonun getirdiği avantajlar, tarım işlemlerini daha hızlı ve verimli hale getirmektedir (32), (33), (34).

Mekanizasyonun artması, genellikle işgücü verimliliğinde bir artışa yol açar. Bu durum, çiftçilerin daha az emek harcayarak daha büyük tarım alanlarını yönetmelerine olanak tanır. Bu da ekonomik getiriye artırabilir ve çiftçilerin daha sürdürülebilir bir gelir elde etmelerini sağlayabilir (22).

Yapılan bir çalışmada arazi toplulaştırmasının genellikle modern tarım teknolojilerini benimsemeyi gerektirdiği belirtilmiştir (25). Bu süreç, çiftçilere teknoloji eğitimi alma fırsatı sunar ve tarımın dijital dönüşümüne uyum sağlamalarını destekler. Özellikle drone kullanımı, sensör teknolojileri ve otomatik sulama gibi yenilikçi uygulamalar, arazi toplulaştırması ile daha yaygın hale gelebilir ve kalkınmayı sağlar (22).

Mekanizasyon ve teknolojik gelişim, tarım sektörünün evriminde kilit bir rol oynamaktadır. Arazi toplulaştırması, bu sürecin yönetilmesinde önemli bir strateji olarak karşımıza çıkmaktadır. Çiftçilerin işgücü verimliliğini artırması, teknolojiyi benimsemeleri ve çevresel etkileri yönetmesi bakımından arazi toplulaştırması, modern tarımın temelini oluşturan unsurlardan biridir.

## **İSTİHDAM VE GELİR ARTIŞI**

İstihdam ve gelir, kırsal bölgelerin ekonomik kalkınması ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından kritik öneme sahiptir (35).

Arazi toplulaştırması genellikle tarım işlemlerinin daha etkili bir şekilde yapılmasını sağlar ve bu da artan işgücü talebini beraberinde getirebilir. Daha büyük

ve düzenli tarım parselleri, çiftçilere daha fazla alanı yönetme ve daha verimli çalışma fırsatı sunar. Bu durum, tarım sektöründe istihdam artışına katkıda bulunur. Arazi toplulaştırması sadece tarım sektöründe değil, aynı zamanda tarım dışı sektörlerde de istihdam olanaklarını arttırabilir. Altyapı projeleri, su yönetimi ve turizm gibi sektörlerde ortaya çıkan yeni fırsatlar, kırsal alanlarda iş imkanlarını çeşitlendirerek kırsal kalkınmaya destek sağlar (36), (37).

Daha verimli tarım uygulamaları ve artan istihdam, genellikle gelir artışını tetikler. Arazi toplulaştırması, çiftçilere daha fazla ürün elde etme olanağı sunarak gelirlerini arttırabilir. Bu durum, kırsal bölgelerdeki yoksulluğun azaltılmasına önemli bir katkı sağlayabilir (18).

Arazi toplulaştırması, genellikle kırsal girişimciliği ve küçük işletmelerin oluşumunu destekler, tarımsal değer zincirindeki farklı halkaların ortaya çıkmasına ve yerel girişimcilerin iş fırsatları yaratmasına olanak tanır.

İstihdam ve gelir artışı, arazi toplulaştırmasının kırsal kalkınmada oynadığı önemli rollerden sadece birkaçıdır. Bu strateji, sadece tarım sektörünü değil, aynı zamanda kırsal toplulukları bütünlük içinde kalkındırmayı hedefler. Ancak, bu süreçlerin sürdürülebilir ve adil bir kalkınma sağlamak için yerel faktörler ve çeşitli paydaşların katılımı ile yönetilmesi gereklidir. Literatürdeki araştırmalar, arazi toplulaştırmasının istihdam olanaklarını arttırarak, gelir seviyelerini yükselterek, yoksulluğu azaltarak ve kırsal toplulukların kalkınmasını teşvik ederek kırsal kesimdeki yaşam koşullarını iyileştirdiğini göstermektedir (30). Bu nedenle arazi toplulaştırması, kırsal alanlardaki sosyo-ekonomik sürdürülebilirliği artırma konusunda stratejik bir öneme sahiptir.

## **ALTYAPI GELİŞİMİ**

Kırsal alanlardaki altyapı gelişimi, sürdürülebilir kalkınmanın temel taşlarından birisidir. Bu bağlamda, arazi toplulaştırması, kırsal alanlarda altyapı gelişimine önemli katkılarda bulunabilir (18), (32).

Arazi toplulaştırması, sulama sistemlerinin kurulması ve su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesi için zemin oluşturur, ulaşım altyapısının gelişimine öncülük eder. Düzenli tarım parselleri, sulama projelerinin daha etkili bir şekilde planlanmasını ve uygulanmasını sağlarken yolların düzenlenmesi ve genişletilmesi, ürünlerin pazarlara daha hızlı ve ekonomik bir şekilde ulaşmasına olanak tanır. Bu da tarım verimliliğini artırır ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına katkıda bulunur (18).

Tarım makinelerinin ve sulama sistemlerinin enerji ihtiyaçları, güçlü bir enerji altyapısını gerektirir. Bu altyapı yine arazi toplulaştırması projeleri ile gerçekleştiril-

rilir. Kırsal alanlarda elektrik ve enerji altyapısının geliştirilmesi, çiftçilerin daha modern ve verimli tarım uygulamalarını benimseme fırsatı sunar (30).

Arazi toplulaştırması, kırsal alanlardaki telekomünikasyon altyapısının geliştirilmesine de olanak tanır. İnternet erişimi ve iletişim altyapısının güçlendirilmesi, çiftçilere pazar bilgisi sağlamak, eğitim imkanları sunmak ve diğerkalkınma hizmetlerine erişimi artırmak adına kritik bir rol oynar (38).

Arazi toplulaştırması, kırsal alanlardaki altyapı gelişimine katkıda bulunarak sürdürülebilir kalkınmayı destekler. Bu süreç, su yönetimi, yol ve ulaşım, enerji, telekomünikasyon, eğitim ve sağıık gibi temel altyapı unsurlarının güçlendirilmesine olanak tanır. Bu da kırsal toplulukların ekonomik büyüme, sosyal refah ve sürdürülebilirlik açısından daha güçlü bir konuma gelmelerini sağılar.

### **TOPLULUK KATILIMI VE YEREL KALKINMA:**

Yerel kalkınma süreçlerinde topluluk katılımı, sürdürülebilir ve etkili sonuçlar elde etmek için önemli bir unsurdur. Topluluk katılımı, yerel halkın kalkınma süreçlerine aktif olarak dahil olması anlamına gelir. Bu, karar alma süreçlerine katılım, bilgi paylaşımı ve yerel ihtiyaçlara odaklanmayı içerir (39). Topluluk katılımı, kalkınma projelerinin daha etkili, adil ve sürdürülebilir olmasını sağılar. Kalkınmada önemli bir rolü olan arazi toplulaştırması çalışmaları, müzakere ve paylaşım ile yerel halkın kalkınma sürecine aktif olarak dahil olmasına da olanak tanır (14). Ayrıca, toplulukların proje tasarımında ve uygulanmasında etkin bir şekilde rol almasını teşvik eder.

Topluluk katılımı, yerel bilgi birikimini ve kültürel değerleri koruma açısından önemlidir. Arazi toplulaştırması sürecinde topluluklar, geleneksel bilgi ve deneyimlerini paylaşabilir, bu da projelerin yerel koşullara uygun olmasını sağılar. Kültürel mirası koruma çabalarına da bu şekilde katkı sağılamış olur.

Arazi toplulaştırması, topluluk katılımının teşvik edilmesi açısından potansiyel bir katalizördür. Toplulukların kalkınma süreçlerine aktif olarak katılımı, projelerin daha etkili, adil ve sürdürülebilir olmasına katkı sağılar. Bu nedenle, arazi toplulaştırması projelerinin planlanması ve uygulanmasında topluluk katılımının önemli bir strateji olması gerekmektedir (40).

### **DOĞAL KAYNAKLARIN ETKİN KULLANIMI:**

Doğal kaynakların etkin kullanımı, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için önemli bir faktördür (41).

Arazi toplulaştırması, doğal kaynakların etkin kullanımını destekleyen stratejilerin bir parçasıdır (42). Su kaynakları yönetimi, erozyon kontrolü, biyoçeşitlilik

koruma ve yenilenebilir enerji entegrasyonu gibi uygulamalar, sürdürülebilir kalkınmanın anahtar unsurlarını oluşturur. Bu nedenle, arazi toplulaştırması projeleri planlanırken ve uygulanırken doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi hedeflenmelidir (29), (41), (43).

## **MİRASA İLİŞKİN SORUNLARIN ÇÖZÜMÜ:**

Parçalı arazi kullanımı genellikle miras nedeniyle ortaya çıkan sorunları beraberinde getirebilir. Mirasa ilişkin sorunlar, özellikle arazi kullanımında planlama eksiklikleri ve yine arazi parçalanması gibi konularda ortaya çıkar. Arazinin sürekli bölünmesi, verimliliği düşürür (44).

Arazi kullanımı konusundaki planlama eksiklikleri, miras konusunda aile içi ve topluluklar arası çatışmalara neden olur. Sürdürülebilir planlama, toplulukların ve ailelerin ortak bir vizyon oluşturmalarına yardımcı olabilir. Katılımcı planlama süreçleri, farklı paydaşların görüşlerini birleştirmeyi amaçlar (45).

Mirasa bağlı olarak yapılan paylaşımların eşitsizliği, aile içi ve topluluklar arası anlaşmazlıklara, bunun sonucunda da huzursuzluklara neden olur (44). Sürdürülebilir planlama, miras konusundaki yasal çerçeveleri gözden geçirmeyi ve adil bir paylaşımı teşvik etmeyi amaçlar. Bu, toplulukların uzun vadeli kalkınma hedeflerine daha iyi ulaşmalarına yardımcı olabilir.

Sürdürülebilir planlama, mirasa ilişkin sorunlara çözüm getirirken aynı zamanda çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği de gözetmelidir. Çevresel kaynakların etkin kullanımı, toplulukların refahını artırırken doğal çevrenin korunmasına da önem verilmelidir (46).

Mirasa ilgili sorunların çözümünde, arazi toplulaştırması ve sürdürülebilir planlama stratejileri önemli bir rol oynar. Bu stratejiler, toprak parçalanması, planlama eksiklikleri, tarım alanlarının verimsiz kullanımı ve mirasın eşitsiz paylaşımı gibi sorunlara çözümler sunarak toplulukların uzun vadeli kalkınmasına katkıda bulunabilir (3). Tarım arazilerinin miras yoluyla tekrar tekrar bölünmesi ancak arazi toplulaştırması ve yasal düzenlemeleri ile mümkündür.

## **SONUÇ**

Sürdürülebilir bir kırsal kalkınma, ekonomik, sosyal ve çevresel faktörleri bir araya getirerek kırsal alanlarda yaşayan insanların yaşam kalitesini artırmayı hedeflemektedir. Arazi toplulaştırması, kırsal kalkınma stratejilerinde önemli bir araçtır ve tarım verimliliğini artırarak, teknolojik gelişmeleri teşvik ederek, istihdamı ve geliri artırarak, altyapı gelişimine katkıda bulunmaktadır. Bunun yanında arazi toplulaştırması doğru bir şekilde planlandığında ve toplulukların

yerel yönetimlerin katılımını içerdiğinde, kırsal kalkınmayı güçlendirebilir ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik edebilir. Ancak, bu süreçlerde kırsalda yaşayan kişilerin, çiftçilerin ihtiyaçlarına ve endişelerine dikkat edilmesi önemlidir.

Ancak, toplulaştırmanın olası olumsuz etkileri ve mülkiyetle ilgili sorunlar göz önüne alındığında, bu süreçlerin dikkatlice planlanması, yerel halkın katılımı ve haklarının korunması büyük önem taşır. Sürdürülebilir kırsal kalkınma hedeflerine ulaşmak için toplulaştırma, bütünlük, adil paylaşım ve çevresel sürdürülebilirlik prensiplerine dayalı olarak yönetilmelidir.

## **KAYNAKLAR**

1. Kirmikil M, Terzioğlu B. ve Durgut A. 2021. The Importance of Interview on the Land Consolidation Projects: The Case Study in Kesik Village, *J. BIOL. ENVIRON. SCI.*, 2021, 15(43), 39-45
2. Özsarı, S., Uğuz, H., Haklı, H. 2021. Implementation Of Meta-Heuristic Optimization Algorithms For Interview Problem In Land Consolidation: A Case Study In Konya/Turkey, *Land Use Policy*, 108.
3. Kirmikil M., Kamberli E., Keskin B. vd. 2012, Arazi Toplulaştırması ve Gizli Parçacılık, Konya İli Karapınar İlçesi Akören Kötü Örneği, II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 24-25 Mayıs 2012, Bornova İzmir
4. Köseoğlu M., Gündoğdu K. S. 2004. Arazi Toplulaştırma Planlama Çalışmalarında Uzaktan Algılama Tekniklerinden Yararlanma Olanakları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 45-56.
5. Arslan F, Değirmenci, H 2016. Çiftçilerin Arazi Toplulaştırma Projesine Bakışı: Kahramanmaraş Türkoğlu İlçesi ve Köyleri, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 30, Sayı 2, 23-34.
6. Crecente, R., Alvarez, C., Fra, U. (2002). Economic, social and environmental impact of land consolidation in Galicia, *Land Use Policy*, 19(2), 135-147.
7. Derlich, F. (2002). Land consolidation: A key for sustainable development French experience. In: Proceedings of the XXII International FIG Congress, 19-26 April, 2002, Washington, D.C., USA. Available from URL: [http://www.fig.net/pub/fig\\_2002/Ts7-4/TS7\\_4\\_derlich.pdf](http://www.fig.net/pub/fig_2002/Ts7-4/TS7_4_derlich.pdf).
8. Magel, H. 2003. Land policy and land management in Germany. Public Lecture in Melbourne, 6 February, 2003. Available from URL: [http://www.fig.net/council/council\\_2003\\_2006/magel-papers/magel\\_melbourne\\_feb\\_2003.pdf](http://www.fig.net/council/council_2003_2006/magel-papers/magel_melbourne_feb_2003.pdf)
9. Van Dijk, T. 2003. Dealing with Central European land fragmentation : a critical assessment on the use of Western European instruments. [promoter, Delft University of Technology]. Uitgeverij Eburon. 219p
10. Thomas J. 2004. Modern land consolidation – recent trends on land consolidation in Germany. Paper from FIG symposium on modern land consolidation, Volvic, France p. 5.
11. Van Dijk, T. 2007. Complications for traditional land consolidation in Central Europe. *Geoforum* Volume 38, Issue 3, 505-511.
12. Sklenicka P. 2006. Applying evaluation criteria for the land consolidation effect to three contrasting study areas in the Czech Republic, *Land Use Policy*, 23(4), 502-510.
13. Yaslioglu, E., Arici, I., Kuscu, H., et al. 2008. Adoption factors of irrigation systems whose projects are synchronized with land consolidation, *Kuwait Journal Sci. Eng.* 35(2A), 1-10.
14. Yaslioglu, E., Akkaya Aslan, S.T., Kirmikil, M. et al. 2009. Changes in Farm Management and Agricultural Activities and Their Effect on Farmers' Satisfaction from Land Consolidation: The Case of Bursa-Karacabey, Turkey, *European Planning Studies*, 17:2, 327 — 340

15. Kirmikil. M. 2019. Arazi Topplulaştırma Projelerinde Mülakat Çalışmalarının Önemi, *Turkish Studies/Social Sciences*, 14(5), 2291-2301.
16. Çay, T., Çevik, H., 2009. Arazi düzenleme sonuçlarının anketlerle analizi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 24 (3): 11-18.
17. Akdeniz H.B., İnam Ş, Çay T. 2023. Türkiye’de Uygulanmış Arazi Topplulaştırma Projelerinin Kırsal Kalkınmaya Etkisi Bakımından Değerlendirilmesi, *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 18, 2023: 11 (1): 18:30
18. Kirmikil M. 2010. Sulama Proje Alanlarında Kırsal Alan Geliştirilmesi İçin Arazi Topplulaştırması Rolünün GIS Destekli Analizi, Doktora Tezi, T.C. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı.
19. Paşakarnis, G., Maliene, V. 2010. Towards sustainable rural development in central and eastern Europe: applying land consolidation. *Land Use Policy*. 27 (2): 545-549.
20. Korthals-Altes W.K., Bong-Im S. 2011. Promoting rural development through the use of land consolidation: the case of Korea, *International Planning Studies*. 16 (2): 151-167.
21. Arslan F, Degirmenci H, Akkaya S vd. 2021. A new approach to measure parcel shapes for land consolidation, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 24 (5), 1059-1067
22. Bahar Kesici S ve Kirmikil M 2021. The evaluation of agricultural landowner inputs before and after land consolidation: The Kesik Village example, *Land Use Policy* 109 (2021) 105605
23. Akkuş, A. 2023. Türkiye’de Tarım Politikaları “Sürdürülebilir” mi?. *Nevşehir: Kapadokya Üniversitesi Yayınları*: 73 Siyaset Kitapları Serisi: 19
24. Anonim 2014. Tarım Arazilerinin Sürdürülebilir Kullanımı Çalışma Grubu Raporu, Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018), 79s.
25. Kirmikil M ve Ertaş B 2020. Tarım 4.0 ile Sürdürülebilir Bir Gelecek, *Icontech International Journal of Surveys, Engineering, Technology* ISSN 2717-7270, 1-12
26. Mihara M 1996. Effects of Agricultural Land Consolidation on Erosion Processes in Semi-Mountainous Paddy Fields of Japan, *Journal of Agricultural Engineering Research* Volume 64, Issue 3, July 1996, 237-247.
27. Nut N, Mihara M., Jeong J, et al. 2021. Land use and land cover changes and its impact on soil erosion in stung sangkae catchment of Cambodia, *Sustainability* 2021, 13(16), 9276
28. Kurugöllü, S. ve Ünel, F.B. 2021. Ekonomik Katkısı Olmayan Tarım Arazilerinin Araştırılması ve Değerlendirilmesi, *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 3(2), 58-65.
29. Yavuz, Ö., Topçu, P., Tolunay, A. 2023. The Role of Sustainable Forest Management in Achieving Land Degradation Neutrality Target. *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 7(1), 21-26.
30. Bahar Kesici S. 2019. Arazi toplulaştırması öncesi ve sonrası tarımsal işletmecilik maliyetlerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
31. Hunt D. 1995. Farm Power and Machinery Management, Iowa State University Press, 363.
32. Değirmenci H., Arslan F ve Ketten M. 2019. Arazi toplulaştırma projelerinde parsel şekillerinin değişimi: Şanlıurfa Bozca Köyü örneği, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 6.3 (2019): 557-565.
33. Kuzu H ve Değirmenci, H. 2020. Arazi Topplulaştırma Projelerinin Tarımsal Mekanizasyon İşletmeciliğine Etkisi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(3), 655-662.
34. İrmaklı, P. G. ve Aydın, A. 2022. Arazi Topplulaştırmanın Tarıma ve Tarımsal Mekanizasyona Katkısı; Çanakkale-Biga-Dereköy Örneği, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3), 582-599.
35. Sağlam F. ve Boz İ. 2023. Kırsalda Yaşayan Çiftçilerin Yaşam Memnuniyeti ve Gelecek Beklentisi: Çorum İli Kargı İlçesi Örneği, *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(2), 403-411.
36. Arıcı, I. ve Akkaya Aslan, S.T. 2014. *Arazi Topplulaştırması Planlama ve Projelmesi*, Bursa, Dora Yayınları, ISBN: 978-605-4798-49-0 237 S.
37. Usta, A. 2022. Türkiye’deki Arazi Topplulaştırması Üzerine Bir Etki Analizi: Problemler, Stratejiler ve Politikalar, Sosyal Bilimler Üzerine Araştırmalar: Ekonomi & Politik, pp. 1-40. *Özgür*

## Arazi Toplulaştırmasının Kırsal Kalkınmada Rolü ve Etkileri

Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

38. Wissing FJ. 1994. Wirtschaftliche Globalisierung und Integration: Konsequenzen für die Verbandspolitik ; Vortrag vor dem Europa-Institut der Universität des Saarlandes, Saarbrücken, den 28. Juni 1994, Journal: Vorträge, : 1994
39. Kayıhan H ve Temizkan E. 2019. *Toplumsal katılım: Tanımlar, ergoterapinin rolü*, Toplumsal Katılım ve Ergoterapi. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2019. p.1-7.
40. Yuheng L, Wenhao W, Yansui L. 2018. Land consolidation for rural sustainability in China: Practical reflections and policy implications, Land Use Policy, Volume 74, 2018, 137-141
41. Tıraş H.H. 2012. Sürdürülebilir kalkınma ve çevre: Teorik bir İnceleme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 57-73.
42. Ertaş B. 2023. Arazi Toplulaştırma Projelerinin Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Zamansal Değişim Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
43. Akgül, U. 2010. Sürdürülebilir kalkınma: Uygulamalı antropolojinin eylem alanı. *Antropoloji*, (24), 133-164.
44. Kirmikil M, Durgut A ve Terzioğlu B 2021. Land Consolidation and Share Use of Parcels: The Case of Kesik Village, *J. BIOL. ENVIRON. SCI.*, 2021, 15(45), 43-48
45. Jones N., Malesios C., Ioannidou E, et al. 2018. Understanding perceptions of the social impacts of protected areas: Evidence from three NATURA 2000 sites in Greece, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 73, 80-89.
46. Burtenshaw P 2023. *Rethinking Heritage for Sustainable Development* By S. Labadi. London: UCL Press, 2022. 245 pp.,



## BÖLÜM 3

# HİDROPONİK YETİŞTİRİCİLİK: BİTKİSEL ÜRETİMDE YENİLİKÇİ BİR YAKLAŞIM

Erkan YASLIOĞLU<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Bitkiler için en uygun yetiştirme ortamı genellikle topraktır. Toprak, bitkinin tutunmasına yardımcı olmanın yanı sıra, bitkinin başarılı bir şekilde büyümesi için besin, hava, su vb. sağlar. Bununla birlikte, topraklar bazen bitki büyümesi açısından, hastalığa neden olan organizmaların ve nematodların varlığı, uygun olmayan toprak reaksiyonu, elverişsiz toprak sıkışması, zayıf drenaj, erozyonun neden olduğu bozulma vb. gibi ciddi sınırlamalara sahiptir. Ayrıca, geleneksel açık tarla tarımı geniş alan, büyük miktarda su ve emek gerektirir. Kentleşme, sanayileşme vb. baskılar altında tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı da küresel ölçekte giderek artmaktadır. Diğer yandan dünya nüfusu da hızlı bir biçimde artmaktadır. Bu koşullar altında, 2050 yılında 9,1 milyar olması beklenen dünya nüfusunun gıda gereksinimini karşılayabilmek için önümüzdeki 40 yılda dünya gıda üretiminin % 70 oranında arttırılması gerekmektedir (1). Bunlara ek olarak, artan petrol fiyatlarıyla işgücü maliyeti ve toprak kaynaklarının kısıtlı olması otoriteleri gıda krizine alternatif çözüm bulmaya zorlamaktadır.

Tarımsal üretimin vazgeçilmez unsurlarından bir diğeri ise iyi kalitede ve yeterli miktarda su kaynağının bulunmasıdır. Küresel ölçekte sera gazları emisyonunu azaltmaya yönelik Kyoto protokolü, Paris İklim Anlaşması gibi uluslararası önlemlere karşın sera gazları emisyonlarındaki artışın önüne henüz geçilemediğinden küresel iklim değişikliği etkisini her geçen gün arttırmaya devam etmektedir. Küresel iklim değişikliğine bağlı kuraklık ile sanayileşmenin yol açtığı kirlilik nedeniyle su kaynakları üzerindeki baskı da giderek artmaktadır. Bu çerçevede sınırlı olan su kaynaklarından daha etkin bir biçimde yararlanmak tüm ülkelerin üstesinden gelmesi gereken bir sorun olarak varlığını sürdürmektedir.

<sup>1</sup> Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, yasli@uludag.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3865-7863



Bir yandan artan nüfus, diğer yandan toprak ve su gibi tarımsal üretimin temel elemanı olan kaynaklar üzerindeki baskı nedeniyle ortaya çıkan bu sorunun üstesinden gelmek için su kullanım etkinliğinin yaklaşık olarak % 90'a yakın (2) olduğu topraksız tarım küresel ölçekte artan bir biçimde kullanılmaktadır. Aynı zamanda artan nüfus ve kentleşme nedeniyle tarım arazileri küçülmekte, çevre sorunları ve kirlilik de sürekli artmaktadır. Bu durum tarımsal üretim ve gıda erişimi için bir tehdit oluşturmaktadır(3).

Hidroponik sistem altında bitki yetiştirme geleneksel sisteme göre birçok olumlu yönü vardır. Bitki besin elementleri doğrudan köklere verildiği için bitkiler daha hızlı gelişir ve daha küçük köklere sahip olur, böylece bitkiler birbirine daha yakın bir büyüme oranına sahip olur. Topraksız sistemde, etkin bir besin kontrolü, yüksek yoğunlukta tohum ekimi ve iyileştirilmiş üretim kalitesinin yanında birim alandan daha fazla ürün alınmaktadır. Aynı zamanda tarım için ekilebilir veya verimli arazileri bulunmayan bölgeler için etkili bir üretim yöntemidir (2). Bradley ve Marulanda (4), açlığın azaltılmasına çözüm üretmek için geliştirdikleri basitleştirilmiş hidroponik sistemin, toprak işleme için kullanılan alanın yaklaşık %25'ini gerektirdiğini belirtmişlerdir.

Hidroponik teknolojiyle yapılan üretimde arazi ihtiyacı 1/10'a düşmektedir. Marul üretiminde yapılan niceliksel karşılaştırmada hidroponik yetiştirme tekniğinde elde edilen verimin geleneksel tarıma oranla on bir kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (5). Bir diğer yararı ise, verimli bir gübre tüketimi sunması ve hastalık ve zararlı kontrolünde kullanılan kimyasalları azaltmasıdır (6). Hidroponik sistemler, drenaj suyunun yeniden kullanım için kolayca toplanabilmesi nedeniyle suyun geri dönüştürülmesinde oldukça verimli olup, su tasarrufu açısından da önemli bir potansiyele sahiptir (7). Hidroponik yetiştiricilikte bitkiler hava koşullarındaki dalgalanmalardan etkilenmediğinden, tüm yıl boyunca üretim yapılabilmektedir.

Birçok çalışma hidroponik tarımın açık tarla tarımına göre avantajları olduğunu kanıtlamış olsa da, bu sistemin kullanımında hala bazı sınırlamalar bulunmaktadır. Hidroponik sistem, üretimi sürdürmek için kendi ilkeleri hakkında iyi bilgi sahibi olmayı gerektirir (8). Ayrıca, elektrik kesintileri bitkilere zarar verebilmektedir(2). Maliyet açısından hidroponik, uzun vadede sağladığı tasarruf ne olursa olsun açık tarla tarımına oranla çok daha fazla sabit maliyet gerektirmektedir (2, 9).

Hidroponik yetiştiriciliğin olumlu ve olumsuz yönleri birlikte ele alındığında maliyet, enerji ve teknik bilgi gibi konulardaki sorunların üstesinden gelmeye yönelik yeterli önlemlerin belirlenmesi konusundaki araştırma ve çalışmaların desteklenmesiyle hidroponik yetiştiriciliğin giderek daha da yaygınlaşacağı açıktır.

## **HİDROPONİK YETİŞTİRİCİLİK NEDİR, KULLANILAN TEKNİKLER NELERDİR?**

Hidroponik seralar, bitkilerin topraksız bir biçimde tamamen suda yetiştirildiği bir yetiştirme teknolojisi olan hidrokültür için kullanılmaktadır. Bu yeni ve yaygın bir topraksız yetiştiricilik sistemidir. Latince 'Hidro' (su) ve 'Ponos' (emek) kelimelerinden türetilmiştir(9, 10). Hidroponik bir topraksız kültür olmakla birlikte topraksız kültür içinde hidroponik dışında da alternatifler bulunmaktadır. Topraksız tarımda önemli bir su tasarrufu sağlamak olanaklı olup, açık tarla tarımında kullanılan suyun 1/10 ila 1/5'inden daha azı kullanılmaktadır. Ancak, kullanılan su temiz, mikrop bulaşı ve kimyasal maddelerden arındırılmış olmalıdır (11).

Hidroponik, verimi artırmak için kökleri topraksız ve besin açısından zengin çözeltilere batırılmış durumda bitki yetiştirme tekniğidir (12). Bu sistem iklim değişikliğinin neden olduğu zorlukların üstesinden gelmeye, yetersiz beslenmenin önüne geçmeye ve aynı zamanda üretim sisteminin doğal kaynaklardan etkin bir biçimde yararlanmaya olanak tanıyacak şekilde yönetimine yardımcı olur (13).

Bitkiler besin çözeltilinde veya steril substratlarda yetiştirildiğinden mikrop içermezler. Hidroponik tarımda açık tarıma göre daha yüksek verim elde edilebilir. Singh ve Singh (14)'e göre seçilmiş bazı tahıl ve sebzelerde hidroponik tarımdan açık tarıma göre daha yüksek verim elde edilebilmektedir. (Tablo 1.)

<b>Tablo 1. Hidroponik ve tarla tarımındaki verimlerin karşılaştırması (14)</b>			
Bitki Türü	Bitki Adı	Verim (kg/ha)	
		Hidroponik	Açık Tarla Tarımı
Tahıllar	Bezelye	15.699,32	2.242,76
	Çeltik	13.456,56	841,03-1.009,25
	Mısır	8.971,0	1.682,07
	Buğday	5.606,9	672,83
	Yulaf	3.364,14	953,18
	Soya Fasulyesi	1.682,07	672,83
Sebzeler	Domates	403.335,81	11.203,75-22.407,47
	Taze Fasulye	47.097,96	-
	Şekerpancarı	22.427,6	10.092,42
	Patates	156.852,29	17.925,98
	Lahana	20.184,84	14.577,94
	Karnabahar	33.641,4	11.213,8-16.820,7
	Hıyar	31.398,64	7.849,66
	Bamya	21.306,22	5.606,9-8.971,04
	Marul	23.548,98	10.092,42

Hidroponik yetiştiricilikte domates, biber, hıyar, fasulye ve dolmalık biber gibi yüksek boylu bitkilerden ıspanak, marul, lahana ve karnabahar gibi kısa boylu bitkilere kadar birçok bitkinin ticari üretimi yapılabilmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Topraksız kültürde ticari düzeyde yetiştirilebilecek ürünler (14)	
Bitki Türü	Bitki Adı
Tahıllar	Çeltik ( <i>Oryza sativa</i> )
	Mısır ( <i>Zea mays</i> )
Meyveler	Çilek ( <i>Fragaria ananassa</i> )
Sebzeler	Domates( <i>Lycopersicon esculentum</i> )
	Acı Biber ( <i>Capsicum frutescens</i> )
	Patlıcan ( <i>Solanum melongena</i> )
	Taze Fasulye( <i>Phaseolus vulgaris</i> )
	Pancar ( <i>Beta vulgaris</i> )
	Kanatlı Fasulye ( <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> )
	Dolmalık biber ( <i>Capsicum annum</i> )
	Lahana ( <i>Brassica oleracea var. capitata</i> )
	Karnabahar( <i>Brassica oleracea var. Botrytis</i> )
	Hıyar ( <i>Cucumis sativus</i> )
	Kavun( <i>Cucumis melo</i> )
	Turp ( <i>Raphanus sativus</i> )
	Soğan ( <i>Allium cepa</i> )
	Yeşil Yapraklı Sebzeler
Kang Kong ( <i>Ipomoea aquatica</i> )	
Çeşni Bitkileri	Maydanoz ( <i>Petroselinum crispum</i> )
	Nane ( <i>Mentha spicata</i> )
	Fesleğen ( <i>Ocimum basilicum</i> )
	Kekik ( <i>Origanum vulgare</i> )
Çiçek / Süs bitkileri	Kadife Çiçeği ( <i>Tagetes patula</i> )
	Gül ( <i>Rosa berberifolia</i> )
	Karanfil ( <i>Dianthus caryophyllus</i> )
	Krizantem ( <i>Chrysanthemum indicum</i> )
Tibbi Bitkiler	Aloe Vera ( <i>Aloe vera</i> )
	Kolyoz ( <i>Solenostemon scutellarioides</i> )
Yem Bitkileri	Sorgum ( <i>Sorghum bicolor</i> )
	Yonca ( <i>Medicago sativa</i> )
	Arpa ( <i>Hordeum vulgare</i> )
	Bermuda Çimi ( <i>Cynodon dactylon</i> )
	Halı Otu ( <i>Axonopus compressus</i> )

Hidroponik teknikler üzerine yapılan çalışmalara göre genel olarak çözelti kültürü yöntemi ve ortam kültürü yöntemi olmak üzere iki hidroponik tekniği öne çıkmaktadır (15).

Çözelti kültürü yöntemi “Likit Hidroponik” olarak da bilinmektedir. Çözelti kültüründe yetiştirilen bitkilerin kökleri doğrudan besin çözeltilisine batırılmaktadır (2).

Çözelti kültüründe bitki yetiştirmenin üç ana yöntemi vardır (9):

### **a) Sürekli Akış Çözelti Kültürü**

Sürekli akış kültüründe besin çözeltisi sürekli bir akışla kök bölgesinden geçer. Besin çözeltisi içeren su sistemde kapalı devre biçiminde sürekli dolaştırıldığı için devirdaim yöntemleri veya kapalı sistem olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı, numune alma işlemi ile sıcaklık ve besin konsantrasyonlarındaki ayarlamaların potansiyel olarak binlerce bitkiye hizmet veren büyük bir depolama tankında yapılabilir olması nedeniyle otomasyondan yararlanmanın statik çözelti kültürüne göre çok daha kolay olmasıdır. Ancak herhangi bir nedenden dolayı çözelti akışı durursa bitkiler hızla kurur. Bu nedenle sık sık kontrol edilmesi gerekir. Sürekli akış çözelti kültürü kendi içerisinde besleyici film tekniği (NFT) ve derin akış tekniği (DFT) olmak üzere ikiye ayrılır.

Ticari yetiştiricilikte en yaygın olarak kullanılan NFT sisteminin doğru tasarlanabilmesi için kanal eğiminin, debisinin ve kanal uzunluğunun uygun olması gerekmektedir. NFT sisteminin diğer hidroponik sistemlere göre temel avantajı, bitki köklerinin yararlanabileceği yeterli miktarda su, oksijen ve besin kaynağının sistemde bulunmasıdır. Kanal boyuna eğiminin 1/30-1/40 arasında olması önerilmektedir. Bu, yüzeyde küçük düzensizliklere izin verir, ancak bu eğimlerde bile göllenme ve su basması meydana gelebilir. Her bir kanal için akış hızları 1 l/dk olmalıdır. Dikim döneminde akış hızı 0,5 l/dk olabilirken, üst sınır olarak maksimum 2 l/dk akış hızı dikkate alınabilir. Bu aşırı değerleri aşan akış hızları genellikle beslenme sorunlarıyla ilişkilendirilir. Kanal uzunluğu 10-15 metreyi geçmemelidir, aksi takdirde bitkilerin büyüme hızlarında düşüş meydana gelecektir (9).

Bu sistem genellikle yapraklı yeşillikler, tıbbi ve aromatik bitkiler ve hatta çiçekler için de kullanılmaktadır (Resim 1). Hızlı büyüyen köklere sahip bitkiler, kanallardan akan çözeltiliye çok fazla direnç oluşturabileceğinden tavsiye edilmemektedir (16).



**Resim 1.** NFT Tekniğiyle yetiştirilen ilek

Derin akış tekniğinde (DFT) bitki kökleri, köklerin etrafından akabilen 5-8 cm'lik bir besin ozeltisi yatağında askıya alır. Bu, derin kökleri olmayan ve büyüme süreleri kısa olan bitkiler için (genellikle tıbbi ve aromatik bitkiler veya marullar ile diğer yapraklı yeşillikler) uygun olup, daha büyük bitkiler veya büyüme süreleri daha uzun bitkiler için uygun değildir. Bu sistem, suyun bitkiler için uygun seviyelerde oznm ksijen içermesini sağlamak amacıyla havalandırma gerektirir (17).

Derin akışlı sistemde 10 cm çapında PVC borular kullanılmaktadır. Besin ozeltisi PVC boruların içinde 2-3 cm derinlikte akar. PVC boruların saksıları vardır ve bitkiler saksılara yerleştirilir. Yetiştirilen bitkilerin içinde bulunduğu saksıların tabanı besin ozeltisi ile temas halindedir (12).

### **b) Statik ozelti Kültürü**

Statik ozelti kültüründe bitkiler, cam kavanozlar (tipik olarak ev içi uygulamalar), plastik kovalar, küvetler veya tanklar gibi besin ozeltisi içeren kaplarda yetiştirilir. ozelti havalandırılabilir veya havalandırılmayabilir, ancak genellikle hafif havalandırma gerekir. Havalandırılmamış ozelti durumunda, bitki köklerinin yeterli miktarda oksijen almasını sağlayabilecek biçimde yeterli miktarda kökün ozeltinin üzerinde kalmasına olanak tanımak amacıyla ozelti seviyesi düşük tutulur. Her bitki için rezervuarın kapağına bir delik açılır.

Devirdaimsiz veya açık sistem olarak da adlandırılan statik çözelti kültüründe kök daldırma tekniği, yüzdürme tekniği ve kılcal hareket tekniği olmak üzere 3 sistem yaygın olarak kullanılmaktadır. Kök daldırma yönteminde bitkiler, yetiştirme ortamına sahip saksılarda yetiştirilmektedir. Saksıların 2-3 cm'lik tabanı besin çözeltisine batırılmaktadır. Bitki köklerinin besin çözeltisine batırıldığı bu sistemde köklerin bir bölümü havada asılı durmaktadır. Yüzdürme yönteminde bitkilerin yetiştirilmesi için sığ bir saksı (10 cm derinliğinde) kullanılabilir. Saksı besin çözeltisiyle doldurulur. Yetiştirilen bitkilerin içerisinde bulunduğu bu saksılar besin çözeltisi üzerinde yüzdürülen strafor levha üzerine sabitlenir (Şekil 2). Kılcal hareket tekniğinde fide/tohum, inert ortamla doldurulmuş farklı boyut ve şekillerdeki saksılara dikilir. Bu teknikte besin çözeltisi içeren sığ kap kullanılır ve bu sığ kaba saksılar yerleştirilir. Kılcal hareketle besin çözeltisi inert ortama ulaşır. Süs, çiçek ve iç mekan bitkileri bu teknikle yetiştirilebilir.



**Resim 2.** DFT Tekniğiyle yetiştirilen marul.



### c) Aeroponik Kültürü

Aeroponik, bitkilerin strafor levhalarda açılan deliklere yerleştirildiği ve bitki köklerinin levhanın altında havada asılı kaldığı bir bitki yetiştirme yöntemidir. Kullanılan levhalar kök oluşumunu uyarmak ve alg gelişimini önlemek için ışık geçirgenliği olmayan kapalı kutu oluşturacak biçimde düzenlenir. Besin çözeltisi her 2-3 dakikada bir 1-2 saniye olacak biçimde köklere ince sis şeklinde püskürtülür. Bu işlem köklerin nemli tutulmasıyla birlikte besin çözeltisinin havalandırılmasını da sağlar. Bitkiler gereksinim duyduğu su ve besini sisleme yoluyla köklere yapışan çözültiden alır. Aeroponik kültür genellikle seralarda uygulanır ve marul, ıspanak gibi kısa boylu sebzeler için uygundur. Bu kültürde kök mistleme tekniği ve sisle besleme tekniği olmak üzere iki teknik vardır.

Diğer sistemlerle karşılaştırıldığında birim alanda yetiştirilen bitki sayısının iki kat daha fazla olduğu aeroponik tekniğinin en önemli olumlu özelliği, alanın maksimum düzeyde kullanılmasıdır. Bununla birlikte, eğimli yüzeyde yetişen bitkilerin farklı yoğunlukta ışık alması nedeniyle bitkilerde gözlenen düzensiz büyümeler bu tekniğin tek olumsuz tarafı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çözelti kültürlerinden hangisinin tercih edileceğine karar verebilmek için bu tekniklerin olumlu ve olumsuz yönleri irdelenerek bu bilgiler ışığında yetiştirilecek bitki için en uygun olan ve daha az maliyet gerektiren teknik seçilmelidir. Sera sebzeçiliği ve kesme çiçekçiliğinde en yaygın kullanılan 3 çözelti kültürünün olumlu ve olumsuz yönleri Tablo 3'te özetlenmiştir.

**Ortam kültürü** yöntemi, kökler için çeşitli organik veya inorganik yapılı substratlardan oluşturulan katı bir ortama sahiptir ve kullanılan substrat türüne göre kum kültürü, çakıl kültürü veya taş yünü kültürü vb. biçiminde adlandırılır. Yerel olarak elde edilen katı veya sert ortam materyalleri esnek ve gevrek bir yapıda olmalı, iyi bir su ve hava tutma kapasitesine sahip olmalı ve drenaj kolaylığı sağlamalıdır. Ayrıca, toksik maddelerden, hastalık ve zararlılardan oluşumuna yol açan mikroorganizmalardan arındırılmış olmalıdır. Bitkiler saksı, tekne, torba, viyol ve benzeri kaplara doldurulan substratlara dikilir veya ekilir. Besin çözeltisinin belli aralıklarla ortama verilmesinde damlama sulama veya yağmurlama sulama yönteminden yararlanılır ve bitkiler su ile besin maddelerini bu şekilde sulanmış substratlardan alır. Her ortam için alttan ve üstten sulama olmak üzere iki ana varyasyon vardır. Ortam kültürü şu şekilde sınıflandırılır (2):

1. Askılı torba (dikey torba) tekniği
2. Büyütme torbası (yatay torba) tekniği
3. Yatak veya tekne tekniği
4. Saksı tekniği

Tablo 3. Sera sebzeçiliği ve çiçekçiliğinde en yaygın kullanılan 3 çözelti kültürünün olumlu ve olumsuz yönleri (18)

Çözelti Kültürü	Tanımı	Olumlu Yönleri	Olumsuz Yönleri
Yüzer Sistem	Bitkilerin genişletilmiş polistiren gibi hafif plastik malzemeden oluşan ve besin çözeltisi (BÇ) yüzeyinin üzerinde akışa bırakılan delikli plakalar üzerine yerleştirilmesi (19).	Mevcut çözelti sistemleri arasında çevre şartlarından en az etkilenen ve toleranslı olanıdır (21). Tesis başına yüksek BÇ hacmi nedeniyle, yüksek tamponlama kapasitesi ile karakterize edilir.	Özellikle BÇ sıcaklığı yüksek olduğunda kök bölgesindeki oksijen varlığı kısıtlanır. Meyveleri yenen sebzeler ile çok yıllık bitkiler için uygun değildir.
Besleyici Film Tekniği	Bitki köklerinin kanallar boyunca akan sığ bir BÇ akıntısına yerleştirilmesi (20).	BÇ yüzey alanının çözelti hacmine olan oranının yüksek olması daha iyi kök havalandırmasına katkıda bulunur.	Bitki başına BÇ hacminin düşük olması nedeniyle tamponlama kapasitesinin olmaması. Teknik bir arıza durumunda bitkinin zarar görme riski yüksektir. Çok yıllık bitkilerde aşırı kök biyokütlesi nedeniyle kanallar içinde BÇ'nin durgunluğu.
Aeroponik	Bitki kökleri kapalı kutular veya diğer tip kapların içinde yetiştirilir ve sürekli veya periyodik olarak ince BÇ damlacıkları püskürtülür.	Yeterli BÇ temini ile birlikte optimum kök havalandırması (22).	Teknik bir arıza durumunda bitkinin zarar görme riski yüksektir.



## **HİDROPONİK SERALAR NASIL TASARLANMALIDIR ?**

Hidroponik sera sistemleri, yüksek besin elementine gereksinim duyan ürünleri yetiştirmenin en etkili yoludur (23). Bitki besin elementleri ve su her zaman bitki kök bölgesinde bulunduğu için, hidroponik sera sistemlerinde bitkiler hiçbir zaman stres altında kalmaz (15, 24).

Hidroponik seraların tasarımında dikkate alınan temel ilkeler bitki beslemede otomasyon kullanımı dışında geleneksel sera tasarımından çok büyük bir farklılık göstermemektedir.

Seracılık, bitki yetiştiriciliğinde hassas denetim gerektiren bir üretim sistemidir ve iklim koşullarının titizlikle kontrol edilmesi yüksek kaliteli ve verimli ürünlerin elde edilmesini sağlar (25). Sera, kapalı bir ortam olduğundan iklimde ani değişimlere duyarlıdır ve bu, bitkilerin zarar görmesine neden olabilir, bu nedenle modern sera yapılarının otomatik kontrol edilmesi ve ani değişen koşullara hızlı önlemler alınması gereklidir (26). Hidroponik sistemler de benzer şekilde iklim kontrolünü gerektirir ve sera ortamında olduğu gibi bitki yetiştirme koşullarını optimize etmek için benzer çaba ve dikkat gerektirir. Bu benzerlikler, hem seralarda hem de hidroponik sistemlerde bitki yetiştirme alanındaki gelişmelere ve verimliliğe odaklanmış bir yaklaşımın önemini vurgular. Bu nedenle her iki yöntem de modern tarımın geleceği için önemli bir rol oynar ve çevre koşullarını kontrol etme ihtiyacı, daha sürdürülebilir ve verimli üretim sağlamada kritik bir faktördür.

Proje tasarımının ilk aşaması, seradan elde edilen verim işletme için güvenilir gelirin temel kaynağı olduğundan hangi ürünlerin yetiştirilmesinin en faydalı olacağını belirlemesidir. Bunun için de pazarlama olanakları, ısıtma-soğutma maliyetlerini etkileyen bölgesel iklim koşulları ve iş gücü kullanımı gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

Daha fazla alan daha fazla büyüme potansiyeli anlamına geldiğinden ve bu da daha fazla kâr potansiyeli anlamına geldiği için tasarımda göz önüne alınması gereken birinci belirleyici faktör alandır. İkinci belirleyici faktör ise seranın bölge koşullarına uygun olmasını sağlamak ve ısıtma-soğutma maliyetlerini minimuma indirmek açısından örtü malzemesidir.

Sensörler, iletişim ve örtü malzemesi üretim teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak, seracılık alanında yapılan yeni araştırmalar, uygun şekilde kontrol

edilen, çevre dostu, düşük maliyetli sera tasarımlarına odaklanmaktadır (27). Bitkinin gereksinim duyduğu sıcaklık, ışık, havalandırma gibi optimum çevre koşullarının yaratılması ve iş gücü kullanım kolaylığı açısından ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri tasarımına dikkat edilmeli, bu amaçla otomasyondan sistemlerinden yararlanma olanakları gözden geçirilmelidir.

Hidroponik seralarda sıcaklık, ışık yoğunluğu, karbondioksit konsantrasyonu ve nemin tümü Arduino vb. tabanlı bir iklim kontrol izleme sistemi kullanılarak izlenmelidir (28). Bu tür sistemler nesnelerin interneti ile entegre edildiğinde web sayfalarında verilere sürekli olarak erişilebilmekte ve sistemin veri analizi sonrasında sonuçlar hızlı bir şekilde görüntülenebilmektedir (29).

Son yıllarda açık kaynaklı donanımlar sayesinde elektronik kartların gelişimi ve kullanımı hızla artmıştır. Bu sistemler tarımsal uygulamalarda veri toplama, izleme ve analiz kolaylığı açısından çeşitli avantajlar sunabilir. Ancak, seradaki kablosuz sensörlerin konumu belirlenirken sıcaklık, bağıl nem ve ana istasyona olan uzaklık dikkate alınmalıdır.

## **SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Hidroponik teknolojisinin geleceği oldukça parlaktır. Çünkü, giderek artan dünya nüfusu ve azalan tarım arazilerinin yarattığı olumsuz tabloyu düzeltmek için sınırlı girdilerle gıda üreten benzersiz bir sisteme ihtiyaç olacaktır. Açık tarla tarımında yılda bir kez hasat edilen çeltiğin yılda dört kez hasat edilebildiği hidroponik sera sistemi gıda ihtiyacını karşılayabilecek tek sistemdir (30).

Hidroponik sera sistemi kurulum maliyeti yüksek olmasına rağmen gelecekte su ve bitkisel üretimin kıt/tehdit altında olduğu üçüncü dünya ülkelerinde milyonlarca insanı besleme kapasitesine sahiptir. Çünkü, uzun vadede tüm maliyetler düşecek, bu da bu teknolojiyi daha kullanışlı ve uygulanabilir hale getirecektir (12, 31, 32).

Daha verimli ve uygun maliyetli organik beslenme çözümleri geliştirmek ve hidroponik yetiştiricilik sistemlerini iyileştirmek için daha fazla araştırma yapılmasına gereksinim vardır. Hidroponik tarımın ticarileşmesini artırmak için ticari hidroponik çiftlikleri teşvik edici, işgücüne olan bağımlılığı azaltan, genel yatırım ve işletme masraflarını düşüren düşük maliyetli hidroponik yapıların tasarlanması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Food and Agricultural Organisation (FAO). How to Feed the World in 2050; 2009 (10.10.2023 tarihinde [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert\\_paper/How\\_to\\_Feed\\_the\\_World\\_in\\_2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf) adresinden ulaşılmıştır).
2. Sardare MD, Admane SV. A Review On Plant Without Soil – Hydroponics. IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology, ISSN: 2319-1163, 2013; 02(03) : 299-304.
3. Çaylı A and Kaya EH, The Design of a Mini Plant Factory with Artificial Lighting and Application of Environmental Conditions Control System. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 2019;7(11): 1834-1843.
4. Bradley P, Marulanda C. Simplified hydroponics to reduce global hunger. Acta Hort. (Wageningen.) 2001; 554, 289e295. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.554.31>
5. Barbosa GL., Almeida Gadelha FD, Kublik N, ve ark. Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. Conventional agricultural methods. Int. J. Environ. Res. Publ. Health. 2015; 12, 6879-6891. <https://doi.org/10.3390/ijerph120606879>
6. Hussain A, Iqbal K, Aziem S, ve ark. A review on the science of growing crops without soil (Soilless culture) e a novel alternative for growing crops. Intl. J. Agric. Crop Sci. 2014 ; 7:833-842.
7. Carmassi G, Incrocci L, Maggini R, Vve ark. Modeling salinity build-up in recirculating nutrient solution culture. J. Plant Nutr. 2005; 28:431-445. <https://doi.org/10.1081/PLN-200049163>
8. Samangoei M, SaSSi P. ve Jack A. Soil-less systems vs. soil-based systems for cultivating edible plants on buildings in relation to the contribution towards sustainable cities. Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society, 2016; 4(2): 24-39.
9. Pandey R, Jain V, Singh KP. Hydroponics Agriculture: Its Status, Scope and Limitations 2009(13.10.2023 tarihinde [https://www.researchgate.net/publication/259786326\\_Hydroponics\\_Agriculture\\_Its\\_Status\\_Scope\\_and\\_Limitations](https://www.researchgate.net/publication/259786326_Hydroponics_Agriculture_Its_Status_Scope_and_Limitations) adresinden ulaşılmıştır).
10. Beibel JP. Hydroponics -The Science of Growing Crops Without Soil. Florida Department of Agric. Bull. 1960; p. 180.
11. Suma TC, Kamat VR, Sangeetha TR, Reddy M. Review on hydroponics green fodder production: Enhancement of nutrient and water use efficiency. IJCS, 2020; 8(2): 2096-2102.
12. Maharana L, Koul DN. The emergence of Hydroponics. Yojana (June). 2011; 55 : 39-40.
13. Butler JD, Oebker NF. Hydroponics as a Hobby: Growing Plants Without Soil. Circular 844. Information Office, College of Agriculture, University of Illinois, Urbana, IL 61801; 1962.
14. Singh S, Singh BS. Hydroponics – A technique for cultivation of vegetables and medicinal plants. In. Proceedings of 4th Global conference on Horticulture for Food, Nutrition and Livelihood Options Bhubaneswar, Odisha, India. 2012. p.220.
15. Khan FA, Kurklu A, Ghafoor A, ve ark. A Review on Hydroponic Greenhouse Cultivation for Sustainable Agriculture. Int. J. Agric. Environ. Food Sci. 2018; 2(2) : 59-66. DOI: 10.31015/jaefs.18010.
16. Espiritu K. Hydroponic Systems. Retrieved from Epic Gardening 2018(12.10.2023 tarihinde <https://www.epicgardening.com/hydroponic-systems/> adresinden ulaşılmıştır).
17. Gould S. Internal Design of a Hydroponics Greenhouse for Tri Cycle Farms. Biological and Agricultural Engineering Undergraduate Honors Theses 2019(10.10.2023 tarihinde <https://scholarworks.uark.edu/baeguht/61> adresinden ulaşılmıştır).
18. Savvas D, Gruda N. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry – A review. Eur. J. Hortic. Sci. 2018; 83(5):280–293. ISSN 1611-4426 print, 1611-4434 online, <https://doi.org/10.17660/eJHS.2018/83.5.2>
19. Savvas ., Gianquint, GP, Tüzel Y, ve Gruda N. Soilless culture. In Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops – Principles for Mediterranean Climate Areas (Rome: FAO), Plant Production and Protection Paper. 2013; (217): 303–354.
20. Van Os EA, Gieling ThH, Lieth HH. Technical equipment in soilless production systems. Raviv M ve Lieth JH (eds.) Soilless Culture Theory and Practice içinde, London: Elsevier Publications;

- 2008, s. 147–207. <https://doi.org/10.1016/B978-044452975-6.50007-1>.
21. Brechner M, Both AJ. Hydroponic Lettuce Handbook. Cornell Controlled Environment Agriculture (Cornell University) 1996 (14.10.2023 tarihinde <http://www.cornellcea.com/attachments/Cornell%20CEA%20Lettuce%20Handbook%20.pdf> adresinden ulaşılmıştır).
  22. Kratsch HA, Graves WR, Gladon RJ. Aeroponic system for control of root-zone atmosphere. Environ. Exp. Bot. 2006; 55: 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.10.002>.
  23. Jones J. Ideal hydroponic growing system. Practical Hydroponics and Greenhouses. 2012; 124: 42-44.
  24. Sorenson R. Home Hydroponics 2009(12.10.2023 tarihinde [https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/48360/426-084\\_pdf.pdf](https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/48360/426-084_pdf.pdf) adresinden ulaşılmıştır).
  25. Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, Üstün S, Control of Greenhouse Environmental Conditions with IOT Based Monitoring and Analysis System. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 2017;5(11): 1279-1289.
  26. Çaylı A and Akyüz A, The Experimental Determination of The Impact of Overall Heat Consumption Coefficient and Thermal Screens on Heat Saving in Plastic Greenhouses. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi. 2019;22(2): 270-280.
  27. Yaslioglu E, Simsek E. Recent Trends In Greenhouse Engineering. Efe R, Zencirkiran M, ve İsa Curebal İ (eds.) Recent Researches in Science and Landscape Management içinde, Newcastle: Cambridge Scholars Publishing; 2018, s. 292-298.
  28. Hochmuth GJ, Hochmuth RC. Nutrient solution formulation for hydroponic (perlite, rockwool, NFT) tomatoes in Florida. HS796. Univ. Fla. Coop. Ext. Serv., Gainesville; 2001.
  29. Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, ve ark. The Feasibility of a Cloud-Based Low-Cost Environmental Monitoring System Via Open Source Hardware in Greenhouses. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi. 2018; 21(3): 323-338. DOI:10.18016/ksudobil.341513
  30. Van Os EA, Gieling TH, Ruijs MNA. Equipment for hydroponic installations. Savvas, D ve Passam HC (ed): Hydroponic production of vegetables and ornamentals içinde. Athens, Greece: Embryo Publications; 2001. s. 103–141.
  31. De Kreijl C, Voogt W, Baas R. Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. Research Station for Floriculture and Glasshouse Vegetables (PBG), Naaldwijk, The Netherlands, Brochure 196; 1999.
  32. Raviv M, Krasnovsky A, Medina S, Reuveni R. Assessment of various control strategies for recirculation of greenhouse effluents under semi-arid conditions. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 1998; 73(4): 485–491.

## BÖLÜM 4

# AZERBAYCAN ŞAMKİR BÖLGESİNDEKİ SERALARIN MEVCUT DURUMU, SORUNLARI VE UYGUN ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Kamran MEHDİYEV<sup>1</sup>  
Erkan YASLIOĞLU<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Diğer ülkelerde olduğu gibi Azerbaycanda da nüfus artmış ve göçler sonucunda kentleşme ve sanayileşme de artış gözlenmiştir. Kentleşme ve sanayileşme olmasına rağmen Azerbaycan Cumhuriyeti Tarım Bakanlığı'nın yürüttüğü projeler sonucunda ekilip dikilen tarım arazisi miktarında artışlar gözlemlenmiştir. Azerbaycan'daki tarım arazisi varlığı 1980 yılında 1.360.900 ha iken, 2016 yılında artarak 1.959.100 ha'ya ulaşmıştır. Aynı dönemde, nüfus da artarak 1980 yılında 6.206.700'den 2016 yılında 9.810.000'e çıkmıştır. Her ne kadar tarım arazisi miktarı %43,9 oranında artış gösterse de bu dönemde nüfusun artmasına bağlı olarak kişi başına düşen tarım arazisi miktarı 0,22 ha'dan 0,20 ha'ya gerilemiştir. Artan nüfusu besleyebilmek için birim alandan daha fazla ve nitelikli ürün alınması gerekmektedir. Son yıllarda etkisi giderek daha fazla hissedilen küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri de dikkate alındığında bu sorunu çözenin en etkili yollarından biri iklime bağlı olmadan ekolojik koşulların kısmen veya tamamen kontrol altına alınarak gerçekleştirildiği örtüaltı yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılmasıdır.

Tarım alanlarının artırılması çoğunlukla mümkün olmadığından birim alandan daha fazla ürün alabilmenin yollarından biri sertifikalı tohum kullanılması diğeri ise mevcut tarım alanlarındaki üretimin sürekli hale getirilmesidir. Bitkisel üretimin sürekli hale getirilmesinde, çeşitli kontrol araçlarıyla gelişim etmenlerini tüm yıl boyunca sağlayabilen ve içinde hareket edilebilir yapılar olarak tanımlanan seralar kullanılmaktadır (1).

<sup>1</sup> Doktora Öğrencisi, Bursa Uludağ Üniversitesi, kamran2146850@gmail.com, ORCID iD 0000-0002-0327-7975

<sup>2</sup> Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, yasli@uludag.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3865-7863

Seracılık, birim alandan daha fazla verim alınmasına olanak tanınması nedeniyle küçük alanlarda başarılı bir biçimde yürütülebilen, yıl boyunca düzenli bir işgücü kullanımı sağlayan önemli tarımsal faaliyet kollarından biridir (2).

Seralarda sıcaklık, havalandırma, nem, aydınlatma gibi çevre koşulları kolaylıkla ve hatta otomatik olarak ayarlanabilmektedir. Bitki besin maddelerinin verilmesi, CO<sub>2</sub> gübrelemesi, sulama, soğutma gibi kimi uygulamalar da yine otomatik olarak yapılabilmektedir. Kültürel uygulamalar ve çevre kontrolünde yararlanılan otomasyon düzeyi nedeniyle seralar, örtü altı tarımında kullanılan alçak tüneller vb. diğer yapılara oranla daha yüksek bir yatırım ve işletme masrafına gereksinim duyarlar (3).

Aydınlatma, sıcaklık, havalandırma ve nem gibi sera iç ortam iklim parametrelerinin üretilen bitkiler açısından en uygun değerlerde olması, üretimin başarısında doğrudan etkili olduğundan, sera içi ikliminin düzenlenmesi için çeşitli çalışmalar ve uygulamalar yapılmaktadır (4, 5, 6).

Seralarda yetiştirilen bitkiler için başlıca büyüme etmenlerinden biri; toplam güneş ışınımının görünür bölümü olan ışıktır. Güneş ışınımının yeterli olmadığı mevsimlerde bitkilere yeterli düzeyde ışık ulaşabilmesi için sera tasarımında ışık geçirgenliği iyi olan örtülerden yararlanılır. Ancak, özel bitkilerin yetiştirilmesi için kullanılan ve güneş ışınımının fazla olduğu bölgelerde bulunan seralarda, ışınımın yüksek olduğu dönemlerde gölgeleme yapmak gerekebilir.

Türkiye'de yapılan ilk seralarda sera konstrüksiyon malzemesi olarak ahşap, demir ve galvanize demir kullanılmıştır. Dayanaksız olması ve örtü malzemesini tutturmak için kullanılan çivilerin örtü malzemesini yırtması nedeniyle, plastik örtülü seralarda 1980'li yıllara kadar oldukça yaygın olan ahşap iskelet kullanımı giderek azalmıştır. Plastik ve cam örtülü seralarda konstrüksiyon malzemesi olarak günümüzde demir ve galvanize edilmiş demir profilleri kullanılmaktadır (7).

Örtü malzemesi olarak plastiğin kullanılması diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de giderek yaygınlaşmaktadır. Plastik örtü olarak en yaygın kullanılan materyal, ucuzluğu nedeniyle, polietilen (PE) filmidir. Son yıllarda piyasada bulunan UV, IR ve Antifog katkılı plastik örtüler, uzun ömürlü olmaları ve arzu edilen iç ortam iklim koşullarının yaratılmasında sağladığı yararlar nedeniyle, üreticiler tarafından daha tercih edilir olmuştur.

Eskiden örtü materyalini konstrüksiyona tutturmak için cam seralarda kullanılan macun, plastik seralarda kullanılan çivi yerine son yıllarda sert veya yumuşak plastikten klips kullanımı yaygınlaşmıştır (8).

İyi bir sera havalandırması için çatıda mutlaka havalandırma açıklığı bulunmalı ve bu açıklığın alanı sera taban alanının %20'si büyüklüğünde olmalıdır. Çatı

havalandırması bulunmayan plastik örtülü seralarda yükselen nem ve sıcaklığı kontrol etmek oldukça zordur (9). Sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde sera iç ortam ikliminin bitki isteğine uygun duruma getirilmesi gerekmektedir. Bu dönemlerde doğal ve mekanik havalandırma ile gölgeleme yöntemlerinin yetersiz kalması durumunda kullanılan en etkili çözüm yollarından biri evaporatif (buharlaştırmalı) serinletme yöntemidir (10). Boyacı ve Akyüz (11) Akdeniz ikliminde sera serinletme yöntemlerinin domatesin büyüme ve verimi üzerine etkilerini incelediği çalışmalarında verim değerleri ile seralarda kullanılan soğutma sistemleri arasında bir ilişki olduğunu, evaporatif soğutma sisteminin pazarlanabilir meyve sayısı ve bitki başına verim açısından doğal havalandırma ve sisleme+doğal havalandırma sistemlerine göre üstün olduğunu bulmuşlardır.

Azerbaycan'da serada sebze yetiştiriciliğinin yapıldığı 3 bölge vardır: ülkenin batısı (Gence ve Şamkir bölgesi) ve orta bölümü (Abşeron çevresi) ile güneyde yer alan Lankaran ve Astara (12). Azerbaycan'da örtüaltı yetiştiriciliği yapılan alanlar giderek artmakta (Tablo 1) ve seracılık yaygın olarak Abşeron iktisadi bölgesi (rayon), Gence-Kazak iktisadi bölgesi (rayon) ve Aran bölgesinde yapılmaktadır. Son yıllarda diğer bölgelerde özellikle de Bakü şehrinde önemli gelişmeler gözlemlenmektedir.

**Tablo 1. Azerbaycan'da örtüaltı alanlarının iktisadi bölgelere (rayonlar) ve yıllara göre değişimi (ha)**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Bakü	68	107	100	83	83	210	141	26	31	273
Abşeron	21	20	18	31	33	31	47	53	142	336
Gence-Kazak	379	406	619	632	623	666	734	733	768	798
Şeki-Zakatala	-	1	0.3	2	2	-	-	174	181	354
Lenkeran	412	406	401	412	421	404	412	386	12	16
Kuba-Kaçmaz	-	-	26	9	-	-	-	7	10	7
Aran	207	211	206	218	219	217	237	248	242	366
Dağlık Şirvan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Nahçıvan	1	3	3	3	3	3	3	6	8	12
Toplam	1088	1154	1373	1390	1384	1531	1574	1633	1394	2165

Şamkir bölgesi örtüaltı varlığı Azerbaycan'ın toplam örtüaltı varlığı içinde önemli bir paya sahiptir. Şamkir bölgesi örtüaltı varlığı son yıllarda %82 artış göstererek 2008 yılında 401 ha'dan 2016 yılında 731 ha'ya yükselmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Gence Kazak iktisadi bölgelerinin yıllara göre değişimi (ha)									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gence-Kazak	406	619	632	623	666	734	733	768	798
Gence	5	3	12	12	7	7	5	5	-
Tovuz	-	-	-	-	-	10	10	25	31
Şamkir	401	616	620	611	657	710	714	720	731
Samuh	-	-	-	-	2	7	4	18	36

## MATERYAL VE METOD

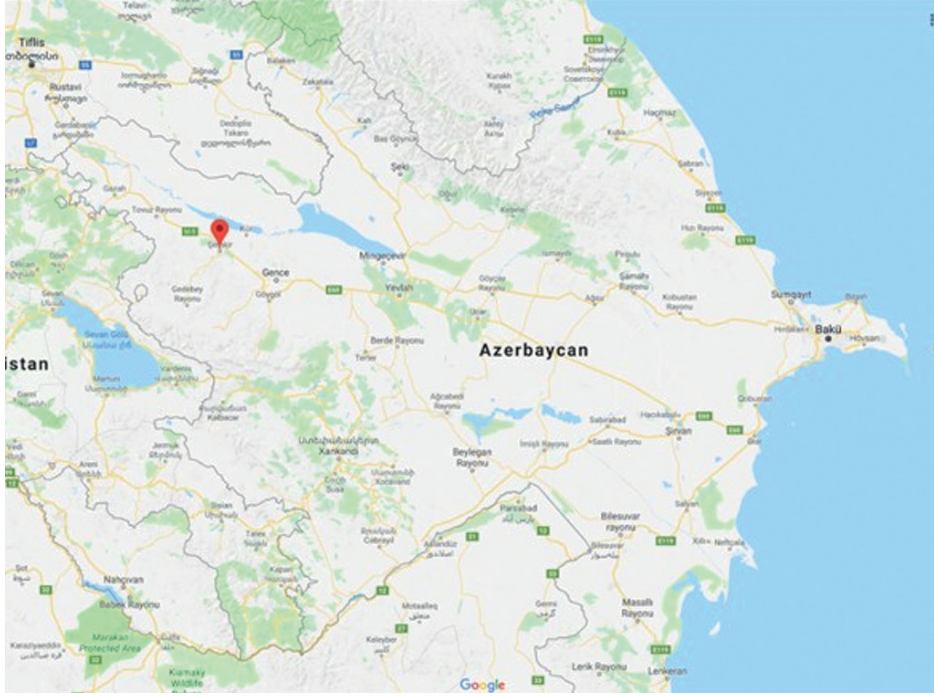
Araştırma 2018 yılı içerisinde, Azerbaycan'ın kuzeybatısında, 40° 49' Kuzey enlemi, 46° 4' Doğu boylamları arasında yer alan ve Azerbaycan örtüaltı tarımında önemli bir yere sahip olan Şamkir bölgesinde yürütülmüştür (Resim 1). Şamkir'in bağlı olduğu Gence şehrinde (rayon) sıcak ve ılıman iklim görülmektedir (13). Kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Köppen-Geiger'e göre kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim (Csa)'dir. Gence ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 16,9°C, yıllık ortalama yağış miktarı ise 883 mm'dir (Tablo 3).

Araştırmada ilk olarak, bölgedeki sera işletmelerinin teknik ve yapısal yönünden mevcut durumunu, sorunlarını ortaya koymak ve bu sorunlara uygun çözüm önerileri belirlemek amacıyla; seraların konstrüksiyon özellikleri ve boyutları, yapı malzemelerinin cinsi, kullanılan havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemleri, sulama ve drenaj koşulları, ürün deseni ve üreticilerin karşılaştığı sorunlar hakkında ayrıntılı bilgileri kapsayan bir anket formu hazırlanmıştır.

Araştırmanın yürütüleceği işletmelerin belirlenmesinde tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılmıştır (14). Anket çalışmasının yöreyi temsil edebilmesi amacıyla, Şamkir bölgesindeki 4 farklı köyde toplam olarak 21 adet serada anket çalışması yürütülmüştür. Bu seraların toplam taban alanı 94,8 da'dır. İncelenen işletmelerin sera taban alanları 1-21 da arasında değişmekte olup ortalaması 4,514 da'dır.



*Azerbaycan Şamkir Bölgesindeki Seraların Mevcut Durumu, Sorunları ve Uygun Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi*



**Resim 1.** Araştırma alanı..

**Tablo 3. Gence ili aylara göre sıcaklık ve yağış dağılımı(13)**

	Oc.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Agu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Aral.
Ort. Sıc. (°C)	8,6	9,0	11,1	14,5	18,4	22,9	26,1	26,0	23,1	18,7	13,9	10,2
Min. Sıc. (°C)	4,1	4,4	6,0	9,1	12,7	16,8	19,8	19,6	16,6	12,7	8,7	5,8
Mak. Sıc. (°C)	13,1	13,6	16,3	19,9	24,2	29,1	32,5	32,5	29,7	24,7	19,2	14,7
Yağış (mm)	200	147	88	43	25	11	5	4	11	58	102	189

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

Çalışmadan elde edilen bulgular; sera işletmelerinin genel özellikleri, yapısal ve planlama özellikleri, yapı elemanlarının değerlendirilmesi ve sera içi çevre koşullarının yeterliliğinin belirlenmesi başlıkları altında değerlendirilmiştir.

## İNCELENEN SERA İŞLETMELERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

İncelenen seralar yararlanma şekillerine göre değerlendirildiğinde %95,2'sini yetiştirme seraları, %4,8'ini üretim seraları oluşturmaktadır. Araştırma alanındaki yetiştirme seralarında bitkisel üretim için gerekli tüm tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi aile bireyleri tarafından yapılmaktadır. Yetiştirme seralarında yetiştirilen ürünler arasında domates ( 45,5) ve hıyar (%45,4) önemli bir yer tutmaktadır. Bunları ise biber (%4,5 ) ve patlıcan (%4,4) izlemektedir. Üretim seralarında ise domates, hıyar, biber, patlıcan gibi çeşitli sebzelerin fideleri yetiştirilmektedir.

Araştırmada ele alınan 21 adet sera işletmesinin kapladığı alan yaklaşık 94,8 da'dır. İncelenen seraların hepsini plastik seralar oluşturmaktadır. İncelenen 21 adet işletmeye ait sera alanlarının büyüklük gruplarına göre dağılımı Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4. İncelenen işletmelerin büyüklüklerine göre sera alanı dağılımları**

Sera Alanı (da)	İşletme Verileri		Ortalama Sera alanı (da)
	Adet	Oran (%)	
1,0-5,0	14	35,1	2,37
5,1-10,0	5	32,3	6,12
10,1-20	1	10,5	10
> 20	1	22,1	21
Total	21	100	94,8

## İNCELENEN SERALARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİ VE PLANLAMA KRİTERLERİ

İncelenen sera işletmelerinde yapı malzemesi olarak % 90,4 çelik profil malzeme ve %9,6 ahşap+çelik malzeme kullanılmaktadır. İncelenen seralarda ahşap+çelik yapı malzemesi sadece yay çatılı plastik seralarda kullanılırken, çelik profil malzeme ise hem yay çatılı hem de beşik çatılı plastik seralarda kullanılmaktadır. Yapı malzemesini korozyona karşı korumak için boyandığı gözlemlenmiştir. Korozyona karşı korunmayan yapı malzemelerinde dış hava koşullarının etkisiyle oksidasyon oluşmakta (Resim 2) ve zamanla çürüme ile paslanmaya bağlı olarak yapı elemanlarının mukavemeti azalmaktadır. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için seralarda kullanılan yapı malzemelerinin mutlaka korozyona karşı galvanizleme ve boyama ile dış hava koşullarına karşı korunması gerekmektedir (15, 16).



**Resim 2.** Oksidasyon nedeniyle olukta korozyon oluşumu.

İncelenen seraların tamamı plastik örtülü olup, örtü materyali olarak maliyetinin düşük olması nedeniyle polietilen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Araştırma alanındaki plastik seraların %81 inde UV katkıli polietilen, %9,5 inde UV+IR katkıli polietilen ve geri kalan %9,5'inde ise UV+IR+AF katkıli polietilen kullanılmaktadır. Maliyetinin düşük olmasından dolayı çiftçilerin büyük bir çoğunluğu sadece UV katkıli polietilen plastik örtü malzemesini tercih etmektedir. Katkısız plastik örtülere oranla daha uzun ömre sahip bu örtü malzemesi sadece zararlı ultraviyole ışınlarının sera içerisine girmesini engellemektedir.

Geoola ve ark. (17) yaptıkları bir çalışmada AF katkıli plastik filmin ışık geçirgenliğinin ıslak ve kuru koşullarda AF katkısiz plastiklere oranla daha yüksek olduğunu, ıslak koşullarda AF katkısiz plastik filmlerin ışık geçirgenliğinde %14-19 oranında azalma meydana geldiğini ve tüm plastik filmlerin ışık geçirgenliğinde zamanla azalma meydana geldiğini bulmuşlardır. Bu koşullarda üreticilerin sadece UV katkıli polietilen örtü malzemesinin yerine daha geniş kapsamlı olan UV+IR+AF+AV katkıli polietilen örtüyü tercih etmeleri sağlanmalıdır.

Araştırma alanındaki seralar çatı şekillerine göre incelendiğinde, %95,2'sinin yay çatılı (Resim 3), %4,8'inin beşik çatılı seralar olduğu belirlenmiştir. İncelenen beşik çatılı seranın çatı eğim açısı 30° olarak saptanmıştır. Saltuk (18) Mersin yöresindeki plastik örtülü seraların mevcut durumlarını incelediği çalışmada, incelenen seraların %53,5'de yay çatılı profil sistemlerin, %39,4'ünde yay çatılı borulu sistemlerin kullanıldığını belirlemiştir.

Beşik çatılı seralarda en uygun çatı eğim açısının 26-27° olduğu, beşik çatılı seralarda bu eğimde güneş ışınlarından faydalanma kaybının %14, yay çatılı seralarda ise %10 dolaylarında olduğu belirlenmiştir (19). Yay çatılı seralarda çatı iç yüzeyinde yoğunlaşan nemin bitkilerin üzerine akması durumu söz konusudur. Beşik çatılı seralarda güneş ışınlarından en iyi şekilde yararlanabilmek için uygun çatı eğim açısı dikkate alınarak projelendirilmelidir.



**Resim 3.** Yay çatılı blok sera.

Araştırma alanındaki seralar kuruluş yönlerine göre değerlendirildiklerinde %52'si doğu-batı yönünde, %48'i kuzey-güney yönünde yönlendirilmişlerdir. Uzun ekseni doğu-batı yönünde konumlandırılmış bireysel seralarda sera üzerine gelen güneş enerjisinin daha uniform dağıldığı; ayrıca, bu biçimde kurulan seralarda kuzey-güney doğrultusunda kurulanlara göre güneş ışınlarından yararlanmanın yazın %3 daha az, kışın %48 daha fazla olduğu belirlenmiştir (20).

İncelenen seraların tümü bölmesiz blok seralardan oluşmaktadır. İncelenen blok seralarda blok sayısı 2-6 arasında değişmekte ve bir bölmenin eni 4-6 m, boyu 40-50 m arasında değişmektedir. Bu seraların yan duvar yüksekliği 2-2,5 m, mahya yüksekliği ise 3-4 m arasında değişmektedir.

Elde edilen bulgulara göre bu bölgedeki üreticilerin kendi seralarını kendi imkanlarıyla kurdukları belirlenmiştir. Bu yüzden planlanan seralarda maliyeti düşürmek amaçlanmıştır ve bu yüzden seralar modern görünmemektedir.

## **İNCELENEN SERALARIN YAPI ELEMANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

İncelenen plastik seraların %28,6'sı ortalama 20x30 cm boyutlarında bireysel temel, %23,8'i ise ortalama 20x30 cm bireysel temel ile ortalama 18x28 cm boyutlarında perde duvarı içerecek şekilde temel sistemine sahip olup geri kalan % 52,4'ünde ise temel kullanılmamış ve sera kolonları 30-40 cm toprak derinliğine gömülmüştür. Temel kullanılmayan, sera kolonlarının temel olarak kullanıldığı seralarda, yağışların fazla olduğu zamanlarda seraları su bastığı belirlenmiştir. İncelenen plastik seraların kolonlarında L 40.40 , L 60.60 , I 80.80 profil çelik ve galvanizli çelik boru profilden yapılmış dikmeler kullanılmış, bunlar T 30 profil çeliğin yay şekline bükülmesi ile ve 2 inç çapında çelik boru profilinin yay şekiline bükülmesi ile elde edilen çerçeveler yerleştirilmiştir. Dikmeler ise sera uzun kenarı boyunca 2, 2,5 ve 3 m ara ile monte edilmiştir.

## **İNCELENEN SERALARDA SERA İÇİ ÇEVRE KOŞULLARININ YETERLİLİĞİ**

Araştırmada incelenen seraların tümünde, doğal havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Yay çatılı plastik seraların tümünde havalandırma alın duvarlarıyla çatıya yerleştirilen pencerelerle yapılmaktadır. Alın duvarlarında 1'er tane 1 m x 2 m pencereler yer almaktadır (Resim 4). Çatıda ise standart olarak 1 m x 2 m boyutlarında 2m aralıkla pencereler yerleştirilmiştir. Pencerelerin açılıp kapanması tamamen elle yapılmaktadır ve herhangi bir mekanizma bulunmamaktadır.



**Resim 4.** Alın duvarındaki havalandırma pencerelerinin konumu.



Beşik çatılı plastik seralarda havalandırma yan duvarlara yerleştirilmiş pencereler ve çatıya yerleştirilmiş tüm sera boyunca uzanan pencere (Resim 5) ile yapılmaktadır. Bu tip seralarda ise yan duvarlardaki pencereler el ile, çatıdaki pencere ise mekanizma ile açılıp-kapanmaktadır. Yan duvardaki pencereler yay çatılı seralarda olduğu gibi standart olarak 1m x 2m boyutlarındadır ve 2 m aralıkla yerleştirilmiştir.

Araştırma kapsamında incelenen seraların %52,4’de bitki isteklerine göre ısıtma yapılmakta, %47,6’sında ise ısıtma sadece don zararından korunmak için yapılmaktadır.



**Resim 5.** Beşik çatılı bir serada mahya havalandırma açıklığı.

İncelenen seralarda %52,4 ile sıcak su borularıyla ısıtma en yaygın kullanılanıdır. Bu tür kombiler LPG ve Dizel yakıtlarıyla çalışmaktadır. Isıtmada 2 farklı tür soba kullanılmaktadır; mazot (M40) yakılan ve odun yakılan sobalar. İncelenen seraların %28,6’sında mazot yakılan, %9,5’inde odun yakılan sobalar kullanılmakta, %9,5’inde ise hiç bir ısıtma sistemi kullanılmamaktadır.

## **SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Azerbaycan’ın toplam örtüaltı varlığı içinde en büyük paya sahip olan Şamkir bölgesinde her ne kadar örtüaltı üretim alanları ve üretilen ürün miktarı artmış olsa da seralarda kullanılan teknoloji düzeyi düşük, iklimsel denetim yetersiz ve

tamamı plastik örtülü olan incelenen seralarda UV katkılı olanlar dışında (%81) diğer katkılı plastik örtülerin kullanımı yaygın değildir.

Araştırma alanındaki seraların boyutlandırma ve planlama kriterlerinin oldukça basit olduğu ve seralarda havalandırmanın etkin bir şekilde yapılmadığı gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada sera havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranının ortalama % 10-15 arasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bölgedeki plastik seraların büyük bir çoğunluğunda yan duvar havalandırması bulunmamaktadır. Etkin bir havalandırma için havalandırma açıklıkları mümkünse mahya, yan duvarlar ve alın duvarlarına da yerleştirilmeli ve havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranı %15-25 arasında olmalıdır (21). Seralarda havalandırma sistemlerinin hareketi ve kontrolü insan işgücü ile gerçekleştirilmektedir. Yaslioglu ve Simsek (22) nesnelere ve ekipmanların internet altyapısı içerisinde birbirine bağlanmasına dayanan nesnelere internetinin (IoT) modüler yapısı, özellikle küçük ölçekli sera işletmelerinde iç ortam verilerinin izlenmesini ve havalandırma, sulama ve ısıtma sistemlerinin kontrolünün daha kolay ve etkin bir şekilde yapılmasını sağladığını bildirmektedir. Bölgedeki seraların önemli bir bölümünün küçük ölçekli olduğu dikkate alındığında bu teknolojik olanığın geliştirilmesine ve teşvikine yönelik çalışmaların yapılması yerinde olacaktır. Ortalama günlük sıcaklığın 12°C'nin altına düştüğü yerlerde gece saatlerinde seralar ısıtılmalı, 22°C'nin üzerine çıktığı durumlarda ise soğutulmalıdır (23). Bu yönüyle değerlendirildiğinde Şamkir bölgesinde seraların ocak, şubat, mart ve aralık aylarında sadece dondan korunma amaçlı değil yüksek ve kaliteli verimin elde edilebilmesi için ısıtılması, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında ise soğutulması gerekmektedir. Bölgedeki sera işletmelerinde ısıtmada yakıt olarak mazot yaygın bir biçimde kullanılmakta ve maliyeti yüksek olmaktadır. Bunun yanı sıra ekolojik bakımdan da hava kirliliği yaratmaktadır. Bu yüzden seralarda daha kontrollü bir sera ortamı yaratabilmek için temiz ve ekonomik bir enerji kaynağı olan doğal gaz kullanımının yaygınlaştırılması yoluyla sıcak su borulu ısıtma sistemlerinin geliştirilmesi sağlanmalıdır.

Şamkir bölgesiyle ilgili yapılacak planlama, iyileştirme, teşvik ve destekleme için konuyla ilgili yapılan araştırmalardan yararlanılması ve daha detaylı araştırmaların yapılması yerinde olacaktır.

## **KAYNAKLAR**

1. Üstün S, Baytorun AN. Sera Projelerinin Hazırlanmasına Yönelik Bir Uzman Sistemin Oluşturulması. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 2003; 6(1):168-176.
2. Kendirli B. Ülkemizde Seraların Isıtılmasında Jeotermal Enerji Kullanımı. Ekin Dergisi, 2002;19(6): 20-26.
3. Abak K, Ertekin Ü. Değişik Sebze Türlerinin Farklı Örtüaltı Tiplerine Uygunluğu. Türkiye'de Seracılık Sempozyumu, 1985, Ankara: Cam Pazarlama A.Ş. Yayın No: 1985/2, s: 47-59.

4. Yağcıoğlu A. Sera Mekanizasyonu. Bornova, İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Basımevi; 1999 (287s.).
5. Çaylı A, Temperature and relative humidity spatial variability: An assessment of the environmental conditions inside greenhouses. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020;29(7): 4954-4962.
6. Çaylı A and Akyüz A, The Experimental Determination of The Impact of Overall Heat Consumption Coefficient and Thermal Screens on Heat Saving in Plastic Greenhouses. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*. 2019;22(2): 270-280.
7. Tüzel Y, Eltez RZ. Protected Cultivation in Turkey. A Contribution Towards a Data Base for Protected Cultivation in The Mediterranean Region. (Edit. A.F. Abou-Hadid). FAO Regional Working Group Greenhouse Crop Protection in the Mediterranean Region, 1997.
8. Sevgican A, Tüzel Y, Gül A., ve ark. Türkiyede Örtüaltı Yetiştiriciliği.: Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, 17-21 Ocak 2000, Ankara, (Cilt: 2: 679-707).
9. Sevgican A. Örtüaltı Sebzeçiliği., Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:528. 1999; Cilt I ISBN 975-483-384-2, Bornova-İzmir, 302s.
10. Boyacı S, Akyüz A, Üstün S, ve ark. Seralarda Yüksek Sıcaklıkların Azaltılmasında Kullanılan Yöntemler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 2017; 4(1): 89-95. doi: 10.19159/tu-tad.300720
11. Boyacı S, Akyüz A. Effect of Greenhouse Cooling Methods on the Growth and Yield of Tomato in a Mediterranean Climate. *International journal of Horticulture, Agriculture and Food science (IJHAF)*. 2018; 2(6):199-207.
12. Katsoulas N, Hadzilias E.. Greenhouse Sector Assessment in Azerbaijan and Prospects for Sustainable Development. In: C. Kittas et al.( Eds.), Proc. IS on GreenSys2011, Acta Hort. 952, 2011; ISHS 2012
13. Anonim. İklim: Gence 2018 ( 13.07.2018 tarihinde <https://tr.climate-data.org/location/183475/> adresinden ulaşılmıştır).
14. Düzgüneş O, Kesici T ve Gürbüz F. İstatistik Metodları-I. Ankara: Ank. Üniv. Zir. Fak. Yay. 861, Ders kitabı, 1983.
15. Öneş A. Sera Yapım Tekniği. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:970; 1986.
16. Baytorun A N. Seralar. Adana: Çukurova Üniv. Zir. Fak. Yay.29, 1995.
17. Geoola F, Kashti Y, Levi A, ve ark. Quality Evaluation of Anti-Drop Properties of Greenhouse Cladding Materials. *Polymer Testing*, 2004; 23(2004):755-761.
18. Saltuk B. Mersin İli ve İlçelerinde Bulunan Plastik Seraların Yapısal Yönden İncelenmesi ve Geliştirilme Olanakları Üzerinde bir Araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2005.
19. Alkan Z. Sera Planlama ve İnşa Tekniği. Denizli: Ege Üniv. Mühendislik Bilimleri Fakültesi Denizli Ön Lisans Yüksek Okulu; 1977. 205 s.
20. Mastalerz JW. The Greenhouse Environment. Australia: John Wiley & Sons Limited;1977. 629 s.
21. Zabeltitz von C. Greenhouse structures. In: G. Stanhill and H. Enoch (eds.), *Greenhouse ecosystems*. Elsevier Science B.V.; 1999.
22. Yaslioglu E, Simsek E. Recent Trends In Greenhouse Engineering. Efe R, Zencirkiran M, ve İsa Curebal İ (eds.) *Recent Researches in Science and Landscape Management içinde*, Newcastle: Cambridge Scholars Publishing; 2018, s. 292-298.
23. Baudoin WO, Zabeltitz von C. Greenhouse Constructions for Small Scale Farmers in Tropical Regions. *Acta Horticulturae*. 2002; 578:171-179.



## BÖLÜM 5

# GIDA FERMANTASYONLARINDAKİ MİKROBİYAL FLORANIN ARAŞTIRILMASINA YÖNELİK NÜKLEİK ASİT BAZLI YAKLAŞIMLAR

Aytül BAYRAKTAR<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Fermantasyon, geleneksel bir gıda muhafaza yöntemlerinden olan, gıdanın besinsel ve organoleptik özelliklerini iyileştirme özelliğinden dolayı insan sağlığına büyük faydalar sağlayan bir işlemdir. Fermente gıdaların üretiminde mikroorganizmalar önemli bir rol oynamaktadır. Gıda fermantasyonu çoğu zaman birçok farklı coğrafi bölgede kendiliğinden gerçekleşir. Bu nedenle geleneksel yiyeceklerde belirlenemeyen bakteri veya küf türleri bulundurmaktadır.

Nükleik asit (DNA/RNA) bazlı analizler büyük dizileme araçları ve biyoformatik ile bağlantılı olarak ortaya çıkmaktadır. Mikrobiyal çeşitliliği araştırmak için kullanılan moleküler yöntemler bu alana girmektedir. Gıda mikrobiyal ekolojisi, temel olarak Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) amplifikasyonunu içerir ve primerler ile gerçekleştirilir. Hedef DNA (veya RNA) bölgeleri genellikle PCR amplifikasyonu, enzimatik kısıtlama ve elektroforetik teknikleri (T-RFLP-Terminal Kısıtlama Parçası Uzunluğu Polimorfizmi, DGGE-Denatürasyon Jel Gradyan Elektroforezi, TGGE-Sıcaklık Gradyan Jel Elektroforezi gibi) ile analiz edilir. Bununla birlikte, fonksiyonel metagenomik, belirli bir ekosistemde gen ve gen ekspresyonu seviyelerinde (metatranskriptomik) potansiyel olarak veya aktif olarak mevcut olan mikrobiyal enzimatik aktivitelerin çeşitliliğini araştırır. Bu yöntemler, çok az sayıda dizi okuması üreterek belirli bir örnekteki mikrobiyal DNA içeriğinin kapsamlı bir tanımını sağlamaktadır.

Gıda teknolojisi araştırmacıları, günlük beslenmede tüketilen yoğurt, ekmek, bira gibi birçok fermente gıdanın nasıl daha sağlıklı ve kaliteli besin değerine sahip olabileceği, daha lezzetli ve ucuz hale gelebileceği üzerinde çalışmaktadır. Bunlardan biri de fermantasyon sürecinin nasıl yürütüldüğüne dair yapılan çalışmalarıdır. Her ne kadar bu yöntemler nesilden nesile aktarılmış olsa da bu üretimlerin

<sup>1</sup> Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, aytulbayraktar@sdu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1725-6315

modern imalat çalışmaları için standart hale getirilmesi gerekmektedir. Fermantasyonun sağlanması için bazı mikroorganizmaların görev yapması gerekir. Hangi fermantasyondan hangi mikroorganizmaların sorumlu olduğunu anlamak için gıda örnekleriyle çeşitli çalışmalar yapılmış ve mikroorganizmaların tanımlamaları yapılmıştır. Mikroorganizmaların farklılıkları tespit edilerek besinlerden izole edilmiş ve çoğaltılmaya çalışılmıştır. Mikroorganizmaların bireysel farklılıkları söz konusu olduğunda, geleneksel yöntemlerle ayırt edilemeyecek kadar küçük bir farklılığın, besin çeşitliliğinde büyük bir farklılaşmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum geleneksel fermente gıdaların hiçbirinin birbirine benzememesiyle açıklanabilir (23). Fermente gıdalardaki bazı mikroorganizma türleri de Tablo 1’de gösterilmektedir.

**Tablo 1. Dünyadaki bazı çeşitli fermente ürünler (53)**

ÜRÜN	Yüzey malzemesi	Mikroorganizma	Ülke
Asidophilus sütü	İnek sütü	<i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i>	Rusya, Doğu Avrupa, Yunanistan, Türkiye, Kuzey Amerika, İskandinavya
Biruni	İnek-deve sütü	LAB	Sudan
Peynir	Hayvan sütü	<i>Lc. lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lc. lactis subsp. lactis</i> , <i>Lb. delbrueckii subsp. delbrueckii</i> , <i>Lb. delbrueckii subsp. lactis</i> , <i>Lb. helveticus</i> , <i>Lb. casei</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb. salivarius</i> , <i>Leuconostoc spp.</i> , <i>Strep. thermophilus</i> , <i>Ent. durans</i> , <i>Ent. faecium</i> , and <i>Staphylococcus spp.</i> , <i>Brevibacterium linens</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Penicillium camemberti</i> , <i>P. roqueforti</i> .	Dünya çapında

*Gıda Fermantasyonlarındaki Mikrobiyal Floranın Araştırılmasına Yönelik  
Nükleik Asit Bazlı Yaklaşımlar*

Laban rayeb	Süt	Lb. casei, Lb. plantarum, Lb. brevis, Lact. lactis, Sacch. kefir, Leuconostoc sp.	Mısır
Pheuja or suja	Çay-yağ-tuz	Bilinmiyor	Hindistan, Çin (Tibet), Butan, Nepal
Boza	Hububat	Lactobacillus sp., Lactococcus sp., Pediococcus sp., Leuconostoc sp., Sacch. cerevisiae	Bulgaristan Balkan Türkiye
Busa	Mısır-sorgum-darı	Sacch. cerevisiae, Schizosacchomyces pombe, Lb. plantarum, Lb. helveticus, Lb. salivarius, Lb. casei, Lb. brevis, Lb. buchneri, Leuc. mesenteroides, Ped. damnosus	Doğu Afrika Kenya
Hulumur	Sorgum-pirinç-darı	Leuc. mesenteroides, Lb. Plantarum, Lactobacillus sp.	Sudan Türkiye
Minchin	Beyaz gluten	<i>Paceilomyces sp., Aspergillus sp., Cladosporium sp., Fusarium sp., Syncephalastum sp., Penicillium sp., Trichothecium sp.</i>	Çin
Pumpernickel	Çavdar	Pumpernickel Çavdar Mayaları, LAB, çavdar ekşi mayası	İsviçre Almanya
Tarhana	Koyun sütü-buğday	Strep. termofilus, mayalar	Kıbrıs Yunanistan Türkiye
Anishi	Taro yaprağı	LAB	Hindistan
Dakguadong	Hardal yaprağı	Lb. plantarum	Tayland

Tablo 1. Dünyadaki bazı çeşitli fermente ürünler (53) (DEVAMI)			
ÜRÜN	Yüzey malzemesi	Mikroorganizma	Ülke
İnzıang-sang	Hardal yağrağı	<i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb. brevis</i> , <i>Ped. acidilactici</i>	Hindistan
Khalpi	Salatalık	<i>Lb. brevis</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Ped. pentosaceus</i> , <i>Ped.</i> <i>Acidilactici</i> , <i>Leuc. Fallax</i>	Hindistan Nepal
Kimchi	Turp, tuz, sarımsak, acı biber, yeşil soğan, zencefil	<i>Leuc. mesenteroides</i> , , <i>Lb.</i> <i>plantarum</i> , <i>Lb. brevis</i> , <i>Ped.</i> <i>cerevisiae</i>	Kore
Olives	Zeytin	<i>Leuc. mesenteroides</i> , <i>Ped. pentosaceus</i> ; <i>Lb.</i> <i>plantarum</i> <i>Lb. pentosus</i> / <i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb.</i> <i>paracollinoides</i> , <i>Lb.</i> <i>vaccinostercus</i> / <i>Lb.</i> <i>suebicus</i> and <i>Pediococcus</i> <i>sp. non-lactics</i> ( <i>Gordonia</i> <i>sp./Pseudomonas sp.</i> , <i>Halorubrum orientalis</i> , <i>Halosarcina pallid</i> , <i>Sphingomonas sp./</i> <i>Sphingobium sp./</i> <i>Sphingopyxis sp.</i> , <i>Thalassomonas</i> <i>agarivorans</i> ) and <i>yeasts</i> ( <i>Candida cf.</i> <i>apicola</i> , <i>Pichia sp.</i> , <i>Pic. manshurica</i> / <i>Pic.</i> <i>galeiformis</i> , <i>Sacch.</i> <i>cerevisiae</i> )	Amerika Birleşik Devletleri İspanya Portekiz Peru Şili
Takanazuke	Geniş yapraklı hardal, tuz,zencefil,kırmızı biber, zerdeçal	<i>Ped. halophilus</i> , <i>Lb.</i> <i>plantarum</i> , <i>Lb. brevis</i>	Japonya
Aakhone	Soya fasülyesi	<i>B. subtilis</i> , <i>Proteus</i> <i>mirabilis</i>	Hindistan
Bikalga	Roselle	<i>B. subtilis</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. pumilus</i>	Burkina faso
Dhokla	Nohut	<i>Leuc. mesenteroides</i> , <i>Lb.</i> <i>fermenti</i> , <i>Ent. faecalis</i> , <i>Tor.</i> <i>candida</i> , <i>Tor. pullulans</i>	Hindistan

*Gıda Fermantasyonlarındaki Mikrobiyal Floranın Araştırılmasına Yönelik  
Nükleik Asit Bazlı Yaklaşımlar*

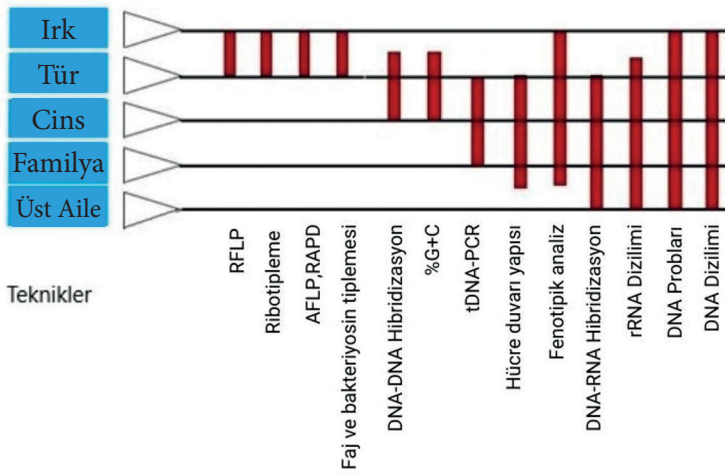
Kecap	Soya fasülyesi, buğday	<i>Rhiz. oligosporus</i> , <i>Rhiz. oryzae</i> , <i>Asp. oryzae</i> , <i>Ped. halophilus</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , <i>Candida sp.</i> , <i>Debaromyces sp.</i> , <i>Sterigmatomyces sp.</i>	Endonezya
Miso	Soya fasülyesi	<i>Ped. acidilactici</i> , <i>Leuc. paramesenteroides</i> , <i>Micrococcus halobius</i> , <i>Zygosaccharomyces rouxii</i> , <i>Asp. oryzae</i>	Japonya
Dage	Hindistan cevizi presli kek, ragi	<i>Rhizopus sp.</i>	Endonezya
Ham	Kurutulmuş domuz eti	<i>LAB, yeasts, micrococci</i>	İspanya italya
Jerky	Biftek	<i>LAB, yeast, molds, micrococci</i>	Güney amerika
Sucuk	Sucuk Kıyılmış et, domuz eti veya sığır eti, kür tuzları ve çeşitli baharatlar LAB, mikrokoklar, stafilkoklar	<i>LAB, micrococci, staphylococci, enterobacteriaceae</i>	Türkiye
Vinegar	Şeker içeren substratlar	<i>Acetobacter aceti subsp. aceti</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. pasteurianus</i> , <i>A. polyxygenes</i> , <i>A. xylinum</i> , <i>A. malorum</i> , <i>A. pomorum</i> ; <i>Candida lactiscondensi</i> , <i>C. stellata</i> , <i>Hanseniaspora valbyensis</i> , <i>H. osmophila</i> , <i>Saccharomyces ludwigii</i> , <i>Sacch. cerevisiae</i> , <i>Zygosaccharomyces bailii</i> , <i>Z. bisporus</i> , <i>Z. lentus</i> , <i>Z. mellis</i> , <i>Z. pseudorouxii</i> , <i>Z. rouxii</i>	Dünya çapında
Kombucha or Tea fungus	Çay likörü	<i>Acetobacter xylinum</i> , <i>Zygosaccharomyces Acetobacter xylinum</i> , <i>Zygosaccharomyces kombuchaensis</i> ,	Çin Tibet Hindistan

Bu yayında, fermantasyon mikrobiyal ekoloji dinamiklerini ve fermantasyon gıda kalitesini iyileştirmek için nükleik asit bazlı yaklaşımlarda moleküler tekniklerin en son uygulamaları incelenmiştir. Moleküler yöntemler kullanılarak mikroorganizmaları analiz etme yöntemleri ve burada kullanılan nükleik asit bazlı yöntemler, gıda fermantasyonundan sorumlu mikroorganizmaları teşhis etmek için nükleik asit bazlı yöntemler incelenerek, yeni nesil dizileme teknikler ve yapılan çalışmalarla ilgili bilgi verilmiştir.

## 1. MİKROORGANİZMALAR İÇİN MOLEKÜLER YÖNTEMLER

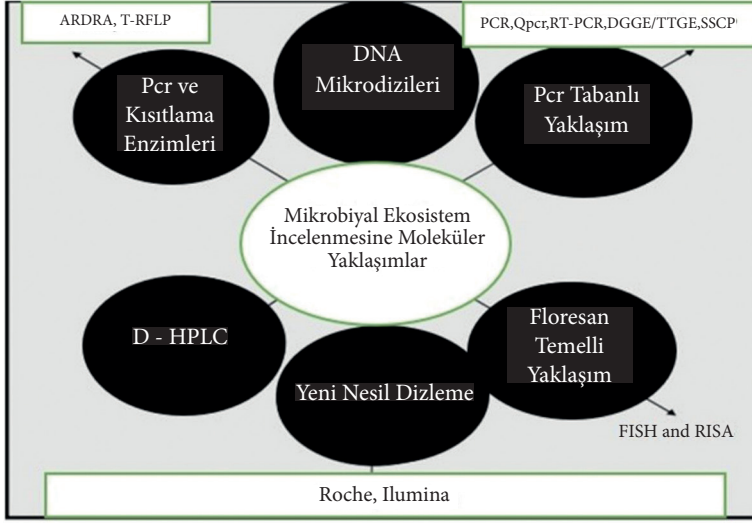
Moleküler tanımlama yöntemleri gelişen teknolojinin mikrobiyoloji alanındaki en önemli yeniliklerinden biridir. Moleküler tanımlama tekniklerine gün geçtikçe yeni bir molekülün eklenmesi, değişik amaçlarla ilerletilen bilimsel çalışmalara önemli katkı sağlamaktadır. Bu yöntemlerin yaygınlaşmasını etkileyen en önemli faktörler maliyet ve deneyimli personel ihtiyacıdır. Kendine has avantaj ve dezavantajları olan bu yöntemler tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu tür yöntemlerin kullanıldığı bilimsel araştırmalar hız kazanmıştır. Moleküler yönteme dayalı oldukları teknik altyapı ve yöntemlere göre; mikroorganizma türleri, akrabalık ilişkileri ayırt edilebilmekte veya tek bazlı nükleik asit değişimi tanınarak yeni tür mutasyonları tespit edilebilmektedir.

Şekil 1'de bu yöntemler ve duyarlılıkları gösterilmektedir. Birçok nükleik asit bazlı tanıma yöntemi, genetik materyali klonlamak ve amplifiye etmek için kullanılan PCR tekniğine dayanmaktadır.



Şekil 1. Mikrobiyolojik moleküler yöntemler (15,38)

## Gıda Fermantasyonlarındaki Mikrobiyal Floranın Araştırılmasına Yönelik Nükleik Asit Bazlı Yaklaşımlar

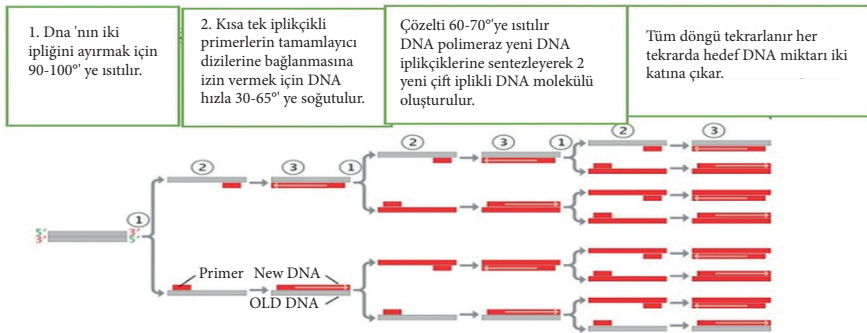


Şekil 2. Mikrobiyal ekosistemlerin profilini çıkarma yöntemleri (90)

### 1.1 Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)

DNA dizisi, bilinen iki segment arasındaki spesifik bir bölgenin enzimlerin yardımıyla çoğaltılması için uygulanan bir reaksiyon grubudur. Kılavuz görevi gören spesifik nükleotidleri taşıyan primerlerin (kısa gen dizleri) yardımıyla DNA'nın istenilen kısmının birden fazla kopyası sağlanır. Bu reaksiyonların genetik materyalde kısıtlı olması ve sadece kısıtlı bölgenin çoğaltılabilmesi nedeniyle günümüzde en sık kullanılan yöntemlerin çoğunda bu teknik uygulanmaktadır (44).

Şekil 2'de genel PCR adımları kısaca anlatılmaktadır. PCR işleminden sonra çoğaltılan genetik materyal üzerinde yapılan işlemlere göre çeşitli teşhis teknikleri geliştirilmiştir. Farklılıklarını belirlemek için genomlar bilinen genomlarla karşılaştırılır.



Şekil 3. PCR adımları (44)

## 1.2. RT-PCR (Gerçek Zamanlı PCR)

Nükleik asit amplifikasyonu ile doğru orantılı olarak artan floresans sinyalini ölçüp kısa zamanda kantitatif sonuç verebilen bir PCR yöntemidir. Bu PCR yöntemi, DNA'nın çoğaltılmasını ve ürünlerinin tek tüpte tanımlanmasını sağlar. Bu yöntemle, geleneksel PCR ve gen analizini birleştirilir. PCR amplifikasyonunu izlenebilir hale getiren floresans etiketli prob ve boyaların, floresans oluşturu DNA ile eş zamanlı olarak arttığı bir yayılım yöntemidir. Bu teknoloji ayrıca, "kinetik PCR", "homojen PCR" ve "kantitatif Real-Time PCR" gibi çeşitli isimlerle de anılabilir. Sıcaklık döngüsü ve floresans okuması aynı cihazda ve aynı tüpte gerçekleştirilir. Böylece elektroforeze gerek kalmadan hedef bölge kısa sürede tespit edilebilmektedir. Aynı cihaz içerisinde replikasyon ve replikasyon ürünlerinin aynı anda tespit edilebilmesi bunu oldukça pratik bir yöntem haline getirmiştir. Ayrıca testler tüp içerisinde tamamlandığında kontaminasyon riski de azalmaktadır (30).

Örneğin, ürünlerdeki *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella* suşları, SYBR Green I ve erime eğrisi analizi kullanılarak eş zamanlı olarak tespit edilmiştir (4). SYBR Green I analizleri sonuçta çift sarmallı DNA'nın saptanması için nispeten ucuz ve oldukça hassas bir yöntem sağlar ve hatta geleneksel PCR analizleri için halihazırda kullanımda olan mevcut primerleri bile dahil edebilir (4). Son zamanlarda, *Salmonella* için ticari olarak temin edilebilen orijinal BAX testinin reaksiyon karışımına SYBR Green I eklenmiş ve bu geleneksel PCR testi daha hızlı bir gerçek zamanlı yöntemle başarılı bir şekilde dönüştürülmüştür (4).

## 2. TEK NÜKLEOTİT FARKLILIKLARININ TESPİTİ

Tek nükleotid polimorfizmi (SNP), DNA polimorfizminin en yaygın türüdür. DNA çeşitliliğini tespit etmek için kullanılan birçok SNP türü vardır. SNP'ler özellikle mikroorganizmalarda tür çeşitliliğine kadar çok önemli farklılıkların ortaya çıkmasını sağlar.

### 2.1 RFLP (Restriksiyon Parça Uzunluk Polimorfizmi)

Mutasyonların tanımlanması, genetik ilişkilerin çözümlenebilmesi en eski fakat geçerliliği devam eden belirteç yöntemleri arasındadır. Farklı bireylerin genomları bazların dizilimi açısından farklılık gösterir. Buna DNA polimorfizmi adı verilir. Mendel Yasalarına göre nesilden nesile aktarılan kalıtsal değişiklikler çoğunlukla DNA seviyesindeki tek bir değişiklikten veya küçük genomun büyük bir kısmındaki eksilmeden kaynaklanabilmektedir. Bu değişiklikler, bir kısıtlama enziminin bölünme bölgesinin kaybolmasına veya yeniden oluşmasına neden oluyorsa kolaylıkla tespit edilebilir. DNA'ya spesifik kısıtlama endonükleazı



dağıtıldığında, farklı uzunluklarda parçalar oluşturulur ve jel elektroforezinde gözlenir. Bu gözlemlenen parçalara RFLP adı verilir. RFLP'ler birçok durumda işaretleyici görevi görür.

Restriksiyon enzimleri (RE), DNA üzerindeki belirli bir nükleotid dizisini tanıır ve kesip iki parçaya böler. Bir makas gibi görev yapan bu enzimler rekombinant DNA teknolojisinde oldukça önemlidir. İlk kısıtlama enzimi HindIII, Hamilton Smith tarafından keşfedildi. Bu keşif, rekombinant DNA tekniğinin daha da geliştirilmesinin anahtarıydı. Daha sonra 200'den fazla farklı bakteri türünde yüzlerce kısıtlama enzimi bulundu.

Kesme bölgesi genellikle 5-10 pb'lik bir bölgedir. İşlemden sonra önemli derecede yapışkan uçlar veya kesik uçlar meydana gelir. Restorasyon fragmanı adı verilen parçaların kesilmesi sonucu restriksiyon enzimleri oluşur. Değişik enzimlerle muamele sonucunda farklı uzunluklarda restriksiyon fragmanları oluşur ve bu fragmanlar jel elektroforezi yöntemiyle birbirinden ayrılabilir. Aynı RE değişik bir bakteriye uygulandığında, bireysel genetik yapılar birbirinden farklı olacak ve bu da farklı parça miktarları ve uzunluklarıyla sonuçlanacaktır. DNA fragmanlarındaki bu farklılık, polimorfizm ve nokta mutasyonları gibi küçük varyasyonlar olabildiği gibi, inversiyon, delesyon ve translokasyondan kaynaklanabilen büyük mutasyonlar da olabilir (8).

Sabate ve ark., (2002), RFLP ile yaptıkları çalışmada şarapla ilişkili mantarların tanımlanması konusunda çalışmışlardır. Çalışmada ribozomal RNA gen reasortantının bir bölgesinin seçimi ve ER ile sindirimi gösterilmiş, *Saccharomyces* suşları da mitokondriyal DNA kısıtlama analizi kullanılarak karakterize edilmiştir (49).

16S ve 23S rRNA'ları (rDNA'lar) kodlayan DNA'ları içeren bir RFLP (ribotipleme) veri tabanına dayanarak, modifiye atmosferde paketlenmiş, çiğ, domatesle marine edilmiş piliç eti şeritlerinin gaz halindeki bozulmasıyla ilişkili laktik asit bakterilerinin tanımlandığı bulunmuştur (6).

## 2.2 AFLP (Güçlendirilmiş Parça Uzunluğu Polimorfizmi)

AFLP-PCR ilk olarak 1995 yılında araştırmacı Pieter Vos ve ark., tarafından tanımlandı. RFLP ve PCR tekniklerinin kombine kullanımına dayanan bir DNA marker tekniğidir.

Bu teknik beş ana adımdan oluşur:

1. DNA hazırlama ve DNA izolasyonu.
2. DNA'nın 3' ve 5' uçlarında iki restriksiyon enzimi ile kesilmesi ve dolayısıyla kesik uçlara adaptör adı verilen restriksiyon enzimlerinin eklenmesi (Kullanılan RE cinsleri MseI ve EcoRI enzimleridir. Kesilen parçaların uçlarına adaptör adı verilen primerler eklenir. Bu şekilde her iki işaretleyici de oluşturulur.)

3. Bu fragmentlerin spesifik selektif PCR ile çoğaltılması (Replikasyonda her iki uçta DNA kesici enzimlerin tanıdığı diziyi takip ederek birinci nükleotide göre seçici amplifikasyonun yapıldığı ön üretim gerçekleştirilir. Daha sonra ikinci ve üçüncü nükleotidler seçici olarak çoğaltılır ve bir sonraki ana seçici PCR gerçekleştirilir. Bu sayede tek bir nükleotid uzunluğunda dahi farklı uzunluklarda DNA fragmanları oluşur.)
4. Poliakrilamid jel elektroforezi ile yürütme ve farklılaşma meydana getirilmesi.
5. DNA bant desenlerinin analiz edilmesi (Bant desenlerinin karmaşıklığına bağlı olarak araştırmacılar bant boyutlarına göre analiz yapabilirler. Bu analizler manuel veya otomatik olarak yapılabilir.)

Bu teknik, herhangi bir genomik dizi verisinin yokluğunda avantajlıdır ve birden fazla genomik DNA fragmanının (tipik olarak tek bir PCR reaksiyonunda 50 ila 100 fragman arasında) yüksek özgüllük ve tekrarlanabilirlik ile eşzamanlı amplifikasyonuna izin verir (10).

### **2.3. RAPD (Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA)**

1990 yılında iki araştırma grubu olan Welsh, McLeland ve Williams ve ark., rastgele seçilen primerler ve PCR'a dayanan bir teknik kullanarak RAPD yönteminin temel prensibini oluşturmuştur. Alakalı türün genomik DNA'sı üzerinde rastgele seçilen 9-10 bp'lik tek bir oligonükleotidin, düşük bağlanma sıcaklığında rastgele bağlanarak PCR amplifikasyonuna tabi tutulması olarak tanımlanmaktadır. Teknik sonucunda elde edilen amplifikasyon ürünü, radyoaktif olmayan standart jel elektroforezinde çalıştırılmış ve amplifikasyon ürünleri bantlar şeklinde gözlemlenmiştir. Bantların durumuna göre değerlendirme yapılmıştır. RAPD'nin diğer yöntemlere göre en büyük avantajı, çalışılan takson genleriyle ilgili önceden bilgi gerektirmemesidir. Replikondaki tüm organizmalar için aynı oligonükleotid primer seti kullanılabilen ve bu oligonükleotid belirli kısımlarda rastgele kopyalanmaktadır.

Bir primer farklı organizmanın genomik DNA'sından farklı olucaksa RAPD belirteçleri farklıdır. Bu fark organizmaların karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca radyoaktivite, Southern transferleri veya DNA hibridizasyonu gerekli değildir. RAPD karakterleri sınırsızdır. Kullanılan primer miktarı arttıkça elde edilen bant miktarı da artacaktır. Bu bakımdan yakın türler ayrımcılığa izozimlere göre daha duyarlıdır.

Çalışmaların sonucunda ulaşılan verilerin tekrarlanabilirliği, reaksiyonda bulunan tüm değişkenlere bağlı olarak düşük olabilir. Yöntemin diğer karşılaştırmalı tekniklere girmeden önce optimize edilmesi bunun için çok önemlidir (51).

#### 2.4. DGGE (Denatürasyon Gradyan Jel Elektroforezi)

Denatüre Gradyan Jel Elektroforezi (DGGE) yöntemi, karmaşık mikrobiyal popülasyonun genetik değişkenliğini doğrudan belirleyen yeni bir yaklaşımdır. DGGE prosedürü, PCR ile çoğaltılmış 16S rRNA fragmanının, poliakrilamid jeli bulduran doğrusal yapıda denatüre edildiği, giderek derecelendirilen bir elektroforez yöntemidir. DGGE'de DNA fragmanları aynı uzunlukta olmasına rağmen farklı baz çifti dizilerine göre ayrılabilir.

DGGE'de ayırma; poliakrilamid, jel içinde kısmen çözünen DNA molekülünün elektroforetik hareketliliğine bağlıdır. Bu hareketlilik, DNA molekülünün tam sarmal formundan daha azdır. Parçaların erimesi, erime bölgeleri adı verilen bölgelerde gerçekleşir. En düşük noktadaki erime sıcaklığına sahip erime bölgesi bu sıcaklıkta DGGE jelinde belirli bir konuma ulaştığında kısmen erimiş moleküllerin sarmal formu çevrelendiği bir geçiş durumu meydana gelir. Böylece molekülün hareketi pratikte sona erer. DGGE yöntemi ile ilk çalışma 1993 yılında Muyzer ve ark., tarafından yapılmıştır. Aerobik ve anaerobik atık su arıtma reaktörlerindeki biyofilmlerde bulunan mikrobiyal çeşitliliği tanımlamak. Şarap, et ve ürünleri, süt ve ürünleri gibi fermente gıdaların DGGE yöntemi kullanılarak mikrobiyal tanımlanmasına yönelik bazı derleme çalışmaları literatürde yer almaktadır. Bu çalışmalar süt sektöründe, et sektöründe, şarap ve bira sektöründe yürütülmüştür (5,11,35,45) .

LAB, spesifik PCR primerleri kullanılarak *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Weisella'nın* izolasyonu için incelenmiştir (47,55). Diğer bir çalışmada probiyotik ürünlerdeki mikrobiyal kompozisyonu tanımlamak için 8 *Lactobacillus* türü ve 7 *Bifidobacterium* türü içeren tanımlama primerleri kullanmıştır (23). Stilton Peynirinde 16S ribozomal DNA analizi ile PCR-DGGE kullanarak mikrobiyal popülasyon tanımlamasını gerçekleştirelmıştır. 16 S genin, V3 ve V4-V5 bölgelerini analiz etmiş ve *Lactococcus lactis*, *Enterococcus faecalis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus curvatus*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Staphylococcus equorum* ve *Staphylococcus sp.*'yi tanımlamıştır.

Ercolini ve ark. PCR-DGGE'yi geleneksel manda mozzarella peyniri üretimi sırasında değişen mikrobiyal dinamikler olarak tanımlamıştır. Florez ve ark., geleneksel mavi damarlı İspanyol peynirinin mikrobiyal popülasyonunu tanımlamada kültürden bağımsız yöntemlerin sonuçlarını geleneksel kültür yöntemleriyle karşılaştırmıştır. Peynir sütü ve peynir mayası ekstraktındaki bu geleneksel mikrobiyal popülasyon, bakteriyel 16S rRNA geninin V3 bölgesini ve ökaryotik 26S rRNA geninin D1 bölgesini PCR-DDGE analiziyle tanımlamak için kullanılmıştır (20).

El-Baradei ve ark., Mısır'da geleneksel olarak üretilen Soft Domiati peynirinin bakteri çeşitliliğini tanımlamak için PCR-DGGE ve PCR-TGGE'yi kullanmıştır. Baskın LAB türleri; *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus garvieae*, *Aerococcus viridans*, *Lactobacillus versmoldensis*, *Pediococcus inopinatus* ve *Lactococcus lactis* bulunmuştur (12,19). Geç Üfleme peynir örneklerinde *Clostridium spp.*'yi izole etmek için PCR-DGGE yöntemini kullanmışlardır. *Clostridium spp.* ve deneysel koşullar altında PCR amplifikasyonu ve DGGE profil bant farkı ile farklı Laktik asit bakteri suşları, PCR-DGGE kullanılarak farklı olgunlaşmamış geleneksel ve ticari olarak üretilen Makarna Filata peyniri türlerindeki mikrobiyal çeşitliliği tanımlamıştır (13,51).

## 2.5. TGGE (Sıcaklık Gradyan Jel Elektroforezi)

Teknik; sıcaklığın etkisi ile DNA'nın yapısında meydana gelen değişikliklere bağlı olarak poliakrilamid jel üzerinde meydana gelen değişikliklerin gözlenmesine dayanmaktadır. TGGE yöntemi sadece molekülleri ayırmakla kalmaz, aynı zamanda erime davranışı ve stabilitesi hakkında da bilgi vermektedir.

TGGE yöntemi, DGGE yöntemine benzeyen bir şekilde çalışır, ancak sıcaklık, TGGE'deki gradyanı oluşturmak için kullanılırken DGGE, gradyan çözeltisi tarafından oluşturulur. Her iki yöntem de farklı habitatlarda bulunan mikroorganizmaların genetik çeşitliliğini ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Bakteri popülasyonlarının yapısal analizi için kullanılan DGGE yöntemi ile TGGE yöntemi temelde aynı prensibe dayanmaktadır.

Ogier ve ark., Mozeralla peynirinde, TGGE yöntemini kullanarak ürünlerdeki laktik asit bakterilerinin profilini çıkarmışlardır (42). Gomez ve ark., şarapta TGGE yöntemini kullanarak 74 maya türü bulmuşlardır. İtalya'da üretilen sosislerde 39 *lactobacillus* suşu tespit etmiştir (12,51).

## 2.5. LAMP (İzotermal Döngü Aracılı Amplifikasyon)

Nükleik asitleri izotermal koşullar altında amplifiye eden yeni bir yöntemdir (58,59,60,61,62). *E.coli*, *Salmonella* ve *Vibrio oarahaemolyticus*'un tespiti için başarıyla uygulanmıştır. LAMP, 60-65 C sabit sıcaklıkta teknik basitlik, 1 saatten daha kısa sürede işlem yapılmasıyla zaman tasarrufu, basit bir ısıtma bloğu kullanılarak maliyet etkinliği gibi avantajlara sahiptir. İnhibitör ve kirlenici maddelere karşı duyarsızdır ve bu nedenle amplifikasyondan önce kapsamlı DNA saflaştırması gerektirmez. Bu yöntemde hedef DNA içindeki 6 bölgeyi tanıyan dört primer kullanılır ve amplifikasyon reaksiyonu yalnızca primerler 6 bölgenin tamamını doğru şekilde tanıdığına meydana gelir. Sonuç olarak bu yöntem, oligonükleotidlerin doğru tasarımını gerektirir ve klasik PCR'den daha dirençlidir ve kapsamlı DNA saflaştırma ihtiyacını ortadan kaldırır. Ribonükleik asit dizilerini

yüksek verimlilikle çoğaltabilir. LAMP, sekanslama veya pirosekanslamaya dayalı olarak amplikonların genetik olarak işlenmesine izin veren spesifik ve hassas bir tekniktir (62).

## 2.6. SDA (İplikçik Yer Değiştirme Amplifikasyonu)

Ekzonükleaz için spesifik bir kısıtlama bölgesi içeren bir hedef DNA sekansı ile hibridizasyon için 4 primer gerektiren başka bir izotermal amplifikasyon tekniğidir (59,69).

## 2.7. NASBA (Nükleik Asit Dizisine Dayalı Amplifikasyon)

Bir RNA şablonunu amplifiye eden bir izotermal nükleik asit amplifikasyon yöntemidir. Greene ve ark. ile Lunel ve ark. 1999 yaptığı çalışmada NASBA amplifikasyon verimliliğinin RT-PCR verimliliğiyle karşılaştırılabilir veya ondan daha iyi olduğunu bildirmiştir (74,89). RT-PCR ve NASBA'nın karşılaştırmalı analizi, NASBA'nın özgüllük ve hassasiyet açısından avantajlara sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan çalışmalarda gıda ürünlerindeki mikroorganizmaların tespiti için kullanılan nükleik asit bazlı yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunduğu belirtilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Gıda ürünlerinde kullanılan nükleik asit bazlı teknolojilerin avantaj ve dezavantajları (91)				
Nükleik asit bazlı yöntemler	Avantajlar	Dezavantajlar	Uygulama	Önemli referanslar
RT-PCR Multiplex PCR	Basit yöntem Primer tasarımın basitliği, çok sayıda DNA üretimi	Ekstrasyon ve denatürasyon adımları gerekli, spesifik olmayan amplifikasyon veya kontaminasyon riski, maliyetler ve zaman gereksinimi	Mulis'in genomik RNA'sı veya DNA'sı bakteriyal ve viral patojenler	Römpler ve ark. (83) Rosenfield ve Jaykus (84)
qPCR	Primer tasarımının basitliği, hızlık, hassasiyet ve tekrarlanabilirlik, pcr için ek işlem gerekmez, niceliksel veri sağlar.	Emek ve maliyet yoğundur, denatürasyon adımı gerekli, geçiş ve bulaşma kontaminasyonu, pahalı ekipman, pahalı yöntem	Viral tespiti ve bakteriyel kirleticiler, gıda ürünleri, kantitatif analizler	Fratamico ve ark. (85)

**Tablo 2. Gıda ürünlerinde kullanılan nükleik asit bazlı teknolojilerin avantaj ve dezavantajları (91)**

Nükleik asit bazlı yöntemler	Avantajlar	Dezavantajlar	Uygulama	Önemli referanslar
NASBA	Primer tasarımı basitliği, denatürasyon aşamasına gerek olmaz, aplikasyon hızı PCR dan daha yüksek	DNA tespiti için ideal değil, bir RNA şablonu gerekliliği, düşük inkübasyon sıcaklığı nedeniyle spesifik olmayan kontaminasyon	Birçok bakteriyel RNA'sı, viral RNA	Fakruddin ve ark. (86) Jean ve ark. (87)
LAMP	Aplikasyonun yüksek özgülüğü ve etkinliği izotermal koşullar altında hızlıdır.	Primer tasarımın karmaşıklığı, kısa hedefler için daha az verim	Viral ve bakteriyel besinler kaynaklı patojen tespiti	Niessen ve ark. (88) Notomi ve ark. (89) Saharan ve ark.(61)
SDA	Reaksiyonun hızı, hassasiyet ve verimlilik, olası yarı niceselleştirme	Primer tasarımının karmaşıklığı, örnek hazırlamanın gerekliliği	Genomik DNA mikrobakteri türleri ve diğerleri	Mchugh ve ark. (81) Walker ve ark. (82)

### 3. FISH (FLORESAN İN SİTU HİBRİDİZASYON)

FISH yöntemi, rRNA'yı problemlerle hedef olarak etiketleyerek hücreleri tanımlamaya yönelik PCR bazlı olmayan bir moleküler tekniktir. Hızlı ve duyarlı olan bu yöntem mikrobiyolojide filogenetik, ekolojik ve tanımlamalarda kullanılmaktadır. Amann ve ark., farklı süt ürünündeki *Bifidobakterileri* izole etmek, tanımlamak ve saymak ve mezofilik süt başlangıç kültüründe laktik asit bakterilerini ve *Leocostoc* popülasyonunu tanımlamak ve ölçmek için FISH yöntemini kullanmıştır (1). Gıda ürünlerinde kullanılan *Bifidobacter* türlerinin çoğunun hayvan kökenli olabileceği düşünülmüştür (51).

### 4. YENİ NESİL DİZİLEME TEKNİKLERİ

Son yıllarda tür tespiti için gerekli olan DNA analiz yöntemlerinde farklı teknolojik yöntemler geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılan yöntemler yukarıda anlatılan yöntemlere göre daha az iş gücü ile daha kapsamlı sonuçlar elde edebileceğimiz

yöntemlerdir. Bu modellerin temeli Frederick Sanger ve meslektaşları tarafından 1977 yılında geliştirilen, Sanger adıyla anılan ve diğer sistemlerin yolunu açan bir tekniktir. Günümüzde bu teknikler, yapay zekâ tabanlı modellere dönüşerek, bilgi teknolojisi ön plandadır. Sanger yönteminden başlayarak DNA dizilerinin dizilenmesi ve belirlenmesi için aşağıdaki yöntemler geliştirilmiştir (57).

Yeni nesil dizileme sistemleriyle yüksek oranda doğruluk ve hızda dizileme yapmak mümkündür. Bu teknikle elde edilen bir mikrobiyal genom dizisi, farklı hiçbir deneysel yöntemle elde edilemeyecek kadar zengin ve benzersiz bilgiler sağlamaktadır. Bitkiler, bakteriler, mayalar, mantarlar, virüsler ve bakteriyel yapay kromozomlar gibi farklı organizmaların genomlarını dizilemek mümkündür. Şu anda YND dünyada en yaygın kullanılan sıralama yöntemlerinden biridir.

Genomik dizilemede YND Yöntemleri, Tüm Genom Dizileme, Ekzom De Novo Dizileme, Hedefli Dizileme; transkriptomik, Toplam RNA ve mRNA Dizilimi, Hedefli RNA Dizilimi, Küçük RNA ve Kodlamayan RNA Dizilimi ve Metilasyon Dizilimi, ChIP Dizilimi ve Epigenomikte Ribozom Profil Oluşturma Sistemleridir (3).

#### **4.1. Sanger Dizilemesi**

Bu yöntem yaklaşık 40 yıldır en çok kullanılan dizileme yöntemi olmuştur. Son zamanlarda, özellikle büyük ölçekli, otomatik genom analizi için yüksek hacimli Sanger dizilemesi “Yeni Nesil” dizileme yöntemleriyle tamamlanabilmiştir. Ancak Sanger yöntemi; hala daha küçük ölçekli projeler ve yeni nesil sonuçlarının doğrulanması ve özellikle uzun DNA dizisi okumalarının (> 500 nükleotid) elde edilmesi için kullanılmaktadır. Bu teknik enzimatik DNA sentezine dayanmaktadır ve en yaygın kullanılan dizi analiz tekniğidir. Teknikte tespit edilecek DNA zinciri, yeni sentezlenen iplik için şablon olarak kullanılmaktadır. DNA sentezini gerçekleştirmek için Taq, Klenov DNA polimeraz, terranskriptaz veya sekanaz enzimlerinden biri kullanılabilir. Yöntem, DNA polimerazın substrat olarak dNTP (deoksiribonükleosit trifosfat) ve ddNTP’yi (dideoksiribonükleosit trifosfat) kullanabilmesi ilkesine dayanmaktadır.

Teknik olarak dizi analizinin 3 adımı vardır.

- a) Polimeraz zincir reaksiyonu
- b) Dekarboksilasyon reaksiyonu
- c) Jel Elektroforezi ve bilgisayarda değerlendirilmesi.

Yöntemde DNA çeşitli yöntemlerle izole edilerek tek zincir haline getirilir. Süreçte iki PCR vardır. Birincisi geleneksel PCR’dir. Burada sekanlanacak bölge çeşitli primerlerle sınırlandırılabilir. İkinci PCR, dizileme için gerekli nükleotidlerin reaksiyona eklenmesidir.



DNA polimeraz I'nin yardımıyla DNA sentezinde zincir uzaması gerçekleşmektedir. Reaksiyona girecek PCR karışımında dört tip normal nükleotid (dNTP) bol miktarda bulunur. Karışım ayrıca diziyi rastgele sonlandırmak için farklı renkte floresan kimyasallarla etiketlenmiş dideoksinükleotidler (ddNTP) içerir. Bunlar sayesinde DNA dizisi her boyutta (1 nükleotid, 2 nükleotid, 3 nükleotid) kesilecektir.

Yöntem temel olarak ddNTP'ye göre 4 tüpe bölünme aşamasına dayanmaktadır. Yani herhangi bir tüpte aynı anda dört tip dNTP ve bir tip ddNTP (örn. ddTTP) bulunmaktadır. Bu şekilde 2., 3. ve 4. tüpler farklı tipte dNTP PCR'ye tabi tutulur. Bu durumda etiketli nükleotidlerin her biri yapıya dahil edilir. dNTP'ler ve ddNTP'ler aynı karışıma eklendiğinde aralarında bir rekabet oluşur. Uzama, substrat olarak dNTP'ler kullanıldığı süre boyunca devam eder. Sentezin herhangi bir aşamasında yapı dideoksiye katıldığında uzantı sonlandırılır. Ve parçacıkların sonundaki nükleotidler sıralanır. DNA dizi analizinden elde edilen DNA dizileri, jel üzerinde gümüş boyama, radyoaktif ve floresan renklendirme ile boyanarak tespit edilebilmektedir (8,28,50).

## 4.2. Pyrosequencing

1986 yılında Pal Nyren tarafından geliştirilen, uzun süren süreç ve birçok yükseltme aşaması, Sanger yönteminin çeşitli dezavantajlarını ortadan kaldırmanın yöntemidir. Dizi analizi tek nükleotid ilavesi (SNA) ile gerçekleştirilir. Dizi analizinin sentezlenmesi ve gerçekleştirilmesi prensibine dayanmaktadır. DNA sentezi sırasında amplifiye edilen pirofosfatların tespitine dayanan gerçek zamanlı bir kantitatif dizi analizi yöntemidir. Süreç PCR ürünlerinin tek zincirli DNA'ya dönüştürülmesiyle başlar. Tek sarmallı DNA, şablon olarak kullanılacağından izole edilir, her bir primer çifti, biyotin ile 5' olarak etiketlenir.

**Adım 1:** Dizi, PZR ve spesifik primer ile güçlendirilmiş tek zincirli bir DNA ile hibridize edilir. Enzim olarak DNA polimeraz, ATP sülfürilaz, lusiferaz ve apiraz kullanılır. Bir substrat olarak adenosin, 5' fosfosülfat ve lusiferin ile inkübe edilir.

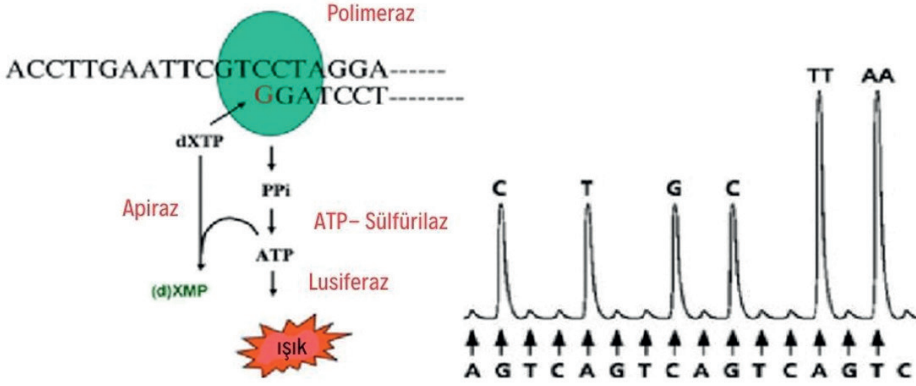
**Adım 2:** NTP'den (deoksiribonükleotid trifosfat) ilk reaksiyona dNTP eklenir. Eğer dNTP şablon DNA bazını tamamlayıcı ise, ortamdaki DNA polimeraz bu dNTP'nin DNA zincirine dahil edilmesini katalize eder. dNTP, DNA şablonuna bağlandığında, dNTP üzerindeki iki fosfat salınır ve ortofosfat 2 fosfat yapısı olan pirofosfat (P<sub>pi</sub>) göç eder. Her bir nükleotidin eklenmesiyle bir pirofosfat serbest kalır.

**Adım 3:** Oluşan pirofosfat, sülfürilaz yardımıyla ATP'ye dönüştürülür. Ortaya çıkan ATP'nin yardımıyla lusiferin, oksilusiferine dönüşür. Oxylusiferin görünür radyasyon yayar. Bu radyasyonun miktarı ATP miktarıyla orantılıdır. Ortaya çıkan ışın bir CCD (kızılötesi) kamera tarafından algılanır ve bir dizi tepe noktası olarak kaydedilir (Şekil 3'te gösterilmektedir). Işınlardan bir dizi tepe noktasında



kaydedilmesine Pyrogram denir. Işının pirogramı bir yükseklik veya tepe noktası olarak görülür. Her pikin yüksekliği eklenen nükleotidlerin sayısı ile orantılıdır.

**Adım 4:** Nükleotid parçalayıcı özellikli bir enzim olan apiraz, ATP ve dNTP'leri sürekli olarak parçalar. Böylece ışık oluşumu kesintiye uğrar. Yani yeniden bir reaksiyon oluşturacak ortamda ATP ve NTP kalmayacaktır ve ikinci nükleotidin eklenmesi için ortam hazırlanır. Bu teknolojiyle her çalıştırmada DNA fragmanının 100 nükleotidi okunur. Dört enzimin dahil olduğu bu aşamalar kapalı bir sistemde, tabakta ve tek bir kuyucukta gerçekleştirilebilmektedir. Operasyon kısa sürer. Apyrase ATP ve bağlanmamış dNTP'ler hafiftir. Reaksiyon çözeltisi yenilenir.



Şekil 3. Pyrosequencing yöntemi (9)

**Adım 5:** DNA zinciri yeniden oluşturulur. Nükleotid dizisi Pyrogramdaki sinyallerden tespit edilir. Pirogramın iki kat yüksekliği, iki özdeş nükleotidin ardışık bağlanmasının sonucudur.

PCR adımından sonra, dizilenecek baz miktarına bağlı olarak 10 dakika gibi az bir sürede sonuç verebilen pirosekanslama, basitlik, işçilik, vakit ve maliyet açısından avantajlıdır.

Bu, bir PCR ürünü ile dizi analizi gerçekleştiren seri ve yüksek doğruluklu bir yöntemdir. Sanger tekniğinde olduğu gibi etiketli primer, etiketli nükleotid ve jel elektroforezine gerek duyulmaması bu tekniğin önemli bir avantajıdır (34,48).

Nam ve ark., (2012) çekirdeklerden yapılan geleneksel bir fermante gıda olan Cheonggukjang'ın mikrobiyal çeşitliliği tespit etmek için pyrosequencing yöntemini kullandığını ve 79 bakteri türü tanımladığını bulmuşlardır (41).

### 4.3. Mikroarray Teknolojisi

Mikroarray teknolojisi, moleküler biyoloji yöntemlerinin ilerlemesi sonucu ortaya çıkmıştır. Günümüzde hala gelişmeye devam eden bir tekniktir. En basit mikroarray teknolojisi, binlerce DNA molekülünün bir mikroskop lamı yüzeyine farklı tekniklerle sabitlenmesiyle oluşturulur.

Mikroskop lamına 50.000 DNA noktası sığabilir. Bu sayı insan genomundaki gen sayısından çok daha fazladır. Bu DNA'nın kaynağı, cDNA (mRNA molekülleri ters transkriptaz enzimi ile çift sarmallı bir DNA molekülüne çevrilir), mRNA, tRNA veya yapay olarak sentezlenmiş oligonükleotidler gibi herhangi bir organizmanın bir gen fragmanı olabilir. Farklı moleküller için diziler de vardır. DNA hibridizasyonunda ve dizi teknolojisinde kullanılan prob kavramı bazı farklılıklar göstermektedir. Dizi problemleri konvansiyonel problemlere göre daha büyük olup sayıları fazladır. Dizi problemleri, geleneksel problemlerde gerçekleştirildiği gibi radyoaktif kimyasal veya floresan boyalarla etiketlenebilir.

Mikrodizilerdeki numune boyutu 200 mikrondan azdır; dolayısıyla dizide binlerce noktanın bulunması mümkündür. Array yönteminde cam veya nitro-selüloz gibi özel membranlardan meydana gelen yüzeyler, mililitrenin milyonda biri seviyesindeki DNA örneklerinin belirli mikron düzeyinde robotlar tarafından düzenlenir. Daha sonra hibridizasyon yöntemiyle (bu DNA molekülü floresans veya radyoaktif maddelerle etiketlenir) prensibiyle bu noktaya diğer DNA molekülleri eklenir. En iyi dizi, yüzeyinde işlenen her nokta hücresindeki farklı bir gene denk gelebilen dizidir. Array teknolojisinde genellikle en az iki ve genel olarak üç farklı DNA kaynağı kullanılmaktadır. Tekniğin dezavantajlarından biri, büyük miktarda veri üretilmesi ve bu verilerin analizinin çok zaman almasıdır (21). Değişen oranlarda ve çeşitli formlarda hibridizasyonun sonuçları, hızlı bir şekilde çok sayıda veri üretir. Verilerin istatistiksel analizi ve yorumlanması için yazılım programları gereklidir. Bazı durumlarda DNA dizi sonuçlarının daha önceki analizlerle karşılaştırılması gerekebilmektedir (36).

### 4.4. Oxford Nanopore Teknolojisi

İlk olarak Stoddart ve arkadaşları tarafından gösterilen, nano gözeneklerden geçebilen DNA şeritlerinin doğrudan elektronik tespitine dayanan Oxford Nanopore MinION teknolojisi olarak adlandırılmıştır. Oxford Nanopore MinION teknolojisi, nanopordan geçen DNA şeritlerinin doğrudan elektronik tespitine dayanmaktadır; bu, ilk kez Stoddart ve diğerleri tarafından gösterilmiştir. Bu teknoloji herhangi bir DNA sentezine, optik teknolojiye veya biyokimyasal elektrokimyasal tespite dayanmaz. Nanopore dizilimi 20 yıl önce bir fikir olmasına rağmen (37), DNA dizilimini erişilebilir bir cihaz teknolojisine dönüştürmek 2014

*Gıda Fermantasyonlarındaki Mikrobiyal Floranın Araştırılmasına Yönelik  
Nükleik Asit Bazlı Yaklaşımlar*

yılında mümkün hale gelmiştir. Nanopor dizisinde, DNA molekülü, bir enzimatik çalışmayla (polimeraz veya helikaz) tek sarmallı sentetik bir polimer membran üzerine yerleştirilen bir protein nanopordan geçirilir. DNA döndürücünün bu hareketi sırasında nanopor içinden geçen nükleotidlerin türü gözenekteki elektriksel iletkenliği değiştirerek bölgeden geçen elektrik akımının şiddetini değiştirir. Hassas elektronik sensörler, hareket halindeyken bu akımları ölçerek ve nükleotidleri analiz ederek DNA zincirini okur. Bu okuma yapılırken DNA dizisi elektrik sinyaline dönüşür.

Rastgele bir DNA amplifikasyonu, sentezi veya optik taramaya ihtiyaç duymayan bu yöntem, ucuz ve küçük cihazlarla gerçek zamanlı, seri ve uzun DNA okumalarına olanak yarayan dizilemeyi mümkün kılmaktadır (18). Bu yöntemle Loman ve ark. 2015 yılında bir bakterinin tüm dizilimini tamamlamıştır (39).

Süt ve süt ürünlerindeki mikrobiyal floranın tespitine yönelik yapılmış nükleik asit bazlı yöntemler ve tespit edilmek istenen mikroorganizmaların yer aldığı bilimsel çalışmalar yer almaktadır.

**Tablo 3. Süt ve süt ürünleri mikrobiyotasını incelemek için farklı genotipleme yöntemleri (90)**

Yazarlar	Yöntem	Yüzey	Çalışma türü: tespit edilen mikroorganizma ve hedef genler
Rossi ve ark. 1999	Geleneksel PCR	Çiğ süt	<i>Propionibakteriler</i>
Herman ve ark. 1997	q PCR	Sert/yarı sert peynirler	<i>C. tyrobutyricum</i>
Ladero ve ark. 2008	q PCR	Fransız/İspanyol peynir	Hdc gni
Fernandez ve ark. 2006	q PCR	Süt, cabrales peyniri	hdcA geni
Ladero ve ark. 2010	q PCR	Çiğ/pastörize süt	tdcA geni
Lopez-Enriquez ve ark 2007	q PCR ve RT-PCR	Ham/pastörize aşılınmış süt peynirleri	<i>C. tyrobutyricum</i> 'un fla geni
Falentin ve ark. 2010	q PCR	Emmental peynir	<i>P.freudenreichii</i> ve <i>L.paracasei</i>
Graber ve ark. 2007	q PCR	Sığır sütü peyniri	<i>Stafilokok aureus</i>
Hagi ve ark. 2010	PCR-DGGE	Çiğ süt peyniri	<i>Listeria monositogenleri</i>
Cocolin ve ark. 2004	PCR-DGGE	Grana Padano peyniri	<i>Clostridium</i> türleri
Randazzo ve ark. 2002	PCR-DGGE	Ragusano peyniri	<i>Lactobacillus</i> türleri

**Tablo 3. Süt ve süt ürünleri mikrobiyotasını incelemek için farklı genotipleme yöntemleri (90) (Devamı)**

Yazarlar	Yöntem	Yüzey	Çalışma türü: tespit edilen mikroorganizma ve hedef genler
Randazzo ve ark. 2006	PCR-DGGE	Pecorino Sicilano peyniri	Mikrobiyal biyoçeşitlilik
Alegria ve ark. 2009	PCR-DGGE	Kaz peyniri	Laktik asit bakterileri
Giannino ve ark. 2009	PCR-DGGE	Fontina peyniri	Mikrobiyal biyoçeşitlilik
Bonetta ve ark. 2008	PCR-DGGE	Robiola di Roccavemo peyniri	Mikrobiyal biyoçeşitlilik
Florez ve Mayo 2006	PCR-DGGE	Cabrelas peyniri	Mikrobiyal ç. Ve ardıllık
Alegria ve ark. 2012	PCR-DGGE	Oscypek peyniri	Mikrobiyal biyoçeşitlilik
Barbieri ve ark. 2012	PCR-DGGE	Fossa peyniri	NSLAB biyolojik çeşitliliği
Ogier ve ark. 2002	PCR-TTGE	Yıkanmış lor peyniri	Baskın mikroplar arası ayırım
Abriouel ve ark. 2008	PCR-TTGE	Alberquilla	LAB tanımlama
Duthoit ve ark 2003	SSCP	Satıcı peyniri	Profil topluluğu dinamiği
Saubusse ve ark. 2007	SSCP	Çiğ süt peyniri	<i>L. monocytogenes</i> inhibisyonu
Ercolini ve ark. 2003	FISH	Stilton peyniri	Mikrop görselleştirme çalışmaları
Bunthif ve ark 2001	FISH	Sığır sütü peyniri	LAB canlılık çalışmaları
Rademaker ve ark. 2005	T-RFLP	Tilsit peyniri	Mikrobiyal dinamik çalışmaları
Cardinale ve ark. 2004	RİSA	Keçi sütü	Mikrobiyal biyoçeşitlilik çalışmaları
Ercolini ve ark. 2008	D-HPLC	Caciocavallo-Silano peyniri	Peynir altı suyu kültürü profilleri
Treimo ve ark. 2006	DNA Mikrodizisi	Sıvı peynir modeli	<i>Lactococcus</i> ve <i>propionibacteria</i> çalışmaları
Quigley ve ark. 2012	Roche Pyrosequencing	Özel peynirler	Mikrobiyal topluluk analizi
Masoud ve ark. 2011	Roche Pyrosequencing	Danimarka çiğ süt ve peyniri	Mikrobiyal dinamik çalışmaları
Alegria ve ark. 2012	Roche Pyrosequencing	Oscypek peyniri	Mikrobiyal biyoçeşitlilik çalışmaları

## SONUÇ

Mikrobiyal floranın tanımlanması, mikrobiyal ekoloji hakkında ayrıntılı bilgi sağlamalıdır. Birçok mikroorganizma, baskın mikrobiyota tarafından aşırı büyüdükleri veya hayatta kalma stratejisine ve olumsuz çevresel koşullarına bağlı olarak genetik çeşitlilik göstermektedir. DNA bazlı bir teknik, mikrobiyal floranın bileşiminin daha iyi anlaşılmasını sağlar. Tüm bu çalışmalar, genetik düzeydeki teşhislerin giderek daha fazla mikroorganizma üzerinde test edildiğini ve standartlaştırıldığını göstermiştir. Moleküler parmak izlerinin karşılaştırılması, mikroorganizmaların DNA düzeyindeki yakınlık ve mesafenin analizine izin verir ve özellikle belirli bir alandaki mikroorganizmaların tespit edilmesini daha kolay hale getirir.

Nükleik asit ekstraksiyonu (DNA / RNA) verimleri, gıda matrisinin bileşimi ve ekosistemde mevcut mikrobiyal türleri ortaya çıkar. Nükleik asit bazlı uygulamalarda floranın güvenilir bir görünümünü elde etmek için ekstraksiyon ve PCR tekrarlanabilirliği sağlanmalıdır. Ayrıca bir fermantasyon ekosisteminde mikrobiyal bir özelliğe tespit edilirken eş zamanlı aynı ekosistemde çeşitli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu nedenle bu yaklaşımlardan elde edilen verilerin farklı yaklaşımlardan elde edilen verilerle (moleküler ve kültürel yöntemler) tamamlanması önerilmektedir. Genel olarak bakıldığında, karmaşık ekosistemlerin anlaşılmasına yönelik anlamlı ve faydalı veriler üretilebilmek için metagenomik verilerin üretilmesiyle elde edilen tüm veriler (pH, sıcaklık, Aw, kimyasal bileşim vb.) ile ilişkilendirilmelidir.

Fermente gıdalar gibi karmaşık ekosistemler ve farklı biyolojik sorular artık küresel veya hedefe yönelik yöntemlerle (fonksiyonel metagenomik veya meta-transkriptomik) ele alınmalıdır. Bu yeni teknolojilerin mikrobiyal ekoloji hakkında ayrıntılı veriler sağlaması ve fermente ürünlerdeki belirli mikroorganizmaların rolünü ve etkisini tanımlaması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Amann, Rudolf I., Lee Krumholz, and David A. Stahl. "Fluorescent-oligonucleotide probing of whole cells for determinative, phylogenetic, and environmental studies in microbiology." *Journal of bacteriology* 172.2 (1990): 762-770.
2. Amann, Rudolf, Fuchs, Bernhard M., Behrens, Sebastian "The identification of microorganisms by fluorescence in situ hybridisation". *Current opinion in biotechnology*, (2001), 12(3), 231-236.
3. Behjati, Sam, and Patrick S. Tarpey. "What is next generation sequencing?." *Archives of Disease in Childhood-Education and Practice* 98.6 (2013): 236-238.
4. Bhagwat, Arvind A. "Simultaneous detection of Escherichia coli O157: H7, Listeria monocytogenes and Salmonella strains by real-time PCR." *International journal of food microbiology* 84.2 (2003): 217-224.
5. Barata, A., M. Malfeito-Ferreira, and V. Loureiro. "The microbial ecology of wine grape berries." *International journal of food microbiology* 153.3 (2012): 243-259.
6. Björkroth, K. Johanna, Geisen, Rolf, Schillinger, Ulrich, Weiss, Norbert, De Vos, Paul, Holzappel, Wilhelm H., Korkeala, Hannu J., Vandamme, Peter "Characterization of *Leuconostoc gasicomitatum* sp. nov., associated with spoiled raw tomato-marinated broiler meat strips pac-

- kaged under modified- atmosphere conditions.&quot; Applied and Environmental Microbiology 66.9 (2000): 3764-3772.17
7. Bokulich, Nicholas A., Joseph, Lucy C. M., Allen,Greg, Benson,Andrew K.and Mills David A.&quot;Next- generation sequencing reveals significant bacterial diversity of botrytized wine.&quot; PloS one 7.5 (2012):e36357
  8. Brettschneider, Reinhold. &quot;RFLP analysis.&quot; Molecular tools for screening biodiversity. Springer, Dordrecht, 1998. 85-95.
  9. Carlsson, Mats, and Nicolas Beldiceanu. &quot;Dispensation order generation for pyrosequencing.&quot; Proceedings of the second conference on Asia-Pacific bioinformatics-Volume 29. Australian Computer Society, Inc., 2004.
  10. Chial, Heidi. &quot;DNA Fingerprinting Using Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLP).&quot; (2008).
  11. Cocolin, Luca, Paola Dolci, and Kalliopi Rantsiou. &quot;Biodiversity and dynamics of meat fermentations: the contribution of molecular methods for a better comprehension of a complex ecosystem.&quot; Meat Science 89.3 (2011): 296-302.
  12. Cocolin, L., et al. &quot;Development of a rapid method for the identification of Lactobacillus spp. Isolated from naturally fermented Italian sausages using a polymerase chain reaction-temperature gradient gel electrophoresis.&quot; Letters in Applied Microbiology 30.2 (2000): 126-129.
  13. Coppola, S., et al. &quot;Molecular evaluation of microbial diversity occurring in different types ofMozzarella cheese.&quot; Journal of Applied Microbiology 90.3 (2001): 414-420.
  14. Boylston, Terri D., Vinderola, Celso G., Ghodducci, Hamid B. and Reinheimer,Jorge A. &quot;Incorporation of bifidobacteria into cheeses: challenges and rewards.&quot; International Dairy Journal14.5 (2004): 375-387.
  15. Dijkshoorn, L., B. M. Ursing, and J. B. Ursing. &quot;Strain, clone and species: comments on three basic concepts of bacteriology.&quot; Journal of medical microbiology 49.5 (2000): 397-401.
  16. Ehrmann, Matthias A., and Rudi F. Vogel. &quot;Molecular taxonomy and genetics of sourdough lactic acid bacteria.&quot; Trends in Food Science & Technology 16.1-3 (2005): 31-42.
  17. Eid, John, Fehr, Adrian, Gray, Jeremy, Luong, Khai, Lyle, John, Otto, Geoff, Peluso, Paul, Rank, David, Baybayan, Primo, Bettman, Brad, Bibillo, Arkadiusz, Bjornson, Keith, Chaudhuri, Bidhan,Christians, Frederick, Cicero, Ronald, Clark, Sonya, Dalal, Ravindra, deWinter, Alex, Dixon, John,Foquet, Mathieu, Gaertner, Alfred, Hardenbol, Paul, Heiner, Cheryl, Hester, Kevin, Holden, David,Kearns, Gregory, Kong, Xiangxu, Kuse, Ronald, Lacroix, Yves, Lin, Steven, Lundquist, Paul, Ma,Congcong, Marks, Patrick, Maxham, Mark, Murphy, Devon, Park, Insil, Pham, Thang, Phillips,Michael, Roy, Joy, Sebra, Robert, Shen, Gene, Sorenson, Jon, Tomaney, Austin, Travers, Kevin,Trulson, Mark, Vieceli, John, Wegener, Jeffrey, Wu, Dawn, Yang, Alicia, Zaccarin, Denis, Zhao, Peter,Zhong, Frank, Korfach, Jonas and Turner, Stephen &quot;Real-time DNA sequencing from single polymerase molecules.&quot; Science 323.5910 (2009): 133-138.
  18. Eisenstein, Michael. &quot;Oxford Nanopore announcement sets sequencing sector abuzz.&quot; (2012): 295.
  19. El Baradei, Laila. Do parallel structures resolve the problems of the Egyptian government bureaucracy. Egyptian Center for Economic Studies, 2006.
  20. Ercolini D, Mauriello G, Blaiotta G, Moschetti G and Coppola S.&quot;PCR-DGGE fingerprints ofmicrobial succession during a manufacture of traditional water buffalo mozzarella cheese.&quot; Journal of Applied Microbiology 96.2 (2004): 263-270.
  21. Ermolaeva, Olga, Rastogi, Mohit, Pruitt, Kim D., Schuler, Gregory D., Bittner, Michael L., Chen,-Yidong, Simon, Richard, Meltzer, Paul, Trent, Jeffrey M. and Boguski, Mark S. &quot;Data management and analysis for gene expression arrays.&quot; Nature genetics 20.1 (1998): 19.
  22. Esteve-Zarzoso, Braulio, Belloch, Carmela and Querol, Amparo &quot;Identification of yeasts by RFLP analysis of the 5.8 S rRNA gene and the two ribosomal internal transcribed spacers.&quot; International Journal of Systematic and evolutionary microbiology 49.1 (1999): 329-337.
  23. Falsen, Enevold, Pascual, Christina, Sjöden, Berit, Ohlén, Maria, and Collins, Matthew D. &quot;Phenotypic and phylogenetic characterization of a novel Lactobacillus species from human sources: description of Lactobacillus iners sp. nov.&quot; International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 49.1 (1999): 217-221.



*Gıda Fermantasyonlarındaki Mikrobiyal Floranın Araştırılmasına Yönelik  
Nükleik Asit Bazlı Yaklaşımlar*

24. Fasoli, Sara, Marta, Marzotto, Rizzotti, Lucia, Rossi, Franca, Dellaglio, Franco and Torrian, Sandra &quot;Bacterial composition of commercial probiotic products as evaluated by PCR-DGGE analysis.&quot; International Journal of Food Microbiology 82.1 (2003): 59-70.
25. Flórez, Ana Belén, Susana Delgado, and Baltasar Mayo. &quot;Antimicrobial susceptibility of lactic acid bacteria isolated from a cheese environment.&quot; Canadian journal of microbiology 51.1 (2005): 51-58.
26. Friedrich, Udo, and Jan Lenke. &quot;Improved enumeration of lactic acid bacteria in mesophilic dairy starter cultures by using multiplex quantitative real-time PCR and flow cytometry-fluorescence in situ hybridization.&quot; Applied and environmental microbiology 72.6 (2006): 4163-4171.18
27. Giovannetti, Luciana, and Stefano Ventura. &quot;Application of total DNA restriction pattern analysis to identification and differentiation of bacterial strains.&quot; Diagnostic bacteriology protocols. Humana Press, 1995. 165-179.
28. Gish, Gerald, and Fritz Eckstein. &quot;DNA and RNA sequence determination based on phosphorothioate chemistry.&quot; Science 240.4858 (1988): 1520-1522.
29. Grimont, Francine. &quot;DNA fingerprinting.&quot; Nucleic acid techniques in bacterial systematics (1991):249-276.
30. Hanna, Scott E., Christopher J. Connor, and Hua H. Wang. &quot;Real-time polymerase chain reaction for the food microbiologist: technologies, applications, and limitations.&quot; Journal of food science 70.3 (2005): R49-R53.
31. Heilig, Hans G.H.J., Zoetendal, Erwin G., Elaine Vaughan, E. Philippe, Marteau, Akkermans, Antoon D.L. and De Vos, Willem M. &quot;Molecular diversity of Lactobacillus spp. and other lactic acid bacteria in the human intestine as determined by specific amplification of 16S ribosomal DNA.&quot; Applied and environmental microbiology 68.1 (2002): 114-123.
32. Hernán-Gómez, S., Espinosa, J. C., and Ubeda, J. F., Characterization of wine yeasts by temperature gradient gel electrophoresis (TGGE). FEMS Microbiology Letters, 2000, 193(1), 45-50.
33. Huang, Chien-Hsun, Chang, Mu-Tzu, Hu, Mu-Chiouang and Lee, Fwu-Ling. &quot;Application of the SNaPshot minisequencing assay to species identification in the Lactobacillus casei group.&quot; Molecular and cellular probes 25.4 (2011): 153-157..
34. Huse, Susan M, Huber, Julie A, Morrison, Hilary G, Sogin, Mitchell L., and Welch, Mark David &quot;Accuracy and quality of massively parallel DNA pyrosequencing.&quot; Genome biology 8.7 (2007): R143.
35. Jany, Jean-Luc, and Georges Barbier. &quot;Culture-independent methods for identifying microbial communities in cheese.&quot; Food microbiology 25.7 (2008): 839-848.
36. KARACA, Mehmet, and A. Naci ONUS. &quot;Array Gen Ekspresyon Teknolojisi ve Bitkisel Üretimde Kullanımı.&quot; alatarım (2004): 5.
37. Kasianowicz, John J., Brandin, Eric, Branton, Daniel, and Deamer, David W. &quot;Characterization of individual polynucleotide molecules using a membrane channel.&quot; Proceedings of the National Academy of Sciences 93.24 (1996): 13770-13773.
38. KIRAN, Fadime, and Özlem osmanağaoğlu. &quot;Laktik asit bakterilerinin (LAB) identifikasyonunda/tiplendirmesinde kullanılan moleküler yöntemler.&quot; Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi” 27.1 (2011): 62-74.
39. Loman, Nicholas J., Joshua Quick, and Jared T. Simpson. &quot;A complete bacterial genome assembled de novo using only nanopore sequencing data.&quot; Nature methods 12.8 (2015): 733.
40. Moter, Annette, and Ulf B. Göbel. &quot;Fluorescence in situ hybridization (FISH) for direct visualization of microorganisms.&quot; (2000): 85-112.
41. Nam, Young-Do, Sung-Hun Yi, and Seong-Il Lim. &quot;Bacterial diversity of cheonggukjang, a traditional Korean fermented food, analyzed by barcoded pyrosequencing.&quot; Food Control 28.1 (2012): 135-142.
42. Ogier, Jean-Claude, Son, Olivier, Gruss, Alexandra, Tailliez, Patrick, Delacroix-Buchet, Agnes &quot;Identification of the bacterial microflora in dairy products by temporal temperature gradient gel electrophoresis.&quot; Applied and Environmental Microbiology 68.8 (2002): 3691-3701.
43. Olsen, K. N., E. Brockmann, and Søren Molin. &quot;Quantification of Leuconostoc popu-

- lations in mixed dairy starter cultures using fluorescence in situ hybridization.&quot; *Journal of applied microbiology* 103.4 (2007): 855-863.
44. Pray, Leslie A. &quot;The biotechnology revolution: PCR and the use of reverse transcriptase to clone expressed genes.&quot; *Nat Educ* 1.1 (2008): 94.
  45. Quigley, Lisa, O&#39;Sullivan, Orla, Beresford, Tom P., Ross, R. Paul, Fitzgerald, Gerald F. And Cotter, Paul D., &quot;Molecular approaches to analysing the microbial composition of raw milk and raw milk cheese.&quot; *International journal of food microbiology* 150.2-3 (2011): 81-94.
  46. Rantsiou, Kalliopi, and Luca Cocolin. &quot;New developments in the study of the microbiota of naturally fermented sausages as determined by molecular methods: a review.&quot; *International Journal of Food Microbiology* 108.2 (2006): 255-267.
  47. Rigottier-Gois, Lionel, Rochet, Violaine, Garrec, Nathalie, Suau, Antonia and Dore, Joel. &quot;Enumeration of Bacteroides species in human faeces by fluorescent in situ hybridisation combined with flow cytometry using 16S rRNA probes.&quot; *Systematic and applied microbiology* 26.1 (2003): 110.
  48. Ronaghi, Mostafa, Mathias Uhlén, and Pål Nyrén. &quot;A sequencing method based on real-time pyrophosphate.&quot; *Science* 281.5375 (1998): 363-365.
  49. Sabatea, Josep, Cano, Josep, Esteve-Zarzoso, Braulio and Guillamón, Josè M. &quot;Isolation and identification of yeasts associated with vineyard and winery by RFLP analysis of ribosomal genes and mitochondrial DNA.&quot; *Microbiological research* 157.4 (2002): 267-274.19
  50. Sanger, Frederick, Steven Nicklen, and Alan R. Coulson. &quot;DNA sequencing with chain-terminating inhibitors.&quot; *Proceedings of the national academy of sciences* 74.12 (1977): 5463-5467.
  51. Sofu, Aytül. &quot;Analyses of Dynamics in Dairy Products and Identification of Lactic Acid Bacteria Population by Molecular Methods.&quot; *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5.1 (2017): 6-13.
  52. Stoddart, David, Heron, Andrew J., Mikhailova, Ellina, Maglia, Giovanni and Bayley Hagan &quot;Single- nucleotide discrimination in immobilized DNA oligonucleotides with a biologiW
  53. Tamang, Jyoti P., Thapa, Namrata, Tamang, Buddhiman, Rai, Arun, Chettri, Rajen &quot;Microorganisms in fermented foods and beverages.&quot; *Health benefits of fermented foods and beverages*. CRC Press. Taylor & Francis Group, New York (USA), 2015. 1-110.
  54. Vlkova, Eva, Bujňáková, Dobroslava, Kmeť, Vladimír. &quot;Enumeration, isolation, and identification of bifidobacteria from infant feces.&quot; *Folia microbiologica* 49.2 (2004): 209-212.
  55. Walter, Jens, et al. &quot;Detection of Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, and Weissella species in human feces by using group-specific PCR primers and denaturing gradient gel electrophoresis.&quot; *Applied and environmental microbiology* 67.6 (2001): 2578-2585.
  56. Welsh, John, and Michael McClelland. &quot;Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers.&quot; *Nucleic acids research* 18.24 (1990): 7213-7218.
  57. Williams, John G.K., Kubelik, Anne R., Livak, Kenneth J., Rafalski, J. Antoni, Tingey, Scott V. &quot;DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers.&quot; *Nucleic acid research* 18.22 (1990): 6531-6535.
  58. Niessen L, Luo J, Denschlag C, Vogel RF. The application of loop-mediated isothermal amplification (LAMP) in food testing for bacterial pathogens and fungal contaminants. *Food Microbiol.* 36: 191-206 (2013)
  59. Yan L, Zhou J, Zheng Y, Gamson AS, Roembke BT, Nakayama S, Sintim HO. Isothermal amplified detection of DNA and RNA. *Mol. BioSyst.* 10: 970-1003 (2014)
  60. Zhao X, Lin CW, Wang J, Oh DH. Advances in rapid detection methods for food-borne pathogens. *J. Microbiol. Biotechnol.* 24: 297-312 (2014)
  61. Saharan P, Dhingolia S, Khatri P, Duhan JS, Gahlawat SK. Loop mediated isothermal amplification (LAMP) based detection of bacteria: A Review. *Afr. J. Biotechnol.* 13: 1920-1928 (2014)
  62. Notomi T, Okayama H, Masubuchi H, Yonekawa T, Watanabe K, Amino N, Hase T. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Res.* 28: e63 (2000)
  63. Wang F, Jiang L, Yang Q, Prinyawiwatkul W, Ge B. Rapid and specific detection of Escherichia coli serogroups O26, O45, O103, O111, O121, O145, and O157 in ground beef, beef trim, and produce by loop-mediated isothermal amplification. *Appl. Environ. Microb.* 78: 2727-2736 (2012)
  64. Shao Y, Zhu S, Jin C, Chen F. Development of multiplex loop-mediated isothermal amplifica-



*Gıda Fermantasyonlarındaki Mikrobiyal Floranın Araştırılmasına Yönelik  
Nükleik Asit Bazlı Yaklaşımlar*

- tion-RFLP (mLAMP-RFLP) to detect *Salmonella* spp. And *Shigella* spp. in milk. *Int. J. Food Microbiol.* 148: 75-79 (2011)
65. Yamazaki W, Kumeda Y, Uemura R, Misawa N. Evaluation of a loop mediated isothermal amplification assay for rapid and simple detection of *Vibrio parahaemolyticus* in naturally contaminated seafood samples. *Food Microbiol.* 28: 1238-1241 (2011)
  66. Nagamine K, Hase T, Notomi T. Accelerated reaction by loop-mediated isothermal amplification using loop primers. *Mol. Cell Probes.* 16: 223-229 (2002)
  67. Kuchta T, Knutsson R, Fiore A, Kudirkiene E, Höhl A, Horvatek Tomić D, Gotcheva V, Pöpping B, Scaramagli S, To Kim A, Wagner M, De Medici D. A decade with nucleic acid-based microbiological methods in safety control of foods. *Lett. Appl. Microbiol.* 59: 263-271 (2014)
  68. Song T, Toma C, Nakasone N, Iwanaga M. Sensitive and rapid detection of *Shigella* and enteroinvasive *Escherichia coli* by a loop-mediated isothermal amplification method. *FEMS Microbiol. Lett.* 243: 259-263 (2005)
  69. Fakruddin M, Mannan KSB, Chowdhury A, Mazumdar RM, Hossain MN, Islam S, Chowdhury MA. Nucleic acid amplification: Alternative methods of polymerase chain reaction. *J. Pharm. Bioall. Sci.* 5: 245-252 (2013)
  70. Fakruddin M, Chowdhury A. Pyrosequencing: An alternative to traditional sanger sequencing. *Am. J. Biochem. Biotechnol.* 8: 14-20 (2012)
  71. Fakruddin M, Mazumdar RM, Chowdhury A, Hossain MN, Mannan KS. Pyrosequencing-prospects and applications. *Int. J. Life Sci. Pharm. Res.* 2: 65- 76 (2012)
  72. Compton J. Nucleic acid sequence-based amplification. *Nature* 350: 91-92 (1991)
  73. Jean J, Blais B, Darveau A, Fliss I. Detection of hepatitis A virus by the nucleic acid sequence-based amplification (NASBA) technique and comparison with RT-PCR. *Appl. Environ. Microb.* 67: 5593-5600 (2001)
  74. Greene SR, Moe C, Jaykus LA, Cronin M, Grosso L, van Aarle P. Evaluation of the nuclisens basic kit assay for detection of norwalkvirus rna in stool specimens. *J. Virol. Methods* 108: 123-131 (2003)
  75. Piette JC, Huraux JM. Comparative evaluation of hepatitis C virus RN quantitation by branched DNA NASBA, and monitor assays. *Hepatology* 29: 528-535 (1999)
  76. Amagliani G, Omiccioli E, del Campo A, Bruce IJ, Brandi G, Magnani M. Development of a magnetic capture hybridization-PCR assay for *Listeria monocytogenes* direct detection in milk samples. *J. Appl. Microbiol.* 100: 375- 378 (2006)
  77. Souii A, Ben Nejma M, Elfray Rhim A, Mastouri M, Bel Hadj Jrad B, Makhlof M, Nour M. Molecular Identification of 4 *Salmonella* Serovars isolated from food in Tunisia based on the sequence of the ribosomal RNA genes. *Afr. J. Microbiol. Res.* 6: 6454-6461 (2012)
  78. Jothikumar N, Griffiths MW. Rapid detection of *Escherichia coli* O157:H7 with multiplex real-time PCR assays. *Appl. Environ. Microb.* 68: 3169-3171 (2002)
  79. Krascenicsová K, Píknová L, Kačlíková E, Kuchta T. Detection of *Salmonella enterica* in food using two-step enrichment and real-time polymerase chain reaction. *Lett. Appl. Microbiol.* 46: 483-487 (2008)
  80. Fakruddin M, Mazumdar RM, Chowdhury A, Mannan KSB. Nucleic acid sequence based amplification (NASBA)-prospects and applications. *Int. J. Life Sci. Pharm. Res.* 2: 106-121 (2012)
  81. McHugh TD, Pope CF, Ling CL, Patel S, Billington OJ, Gosling RD, Lipman MC, Gillespie SH. Prospective evaluation of BDProbeTec strand displacement amplification (SDA) system for diagnosis of tuberculosis in non-respiratory and respiratory samples. *J. Med. Microbiol.* 53: 1215-1219 (2004)
  82. Walker GT, Fraiser MS, Schram JL, Little MC, Nadeau JG, Malinowski DP. Strand displacement amplification - An isothermal, in vitro DNA amplification technique. *Nucleic Acids Res.* 20: 1691-1696 (1992)
  83. Römpler H, Dear PH, Krause J, Meyer M, Rohland N, Schöneberg T, Spriggs H, Stiller M, Hofreiter M. Multiplex amplification of ancient DNA. *Nat. Protoc.* 1: 720-728 (2006)
  84. Rosenfield SI, Jaykus LA. A multiplex reverse transcription polymerase chain reaction method for the detection of food-borne viruses. *J. Food Protect.* 62: 1210-1214 (1999)
  85. Fratamico PM, Bagi LK, Cray WC, Jr, Narang N, Yan X, Medina M, Liu Y. Detection by multiplex real-time polymerase chain reaction assays and isolation of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* serogroups O26, O45, O103, O111, O121, and O145 in ground beef. *Foodborne Pathog. Dis.* 8: 601-607 (2011)

86. Fakruddin M, Mazumdar RM, Chowdhury A, Mannan KSB. Nucleic acid sequence based amplification (NASBA)-prospects and applications. *Int. J. Life Sci. Pharm. Res.* 2: 106-121 (2012)
87. Jean J, D'Souza DH, Jaykus LA. Multiplex nucleic acid sequence-based amplification for simultaneous detection of several enteric viruses in model ready-to-eat foods. *Appl. Environ. Microb.* 70: 6603-6610 (2004)
88. Niessen L, Luo J, Denschlag C, Vogel RF. The application of loop-mediated isothermal amplification (LAMP) in food testing for bacterial pathogens and fungal contaminants. *Food Microbiol.* 36: 191-206 (2013)
89. Lunel F, Cresta P, Vitour D, Payan C, Dumont B, Frangeul L, Reboul D, Brault C, Piette JC, Hureau JM. Comparative evaluation of hepatitis C virus RNA quantitation by branched DNA NASBA, and monitor assays. *Hepatology* 29:528-535 (1999)
90. Daniel J. O'Sullivan, Linda Giblin<sup>1</sup>, Paul L. H. McSweeney, Jeremiah J. Sheehan<sup>1</sup> and Paul D. Cotter. Nucleic acid-based approaches to investigate microbial-related cheese quality defects. *Front. Microbiol., Sec. Food Microbiology* (2013)
91. Amira Souii, Manel Ben M'hadheb-Gharbi, and Jawhar Gharbi. Nucleic Acid-based Biotechnologies for Food-borne Pathogen Detection Using Routine Time-intensive Culture-based Methods and Fast Molecular Diagnostics. *Food Sci. Biotechnol.* (2006)

## BÖLÜM 6

# SÜRDÜRÜLEBİLİR SULU TARIM: TOPRAK TUZLULUĞU, BELİRLENME TEKNİKLERİ VE YÖNETİMİ

Sertan SESVEREN<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Tarımsal üretimi sınırlayan başlıca sebeplerden biri olan tuzlar, bitkiler tarafından su alınımının sınırlandırılmasına ve sodyum iyonunun diğer katyonlara göre oransal artışı nedeniyle kil kolloidlerinin dispersiyonu sonucu toprağın fiziksel özelliklerinin bozulmasına, düşük hidrolik iletkenliğe ve azalan infiltrasyon oranına neden olmaktadır. Geçirgenlik kapasitesi azalan toprakta taban suyu yükselmekte ve bunun sonucunda da tuzlanma riski yüksek değerlere çıkmaktadır. Dünyanın birçok bölgesinde toprak tuzluluğu (özellikle sodyum yönünden tuzlanma) sürdürülebilir tarım için önemli bir tehlike oluşturur. Hopmans ve ark. (1) günümüzde bir milyar hektardan fazla arazinin toprak tuzluluğundan etkilendiğini ve bu değer sürekli olarak arttığını bildirmiştir. Bu artış küresel olarak artmakta ve 100'den fazla ülkeye yayılmış durumdadır (2). Toplam sulanan alanların yaklaşık %20'sinin tuzluluktan etkilendiği ve dikkat edilmezse bu değer %50'ye ulaşacağı ifade edilmektedir (3). Dünya çapında tuzlu toprakların, yıllık 27 milyar dolara kadar tarımsal kayba neden olduğu raporlanmıştır (4). Dünyadaki tuzlanmış alanların büyük çoğunluğu öncelikle Hindistan, Çin, ABD, Sudan, Pakistan ve Türkiye'de bulunmaktadır (5). Sonrasında, Arjantin, Güney Afrika ve Mısır söylenebilir. Ağca (6)'a göre, günümüzde Türkiye'deki tuzluluk sonucu çoraklaşan arazilerin 2 milyon hektara ulaştığı tahmin edilmektedir. Türkiye'deki toplam sulanabilir arazi miktarının 12.5 milyon hektar olduğu dikkate alınırsa, durumun ne kadar ciddi olduğu anlaşılmaktadır. Tarım alanlarının en önemli sorunlarından biri tuzluluktur.

Tuzluluk litrede milimol (mmol/l) veya litrede milimol yük (mmol yük/l veya meq/l) ve litrede miligram (mg/l veya ppm) olarak tanımlanmaktadır. Topraktaki tuzluluk için kullanılan diğer terimler ise elektriksel iletkenlik (EC), toplam çö-

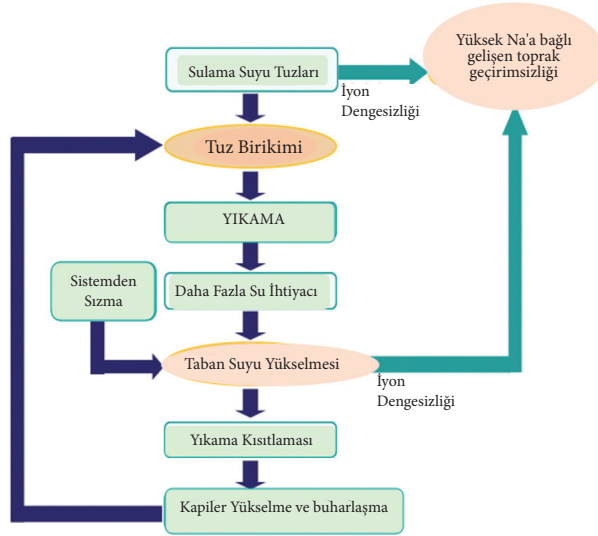
<sup>1</sup> Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, sesveren@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-5163-7066

zülebilir tuzlar (TDS) ve ozmotik potansiyel ( $\Psi$ ) dir. Toprak tuzluluğu özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde özellikle drenaj eksikliği görülen alanlarda görülmektedir. Sulama ile toprakta çözünebilir tuzlar, kapilarite ile yukarı taşınmakta ve toprakta birikmektedir. Toprak çözeltisindeki temel katyonlar;  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  ve  $\text{K}^+$ , anyonlar ise  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$  ve  $\text{NO}_3^-$  mineraller olup tuzluluğa sebep olmaktadır. Toprağın tuzlanması, toprağa özgü doğal, biyokimyasal ve erozyon özelliklerinin değişmesine ve hatta bozulmasına neden olur (7). Bu nedenle, artan tuzlanma seviyeleri mevcut toprak kaynaklarının kaybına yol açarak tarımsal kalkınmayı ve ekolojik refahı etkileyecektir. Dikkat edilmediği takdirde bu durum uzun vadede sosyoekonomik ve insan sağlığı sorununa dönüşebilir.

Toprak tuzluluğu toprak ve su materyalin tuz içeriği sonucu oluşabilir. Ek olarak jeolojik yapı, iklim, denizden uzaklık, topografik özellikler, doğal drenaj yapısı gibi faktörlerde nedenleri içinde sayılabilir (8). Bu kısım literatürde kurak alan tuzluluğu olarak geçmektedir. Kurak alan tuzluluğunun aksine, ikincil tuzluluk, sulu tarım gibi insan faaliyetleri nedeniyle toprağın tuzlanmasını ifade eder. Sulu tarım alanlarında ise tuzluluk problemi sulama suyu kalitesinin düşük olması, uygun sulama tekniklerinin kullanılmaması, drenaj olanaklarının yetersizliği ve yüksek taban suyunun varlığı önemli birer etkidir. Özellikle aşırı sulama koşulları taban suyunun yükselmesine ve dolayısıyla toprak tuzluluğuna neden olmaktadır (9). Böyle durumlarda kök bölgesindeki fazla suyun uzaklaştırılmasını sağlayacak bir drenaj sistemi yoksa yükselen taban suyu buharlaşarak zamanla toprak yüzeyine ve bitki kök bölgesine doğru tuz taşınmasına veya birikmesine yol açar. Ayrıca noktasal olmayan (yayıllı) kirlilik etmeni olarak görülen sulamadan dönen sular (IRF) (10), su yetersizliği çekilen dönemlerde çoğu zaman kaliteleri göz önüne alınmadan yüzey sulama sistemleri ile sulamada kullanılırlar. Bunun sonucu taban suyu bitki kök bölgesine kadar yükselerek kritik değerlere ulaşıyorsa, sulama oranının düşük olması ve sulama yönetiminde başarısızlık beklenebilir (9). Shahid ve ark. (11), son zamanlarda toprak tuzluluğunun gelişimindeki çeşitli yönleri sunmak amacıyla bir toprak tuzluluğu döngüsü hipotezi öne sürmüştür (Şekil 1.).

Yukarıda anlatılanların ülkemiz ölçekli incelenmesi sonucu Harran, Amik, Konya ve Aşağı Seyhan ovaları dikkat çekmektedir. Örneğin Harran Ovası'nda GAP bölgesindeki artan tuzlulaşma sorunuyla toplam tuzlu alanın 11.403 ha'ya ulaştığı, genellikle Akçakale, Ekinyazı ve Gürgelen lokasyonlarında etkili olduğu bilinmektedir (12). Özellikle yarı kurak bir iklime sahip Harran Ovası'nın jeomorfolojik yapısı (eğim farklılıkları), iklim koşulları ve ovanın güneyinde yüksek tuzlu yeraltı pompaj sularının sulama amaçlı kullanılması sonucu topraktaki tuz konsantrasyonu ve taban suyu seviyesi artmış sonrasında da tuzlu alanların

oranında bir yükselme meydana getirmiştir (13). Aşağı Seyhan Ovası (ASO) IV. Merhale Proje alanında olduğu gibi; sulamada düşük kaliteli suların kullanılması, taban suyu derinliğini daha kritik hale getirmiş (14) ve topraklarda tuzluluk-alkalilik sorunlarına neden olmuştur. Oysaki, Qadir ve Oster (15) tarafından da ifade edildiği gibi sulama ve drenaj sistemlerinin planlanmasında yeni yaklaşım, su kullanımını ve derine süzülmeyle minimize eden ve daha etkili su kullanımını sağlayabilecek damla ve yağmurlama sulama sistemlerinin yaygınlaştırılmasıdır. Bunların yapılmaması durumunda, topraktaki tuzluluk-alkalilik artarak bitkisel verimin azalmasına dolayısıyla hali hazırda birçok büyük sulama projeleri zarara uğratılır.



**Şekil 1.** Varsayımsal bir toprak tuzlanma döngüsü. (Shahid ve ark. (11)'dan uyarlanmıştır)

Genel olarak toprak tuzluluğunun artmasının neden olduğu zararlardan bazıları;

- Biyolojik çeşitliliğin kaybı ve ekosistemin bozulması,
- Tarımsal verimindeki düşüşler,
- Daha önce verimli olan tarım arazilerinin terk edilmesi veya çölleşmesi,
- Bitki örtüsünün kaybı nedeniyle artan toprak erozyonu riski,
- İçme suyunun kirlenmesi,
- Doğal toprak yapısındaki tuzların birikmesi nedeniyle mühendislik yapıların temellerinin zayıflaması,
- Tuzlu taban suyu seviyesinin yükselmesi nedeniyle toprağın biyolojik aktivitesinin azalması şeklinde verilebilir (16).

## 2.TOPRAK TUZLULUK DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ

Tuzlu alanların yönetimi konusunda doğru kararlar vermek için, tuzun kaynağını, tuzlanmanın nasıl gerçekleştiğini, toprakta bağlanma düzeyi ve en önemlisi toprağın mevcut tuz konsantrasyonunu bilmeniz gerekir. Toprak tuzluluğu genelde, tuzluluk ile elektriksel iletkenlik (EC) değeri arasındaki sıkı ilişkiden dolayı toprak çözeltisinde elektriksel iletkenlik değeri olarak ölçülür ( $EC_e$ ). Toprakta elde edilen çözeltiden (toprak suyu) laboratuvarda yada doğrudan arazide elektriksel iletkenlik ölçümü şeklinde yapılabilir ( $EC_{sw}$ ). Bunun yanında daha kolay olarak doğrudan saturasyon çamurundan ölçülebilir ( $EC_{se}$ ), yada “hacimsel (bulk)” toprakta, toprak anlık elektriksel iletkenlik değeri olarak da, ilgili yöntem ve teknikler kullanılarak ( $EC_a$ ) ölçülebilmektedir. Bu son değinilen teknik ile topraktan örnekleme yapmak zorunda olunmadan ve hızlı olarak tuzluluk belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Bu amaçla toprağa yerleştirilmiş elektrik problemleri yardımıyla ya da uzaktan ölçüm yapabilen elektromanyetik indüksiyon (EM) cihazları kullanılarak yapılabilir. Bu  $EC_a$  ölçüm cihazları, diğer sulu çözeltilerde ölçüm yapabilen cihaz (EC metre) ve ekipmanlara göre çok daha pahalıdır.

Özetle; tuzluluk şu şekilde tahmin edilebilir veya ölçülür:

- Bir çözeltinin veya toprak-su karışımının, sahada veya laboratuvarda elektriksel iletkenliği (EC)
- Bir elektromanyetik indüksiyon (EM) cihazı kullanarak toprağın görünür elektriksel iletkenliği
- İyon konsantrasyonlarını tanımlamak ve ölçmek için bir laboratuvarda su veya toprağın toplam çözünmüş katı maddelerinin kimyasal analizi.

Modern ekipmanlara (örneğin alev emisyon spektrofotometresi (FES), atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) veya alkaliliğin belirlenmesi amacıyla toprak saturasyon çamurlarında veya su numunelerindeki çözünebilir  $Na^+$  miktarının analiz edilmesi amacıyla indüktif eşleşmiş plazma (ICP) sahip olmayan laboratuvarlar genellikle sodyum adsorpsiyonu oranı (SAR) ve  $Na^+$  hesaplanırken  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  un bir titrasyon yöntemi ile belirlenmesi kolaydır. Şu anda gelişmekte olan birçok ülkedeki bu laboratuvarlar tarafından, tuzluluk düzeyleri hakkında bilgi almada kullanılan aşağıdaki terimlerin (SAR, ESP, TDS,  $Na^+$  vb.) hesaplanmasında daha ekonomik olan aşağıda geçen formül ve abaklar kullanılabilmektedir.

$$Na^+ = [TDS - (Ca^{+2} + Mg^{+2})]$$

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{1}{2}(Ca^{+2} + Mg^{+2})}}$$

$$ESP = \frac{[100(-0.0126 + 0.01475 \times SAR)]}{[1 + (-0.0126 + 0.01475 \times SAR)]}$$

Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> ve Mg<sup>2+</sup> konsantrasyonlarının her biri (meq/L) cinsinden ifade edilir ve SAR 0.5 (mmol/L) olarak ifade edilir.

Tuzlu toprakların tanımlanması açısından bakıldığında, saturasyon çamurundan (EC<sub>e</sub>) elde edilen bir toprak çözeltisinin elektriksel iletkenliği 25 °C'de metre başına 4 desi Siemens'e (dS/m) eşit veya bu değeri aştığında, toprağın tuzlu olduğu söylenir (17) ve bu tanım ABD'deki en son toprak bilimi sözlüğünde yer almaktadır. Tuzluluğun yorumlanması noktasında Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre tuzluluk derecelendirilmektedir (Tablo 1.). Aynı zamanda; tuzlu topraklar tuz konsantrasyonu değişebilir sodyum yüzdesi, toprak pH' sınır düzeyine göre tuzlu, alkali ve tuzlu-alkali topraklar şeklinde sınıflandırılmaktadır. Tuzlu topraklarda, satüre olmuş toprak çamurunun EC>4 dS/m, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) <15% ve toprak pH'sı ise <8.5'dir (Tablo 2.).

**Tablo 1. Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre tuzluluk derecesi (18)**

Elektriksel iletkenlik EC (dS/m=mS/cm)	Tuzluluk derecesi
0 - 2	Tuzsuz
2 - 4	Hafif derecede tuzlu
4 - 8	Orta derecede tuzlu
8 - 15	Yüksek derecede tuzlu
>15	Çok fazla tuzlu

**Tablo 2. Tuzlu-alkali toprakların sınıflandırılması (19)**

Sınıf	Toprak özelliği		
	EC (dS/m)	ESP	pH
Tuzlu	>4	<15	<8.5
Alkali	<4	>15	>8.5
Tuzlu -Alkali	>4	>15	>8.5

Toprakta tuzluluğun göstergesi olan suda çözünebilir tuz konsantrasyonu veya EC birçok birimle ifade edilmektedir. Bunlar bir litre çözeltideki tuz konsantrasyonuna göre mol/L, mg/L, ppm, miliekiveler/L, EC ise dS/m veya milimhos/cm olarak ifade edilir (17,20,21).

**Analiz ve ölçümlerde bazı faydalı bilgiler ve dikkat edilmesi gereken hususlar:**

Toprak-su karışımının sıcaklığı EC değerini etkiler. EC raporlamasındaki standart sıcaklık 25 °C' dir.

25 °C standardına göre düzeltme denklemi aşağıdaki gibidir:

$$EC_{25^{\circ}C} = EC_{\text{örnek}} \div (1 + (0.02 \times (\text{örnek sıcaklığı } ^{\circ}C - 25)))$$

TDS; ppm, (mg/L) ve molarite (mol/L) olarak ifade edilebilir.

Birimler Arasındaki Dönüşümler

Laboratuvarlarda, genelde tuzluluk ölçüm değerleri S/m veya dS/m biriminde hesaplanmaktadır. Ancak, sonuçların kullanıldığı alana göre de birim dönüştürülmesinin yapılması tavsiye edilir.

Ms/M'den Diğer Birimlere Dönüştürme

- 1 dS/m = 100 mS/m
- 1 mS/m = 6 mg/L = 6 ppm (bu dönüşüm, Batı Avustralya coğrafi bölgesine uygundur)
- 1:5 karışım mS/m x 0.0034 ≈ % TDS (dönüşüm mevcut tuzlara göre değişir)
- 1 mS/m ≈ 0.1 mmol/dm<sup>3</sup> NaCl ≈ 0.1 mmol/L NaCl

EC'den toprak tuzluluğunun tahmin edilmesi

1:5 ağırlık-hacim (EC<sub>1:5</sub> w/v) yöntemi

- Her 1 (gram) kuru-hava toprak ağırlığına 5 (ml) damıtılmış su gelecek şekilde toprak karışımı elde edilir
- Tuzların % 95'nin çözünmesini sağlamak için toprak-su karışımı çalkalanır ve bekleme yapılır
- Düşük EC'li topraklar için 24 saat
- Yüksek EC'li topraklar için 3 saat
- Bir EC metre kullanarak karışımın EC'si ve sıcaklığı ölçülür (EC metre 25 °C sıcaklık için otomatik olarak düzeltme yapmıyor ise)
- EC ölçümünün tuzluluk sınıfı, farklı toprak bünyelerine göre el kitaplarından yorumlanması yapılır.

Saturasyon ekstraktının EC'si (EC<sub>se</sub>)

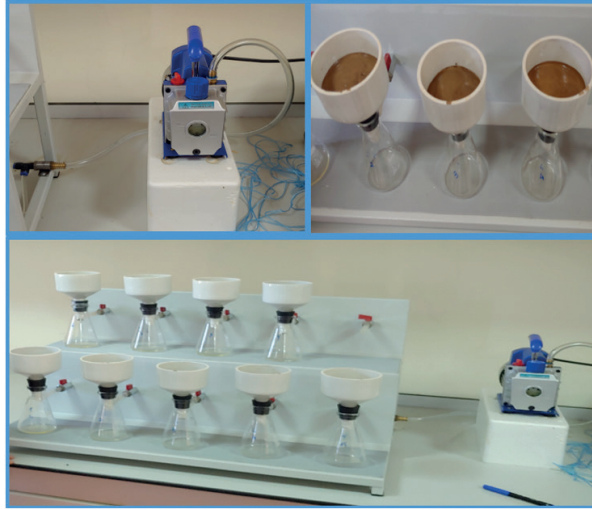
EC<sub>se</sub> bir toprak örneğinin sature ekstraktının EC'sinin doğrudan bir ölçüsüdür.



dür. Ölçüm zaman alıcı ve pahalı olduğundan nadiren kullanılır.  $EC_e$  çoğunlukla bitkilerin tuzluluğa karşı gösterdiği tepkinin belirlenmesinde kullanılır. Tuz iyon miktarının aynı olduğu koşullarda kum parçacıklarının daha fazla iyon adsorbe etmesinden dolayı tuzluluk konsantrasyonunun killi topraktakine göre daha fazla olduğu söylenebilir (22).

ECse ölçüm adımları:

- Karışım hazırlanırken hava-kuru toprak örneğine (200-400g) damıtılmış (saf) su eklenerek sature olmuş bir toprak-su süzüğü (çamur) hazırlanır.
- Eşit derecede sature ve dengeli bir toprak-su çamuru elde etmek ve toprağın suyu tamamen emmesine ve kolayca çözünür tuzların tamamen çözünmesine izin verilmesi için, karışımın en az birkaç saat (genellikle gece boyunca) bekletilmesine izin verilir.
- Sature çamurdan suyun çıkartılması için bir porselen kab, filtre kağıdı ve sant-rifüj kullanılır (Resim 1.).
- • Bu çıkan suyun  $EC_{25^{\circ}C}$  değeri okunur



**Resim 1.** Saturasyon ekstraktının EC'sinin (ECse) belirlenmesinde kullanılan set

### Elektromanyetik indüksiyondan (EMI) yöntemi ile toprak tuzluluğunun belirlenmesi

Bir başka yaygın toprak tuzluluğu belirlenmesi de EM38 veya EM31 gibi taşınabilir bir elektromanyetik indüksiyon (EM) ölçüm cihazı kullanarak var olan elektriksel iletkenliğin ( $EC_a$ ) ölçülmesi ile yapılır. EM ölçümü tuzluluk ile güçlü bir ilişki gösterir, ancak diğer toprak faktörleri de okumaları etkiler. Bunlar; top-

rak su içeriği, toprak bünyesi (özellikle topraktaki kil içeriği), alkalilik ve toprak sıcaklığıdır. EM okumalarının her bir toprak bünyesi için 1.25 m derinliğe kadar toprak örneklerinin laboratuvar  $EC_{1,5}$  okumalarına karşı kalibre edilmesi önerilir (Tablo 3.).

**Tablo 3.  $EC_e$ ,  $EC_a$ , and  $EC_{1,5}$  arasındaki karşılaştırmayı göstermektedir**

Tuzluluk sınıfı	Tüm toprak bünyeleri için $EC_e$ (mS/m)	$EC_a$ yatay okuma (mS/m)	$EC_{1,5}$ tınlı toprak (mS/m)
Tuzsuz	<200	<50	<20
Az	200-400	50-100	20-40
Orta	400-800	100-150	40-80
Yüksek	800-1600	150-200	80-160
Oldukça yüksek	1600-3200	200-400	160-320
Aşırı	>3200	>400	>320

EM38 tuzluluk ölçer aleti yaklaşık 1.5 m'de etkili kök bölgesinin (hacimsel) EC'sini tahmin etmek için tasarlanmıştır. Daha kapsamlı olan EM31 ise yaklaşık 6 m derinlikte EC'yi tahmin etmektedir.

#### Toplam çözünmüş katı maddelerden (TDS) tuzluluğun ölçülmesi

Toprak veya su TDS'sinin akredite bir laboratuvar tarafından analizi, tuzluluğu ölçmek için en çok baş vurulan yöntemdir.

TDS'nin ölçülmesi:

- Numunede bulunan tüm ana anyonların ve katyonların kimyasal analizi ve tahmini (tuz içeriğinin en doğru ölçümü)
- Bilinen bir numune hacminin 180°C'de buharlaştırılarak kuru forma getirildiği ve kalan katı kalıntıların tartıldığı gravimetrik tekniktir

#### Taban suyu derinliği ve eğiliminden kaynaklanan tuzlanma riskinin tahmin edilmesi

Tuz toksisitesinin tarımsal üretimi %30'dan fazla azalttığı kritik derinlik yaklaşık 2 m olarak kabul edilir. Kritik derinlik, yeraltı suyundaki tuzun konsantrasyonuna ve bileşimine, yağış sıklığına ve miktarına, toprağın fiziksel özelliklerine ve ürünün tuz toleransına (dayanım) göre değişmektedir (23).

### 3. SULAMA SUYU TUZLULUĞU

Sulama suyunun tuzluluğu da ikincil tuzlanma ve bitkisel üretim açısından önemli bir sorundur (Tablo 4.). Tuzlu su, ürünün çimlenmesine, klorofil içeriğine, büyüme fonksiyonlarına ve verim özelliklerine etkide bulunur. Suyun yüksek tuzluluğu nedeniyle ozmotik ve iyon dengesizliği tohum çimlenmesinden sorumlu enzimin aktivasyonunda azalmaya neden olur ve aynı zamanda yaprak pigmentlerindeki ve membran stabilizesindeki azalmaya bağlı olarak toplam klorofili de etkiler. Genellikle tuzlu su, kök bölgesindeki tuz miktarına eklenir (24).

Tablo 4. Sulama Suyu – Tuzluluk Temelli Sınıflandırma		
EC (dS/m)	Mevcut durum	TDS (mg/L)
<0.7	Tatlı su – İçme ve sulama	<500
0.7-3.0	Az tuzlu - Sulama	500 - 2000
3.0-6.0	Orta tuzlu – Yüksek tuz toleransı olan bitkiler için uygundur	2000 - 4000
>6.0	Yüksek tuzlu – Sulama için uygun olmayan	4000
>14	Aşırı tuzlu – Kötü kalitedeki (ikincil) drenaj suyu	>9000
>45	Deniz ve endüstriyel su	>30000

### 4. TUZLULUĞUN YAPMIŞ OLDUĞU ETKİLER

#### 4.1. Bitki Büyümesi Üzerine Etkileri

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk hem tarım yapılan toprakları olumsuz etkilemekte hem de tuzluluk tehdidi altındaki topraklarda yetişen bitkilerde pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır (25). Tuz konsantrasyonunun fazla olduğu sulama sularının kullanılması sonucu topraktaki tuz miktarının artması bitkilerin büyüme ve gelişiminde bozukluklara neden olduğu gibi, yetiştirilen ürünün kalitesini de düşürmektedir. Bitki bünyesine kolayca alınabilen çözünebilir tuz bileşiklerinin çeşidi ve miktarı belli bir değeri aşınca bitkiye zararlı olabilmektedir. Tablo 5’de bitkilerin 25°C’de saturasyon ekstraktındaki elektriksel iletkenlik değerleri ve bitki gelişimi arasındaki ilişki yer almaktadır (26).

**Tablo 5. Topraktaki elektriksel iletkenlik ve bitki gelişimi (26,27)**

İletkenlik dS/m	Tuz oranı	Bitki verimi
0-2	Düşük	Tüm bitkiler çok az zarar görürler
2-4	Orta	Hassas bitkiler ve tohumlar zarar görebilir
4-8	Yüksek	Tuza dayanıklı olmayan çoğu bitkiler zarar görür, tuza hassas ve dayanıklı bitkiler ise az zarar görürler
8-16	Aşırı	Tuza dayanıklı bitkiler gelişirler, diğer çoğu bitkiler ise ciddi zararlar görürler
>16	Çok aşırı	Çok az bitki türleri dayanıklıdır ve gelişirler

Bu tuzlar genelde klorürler, sülfatlar, karbonatlar, bikarbonatlar ve boratlardır. Ancak doğada en çok rastlanılan tuz formu sodyum klorür (NaCl)'dür (28).

Topraklarda bulunan veya sulama sonucu oluşan toprak tuzluluğu, bitkiler üzerinde iki şekilde etkili olmaktadır. Birincisi, bitkilerin topraktan su alımını engelleyen toplam tuz etkisi veya ozmotik etki, ikincisi ise bitkilerdeki bazı fizyolojik olayları etkileyen toksik iyon etkisidir. Topraklarda bulunan fazla miktarlardaki değişebilir sodyum ise su geçirgenliği ve havalanmanın azalması gibi sorunlara neden olduğu için, bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Tuzluluk bitkilerde superoksit, hidrojen peroksit, hidroksil ve alkolid gibi duyarlı oksijen türlerinin (ROS) üretilmesi nedeniyle oksidasyon stresine de neden olmaktadır. Bu koşullar altında transpirasyon, solunum, su alımı ve kök gelişimi azaltmaktadır. Devamında; hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Buna karşın, dokularında sodyuma göre daha fazla oranda biriken klorun ise yapraklarda kötüleşmeye yol açarak fotosentez etkinliğini düşürmektedir. Sonuç olarak ürünü olumsuz yönde etkilemektedir.

Yüksek tuzlu koşullar altında bitkilerde ozmotik denge sağlanamadığından, konsantrasyon gradyanını azaltmak için suyun bitki özsuyundan toprağa hareketi daha yüksek tuzlu ortam nedeniyle hücrenin dehidrasyonuna, canlılık kaybına neden olur (29). Bu etkiler sonucu suyun yarıyışlılığı azalmaktadır. Ayrıca kök basıncına bağlı suyun besin maddelerini bitkiye taşımasını da azaltmaktadır (30, 31). Bu gibi durumlar, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısını azaltmakta ve verimin azalmasına neden olmaktadır (12). Bu savı destekleyen bir çalışmada (32); sulama suyunun tuzluluğu arttıkça tütün bitkilerinin (*Nicotiana tabacum* L.) bitki boyu, yaprak genişliği, yaprak uzunluğu, yaprak kuru ağırlığı ve yaprak sayısının azaldığı ve tütün bitkisinin tuzluluğa karşı hassas olduğu belirlenmiştir.

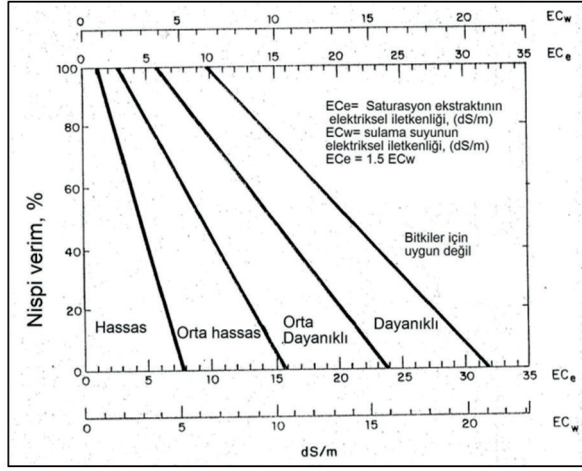
Tuzluluğun bu olumsuz etkileri; tuzluluğa maruz kalma süresi, bitki çeşidi, gelişme dönemi, ortamdaki iyon konsantrasyonu gibi faktörlere bağlı değişiklik gösterebilmektedir (33). Tuzlu topraklarda bitkilerin gövde gelişimi kök gelişimine göre daha fazla gerilemektedir. Bunun sebebi yapraklardaki su potansiyelinin değişmesidir. Kök bölgesinden tuzun uzaklaştırılması halinde yaprak büyümesi tekrar eski haline dönmektedir. Bitkilerin büyüme dönemlerine göre tuz duyarlılığına ilişkin genel kanı, erken büyüme dönemlerinde tuz stresine daha duyarlı olduğu yönündedir. Çimlenme ve çıkış sırasında toleransın belirlenmesi sonraki gelişim aşamalarında göreceli azalmayı ifade eder (34). Şeker pancarı, çimlenme döneminde tuzluluğa aşırı hassas iken gelişmesinin diğer dönemlerinde tuzluluğa oldukça dayanıklıdır. Ters olarak çeltik, buğday, arpa bitkilerinin tuzluluğa dayanıklılığı çimlenmeden sonraki gelişme dönemlerinde azalmaktadır (30). Doğan ve ark. (35) farklı domates tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkilerini araştırmış ve tuz stresi artıkça çimlenme yüzdesinde belirgin bir azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Özetle, tuz stresi bitkilerde; bodurluğa, kök büyümesinde gerilemeye, tomurcuk oluşumunun azalmasına, yaprak ve meyvelerin küçük kalmasına, dölllenme bozukluklarına, hücrelerin ölmeleri sonucu köklerde, tomurcuklarda, yaprak kenarlarında ve büyüme uçlarında sarı lekeler (nekroz) oluşmasına neden olur (36).

Herhangi bir bitkinin tuzluluk toleransı, kök bölgesindeki aşırı tuzun etkilerine dayanma yeteneği olarak tanımlanır. Bitkilerin tuza dayanım grafikleri Şekil 2'de verildiği gibidir. Tuz toleransı, oransal (göreceli) verimdeki azalmayı toprak tuzluluğundaki artışla ilişkilendiren modellerle tanımlanmaktadır (37,38). Maas ve Hoffman'ın (37) modelinde; tuzluluğun (sulama suyu tuzluluğu yada toprak tuzluluğu) artması ile birlikte bir noktaya kadar verim potansiyelinde azalma oluşmazken ( $t$ -eşik değeri), bu noktadan sonra, tuzluluğun artmaya devam etmesi ile verim potansiyeli de doğrusal olarak azalmaya başlar. Bu ilişki aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir;

$$Y = 100 - S \times (EC_e - t)$$

Burada;  $Y$ =Oransal verim değeri (%),  $EC_e$ =Toprak saturasyon ekstraktı tuzluluk değeri (dS/m),  $t$ =Tuzluluk eşik değeri,  $S$ =Birim tuzluluk artışına bağlı olarak verimdeki azalma miktarı.



Şekil 2. Tuzluluğa tepki olarak gösterilen bitki tuz toleransı ve verim azalımı

Maas-Hoffman modeli yalnızca toprak tuzluluğu miktarı ve tuzlanma şekillerini de dikkate alsa da; tuz toleransı, bitkinin büyüme dönemleri, iklim koşulları ve tuz türü (39), toprak özellikleri (40), kök bölgesi sıcaklığı (41), havadaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu (42) ve kültürel uygulamalar gibi birçok faktöre bağlıdır.

Bitkiler, tuz stresine maruz kaldıkları zaman ilgili biyokimyasal ve moleküler mekanizmaları devreye sokmaktadırlar. Tıbbi bitkiler üzerine yapılan çalışmalarda su-tuz uygulamalarının fenolik içerikleri ve sekonder metabolitlerde önemli değişimler yaptığı belirlenmiştir (43). Bitkiler tuz stresi koşullarında, prolin üreterek hücrenin ozmotik basınçlarını yükseltmekte, bu sayede de besin ortamında ortaya çıkan yüksek ozmotik basıncı dengelemekte ve yaşamlarını sürdürebilmektedir (44). Bitkilerin tuz, sıcaklık gibi stres faktörlerine dayanıklılıkta iki yol izledikleri; bunlardan ilkinin stresden 'kaçınma' olduğu ve bitkilerin bunun için yapılarında morfolojik ve kimyasal değişiklikler gerçekleştirdiği belirtilmektedir. İkinci yol ise dayanıklılık mekanizması olup, stres faktörünün etkisini hücre ve doku seviyesinde değişiklikler yaparak azaltmasıdır. (45).

Bitkiler tuza karşı gösterdikleri tepkilere göre halofitler ve glikofitler olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır (25). Halofitler yüksek tuz şartlarına adapte olmuş ve bu şartlarda yaşamını sürdüren bitkilerdir (*Salicornia* herbacea, *Atriplex* vericaria, *Suaeda* maritima gibi). Glikofitler ise tuza duyarlı olan bitkilerdir ve yüksek tuz düzeylerinde yaşayamazlar. Halofit bitkiler, fazla miktarda Na ve Cl tuzlarını alıp yapraklarında biriktirme yoluyla tuzluluğa karşı zarar görmezler. Bu bitkiler, yapraklarda biriken tuzları topraktaki düşük ozmotik potansiyeli ayarlamak için kallanarak metabolizma ve enzim aktivitelerinde zarar almalarını önlemektedirler (46).

Tarımı yapılan kültür bitkileri tuza yüksek derecede dayanıklı bitkiler (şekerpancarı, pamuk, arpa, şeker kamışı), tuza orta derecede dayanıklı bitkiler (buğday, ayçiçeği, kaba yonca), tuza düşük derecede dayanıklı bitkiler (kızıl yonca, baklagiller, çeltik, mısır) şeklinde sınıflandırılabilir (47). Tablo 6'da bazı bitkilerin tuza karşı toleransları yer almaktadır.

Tablo 6. Tarla bitkileri ve sebzelerin tuz toleransı (30).			
Yüksek	İyi	Orta	Zayıf
Hayvan pancarı	Çok yıllık çim	Sarı taşyoncası	Tilki kuyruğu
Şeker pancarı	Domuz ayrığı	Fiğ	Aleksandra üçgülü
Kolza	Pırasa	Havuç	Fasulye
Buğday	Kırmızı lahana	Bezelye	Çilek
Arpa	Karnabahar	Turp	Kırmızı üçgül
Kamışı yumak	Domates	Kabak	Marul
İtalyan çimi	Kereviz	Patates	
	İspanak	Tütün	
	Yonca		
	Soğan		
	Çavdar		

## 4.2. Toprak Verimliliğine Etkileri

Tarım alanlarında bilinçsiz sulamalar, aşırı ilaç ve gübre kullanımı ile topraklarda tuzluluk-sodyumluluk, asitleşme vb. sorunlar meydana gelerek toprak yapısı bozulmakta ve toprak verimliliği azalmaktadır. Toprak yapısının bozulması sonucu toprağın su tutma kapasitesi azalır, toprağın infiltrasyon oranı azalır. Toprakta tuz yoğunluğunun artması amonifikasyonu azaltır ve topraktaki mikroorganizma faaliyetleri olumsuz etkilenir. Bu durum toprak verimliliğini azaltır. Verimliliğinin göstergesi olarak makro ve mikro besin elementleri ile birlikte tuzluluk, pH, organik madde, kireç vb. parametrelerin belirlenmesi önemlidir. Bu parametreler, kıtalar arası ve bölgesel sınıflandırmaya tabi tutularak düzeyleri ve etkileri ayrı ayrı değerlendirilmektedir.

Topraktaki makro ve mikro besin elementi miktarı ve alımı, yüksek tuzluluk koşullarından etkilenir.  $Ca^{+2}$  iyonu aktivitesi yüksek iken daha yüksek tuzluluk koşullarına bağlı fosfor, kalsiyum fosfatın (Ca-P) fiksasyonundan dolayı etkilenemez (48). N biyo-yarayışlılığı ve birikimi toprak tuzluluğundan etkilenir. N gereksiniminin %25'i N fiksasyonu ile karşılanır. Toprak tuzluluğu, N dengeleyici

rizo-bakteriyel büyümeyi büyük ölçüde azaltır ve daha az fotosentez nedeniyle foto birikimlerde azalmaya neden olur (49). Ayrıca tuzluluk nedeniyle nitrifikasyonun azalması  $\text{NH}_4$  içeriğinin artmasına yol açar. Ayrıca Na/Ca oranından etkilenen potasyum alımı ve asimilasyonu bitkinin K/Na oranının azalmasına neden olur (50).

### 4.3. Sosyo-Ekonomik ve Çevresel Etkileri

#### (a). Sosyoekonomik Etkiler

- Tarım alanlarının terk edilmesi ve buna bağlı çiftçi sayısını azalması sonucu sosyo-ekonomik sıkıntıların artması,
- Yüksek girdi maliyetlerine verilen desteklerin düşük olması sebebiyle düşük üretim rekoltesi ve ekonomik kayıpların artması,
- Toprak ıslahının yüksek maliyeti,
- Kaliteli toprak miktarının kaybına bağlı (organik madde, besin maddeleri) gübre girdi miktarının artması çiftçi üzerinde mali baskı oluşturur.

#### (b). Çevresel Etki

- Ekosistem dengesinin bozulması,
- Zayıf bitki örtüsü ile erozyon ve toprak kalitesinin zayıflaması,
- Tarımsal üretim alanlarının daha verimsiz kumsal alanlara dönüşmesi,
- Toprak su yapılarının depolama kapasitesinin azalması,
- Yeraltı suyunun kirlenmesi.

## 5. TUZLULUĞUN BELİRLENMESİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Sürdürülebilir tarımsal üretim ve su yönetimi için proje alanlardaki taban suyu (TS) derinliği ve toprak tuzluluğunun sürekli izlenmesi ve izin verilebilir sınırlarda tutulması gerekmektedir. Havza bazındaki çalışmalarda, geleneksel yöntemlerle toprak tuzluluğunun belirlenmesi çok sayıda toprak örneğinin alınmasını zorunlu kılar. Bir dizi toprak örnekleme tekniği mevcuttur Çoklu gözlem yapılırken temsili alanlardan rastgele toprak örnekleri alınabilir. Daha iyi bir yönetimin sağlanması için doğru ve güvenilir ölçümlere ihtiyaç duyulur. Bu ölçümlerin değerlendirilmesi aşamasında kullanılacak yöntemlerin seçimi çalışmanın amacına, alanın büyüklüğüne, değerlendirilecek toprağın derinliğine, örnekleme sayısına ve sıklığına, gereken doğruluk derecesine ve mevcut kaynaklara bağlıdır. Bir dizi toprak tuzluluğu değerlendirme aracı vardır. Bu yöntemler içerisinde; hazırlanan tuzluluk izleme haritaları, geleneksel tuzluluk testleri ( $EC_{1:1}$  veya  $EC_{1:5}$ ;  $EC_e$ ) ve daha modern yöntemler (Jeofizik – EM38; Tuzluluk duyargaları (sensör)) sayılabilir.



## 5.1 Geleneksel Yöntemler

Geo-referanslı (GPS) saha örnekleme ve doymuş toprak çamurundan elde edilen ekstraktların bir EC metre ile laboratuvarında yapılan toprak tuzluluğu ölçümleri, toprak tuzluluğu hakkında bilgi almanın standart yolu olarak kabul edilir. Toprağın doygunlukta tuttuğu su miktarı toprağın tekstürüne, yüzey alanına, kil içeriğine ve katyon değişim kapasitesine bağlıdır. Daha düşük toprak:su oranları da (1:1, 1:2.5, 1:5) birçok laboratuvarında kullanılmaktadır, ancak tuza dayanıklı ürün seçiminde sonuçların  $EC_e$  ile kalibrasyonu gerekir.

## 5.2. Modern Toprak Tuzluluğu Ölçüm Yöntemleri

### 5.2.1. Tuzluluk Probu

Tuzluluk probu mS/cm ve g/L biriminde izafi elektriksel iletkenliği ( $EC_a$ ) ölçümler. Yerinde tuzluluğu ölçmek için birçok modeli mevcuttur. Bunlardan biri Alman yapımı olan PNT3000 COMBI+ modeli; hızlı tuzluluk değerlendirmesi ile tarımda, bahçecilikte ve peyzaj alanlarında yaygın olarak kullanılır (Resim 2.). 0-200 mS/cm arasında genişletilmiş bir EC ölçüm aralığı vardır. Ünite, doğrudan toprak tuzluluğu ölçümleri için 250 mm uzunluğunda paslanmaz çelik bir elektrot içerir; platin kaplamalı halka sensörlü EC plastik prob ve yüksek kaliteli alüminyum taşıma çantası ekipman kısımlarını oluşturur. Kullanımı rahat ve kolaydır. Ancak  $EC_a$  okuma değerlerinin  $EC_e$  ile kalibrasyonunun yapılması gerekir.



**Resim 2.** Tuzluluk probu kullanılarak bir çim sahada tuzluluğun izlenmesi. (PNT 3000 KOMBİ +)

### 5.2.2. Elektromanyetik İndüksiyon (EMI)

Geleneksel yöntemlerle tuzluluk analizlerinde fazla sayıdaki toprak örneğinin alınacak olması, muhafazası ve laboratuvara transferi ile sonrasında hem yorucu hem de zaman alıcı bir süreç gerektirmektedir. Bu gibi durumlarda toprak tuzluluğunun kolay ölçülmesi ve değerlendirilme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bunun için 1980'lerin başında geliştirilen elektromanyetik indüksiyon tekniği, toprakta tuzluluk haritalarının çıkartılması ve çalışılan sahalarda hızlı tuzluluk ölçümü için yaygın olarak kullanılmaya başlanmış bir yöntem olarak kabul görmüştür (51). Günümüze kadar EMI ile GIS tekniğinin birlikte kullanımını içeren birçok araştırma; tarımsal çevre konularında kirlenme girdilerinin belirlenmesi, izlenmesi ve haritalanmasında yapılmıştır ve devam etmektedir (52-56). Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında hızlı, güven verici, daha az zaman ve işgücü gerektirmektedir (8). Sözkonusu teknik kullanılarak, toprağın izafi elektriksel iletkenliğini ( $EC_a$ ) yerinde ölçen elektromanyetik indüksiyon (EM) aletleri (GEONICS EM31, EM34, EM38) geliştirilmiştir. EM38'in bir verici bobini ve bir alıcı bobini vardır. Verici bobin toprağa bir elektrik akımı indükler ve alıcı bobin ortaya çıkan elektromanyetik alanı ( $EC_a$ ) kaydeder. Alet ile okunan  $EC_a$  değerleri çamur süzüğünden laboratuvar ortamında elde edilen toprak tuzluluğu ( $EC_e$ ) değerleri ile kalibre edilerek bilinen standart toprak tuzluluğuna ( $EC_e$ ) dönüştürülmektedir. EM38 tuzluluk ölçer ile arazi yüzeyindeki yatay ( $EC_{a1}$ ) veya düşey ( $EC_{a2}$ ) konumda kullanıma bağlı olarak toprağın 0-1 m ve 0-2 m derinliği içerisindeki ortalama tuzluluk saptanabilir (Resim 3.). Ancak, 1-2 m derinlikteki ortalama toprak tuzluluğu EM38 ile doğrudan okuma yapılarak belirlenmemektedir (57). Okumalar, EM38 cihazı ile bir çiftlik aracının ön tekerleklerine monte edilerek mobilize bir şekilde olduğu gibi istasyonlar arasında yürüyerek de (elle taşınarak) yapılabilir.

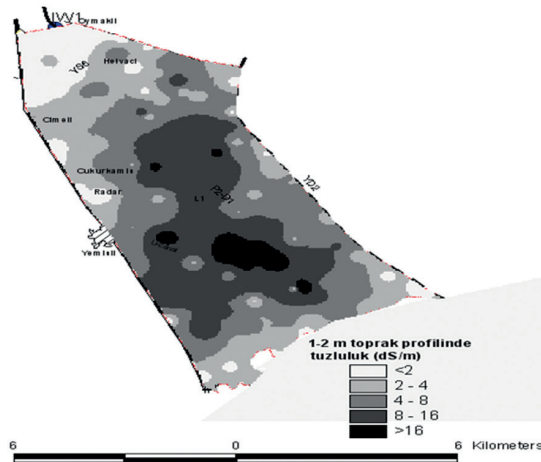
EM verileri ile tuzluluğa ek olarak toprağın fizikokimyasal özelliklerinden olan kil içeriği, toprak su içeriği ve üst toprak derinliği değişimlerinin de gerçek zamanlı olarak ölçülebileceği saptanmıştır (58-60). EM38 ile toprağın EC ölçümünü etkileyen faktörler arasında toprağın gözenekliliği, toprak su içeriği, katyon değişim kapasitesi ve sıcaklık sayılabilir. Ayrıntılı bilgi verilecek olursa: Toprak gözenekliliğinin artması ile elektromanyetik alan daha kolay iletilir. Toprak su içeriğinin ve toprak suyundaki elektrolit (tuz) konsantrasyonunun artması, toprak EC'sini önemli ölçüde artıracaktır. Katyon değişim kapasitesi yüksek düzeyde organik madde (humus) ve/veya montmorillonit, vermikülit gibi 2:1 kil mineraleri içeren mineral toprakların, pozitif yüklü iyonları ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  gibi) tutma yeteneği çok daha yüksektir. Bundan dolayı tuzlulukla aynı şekilde toprak EC'sini artıracaktır. Sıcaklık suyun donma noktasına doğru azaldıkça toprak EC'si bir miktar düşüş olacaktır.

Bu faktörlerin etkisi altında; anılan ölçümlerin başarısı kalibrasyon eşitliklerindeki 1:5 toprak su ekstraktındaki elektriksel iletkenliğin ( $EC_{1:5}$ ) ve/veya  $EC_e$ 'nin  $EC_a$  ile arasındaki ilişkilerin doğruluk düzeyine bağlıdır. Kalibrasyonun yapıldığı belirli toprak tipleri ve su içeriği koşullarında doğrudan  $EC_e = f(EC_a)$  tahmin denkleminin kurulumu yapılır. Bu yapılırken sınırlı sayıda toprak örnekleri kullanılarak doğru bir  $EC_e$ - $EC_a$  ilişkisinin kurulması gereklidir.

Bir çok kalibrasyon yaklaşımı başarılı bir şekilde geliştirilmiştir (61-65). Bunlardan Lesch ve ark., (63). daha geçerli ve üniversal olan toprak profil şekline bağlı olmayan (*derinlik arttıkça tuzluluğun arttığı veya azaldığı ortam koşulu*) kalibrasyon yaklaşımı sunmuşlardır. Yaklaşımın işleyişi, başlangıçta veri analizi, sonrasında kalibrasyon seçimi ve doğruluk testi, konumsal model kurulumu ve haritalamayı kapsar (Şekil 3.).



**Resim 3.** EM38 ile toprağın 0-1 m (dikey mod) ve 0-2 m (yatay mod) derinliği içerisindeki ortalama tuzluluk değerlerinin saptanması



**Şekil 3.** Sulama mevsimi öncesi 1-2 m derinlikteki toprak tuzluluğunun yersel değişimlerini gösteren harita (2008))

### 5.2.3. Tuzluluk Sensörleri ve Veri Kaydedici

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak bilimin birçok alanında (tarım, çevre, hayvancılık, iklim, mühendislik ve tıp vb.) kullanılan çeşitli sensör ve veri kaydedicilerin birlikte çalıştığı kayıt sistemleri mevcuttur (66-68). Modern tuzluluk veri kayıt sistemi; gerçek zamanlı, dinamik, otomatik tuzluluk kayıt sistemidir (RTASLS) (Resim 4.). Burada seramik tuzluluk sensörleri kök bölgesine gömülü olup, her sensör 16 bit çözünürlüklü harici akıllı arayüze takılmaktadır. Bu arayüz, tüm işlemleri içeren entegre bir mikroişlemciden oluşur. Güç gereksinimleri ve kayıt aralığı da dahil olmak üzere sensörün bağımsız çalışmasına izin veren gerekli bilgilerdir. Akıllı arayüz, tuzluluk sensörlerinin her birini otomatik olarak tanımlayan ve bunları önceden belirlenmiş aralıklarla kaydetmeye başlayan veri kaydediciye bağlanır. Sensörlerden gelen anlık okumalar, veri kaydedicinin ekranında görüntülenir. Verilere sahadan bir aparat ile ve uzaktan akıllı cep telefonu kullanılarak da bağlantı kurulabilir. Tuzluluk veri kayıt sisteminin bir faydası da elektronik veya bilgisayar programlama bilgisi gerektirmemesidir. Her bir sensör ile alınan anlık okumalar veri kaydediciden alınıp Excel kullanılarak grafik haline getirilebilir.



Resim 4. Tuzluluk sensörleri ve veri kaydedici

### 5.3. Tuzluluk Haritalaması Ve İzlenmesinde Uzaktan Algılama (Rs) Ve Coğrafik Bilgi Sisteminin (Gıs) Kullanımı

Tuzluluk kapsamı ve riskini belirlemek için daha fazla toprak tuzluluğu bilgisinin elde ediliminde verilerin değerlendirmesinin, haritalamanın ve düzenli izlemenin büyük rolü vardır (69-72). Toprak tuzluluğu haritalamasının amacı, alanda değişim gösteren tuzluluk düzeylerinin bilinmesi ve toprak kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına yönelik yönetim planının tasarlanmasına yardımcı olmak için tuzlu bölgelerin ortaya çıkarılmasıdır. Tuzlu toprakların yönetimi sahaya özgüdür ve toprağın doğası, çözünebilir tuzlar ve yerel hidrolojik koşullar gibi faktörlere bağlıdır.

Tuzluluk haritalaması, RS ve GIS tekniklerinin hem geniş hem de küçük ölçeklerde entegre edilmesiyle gerçekleştirilebilir. GIS, coğrafi konumlarına göre tanımlanan verilerin depolanmasını, analizini ve görüntülenmesini içeren bir bilgisayar uygulamasıdır. En bilinen konumsal veri türü haritadır; GIS ise harita bilgisini elektronik olarak saklamanın bir yoludur. Bir GIS haritasının öncelikli avantajı, verilerin elektronik olarak saklanması nedeniyle bilgisayar tarafından kolaylıkla analiz edilebilmesidir. Toprak tuzluluğu üzerine çalışan bilim insanları, risk altında olabilecek toprakları tuzlanmaya karşı oldukça duyarlı hale getiren faktörleri belirlemek amacıyla yağış, topografya ve toprak tipine ilişkin verileri de kullanabilirler.

RS görüntüleri yüzey tuzluluğunun haritasını çıkarmak için çok uygundur (73). Örneğin, zayıf bir bitki örtüsü, özellikle taban suyu derinliğine ilişkin bilgilerle birleştirildiğinde tuzluluğun bir göstergesi olabilir. Böyle bir çalışmanın amacı, sorunu daha iyi anlamak için toprak tuzluluğunu değerlendirmek, haritalamak ve ardından zaman içinde yeni alanlardaki tuzlanma artışlarını önlemek için gerekli önlemlerin nasıl alınacağı konusunda bilgi sağlamaktır. Buna ek olarak toprak kaynaklarının sürdürülebilirliği konusunda yönetimin nasıl yapılacağı hakkında bilgi altlığına sahip olmaktır.

Tuzlanmış ve sulu tarım alanlarında renk ve parlaklığa dayalı (yansıma) bir tuzluluk indeksi atanabilir; bu indeksler, bitkilerin yaprak canlılığının tuzluluktan etkilenip etkilenmediği hakkında yorumlamaya yardımcı olabilmektedir (74). İndekslere atanmış spektral bantlardan oluşan klasik metaryal renklendirmesi kullanılabilir veya bilgisayar destekli bir yüzey sınıflandırması geliştirilebilir (75). Uydu algılayıcısının görünür ve yakın kızılötesi bölgede spektral band (VNIR), orta kızılötesi bölgede band (SWIR), ve termal kızılötesi bölgedeki bandlar kullanılabilir. Görüntü işleme tekniklerinin ve spektral ölçümlerin değerlendirilmesi işlemlerinde, ERDAS Imaginec ve ASD ViewSpecProc gibi yazılımlar etkindir. Yansıma indeksi, parlaklığın temsil ettiğini yüksek tuzluluk seviyesi değerlerini algılar. Uydu görüntüleri, tuzlu alanların kapsamının değerlendirilmesine yardımcı olabilir ve değişiklikleri gerçek zamanlı olarak izleyebilir. Çalışmalarda aynı gün ve zamanda elde edilen yer ve uydu verileri kullanılarak, uydu görüntüleri üzerinden topraklardaki tuzluluk miktarlarının tahmin edilmesi amacıyla modellerde oluşturulabilir.



Tuzluluğu ölçmek için kullanılan indeksler aşağıda verildiği gibidir;

$$NDVI = \frac{(R - NIR)}{(R + NIR)}$$

$$Yansima\ indeks\ i = \sqrt{R^2 + NIR}$$

$$Tuzluluk\ indeks\ i = \sqrt{B \times R}$$

Burada; NIR yakın kızılötesi bölgede spektral band, R kırmızı band, B mavi band terimlerini göstermektedir.

#### 5.4. Jeo-İstatistiksel Yaklaşımlar

Uygulamalı istatistiğin bir dalı olarak geliştirilen jeostatistik, zaman ve mekan içinde dağılmış bir değişkenin değerlerinin analiz ve tahminlenmesinde kullanılmaktadır. Zaman veya mekan içinde dağılmış bir değişkenin değerlerinin analiz ve tahmininde bu değerlerin birbirleri arasında korelasyon olduğu varsayılır. Bu korelasyon ile ilgili çalışmalara “yapısal analiz” veya “yarıvaryogram modelleme” denir. Yapısal analizden sonra, örnek alınmayan yerlerdeki tahminler “kriging” tekniği kullanılarak elde edilir. Yarıvaryans, örnekler arasındaki mekansal bağımlılık derecesinin bir ölçüsüdür. Yarıvaryansların uzaklığa bağlı olarak bir grafik üzerinde gösterilmesiyle elde edilen şekle “yarıvaryogram” denir. Yarıvaryogram ve bilinen gözlem değerleri kullanılarak, değişkenin örnek alınmayan bir noktadaki değerini tahmin etmede kullanılan tahmin süreci kriging olarak adlandırılır. Kriging sürecinde, aynı zamanda, yapılan tahminin belirsizlik ve hata ölçüleri de elde edilir (76,77).

Jeoistatistiksel yaklaşımlar toprak tuzluluğunun uzaysal dağılımlarının değişken yapısını çalışma olanağı sağlarlar. Ayrıca, yaklaşımdan yeraltı sularında ağır metal kirliliği ve kirlilik indekslerinin değerlendirilmesinde fayda sağlanabilir (78). Tuzlu ve alkali topraklarda toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini, toprak örneği alınmış bir noktadan yola çıkarak örnek alınmamış bir noktaya ait parametreleri tahmin etmek için RS, GIS, jeostatistik yaklaşımlar ve özellikle regression-kriging ve indikatör kriging kullanılmaktadır (79). Tahmini toprak haritalama araştırmalarında jeostatistiksel yöntemler, araziden toplanan verilerden ölçülmemiş alanlardaki toprak özellik değerlerinin mekansal olarak enterpolasyonu için kullanılmaktadır. Arazideki toprak özelliğinin varyasyonu toprağın özellikleri hakkında yapılacak olan değerlendirmeleri etkileyeceğinden araziden toplanacak olan örnek sayısı ve örnek alınan yerler arasındaki mesafeler çalışmaların doğruluğu açısından önemlidir.

Yeşilirmak ve ark., (80) yaptıkları çalışmada; Büyük Menderes akarsuyu üzerindeki gözlem istasyonları dışında kalan bazı ara noktalardan elde edilecek EC tahmin sonuçları ile kontrol amaçlı örneklemenin yapıldığı EC değerlerini karşılaştırmak üzere akarsu boyunca yaklaşık 1'er km aralıklarla basit kriging yöntemi kullanmışlardır. Kontrol amaçlı yapılan tüm gözlem değerlerinin güven sınırları içerisinde kaldığı belirlenmiştir. (81), SAR değerini tahmin etmek için kriging ve co-kriging gibi jeostatistiksel yöntemleri test etmişlerdir. Co-krigleme ile daha kolay tahminlenen EC verileri SAR değerinin tahmin edilmesini geliştirmek amacıyla kullanılmıştır. Araştırmacılar bu şekilde yapılan tahmin ile örnekleme masrafını önemli miktarda düşürülebileceğini co-krigleme ile tahminin geliştirilebileceğini rapor etmişlerdir.

## **6. TUZLU TOPRAKLARIN YÖNETİMİ**

Tuzluluk yönetim uygulamaları kök bölgesindeki tuzluluk seviyelerini ürünün tuz tolerans eşiğine eşit veya bundan daha küçük değerlerde kontrol edilmesini gerektirir. Ayrıca tuzlu ve sodik toprakların ıslahını içermelidir. Gübreleme ve sulama uygulamalarının da toprak tuzluluğunu önleyecek şekilde yapılmasını ve tuzlu sulama suyunun kullanımının etkisini azaltmayı amaçlamalıdır.

### **6.1. Tuzlu Toprağın Fiziksel Yönetimi**

#### **6.1.1. Toprak Mekanizasyonu Ve Kültür İşlemleri**

Tuzlu toprakların yönetiminde kullanılan bazı teknikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

*Çapalama:* Kök bölgesi tuzluluğunu ve tuzluluğun geçici toksik etkisini en aza indirmek amacıyla, tuz birikmiş üst toprağın uzaklaştırıldığı minimum toprak miktarının yer değiştirilmesi.

*Toprak sürümü:* Alkalilikten etkilenen topraklar yoğun kil-alkali katmanlar içermektedir. Bu yoğun katmanlar, yüksek sodyumlu su içinde kil parçacıklarının dağılmasıyla oluşur. Dağınık kil parçacıkları toprağın alt kısımlarına doğru hareket ederek iletken toprak gözeneklerinin yüzeylerine yerleşerek gözeneklerin tıkanmasına ve suyun toprak içerisindeki hareketini sınırlar. Bundan dolayı geçirgenliği arttırmak için toprağın derinliklerindeki bu katmanların parçalanması ve yer değiştirmesi gereklidir. Bu, özellikle jips (alçıtaşı) gibi ıslah katkıların eklenmesi ve ardından alanın sulanması sonrasında alkali toprakların ıslahı için önemlidir.

*Dip kazan uygulaması:* Daha iyi yıkama için geçirgenliği arttırmak amacıyla derin sürüm yapılır (Resim 5.). İşlemden pulluğa ihtiyaç vardır.

**Tesviye:** Tesviye işlemi, etkin randımanlı bir yıkama işlemi ve su dağılım ve kullanım etkinliği sağlayarak su israfına izin verilmemesi için tüm arazinin uygulanmalıdır. Ancak uygulamada çiftçilerin yapmış hatalar söz konusudur. Sonuç olarak araziye engebeli bırakır sonrasında tuzların yıkanmasında dengesizlik oluşturmasına sebebiyet verir. Bu durumdan kaçınmak amacıyla lazerli tesviye işlemi tercih edilebilir. Çiftçilerin bu hizmete erişmesi için her çiftçinin yayım hizmetleri bölümüyle iletişime geçmesi önerilmektedir. Ancak tesviye işlemi ağır makinelerin kullanılması nedeniyle toprağı sıkıştırabilir. Böyle bir durum meydana gelirse, tesviye işlemini disk karo veya yüzeysel toprak işleme yapılabilir.

**Kum ekleme:** Ağır killi topraklarda kil içeriğı %30-40 olduğundan geçirgenlik çok azdır. Bu yapıdaki topraklara kumun uygulanması ve karıştırılması geçirgenliliğı artırır ve daha yüksek yıkama verimi sağlar. Ağır killi yapının yer değıştirilmesi zor ve maliyetli bir iştir, ancak çöl gibi kumun kolayca bulunabildiğı yerlerde bu uygulama daha kolay gerçekleştirilebilir. Birincil toprak parçacıklarının yüzdeleri %10 kum, %20 silt ve %70 kil (bünye: Kil) olan bu toprağı %60 kum, %15 silt ve %25 kil (bünye: Kumlu-killi) ile bilinen miktarda kumla karıştırıldığında son toprak dokusuna (Kumlu-killi tın) önemli ölçüde değıştirilir. Yeni oluşturulan kumlu-killi-tınlı toprak bünyesi ile artan drenaj kapasitesi ve infiltrasyon oranını sağlamış olur.

**Malçlama:** Ürün artıkları veya ekili alandaki bitki biomasının gölgeleme etkisi ile çorak çıplak toprağı kıyasla toprak yüzeyinden nemin buharlaşmasını azaltır (Resim 5.). Böylelikle, tuzların taban suyu seviyesinden yukarıya doğru toprak yüzeyine doğru çekilmesini (hareketini) azaltır (82, 83).



**Resim 5.** Dip kazan uygulaması ve malçlama

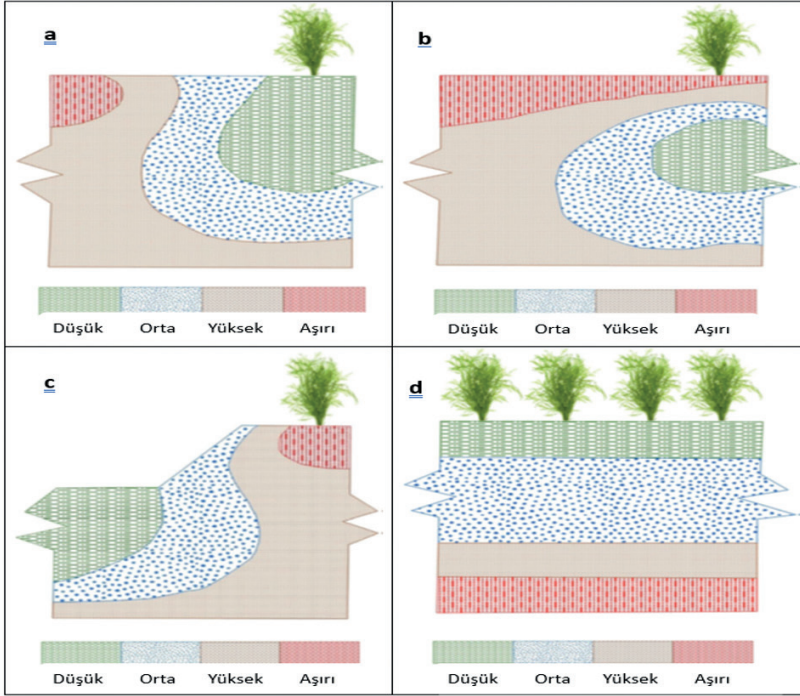


### 6.1.2. Sulama

Sulama yöntemi, yönetim ilkeleri (sulama programlaması ve yıkama oranı) ve yapay drenaj; su kullanım verimliliğini (WUE) ve bitki besin elementi kullanım verimliliğini, tuz birikimini ve dağılımını ve tuz yıkanımını etkileyerek toprak ve su tuzluluğunu önleyebilir veya azaltabilir. Farklı sulama yöntemleri altında tuzların birikim yeri ve miktarı değişkendir. Özellikle, taban suyunun olmadığı koşullarda göllendirme, tava, border ve yağmurlama sulama yöntemlerindeki su hareketi toprak içerisinde aşağı yönlüdür. Sulama suyundaki tuzların yapraklara zarar vermesi durumlarında, yüzey damla sulama (DI) ve gömülü damla sulama (SDI), karık sulama ve düşük enerjili hassas uygulamalı (LEPA) sulama gibi sulama yöntemleri kullanılmalıdır. DI ve SDI, diğer sulama yöntemlerine göre daha yüksek WUE ve besin kullanım verimliliğine sahip olduğundan daha iyi tuzluluk yönetimi sağlar (84, 85).

DI ve SDI yöntemleriyle uygun bir sulama planlaması, bitki kökleri etrafındaki toprağın sulama süresinde ıslatılması ve sonrasında o bölgenin yaş kalması sonucu tuzun ıslanan bölgenin kenarına doğru kapıllık hareketini sağlayarak tuzluluğun etkilerini de azaltabilir. Damla sulama uygulaması altında suyun hareketi damlatıcıların çıkış noktasından (merkezden yayılan) etrafına doğru gerçekleşir (Şekil 4a.) ve dolayısıyla iyonların ozmotik potansiyeldeki farklılık nedeniyle daha çok toprak yüzeyine doğru taşınımı söz konusu olur (86). SDI sulama altında, su ve iyonlar küresel bir şekilde hareket etmesi sonucu tuzlar toprak yüzeyinin yakınında birikerek (Şekil 4b), bitkinin daha erken büyüme dönemlerinde tuzluluk stresine maruz kalacağından önemli bir kısıtlama oluşturabilir (87). Karık sulamada ise topraktaki çözünebilir tuzlar ıslatma cephesi ile birlikte hareket eder ve bu cephenin çeperlerinde yoğunlaşır (Şekil 4c). Bitişik karıkların sulanması sonrası tuzlar karıkların arasındaki orta boşluklarda yoğunlaşır. Yatak şeklinin ve ekim düzenlemelerinin değiştirilmesi tuz birikim bölgelerinin bitki köklerinden uzak kalmasını sağlayan stratejilerdir (88). Yağmurlama sulama ve uygun bir yıkama oranı genellikle tuzları etkili kök bölgesinin altına taşıyabilir (Şekil 4d.).

Sulamada tuzlu su kullanıldığında, bitkiler potansiyel olarak tuzların yapraklara alınmasından kaynaklanan ek hasara maruz kalabilir ve yağmurlamanın yapraklarda su temasını sağlaması sonrasında tuz minerallerinin buharlaşma ile katı forma geçişi ve nekrozu beraberinde getirir. Yağmurlama sulama altında oluşum gösteren nekroz olayı sulama suyunun 70 ppm sodyum veya 105 ppm klörür ve üzeri miktarlarda bulunduğu zaman ortaya çıkabilir. Sıcak, kuru hava koşullarında şiddeti yüksektir. Bu nedenle tuzlu su ile yağmurlama sulama yapılan bölgelerde sıcaklıkların oldukça düşük veya nemli hava koşullarının olduğu zamanlarda yapılması önerilir.



Şekil 4. a,b,c,d. Farklı sulama yöntemleri (a- Damla, b- Gömülü damla, c- Karık, d- Yağmurlama) altında etkili kök bölgesindeki tuz birikim bölgeleri

Kuraklığın var olduğu sulu tarım alanlarında sulama programı kısıntılı sulama stratejilerini içerebilir. Kısıntılı sulama (KS), tüm bitkiler için bitki su tüketiminin (ET) gereksinimlerinden daha küçük oranlarda su uygulamasının yapıldığı bir optimizasyon stratejisidir. Kısıntılı sulama WUE'yi ve ürün kalitesini artırabilir; ancak bir dereceye kadar verim azalmasına neden olabileceği gibi bunun yanında tuz yıkama miktarını azalttığı için az da olsa toprağın tuzlanma düzeyinde artışa neden olabilir.

### 6.1.3. Yıkama Gereksinimi

Kök bölgesindeki eriyebilir tuz yoğunluğu bitkinin dayanım sınırına ulaşmadan önce, bitki gereksiniminden fazla sulama suyu uygulanarak, kök bölgesinin aşağısına yıkanabilirler. Böylece, verilen fazla su ile biriken tuzun en azından bir kısmı, kök bölgesinden uzaklaştırılır. Yıkama, sulama suları ile gelen çözünabilir tuzların denetlenmesinde en önemli etkidir. Yıkama zamanı ve kullanılacak su miktarının belirlenmesi, işlemin en önemli yanını oluşturmaktadır.

Yıkama gereksinimi, bitki kök bölgesindeki toprak tuzluluğunu belirli veya bitkilere zarar vermeyecek düzeyde tutmak için verilmesi gereken sulama suyu-

nun bir kısmı olarak tanımlanmaktadır. Yıkama gereksiniminin (LR) hesaplanması için hem sulama suyunun tuz konsantrasyonu ( $EC_w$ ) hem de bitkinin tuz dayanım sınırının ( $EC_c$ ) bilinmesi gerekir.

Etkili kök bölgesi altına sızması gereken “Yıkama Suyu Gereksinimi”, aşağıda verilen basit eşitlik kullanılarak kestirilebilir.

$$LR = I \times \frac{EC_w}{EC_r}$$

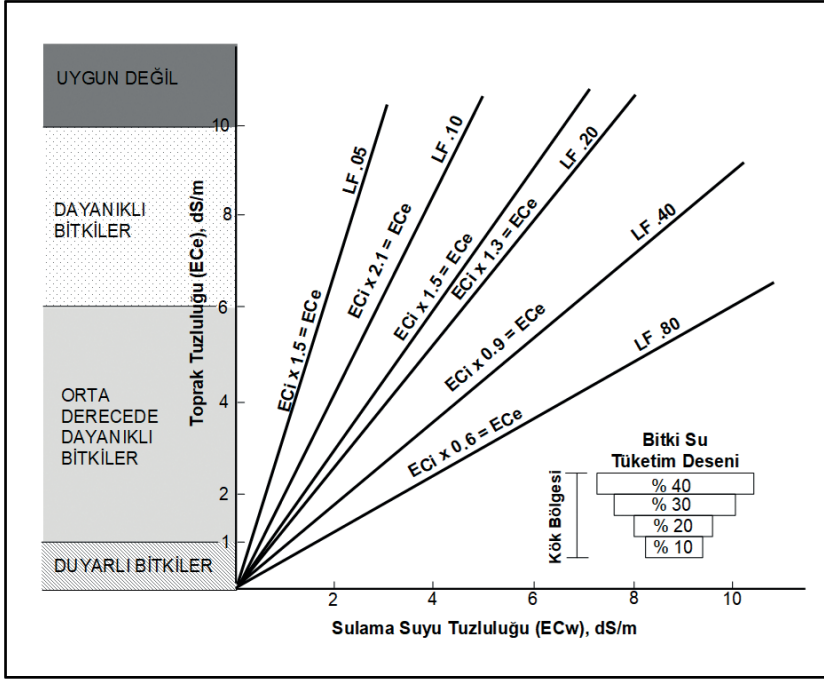
Burada,  $EC_w$  ve  $EC_r$  sırasıyla, sulama ve derine sızan suların elektriksel iletkenlikleridir. Drenaj suyu tuz içeriği ( $C_r$ ) yerine kök bölgesindeki çamur süzümü elektriksel iletkenliği ( $EC_c$ ) yazılarak aşağıdaki eşitlik elde edilir. Anılan denklem, yıkama gereksinimi için kullanılabilir. Ancak, konu edinilen eşitliğin, yağışın olmadığı koşullar için yazıldığı unutulmamalıdır (89).

$$LR = R^* = I \times \frac{EC_w}{2EC_e - EC_w}$$

Birçok literatürde yıkama gereksinimi (LR) ile yıkama oranı (LF), birbirinin yerine kullanılmaktadır. Sulamayla uygulanan suyun hacmi, normal sulama için gereken miktara ek olarak kök bölgesinden aşağıya doğru drene olan su miktarını da içermelidir. Bu ilave su, yıkama oranı (LF) olarak tanımlanır (90). Terimlerin her ikisi de tuz miktarını belli bir düzeyde tutmak için kök bölgesinden geçmesi gereken sulama suyu miktarını gösterir. Yıkama oranı (LF), sulama suyunun bir bölümünü temsil ederken; yıkama gereksinimi (LR), sulama suyuna göre, derinlik olarak, verilmesi gereken yıkama suyu miktarını gösterir. Yıkama oranı aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$LF = \frac{LR}{I} = \frac{R^*}{I} = \frac{EC_w}{2EC_e}$$

Yukarıda verilen eşitlik, belli bir bitki ve çok kesin çözümler için kullanılır. Eğer, genel bir bitki ekim dizisi için çözüm yapılmak isteniyorsa, aşağıda verilen abaktan yararlanılabilir (Şekil 5.).



Şekil 5. Farklı yıkama oranlarında (LF) sulama suyu tuzluluğunun (EC<sub>w</sub>) kök bölgesi tuzluluğuna (EC<sub>e</sub>) etkisi (91).

Şekil 5., potansiyel verimin tümünün elde edilmesi için gerekli EC<sub>e</sub> değerleri kullanılarak hazırlanmıştır. Tuzluluk değeri 1.5 dS/m'den yüksek olan suların kullanıldığı koşullarda, tuzluluk denetimi çok kritik olduğundan dolayı, yüksek verim elde etmek için toplam potansiyel verim ile ilgili EC<sub>e</sub> değerlerini kullanmak daha doğru olmaktadır.

Suyun miktarına ve toprak bünyesine bağlı olarak yıkama yöntemi, sürekli yıkama ve aralıklı yıkama olmak üzere iki türe ayrılır. Kök bölgesinde tuzun bitki verimini azaltıcı düzeyde birikmesi uzun zaman alır. Sulama sularının çoğu iyi nitelikli olduğundan, tuzun yığılması için yıkama yapmaksızın iki veya daha fazla yıl sulama yapılması gerekebilir. Eğer tuz birikmesi, sulama mevsimi başlangıcında yeteri ölçüde düşük ise, büyüme döneminde su kullanma randımanı, tuzluluktan dolayı verimde azalma olmaksızın, yüzde yüze ulaşabilir. Bir sonraki mevsimde ekim öncesi, sulamalar ve yağışlar, biri veya tümü birlikte, tuzun yıkanmasında kullanılabilir. Yıkama gereksinimi hesaplanmasında, yağış miktarı da dikkate alınmalıdır. Yağışın toprakta türdeş dağılması ve tuz içeriğinin çok düşük olması, üstün yanlarını oluşturur. Toprağa infiltre olan yağış suyu, hem evapotranspirasyonu (ET) hem de yıkama gereksinimini karşılayabilir. Eğer, etkili yağış

(toprakta tutulan) ET'dan fazla ise drenaj suyu haline gelir ve yıkama gereksiniminin tümüne veya bir kısmına yetebilir. Toprağa yeterli miktarda yağış infiltrate olmuşsa, yıkama gereksinimi (LR) azalır. Yağış miktarının yetersiz olduğu yıl veya yerlerde, yıkama meydana gelmez. Çözünebilir tuzların toprak yüzeyinden 45-60 cm toprak altına doğru yer değiştirilmesi istenir. Genellikle %15 ila 20' lik bir LF önerilir (92). Gerekli yıkama sıklığı, tuzlanma düzeyine ve buharlaşma isteği (93) ve ürünlerle ilişkin tuz toleransına (85) göre değişir. Kurak bölgelerde yapılan her sulama için LF hesaplanmalıdır. Damla sulamanın kullanıldığı koşullarda yıkama sıklığı, orta derecede hassas ve hassas tuz bitkileri için sırasıyla haftada iki veya üç kez veya günde bir yapılabilir (85).

#### **6.1.4. Drenaj ve Drenaj Sistemleri**

Drenaj, yüzey ve yer altı sularının doğal veya yapay olarak uzaklaştırılmasıdır. Suyla dolu topraklara sahip veya yüksek taban suyu seviyesine sahip alanlarda bitkisel üretim amaçlanıyorsa suyun bu bölgelerden uzaklaştırılması gerekir. Aşağıda verilen gerekçeler bir drenaj sisteminin kurulmasında önem kazanmaktadır (94).

- Taban suyu seviyesini düşürmek için drenaj gereklidir.
- Suyu doymuş toprak bölgelerinin azaltılarak tarla koşullarının tekrar bitkisel üretime kazandırmak için drenaja ihtiyaç vardır.
- Yeraltı suyunun yukarı doğru (toprak yüzeyine) hareketini minimize etmek ve yeraltı suyunun kılcal yükselişinden kaynaklanan tuz oluşumunu kontrol etmek için drenaj gereklidir.
- Tuzluluk yönetimi gerekliliği.

Sulu tarım alanlarında özellikle taban suyunun yüksek olduğu durumlarda tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve toprak su kaynaklarının yönetilmesi için drenaj sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Drenaj toprak üstü (yüzey) ve toprak altı (gömülü) şeklinde yapılabilmektedir. Bunlardan yüzey drenaj, fazla suyun toprak içerisine geçmeden önce yüzey akışa geçmesine izin verilmesi için yapılırken gömülü drenaj şeklinde açık hendekler (yerçekimsel), kiremit künk ve plastik (PVC) delikli borular kullanılarak taban suyu seviyesinin daha güvenli seviyelere getirilmesi amaçlanır. Bu yöntemlerin içinde mol drenaj ve dikey drenaj-pompaj kuyuları (daha derin toprak katmanlarında yeterli hidrolik iletkenliğe sahip olduğunda suyun pompaj ile üst kotlara basılması) yer almaktadır. Genellikle boruların döşendiği yükseklik 1 m ve altındadır. Drenaj sistemlerinin sürdürülebilir olması için aşağıdaki kontrollerin düzenli olarak yapılması gerekir.

- Sahadaki çeşitli yerlerde test (izleme) kuyuları açılır.
- Bu yeraltı suyu kontrol kuyularındaki su seviyeleri düzenli olarak izlenir.
- Su kalitesi (tuzluluk ve alkalilik) düzenli olarak kontrol edilir.

Mol drenaj, özellikle taban suyunun ekim-dikim döneminde yüksek, bitki gelişme döneminde düşük olduğu ağır bünyeli topraklarda etkili toprak tava elde etmek için uygulanır (95).Uzaklaştırılacak su açılan mol hendeklerinde sürekli olarak tutulur. Diğer yöntemlere göre az maliyete sahip olup yakın aralıklarla inşa edilmesinden dolayı etkili drenaj sağlar. Dikey drenajda ise uygun bir çıkış ağı bulunmayan arazilerde, taban suyu ve aküfer koşullarının uygun olduğu alanlarda pompajla drenaj uygulanır. Bu amaçla pompaj kuyuları açılır ve kuyulara toplanan suların pompajı ile taban suyu kontrol altına alınabilir. Ek olarak, tuzluluk ve taban suyu kontrolünün yanı sıra, yeraltı suyunun pompalanması ile sulamada kullanılacak suya (yeraltı suyunun tuzluluğuna bağlı olarak) ekstra su da sağlanabilir. Sığ aküferlerden (<25 m) yeraltı suyunun pompalanması, yüzeye yakın yerlerdeki tuzluluk etkilerini hafifletmenin en etkili yoludur. Pakistan'da sığ (yüksek) taban suyu alanlarındaki toprak tuzlanmasının yönetilmesine başarıyla yardımcı olmuştur.

## **6.2.Kimyasal Metod**

### **6.2.1. Cips (Alçıtaşı), Elementel Kükürt, Kireç Ve Asitlerin (Hidroklorik Ve Sülfürik Asitler) Eklenmesi**

Alkali veya tuzlu-alkali toprakların ıslahında kimyasal ıslah yöntemlerinin kullanımı oldukça yaygındır. Toprak tuzluluğu ve alkaliliği üstesinden gelinmesi çok zor olan problemlerdir ve tuzun kök bölgesinden uzaklaştırılmasını (ıslah) gerektirir. Bu tuzluluğun zararlı etkilerini en aza indirmenin en etkili, ancak uzun zaman isteyen yoludur (96). Ancak pahalı olmasının yanı sıra, süreç büyük miktarlarda kaliteli su ve etkili toprak drenajı gerektirir. Alkali toprakların ıslahında; yıkamaya ek olarak toprağın geçirgenliğini artırma ve değişebilir sodyum seviyelerini azaltma yapılır. Ayrıca, büyük miktarlarda alçıtaşı ( $\text{CaSO}_4$ ) uygulanarak topraktaki sodyumun kalsiyum iyonlarıyla değiştirilmesini içerir. Kimyasal ıslah yöntemleri sorunun kaynağına bağlı cips (alçıtaşı), elementel kükürt, kireç ve asitlerin (hidroklorik ve sülfürik asitler) kullanımını içerir. Alkali toprak, sahada yapılan görsel değerlendirme yoluyla veya ESP'nin laboratuvarındaki topraklardan analiz edilmesi yoluyla tanımlanabilir.  $\text{ESP} > 15$  olduğu eşik değerinde hem toprağın fiziksel özellikleri (yapısal hasar) hem de bitki gelişimi üzerinde etkiler göstermektedir. Bu tür topraklarda amaç toprak ESP'sini eşik değerinin altına indirmektir. Bunun sağlanması için topraktaki kalsiyum iyonlarının ( $\text{Ca}^{+2}$ ) konsantrasyonunu artırmak için uygun katkı maddelerinin eklenmesiyle başarılabilir.

Alçıtaşının topraktaki ESP seviyelerini azalttığı bildirilmektedir. Ayrıca toprağın eğimini ve drenajını iyileştirir ve daha iyi tarımsal verim sağlar. Toprağa alçıtaşı eklenmesi toprak kimyasını iki şekilde değiştirir: i) Çözeltideki tuz miktarını

artırarak kil bileşeninin şişmesi ve dağılması önlenir. Bu, alçı taşının çözüldükçe ortaya çıkan kısa vadeli bir etkisidir ii) Kil üzerinde belirli bölgelerde emilen alçıdan gelen kalsiyum, değiştirilebilir sodyumun yerini alır. Bu işlem, sodik kili kalsiyum kiline dönüştürür. Yer değiştiren sodyum daha sonra bitkinin kök bölgesinin altındaki alt toprak bölgelerine süzülür. Sodik toprakların ıslahı için ticari kalitede üretilmiş alçı taşı (~%70 saflık, 2 mm'den küçük parçacık boyutu vb.) yaygın olarak kullanılır.

### **6.2.2. Bitki Besin Elementi (Gübre) Eklenmesi**

Sulanan sebzelerin besin element ihtiyaçları topraktan, gübrelemeden ve sulama suyuna katılan sıvı besin içeriğinden sağlanmalıdır. Sulama suları, ürünün ihtiyaçlarını kısmen veya tamamen karşılamaya yetecek kadar seviyede besin elementleri (örneğin, azot, kalsiyum, magnezyum, kükürt ve bor) içerebilir (97, 98). Dünyadaki birçok tarım bölgesinde gübrelere  $\text{NO}_3$  yıkanması nedeni ile yeraltı suyunda yüksek miktarda N bulunmaktadır (98). Sulama suyundan gelen  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  ve  $\text{SO}_4^{-2}$  konsantrasyonları var olan alım düzeylerini kolayca aşabilmektedir (99). Bu olumsuz etkiyi azaltmada gübre özellikleri, gübre uygulama yöntemi, sulama suyunun kalitesi, gübreleme planlaması gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Aşırı bitki besin elementi uygulamalarından kaçınılmalı, yüksek saflıkta klorür içermeyen, az tuzlu gübreler seçilmelidir. Gübrelere sulama suyu (fertigasyon) ile uygulanması sayesinde gübre kullanım verimliliğini ve bitki besin elementi yararlılığını artırması; ayrıca gübrelere uygulama zamanlaması ve miktarlarının kolayca kontrol edilebilir olması toprağın tuzlanmasını ve tuz stresinin etkilerini azaltabilir. Bitki besin elementleri uygulama oranlarının belirlenmesinde; besin elementlerinin alım yeteneği, bitki su tüketimi (ET) ve sulama suyu kalitesi dikkate alınmalıdır. Fertigasyonda uygulanan çözeltiler sulama suyuna düşük EC ilavesi oluşturmalı ve bitkiler tarafından tolere edilen  $\text{EC}_t$ 'yi (elektriksel iletkenlik eşiği) aşmamalıdır (100).  $\text{EC}_w$  değeri  $>0.7$  dS/m olan sulama sularında gübre uygulaması dikkatli yapılmalıdır.

Bitkilerin tuz toleransı farklı besin maddelerinin eklenmesiyle geliştirilebilir (101). Bu işlem gübrelere gösterilen tepki, kök bölgesindeki tuz stresinin şiddeti, besin kaynağı ve gübre uygulama yöntemine bağlıdır. Bununla birlikte, gübrelere tuzlu topraklara uygulanması da toprağın tuzlanmasını artırmasından dolayı (102) bu gibi alanlarda inorganik gübrelere eklenme stratejisi etkili olabilir. Bu strateji esas olarak iyonlar arasındaki rekabete dayanmaktadır (bir iyonun diğer bir iyon alımını sınırlaması). NPK, magnezyum gibi besin maddelerinin ve salisilik asit gibi hormonların uygulanması sonucu iyon dengelerinde değişim meydana getirir. Bu mekanizma tuzlu toprağın toksisite etkilerini azaltırken optimum



ürün gelişimini destekler. Uygulamaların etkisine bakıldığında; Nitrat, klorür alımını, potasyum ise sodyum alımını azaltmıştır (103). Salisilik asit uygulaması, ATP aktivitesini etkileyen magnezyum alımını artırarak  $H^+ATP_{-az}$  hidrolitik aktivitesinde artışa ve vakuolde  $H^+$  iyonunun içeri girmesine, vakuol tarafından sodyum tutulmasının artmasına neden olmuştur. Yapraktan ve topraktan  $K^+$  uygulaması, su dengesini ve iyon oranını koruyarak tuzlu toprağın toksik etkisini önemli ölçüde azaltmıştır (104). Tuzlu ortama  $NO_3^-$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $K^+$ ,  $P^+$ , salisilik asit ve silikon (Si) eklenmesi, domates, biber, patlıcan, kavun, fasulye, çilek gibi çok sayıda sebze bitkisinin tuz toleransını geliştirmiştir (102).

Hüyük maddeler kök büyümesini artırarak, mineral alımını değiştirerek ve hücrede membran hasarını azaltarak tuz stresinin zararlı etkilerini iyileştirebilir (105). Tuzlu ortama hüyük asitlerin eklenmesi, farklı bitkilerin tuz toleransını arttırdığı gibi bunun aksine biberde  $K^+/Na^+$  ve  $Ca^{+2}/Na^+$  oranlarını ertirir (106). Biyolojik gübrelere kullanım aynı zamanda sebzeler üzerindeki tuzluluğun etkilerini hafifletebilir ve toprağın tuzlanmasını azaltabilir. Biyolojik gübre, bir veya daha fazla mikro organizma içeren formüle edilmiş bir ürün olarak tanımlanabilir. Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR'ler), endo ve ektomikorizal mantarlar ve diğer birçok faydalı mikroskopik organizma, besin alımının, kök ve sürgün büyümesinin, kuru madde ağırlığının, meyve ve tohum veriminin artmasına ve bitkinin tuz stresine karşı toleransının artmasına neden olabilirler. Bunlara ek olarak biyolojik gübrelere, çözünmeyen toprak fosfatlarını çözerek toprakta bitki besin maddeleri üretmek toprak verimliliğini artırma görevinden de bahsedilebilir.

### 6.3. Tuzlu Toprağın Biyolojik Olarak İyileştirilmesi

Biyoremediasyon tuzluluğun toksik etkisini azaltmak ve hafifletmek için sürdürülebilir bir yaklaşımdır. Biyolojik iyileştirmede iki farklı tür vardır:

- Fitoremediasyon
- Mikrobiyal iyileştirme

#### 6.3.1. Fitoremediasyon

Fitoremediasyon, topraktaki tuzların veya kirletici maddelerin konsantrasyonunu azaltmak için bitki türlerinin kullanılmasını içerir. Tuzlu toprağın fito ıslahı için kullanılan halofitler, üst düzey birikimli bitkiler, tuza toleranslı ve transgenik tuza toleranslı bitkiler olarak geçer. Bunlara örnek olarak *Tamixchinensis*, *Lyciumchinense*, *Gossypiumhirsutum* verilebilir. Üç tür halofit vardır: (a) *bünyesinde tuz birikimi yapmayan-* tuzu özel olarak filtreleyen kök sistemi bulunmaktadır, örneğin. *Rhizophoramuaneta*; (b) *tuz salgılaması yapan* - bitkinin



iç hücre fizyolojisini düzenler, örn. *Avicenniaofficinalis*; (c) *bünyesinde tuz birikimi yapan* - hücrelerinde ve dokularında tuzları alırlar, örneğin. *Sonneratiaepetala* (107).

### **6.3.2. Mikrobiyal İyileştirme**

Tuzlu toprakları ıslah eden çeşitli tuza dayanıklı rizosfer mikrobiyal topluluğu (Halophills) bahsedilebilir. Mikrobiyal toleransın mekanizması (i) sitoplazmik iyon içeriğininin ortamdaki ile denge halinde kalması, (ii) ozmotik denge oluşturmak için çözünen maddeleri yoğunlaştırmayı, (iii) hücre fizyolojisinin sonra sitoplazmanın hem içindeki hem de dışındaki suyun hareketini kısıtlaması veya kontrol etmesini kapsar (108). *Halobacillus sp.*, *Bacillusgibsonii*, *Halobacteriumsalinarum*, *Staphylococcussuccinus*, *Zhihengliuellahalotolerans*, *Oceanobacillusoncorhynchi* halotolerent bakterilere örnektir (109).

### **6.3.3. Bitki Mikrop Etkileşimi**

Arbüsküler mikorizal mantarlar (AMF), bitkilerin besin ve su ihtiyacını karşılamayı kolaylaştırarak tuzlu toprağın zararlı etkisini azaltılmasını sağlar. AMF; P, N, Ca, Mg ve Zn'nin bitkiler tarafından alınımını artırır, K/Na oranını korur, prolin, poliamin ve antioksidanlar gibi osmolitleri biriktirir, hücre geçirgenliğinin artması ve fotosentetik verimliliğin artması gibi fizyolojik değişikliklere sebebiyet verebilir (110).

## **SONUÇ**

Tuzluluk, toprak ve su kaynaklarının uygunsuz kullanımı sonucu antropojenik faaliyetler nedeniyle büyüyen bir tehdittir. İkincil tuzlanma, toprak verimliliğini azaltan önemli unsurdur ve toprak verimliliği, ekilebilir arazilerdeki tarımsal verimliliğinin azalmasına yol açmaktadır. Çeşitli yönetim süreçleri arasında yıkama daha ekonomik ve verimli bir yöntem olarak kabul edilir. Evapotranspirasyondaki azalmaya bağlı olarak malçlama toprak tuzluluğunun daha fazla birikmesini büyük ölçüde önlemektedir. Sulama suyunun tuzluluğunun izlenmesi, kontrollü sulama ve kaliteli su ile kültüre alınması gibi sulama suyu yönetim teknikleri, tuzluluk yönetimindeki başarıya bir katkı sağlayabilir. Toprağın tuzluluğu durağan olmayan dinamik sürece sahip olduğundan küresel gıda güvenliğinin sürdürülmesinde tuzlu topraklarında uygun bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi gerekmektedir. Günümüzde, tuzlu bir toprağı iyileştirmenin sürdürülebilirliği için her zaman toprakla ilgili bilgiye ihtiyaç duyulacağından üzerinde daha iyi çalışmalar ve teknikler üretilmesine ihtiyaç olacaktır.

Kurak ve yarı kurak alanlarda yapılan tarımsal üretim alanlarındaki yanlış sulama, ve yağışların azlığı toprakta tuz düzeylerinin yükselmesi ve bitkilerin strese

girmesine neden olmaktadır. Bu nedenle modern sulama tekniklerinin (damla, gömülü damla, LEPA, doğrusal ve dairesel kanatlı sulama sistemleri) işletilmesi, sulama ile birlikte yıkamanın sağlanması, sulu tarımın yapıldığı alanlarda drenaj sistemlerinin yapılması, tuzluluğa dayanıklı bitki deseninin tercih edilmesi, sulama suyunun kalitesine ve kullanılacak gübre cinsine dikkat edilmesi gerekir. Biyo-gübrelerin yetiştirilen bitkilerin tuz toleransını artırma ve toprağın tuzlanmasını azaltma potansiyeline sahip olmasından dolayı yaygınlığı ve tanıtımı üzerinde çalışmalar yapılabilir. Ayrıca, toprakta ıslah çalışmaları yapılarak tuz konsantrasyonu azaltılmalıdır. Tüm bu önlemler dikkate alındığında kurak ve yarı kurak alanlarda tuzluluk probleminin giderilmesine yönelik başarıya ulaşılabilir.

Günümüzde iklim değişiminin var olmasına bağlı kuraklığın olduğu koşullarda özellikle büyük sulama projelerine sahip havzalarda tuzluluk ve alkalilik sorunlarının periyodik olarak izlenmesi, tarımdaki sürdürülebilirlik kavramını çevresel boyutta önemli kılmaktadır. Tarımsal üretim ve su yönetimi için bu tür proje alanlardaki taban suyu (TS) derinliği ve toprak tuzluluğunun izin verilebilir sınırlarda tutulması gerekmektedir. Bunun için elektromanyetik indüksiyon tekniği (EMI), sensör teknolojileri, RS ve GIS tekniklerinin ölçümleme cihazları ile entegrasyonları sağlanarak kullanılması, toprakta tuzluluk haritalarının çıkarılması, jeostatistiksel yaklaşımlar, bulanık mantık, yapay sinir ağları vb. veri kesitirimleri ve modellemeler kullanılmalı ve uluslararası projelerin artırılması ve global düzeyde sonuçların paylaşılmasına gidilmelidir. Böylelikle çalışılan sahalardan elde edilen sonuçlarla doğal tuzluluk oluşum alanlarındaki problemler ve drenaj sorunu olan alanlarda yüksek taban suyu-tuzluluk ilişkileri daha iyi irdeleterek alt toprak katmanlarında, bitki kök bölgesinde ve diğer ilgili tüm alanlarda tuzluluk ve alkalilik sorununa çözüm olacak bir program oluşturulabilir.

## **KAYNAKLAR**

1. Hopmans JW, et al. Critical knowledge gap sand research priorities is global soil salinity. *Advances in Agronomy*. 2021;169-191. doi.org/10.1016/bs.agron.2021.03.001
2. Hamman AA, Mohamed ES. Mapping soil salinity in the East Nile Delta usings ever al methodological approaches of salinity assessment. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*.2020; (23):125-131. doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.11.002.
3. Binici S. Tuzlu koşullarda yetişen buğday bitkisinin fizyolojik ve bazı besin elementlerinin alımı üzerine gibberellik ve absisik asitlerin etkileri. *Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2005.Şanlıurfa, 46s.
4. Wang F, Yang S, Yang W, et al. Characterize soil salinity at multiple dept husing electromagnetic induction and remote sensing data with random forests: A case study in Tarim River Basin of southern Xinjiang,China. *Science of the Total Environment*,2021;754:142030.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142030
5. Singh A. Assessment of different strategies for managing the water resources problems of irrigated agriculture. *Agricultural WaterManagement*.2018;208:187192.https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.021
6. Ağca N. Topraklarda Çoraklaşma ve Sürdürülebilir Tarım. 26-28 Mayıs GAP I. Tarım Kongresi,

- 2, 915-922, Haz. Harran Ü. Ziraat Fakültesi, Şanlıurfa. 1999.
7. Decock C. Lee J, Necpalova M, et al. Mitigating N<sub>2</sub>O emissions from soil: from patching leaks to transformative action. *Soil*. 2015;(1):687–694.<https://doi.org/10.5194/soil-1-687-2015>
  8. Amezketa E. An integrated methodology for assessing soil salinization, a pre-condition for land desertification. *Journal of Arid Environments*. 2006; (67): 594–606.
  9. Cetin M, Kirca C. Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. *Journal of Hydrology*, 2003; 272: 238–249.
  10. Arağüs R, Tanji KK. Water quality of irrigation return flows, in: *Encyclopaedia of Water Science*, Marcel Dekker, pp. 502–506, 2003.
  11. Shahid SA, Abdefattah MA, Omar SAS, et al. Mapping and monitoring of soil salinization – remote sensing, GIS, modeling, electromagnetic induction and conventional methods – case studies. In: Ahmad M, Al-Rawahy SA (eds) *Proceedings of the international conference on soil salinization and groundwater salinization in arid regions*, vol 1. Sultan Qaboos University, Muscat, 2010; pp 59–97.
  12. Kanber R, Çullu MA, Kendirli B, et al. Sulama, drenaj ve tuzluluk, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri: 213–251, Ankara, 2005.
  13. Çullu MA. Gap'ta tuzlulaşma ve Harran Ovasının durumu. *Toprak tuzlulaşması*, Workshop Tema Vakfı Yayınları, 30: 56-64, İstanbul. 1999.
  14. DSİ, ASO IV. Merhale Projesi Planlama Drenaj Raporu, Ankara, 1982.
  15. Qadir M, Oster JD. Crop and Irrigation Management Strategies for Saline-sodic Soils and Waters Aimed at Environmentally Sustainable Agriculture. *Science of the Total Environment*. 2004; 323:1-19.
  16. Shahid SA. Developments in salinity assessment, modeling, mapping, and monitoring from regional to submicroscopic scales. In: Shahid SA, Abdelfattah MA, Taha FK (eds) *Developments in soil salinity assessment and reclamation – innovative thinking and use of marginal soil and water resources in irrigated agriculture*. Springer, Dordrecht/Heidelberg/New York/London, pp 3–43. 2013.
  17. Richards LA. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. U.S. Dept. Agr. Handbook. 60 s. 1954.
  18. US Salinity Lab Staff. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, USDA handbook no 60. US Dept of Agriculture, Washington, DC, 1954; pp 79–81.
  19. Michael AM.. *Irrigation: Theory and practice*, 2nd ed. Vikas Publishing House Pvt Ltd. 2009.
  20. Horneck DA, Ellsworth JW, Hopkins BG, et al. *Managing salt-affected soils for crop production*. A Pacific Northwest Extension. Oregon State University, 2007.
  21. Budak M. Tuzlu alkali toprakların oluşumu, sınıflandırılması ve klasik toprak etüd ve jeostatistik yöntemlerle haritalanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 2012.
  22. Rhoades JD. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*. Vol. 5. 1996. pp. 417-435.
  23. Department of Primary Industries and Regional Development. *Measuring soil salinity*, 2022. (12/10/2023 tarihinde <https://www.agric.wa.gov.au/soil-salinity/measuring-soil-salinity> adresinden ulaşılmıştır.)
  24. Hopmans JW, et al. Critical knowledge gap and research priorities is global soil salinity. *Advances in Agronomy*. 2021;169-191. [doi.org/10.1016/bs.agron.2021.03.001](https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.03.001)
  25. Hammam AA, Mohamed ES. Mapping soil salinity in the East Nile Delta using various methodological approaches of salinity assessment. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2020; (23):125–131. [doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.11.002](https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.11.002).
  26. Binici S. Tuzlu koşullarda yetişen buğday bitkisinin fizyolojik ve bazı besin elementlerinin alımı üzerine gibberellik ve absisik asitlerin etkileri. Harran Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2005. Şanlıurfa, 46s.
  27. Wang F, Yang S, Yang W, et al. Characterize soil salinity at multiple depth using electromagnetic induction and remote sensing data with random forests: A case study in Tarim River Basin of southern Xinjiang, China. *Science of the Total Environment*, 2021; 754:142030. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142030>
  28. Singh A. Assessment of different strategies for managing the water resources problems of ir-

- rigated agriculture. *Agricultural WaterManagement*.2018;208:187192.<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.021>
29. Ağca N. Topraklarda Çoraklaşma ve Sürdürülebilir Tarım. 26-28 Mayıs GAP I. Tarım Kongresi, 2, 915-922, Haz. Harran Ü. Ziraat Fakültesi, Şanlıurfa. 1999.
  30. Decock C. Lee J, Necpalova M, et al. Mitigating N<sub>2</sub>O emissions from soil: from patching leaks to transformative action. *Soil*. 2015;(1):687–694.<https://doi.org/10.5194/soil-1-687-2015>
  31. Amezketa E. An integrated methodology for assessing soil salinization, a pre-condition for land desertification. *Journal of Arid Environments*. 2006; (67): 594–606.
  32. Cetin M, Kirda C. Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. *Journal of Hydrology*, 2003; 272: 238–249.
  33. Aragüés R, Tanji KK. Water quality of irrigation return flows, in:*Encyclopaedia of WaterScience*, Marcel Dekker, pp. 502–506, 2003.
  34. Shahid SA, Abdefattah MA, Omar SAS, et al. Mapping and monitoring of soil salinization – remote sensing, GIS, modeling, electromagnetic induction and conventional methods – case studies. In: Ahmad M, Al-Rawahy SA (eds) *Proceedings of the international conference on soil salinization and groundwater salinization in arid regions*, vol 1. Sultan Qaboos University, Muscat, 2010; pp 59–97.
  35. Kanber R, Çullu MA, Kendirli B, et al. Sulama, drenaj ve tuzluluk, *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri*: 213–251, Ankara, 2005.
  36. Çullu MA. Gap'ta tuzlaşma ve Harran Ovasının durumu. Toprak tuzlaşması, *Workshop Tema Vakfı Yayınları*, 30: 56-64, İstanbul. 1999.
  37. DSİ, *ASO IV. Merhale Projesi Planlama Drenaj Raporu*, Ankara, 1982.
  38. Qadir M, Oster JD. Crop and Irrigation Management Strategies for Saline-sodic Soils and Waters Aimed at Environmentally Sustainable Agriculture. *Science of the Total Environment*. 2004; 323:1-19.
  39. Shahid SA. Developments in salinity assessment, modeling, mapping, and monitoring from regional to submicroscopic scales. In: Shahid SA, Abdelfattah MA, Taha FK (eds) *Developments in soil salinity assessment and reclamation – innovative thinking and use of marginal soil and water resources in irrigated agriculture*. Springer, Dordrecht/Heidelberg/New York/London, pp 3–43. 2013.
  40. Richards LA. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils . *U.S. Dept. Agr. Handbook*. 60 s. 1954.
  41. US Salinity Lab Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, *USDA handbook no 60*. US Dept of Agriculture, Washington, DC, 1954; pp 79–81.
  42. Michael AM.. *Irrigation: Theory and practice*, 2nd ed. Vikas Publishing House Pvt Ltd. 2009.
  43. Horneck DA, Ellsworth JW, Hopkins BG, et al. *Managing salt-affected soils for crop production*. A Pacific Northwest Extension. Oregon State University, 2007.
  44. Budak M. Tuzlu alkali toprakların oluşumu, sınıflandırılması ve klasik toprak etüd ve jeostatistik yöntemlerle haritalanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, *Doktora Tezi*. 2012.
  45. Rhoades JD. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*. Vol. 5. 1996. pp. 417-435.
  46. Department of Primary Industries and Regional Development. *Measuring soil salinity*, 2022. (12/10/2023 tarihinde <https://www.agric.wa.gov.au/soil-salinity/measuring-soil-salinity> adresinden ulaşılmıştır.)
  47. Zaman M, Shahid SA, Heng L. Irrigation water quality. In: *Guide line for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation using Nuclear and Related Techniques*. 2018. pp. 113-131.
  48. Yılmaz E, Tuna M, Bürün B. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri, gösterdikleri tolerans stratejileri, *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 2011;7(1):47–66 ISSN 1305-1385.
  49. Karaman R, Brohi A, Müftüoğlu M, et al. *Sürdürülebilir toprak verimliliği*, Detay yayıncılık, ISBN:978-975-8629-49-7, Ankara. 2007.
  50. Miyamoto S, Martinez I, Padilla M, et al. *Landscape Plant Lists for Salt Tolerance Assessment*, Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at El Paso Texas Agricultu-

- ral Experiment Station, 2004.
51. Kuşvuran Ş. Bamyada (*abelmoschus esculentus* L.)da tuz stresine tolerans bakımından genotipsel farklılıklar ve tarama parametrelerinin araştırılması, *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 2011; 28 (2):55-70.
  52. Munns R. Genes and salt tolerance: Bringing them together. *New Phytologist*. 2005;167(3):645-663.
  53. Güneş A, Alpaslan M, İnal A. *Bitki besleme ve gübreleme*. A.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları, yayın no: 1581, Ders kitabı:533. ISBN:978-975-482-878-8, Ankara. 2010.
  54. Gupta B, Huang B. Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics*. 2014.
  55. Tok S, Temizel KE. Effects of Irrigation Water in Different Salinity on Yield and Quality Parameters of Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) Plant. *Gesunde Pflanzen*. 2022;74:9-16. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00584-0>
  56. Ekmekçi E, Apan M, Kara T. *Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi*, OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 2005;20(3):118-125.
  57. Läuchli A, Grattan SR. *Plant growth and development under salinity stress*. In *Advances in Molecular Breeding toward Drought and Salt Tolerant Crops*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2007; pp. 1-32.
  58. Doğan M, Avu A, Can EN, et al. Farklı Domates Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Tuz Stresinin Etkisi. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi* (E-Dergi). 2008; 3(2): 174-182.
  59. Yang YW, Newton RJ, Miller R. Salinity tolerance in Sorghum. I hole Plant Response to Sodium Chloride in *S. Bicolorand S. halepense*. *Crop Sci*. 1990;30: (755-781).
  60. Maas EV, Hoffman GJ. Crop salt tolerance—Current assessment. *ASCE J. Irrig. Drain. Div*. 1977; 103: 115-134.
  61. Genuchten MT, Hoffman GJ. *Analysis of crop salt tolerance data*. In *Soil Salinity under Irrigation, Processes and Management, Ecological Studies*; Shainberg, I., Shalhevet., J., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 1984; Volume 3, pp. 258-271.
  62. Shannon MC, Grieve CM. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hortic*. 1998; 78: 5-38.
  63. Maas EV. *Crop salt tolerance*. In *Agricultural salinity assessment and management; ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice*; Tanji, K.K., Ed.; American Society of Civil Engineers: Reston, VA, USA, 1990.
  64. Dalton FN, Maggio A, Piccinni G. Effect of root temperature on plant response functions for tomato: Comparison of static and dynamic salinity stress indices. *Plant Soil*. 1997, 192, 307-319.
  65. Maggio A, Dalton FN, Piccinni G. The effects of elevated carbon dioxide on static and dynamic indices for tomato salt tolerance. *Eur. J. Agron*. 2002; 16: 197-206.
  66. Temizel KE. Estimation of the phenolics content of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.) grown under different water and salt levels based on reflectance spectroscopy. *Kuwait Journal of Science*. 2015; 42(3): 210-222.
  67. Öztürk L, Demir Y. In vivo and in vitro protective role of proline. *Plant Growth Regulation*, 2002;38:259-264.
  68. Avcıoğlu R, Demiroğlu G, Khalvati MA, et al. Ozmotik basıncın bazı kültür bitkilerinin erken gelişme dönemindeki etkileri II. Prolin, Klorofil Birikimi ve Zar Dayanıklılığı. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2003;40(2):9-16.
  69. Lauchli A, Epstein E. Mechanisms of Salt Tolerance in Plants. *Journal of California Agriculture*, October,1984; 18-22.
  70. Kılınc M, Kutbay G. *Bitki ekolojisi*, Palme yayınları: 275, ISBN: 975-8624-83-0, Ankara. 2004.
  71. Grattan SR, Grieve CM. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: *Handbook of Plant and Crop Stress*. Vol. 2. 1999. pp. 203-229.
  72. Fageria NK, Gheyi HR, Moreira A. Nutrient bioavailability in salt affected soils. *Journal of Plant Nutrition*. 2011;34(7):945-962.
  73. Subbarao GV, Johansen C, Jana MK, Rao JK. Effects of the sodium/calcium ratio in modifying salinity response of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Journal of Plant Physiology*. 1990;136(4):439-443.
  74. Rhoades JD, Chanduvi F, Lesch S (1999) Soil salinity assessment. Methods and interpretation



- of electrical conductivity measurements. *Plant Soil* (2010) 334:423–432 431 FAO Irrigation and Drainage Paper 57, Rome, 150 pp.
75. Cetin M, Ibrikci H, Kırda C, et al. Using an electromagnetic sensor combined with geographic information systems to monitor soil salinity in area of southern Turkey irrigated with drainage water. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2012; 21(5): 1133-1145.
  76. Çetin M, Kaman H, Kırda C, Sesveren, S. Analysis of irrigation performance in water resources planning and management: A case study. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020; 29(05): 3409-3414.
  77. Kaman H, Çetin M, Kırda C, et al. Using electromagnetic induction technique to determine soil salinity within layers of varying depths: A case study in the Mediterranean farmlands, Turkey. *Fres. Env. Bull.* 2013; 22: 2554-2566.
  78. Aragües R, Guillén M, Royo A. Five-year growth and yield response of two young olive cultivars (*Olea europaea* L., cvs. Arbequina and Empeltre) to soil salinity. *Plant Soil*. 2010; 334:423–432 doi:10.1007/s11104-010-0393-3
  79. Bouksila F, Persson M, Bahri A, et al. Electromagnetic induction prediction of soil salinity and groundwater properties in a Tunisian Saharan oasis, *Hydrological Sciences* 2012; doi:10.1080/02626667.2012.717701
  80. Sesveren S, Çetin M, Harun K, et al. Alt toprak katmanlarındaki tuzluluğun belirlenmesinde EM38 tuzluluk ölçer aletinin kullanılabilirliği. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş 27-29 Mayıs, 2009.
  81. Herrero, J, Ba AA, Aragües R.. Soil salinity and its distribution determined by soil sampling and electromagnetic techniques. *Soil Use and Management*, 2003;19: 119–126.
  82. Lesch S, Corwin DL, Robinson, DA. Apparent soil electrical conductivity mapping as an agricultural management tool in arid zone soils. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2005; 46: 351-378.
  83. Li HT, Li XM, Philip B, et al. Application of electromagnetic method to soil salinization assessment. *Hydrogeology and Engineering Geology (in Chinese)*. 2006; 33(1): 95-98.
  84. Rhoades JD, Corwin DL. Determining soil electrical conductivity-depth relations using an inductive electromagnetic soil conductivity meter. *Soil Sci. Soc. Am. J*, 1981; 45: 255-260.
  85. Diaz L, Herrero J. Salinity Estimates in Irrigated Soils Using Electromagnetic Induction. *Soil Sci*, 1992;154:151-157.
  86. Lesch SM, Rhoades JD, Lund LJ, et al. Mapping soil salinity using calibrated electromagnetic measurements. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 1992;56: 540-548.
  87. Herrero, J., A.A. Ba and R. Aragües. Soil salinity and its distribution determined by soil sampling and electromagnetic techniques. *Soil Use and Management*, 19: 119–126, 2003.
  88. Kaman H, Cetin M, Kırda C, et al. Possibility of using EM38 device to determine the extent and severity of soil salinity: a case study in the Lower Seyhan Plain, Turkey. *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology*, 28 Nisan 2008, Turkey (pp.245–251).
  89. Shahid SA, Dakheel AH, Mufti KA, et al. Automated in-situ salinity logging in irrigated agriculture. *Eur J Sci Res*. 2008; 26(2):288–297.
  90. Akyüz A, Boyacı S, Çaylı A. Determination of Critical Period for Dairy Cows Using Temperature Humidity Index. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2010; 9(13): 1824-1827., Doi: 10.3923/javaa.2010.1824.1827
  91. Çaylı A. Temperature and Relative Humidity Spatial Variability: An Assessment of The Environmental Conditions Inside Greenhouses. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2020; 29(7):4954-4962.
  92. FAO. Advances in the assessment and monitoring of salinization and status of biosaline agriculture. Reports of expert consultation held in Dubai, United Arab Emirates, 26–29 Nov 2007. *World Soil Resources reports no 104*. FAO, Rome, 2009. p 72.
  93. Abdelgawad G. Soil salinity monitoring and assessment in irrigated Arab agriculture. In: Advances in the assessment and monitoring of salinization and status of biosaline agriculture. Reports of expert consultation held in Dubai, United Arab Emirates, 26–29 Nov 2007. *World Soil Resources reports no 104*. FAO, Rome, 2009, p 16.
  94. Cheraghi SAM, Hashminejhad Y, Rahimian MH. An overview of the salinity problem in Iran:

- assessment and monitoring technology. In: Advances in the assessment and monitoring of salinization and status of biosaline agriculture. Reports of expert consultation held in Dubai, United Arab Emirates, 26–29 Nov 2007. *World Soil Resources reports no 104*. FAO, Rome 2009, p 21.
95. Yang J. Recent evolution of soil salinization and its driving processes in China. In: Advances in the assessment and monitoring of salinization and status of biosaline agriculture. Reports of expert consultation held in Dubai, United Arab Emirates, 26–29 Nov 2007. *World Soil Resources reports no 104*. FAO, Rome, 2009, p 23.
96. Spies B, Woodgate P. Technical report: salinity mapping methods in the Australian context, prepared for the Programs Committee of the Natural Resources Management, Ministerial Council through Land and Water Australia and the National Dryland Salinity Program, 2004.
97. Gorji T, Tanik A, Sertel E. Soil salinity prediction, monitoring and mapping using modern Technologies. *Procedia Earth and Planetary Science*, 2015;15:507-512.
98. Vincent RK. *Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing*. Prentice-Hall, New Jersey. 366p, 1997.
99. Isaaks EH, Srivastava RH. *Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York, USA. 1989.
100. Kitanidis PK. *Introduction to Geostatistics: Applications in Hydrogeology*, Cambridge University Press, UK, 1997.
101. Arslan H, Ayyıldız TN, Temizel EK. et al. Evaluation of heavy metal contamination and pollution indices through geostatistical methods in groundwater in Bafra Plain, Turkey. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2022;19:8385–8396. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03713-4>
102. Odeh IOA, Onus A. Spatial Analysis of Soil Salinity and Soil Structural Stability in a Semiarid Region of New South Wales, Australia May 2008. *Environmental Management*. 2008; 42(2):265-78 doi:10.1007/s00267-008-9100-z
103. Yeşilirmak E, Anaç S, Solow AR. Büyük Menderes Akarsuyu Elektriksel İletkenlik Değerlerinin Mekansal Değişiminin Leoistatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. *V. Ulusal hidroloji kongresi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara 5 – 7 Eylül 2007.
104. Pozdnyakova L, Zhang R. Geostatistical Analyses of Soil Salinity in a Large Field. *Precision Agriculture*. 1999;153-165.
105. Shahid SA, Zaman M, Heng L. *Soil salinity: Historical perspective sand a world overview of the problem*. In: *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation using Nuclear and Related Techniques*. Springer, 2018. pp. 43-53. doi:10.1007/978-3-319-96190-3\_2
106. Siyal AA, Siyal AG, Abro Z. Saltaffected soils their identification and reclamation. *Pakistan Journal of Applied Science*. 2001;2:537-540.
107. Malash NM, Flowers TJ, Ragab R. Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. *Irrigation Science*, 2008;26: 313-323.
108. Hanson B, May D. *Drip irrigation salinity management for row crops*. University of California. Agricultural and Natural Resources. Publication: 8447/June 2011.
109. Hanson B, O'Connell N, Hopmans J, et al. *Fertigation with microirrigation*, University of California, Agriculture and Natural Resources. 49 p. 2006.
110. Oron G, Demalach Y, Gillerman L, et al. Improved saline-water use under subsurface drip irrigation. *Agric Water Management*. 1999; 39(1):19–33.
111. Bernstein L, Fireman M. Laboratory studies on salt distribution in furrow-irrigated soil with special reference to the pre-emergence period. *Soil Sci*. 1957; 83:249–263.
112. Kanber R, Ünlü M. *Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları*. Ç.Ü. Ziraat Fak. Gen. Yay. 239, no. 281, no. A-87 Ders Kitapları, Adana. 307 s.2010.
113. Letey J, Hoffman GJ, Hopmans JW, et al. Evaluation of soil salinity leaching requirement guidelines. *Agric. Water Manag.* 2011; 98: 502–506.
114. Ayers RS, Westcott DW. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1, Rome. 1989.
115. Paranychianakis NV, Chartzoulakis KS. Irrigation of Mediterranean crops with saline water: From physiology to management practices. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2005; 106: 171–187.
116. Levy Y, Syvertsen JP. Irrigation water quality and salinity effects in citrus trees. *Hortic. Ver.* 2004,

- 30: 37–82.
117. Zaman M, Shabbir AS, Heng L. *Irrigation water quality*, 2018. (20/10/2023 tarihinde <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3> adresinden ulaşılmıştır.)
118. Arıcı İ, Yıldırım O, Çakmak B, et al. *Tarımsal Yapılar ev Sulama*. Editörler; Metin Olgun, Ali Osman Demir, Anadolu Üniversitesi Yayın no: 2269. ISBN:978-975-06-0943-5 Eskişehir, Ağustos 2011.
119. Munns R, Husain S, Rivelli AR, et al. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant Soil*. 2002; 247: 93–105.
120. Grattan S. *Irrigation Water Salinity and Crop Production*; UCANR Publications, University of California:Oakland, CA, USA, p. 9. 2002.
121. Machado RMA, Bryla DR, Verissimo ML, et al. Nitrogen requirements for growth and early fruit development of drip-irrigated processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Portugal. *J. Food Agric. Environ*. 2008; 6: 215–218.
122. Sonneveld C, Voogt W. *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*; Springer: New York, NY, USA, 2009; p. 423.
123. Machado RM, Bryla DR, Vargas O. Effects of salinity induced by ammonium sulfate fertilizer on root and shoot growth of highbush blueberry. *Acta Hortic*. 2014; 1017: 407–414.
124. Shahbaz M, Ashraf M, Al-Qurainy F, et al. Salt tolerance in selected vegetable crops. *Crit. Rev. Plant Sci*. 2012; 31: 303–320.
125. Maas EV, Grattan SR. Crop yields as affected by salinity. *Agronomy*. 1999; 38: 55–110.
126. Martinez V, Cerda A. Influence of N source on rate of Cl, N, Na and K uptake by cucumber seedling grown in saline condition. *J. Plant Nutr*. 1989; 12: 971–983.
127. Golezani GK, Abriz FS. Foliar sprays of salicylic acid and jasmonic acid stimulate H<sup>+</sup>-ATPase activity of tonoplast, nutrient uptake and salt tolerance of soybean. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018;166:18-25.
128. Ouni Y, Ghnaya T, Montemurro F, Abdelly, et al. The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. *Int. J. Agron. Plant Prod*. 2014; 8: 353–374.
129. Bacilio M, Moreno M, Bashan Y. Mitigation of negative effects of progressive soil salinity gradients by application of humic acids and inoculation with *Pseudomonas stutzeri* in a salt-tolerant and a salt-susceptible pepper. *Appl. Soil Ecol*. 2016;107: 394–404.
130. Wang X, Sun R, Tian Y, et al. Long-term phytoremediation of coastal saline soil reveals plant species-specific patterns of microbial community recruitment. *Msystems*. 2020;5(2).
131. Vreeland RH. Mechanisms of halotolerance in microorganisms. *Critical Reviews in Microbiology*. 1987;14(4):311-356.
132. Orhan F. Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (*Triticum aestivum*). *Brazilian Journal of Microbiology*. 2016;47(3):621-627.
133. Romero-Munar A, Baraza E, Gulias J, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi confer salt tolerance in giant reed (*Arundo donax* L.) plants grown under low phosphorus by reducing leaf Na<sup>+</sup> concentration and improving phosphorus use efficiency. *Frontiers in Plant Science*. 2019;10:843.



## BÖLÜM 7

# KAHRAMANMARAŞ İKLİM KOŞULLARINDA ETLİK PİLİÇ KÜMESLERİNDE EVAPORATİF SOĞUTMA GEREKİNİNİN BELİRLENMESİ

Merve Nur EREN<sup>1</sup>  
Adil AKYÜZ<sup>2</sup>  
Ali ÇAYLI<sup>3</sup>

### GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9,7 milyara ulaşabileceği düşüncesi; ilerleyen süreçte insanların gıdaya olan taleplerinin artacağını ve düşük gelirli birçok ülkede yaşayan insanların sağlıklı gıdalara erişmekte zorluk yaşayacağını göstermektedir. Bu durum insanların sağlıklı ve dengeli beslenmesi için ihtiyaç duyduğu bitkisel ve hayvansal ürünler üzerindeki baskıyı artıracaktır. Hayvansal ürünlerin protein bakımından zengin olması mevcut nüfusun gıdaya olan talebinin karşılanmasında etkin rol oynamaktadır. Son yıllarda besin değerinin yüksek, ulaşılması kolay, ucuz, kısa zamanda hızlı ürün alınabilmesi ve dış iklim koşullarından izole edilen ortamlarda üretim yapılması hayvansal üretim kolunda kanatlı hayvan yetiştiriciliğini daha cazip hale getirmiştir. Kümes ortamında yapılan kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde; sıcaklık, oransal nem, havalandırma, aydınlatma, kümes iç ortam sıcaklığı ve oransal nem değerlerinin verim üzerine doğrudan etki etmesi üretim periyodu boyunca bu iklim parametrelerinin optimum düzeyde tutulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle kurak ve yarı kurak iklim özelliklerinin hüküm sürdüğü ülkemizde etlik piliç üretimini sınırlayan etmenlerin etkisini en aza indirmek amacıyla pedli evaporatif soğutma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Etlik piliç üretiminde kümes iç ortam sıcaklığının istenilen düzeyde tutmak için ihtiyaç duyulan soğutma gereksiniminin belirlenmesinde üretimin yapıldığı bölgenin ik-

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği AD., ORCID iD: 0000-0002-4221-6120

<sup>2</sup> Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, adilakyuz@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-2120-0680

<sup>3</sup> Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, alicayli@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8332-2264

lim koşulları ve kümeslerin yapısal özellikleri etkin rol almaktadır. Tipik Akdeniz iklim kuşağının özelliklerinin görüldüğü Kahramanmaraş ilinde yazlar sıcak ve kurak kışlar ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Bölgede özellikle yaz aylarında sıcaklığın 40°C üzerine çıkması etlik piliç üretimini sınırlamaktadır. Etlik piliç üretiminde yüksek sıcaklığın olumsuz etkisini en aza indirmek için bölgede kümeslerin serinletilmesinde evaporatif soğutma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

İdeal bir hayvan barınağının amacı; üreticiliği yapılan canlıların verimi üzerinde olumsuz etkide bulunan iklim (sıcaklık, oransal nem, basınç, havalandırma, ışık, rüzgar vb.) ve çevre faktörleri minimize etmektir. Barınak içi çevre koşullarının optimum değerlerin altında veya üstünde olması hayvansal üretimde verimliliği olumsuz etkilemektedir. Broiler usulü etlik piliç yetiştiriciliğinde kümes iç ortam sıcaklığının ilk haftalarda 30-33°C değerleri arasında; 5. ve 6. haftaya kadar ise bu sıcaklığın kademeli (2 ile 3°C) olarak düşürülmesi ve kesime kadar 18-21°C'de muhafaza edilmesi gerektiği önerilmiştir (1,2,3).

Kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde kümes iç ortamındaki sıcaklığın 27°C'nin üzerine çıkması sıcaklığa karşı oldukça hassas olan kümes hayvanlarının üretimini olumsuz etkilemektedir (4, 5). Kümes iç ortamındaki sıcaklık stresinin verim üzerindeki olumsuz etkisini en aza indirmek için evaporatif serinletme sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Evaporatif serinletme sistemlerindeki temel prensip; kümes iç ortamında bulunan duyulur ısının gizli ısıya dönüştürülmesidir (6). Balaban ve Şen (7), tavuk kümesleri planlanırken; sıcaklık, oransal nem, havalandırma, aydınlatma, kümesin iç ortam sıcaklığı ve oransal nem değerlerinin optimum düzeyde tutulması verim kayıpları en aza indirdiğini, tavukların gelişimini ve verimini olumlu etkilediğini ifade etmişlerdir. Alagöz ve ark. (8), etlik piliç yetiştiriciliğinde yemden yararlanma düzeyini artırmak için kümes iç ortam sıcaklığının 15.6-26.7°C değerleri arasında olması gerektiğini bildirmişlerdir. Xin ve ark. (9), etlik piliç üretiminde kümes iç ortam sıcaklığının 30°C'yi aşması durumunda üretici gelirlerinde ciddi düşüşlerin yaşanabileceğini bildirmişlerdir. Işık ve ark.(10), kümes iç ortamındaki oransal nem değerinin %80 olması ile solunum ve sindirim sistemi hastalıklarını en aza indirilebileceğini ifade etmişlerdir. Uğurlu ve Kara (11), Konya ili iklim koşullarında yürüttükleri çalışmalarında dış hava sıcaklığının 30°C ve üzerinde olduğu dönemlerde (30.07.1997-01.08.1997) kümes ortamının fanped serinletme sistemi ile serinletilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Boyacı (12), Kahramanmaraş iklim koşullarında yürüttüğü çalışmada etlik piliç kümeslerinin proje aşamasında, dış ortam oransal neminin %63, sıcaklığın ise 21°C alınması gerektiğini bildirmiştir. Akyüz ve Boyacı (13), Kahramanmaraş iklim koşullarında yapmış oldukları çalışmada etlik piliç üretiminde Haziran,

Temmuz ve Ağustos aylarının kritik olduğunu ve bu aylarda mutlaka soğutma (serinletme) yapılması gerektiği ifade etmişlerdir. Dağtekin ve Yıldız (14), Dağtekin ve Yıldız (15), kümes ortamında bulunan ve verim üzerinde etkili olan yüksek sıcaklığın istenilen düzeye getirilmesinde etkili soğutma yöntemleri kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Sağlıklı ve dengeli beslenmede önemli bir role sahip olan hayvansal ürünlerin mevcut talebi karşılaması; hayvan barınaklarının hayvan sağlığı ve verimini artıracak yönde planlanması ve projelenmesi ile mümkündür. Bu çalışmanın amacı Kahramanmaraş ili iklim koşullarında kazançlı bir etlik piliç üretimi için en uygun kümes tipini belirlemektir. Çalışmada araştırmaya konu olan kümeslerin yan duvar malzemelerini farklı ısı iletim katsayılarına sahip materyaller oluşturmaktadır. Çalışma sonucunda; 5 kümes tipi için yetiştirme dönemi boyunca ihtiyaç duyulan evaporatif soğutma gereksinimi miktarı, evaporatif soğutma süresi, aylık maksimum soğutma gücü gereksinimi ve hangi dönemlerde evaporatif soğutmanın yapılması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmanın sonucu; bölgede yapılması planlanan etlik piliç kümeslerinin uygun projelenmesinde, yatırım ve üretim maliyetlerinin ön görülebilmesinde yatırımcılara önemli katkı sağlayacaktır.

## **MATERYAL VE METOT**

Çalışma tipik Akdeniz ikliminin özelliklerinin yaygın olarak görüldüğü Kahramanmaraş ilinde yapılmıştır. Kahramanmaraş iline ait uzun yıllık iklim verileri Kahramanmaraş Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Akdeniz iklim özelliklerini taşıyan ilin uzun yıllık iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'den de anlaşılacağı üzere Kahramanmaraş ili uzun yıllık iklim verileri dikkate alındığında bölgedeki ortalama sıcaklık değerinin etlik piliç üretimi için ihtiyaç duyulan optimum sıcaklığın (20-21°C) oldukça üzerinde olduğu görülmektedir.

Çalışmada canlı materyal olarak bölgede profesyonel etlik piliç üreticileri tarafından tercih edilen ROSS 308 etlik civcivler tercih edilmiştir. ROSS 308 etlik civcivlerin üretim periyodu boyunca kümes iç ortam sıcaklığının 1-2. haftalarda 32°C, 3-7. haftalarda 20°C; oransal nem değerlerinin 1-2. haftalarda %70, 3-7. haftalarda %60-65 olması önerilmektedir. ROSS 308 etlik civcivlerinin kümes içi aydınlatma ihtiyacı 1. hafta 1.36 W m<sup>-2</sup> olması istenmektedir (16).

Çizelge 1. Kahramanmaraş ili uzun yıllık iklim verileri

Yıl	İklim öğeleri	Aylar						
		Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1930-2020	Ort. Max. Sıcaklık °C	16.0	21.2	26.8	31.9	35.7	36.1	32.6
	Ort. Min. Sıcaklık °C	5.8	9.8	14.0	18.7	22.1	22.2	18.4
	Ort. Sıcaklık °C	10.4	15.1	20.0	24.9	28.2	28.4	25.0
	Aylık Top. Yağış mm	95.1	73.0	38.8	8.6	2.7	2.2	11.0

ROSS 308 üretim periyoduna ait ağırlık, duyulur ısı ve gizli ısı değerleri Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. ROSS 308 üretim periyoduna ait ağırlık, duyulur ısı ve gizli ısı değerleri

Hafta	Ağırlık (kg) (Ross 308)	Duyulur ısı (W kg <sup>-1</sup> )	Gizli ısı (W kg <sup>-1</sup> )
1	0.05	0.16	0.14
2	0.47	1.52	1.30
3	0.90	2.90	2.50
4	1.43	4.59	3.92
5	2.01	6.47	5.51
6	2.59	8.34	7.12
7	3.16	10.17	8.69
Ortalama		4.88	4.17

Kahramanmaraş iklim koşullarına uygun kümes tipini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada kümeslere ait yan duvar malzemeleri ve malzemelerin ısı iletim katsayıları Çizelge 3'de verilmiştir. Çalışmada tasarlanan kümeslerin taban döşeme malzemesi beton, çatı özellikleri; sandviç panel (5 cm), çatı eğimi (%30) ve mahya yüksekliği (4.35 m) her kümes tipi için aynı; yan duvar malzemeleri ise farklıdır. Çalışmada Kümes-1, Kümes-3, Kümes-4 ve Kümes-5'in yan duvar malzemesinin iç ve dış yüzeyine sıva (3 cm) ve badana seçilmiştir.

**Çizelge 3. Yan duvar malzemesi olarak kullanılan materyallerin ısı iletim katsayıları**

<b>Kümes Tipleri</b>	<b>Malzeme Cinsi</b>	<b>Isı İletim Katsayısı (Kcal m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>°C<sup>-1</sup>)</b>
<b>Kümes-1</b>	Briket	0.25-1.12
	Çimento Harç	1.2
<b>Kümes-2</b>	Sac	20
	Strafor	0.039-0.047
<b>Kümes-3</b>	Ytong	0.11
	Çimento Harç	1.2
<b>Kümes-4</b>	Yatay Delikli Tuğla	0.39
	Poliüretan	0.03
	Çimento Harç	1.2
<b>Kümes-5</b>	Briket	0.25-1.12
	Poliüretan	0.03
	Çimento Harç	1.2

Çalışmada farklı yapısal özelliklere sahip kümeslerin soğutma yükü miktarı; iç-dış ısı kazançları, ısı direnci ve havalandırma ihtiyacından gelen ısı kazançları toplamıdır. Kahramanmaraş yöresine ait 2020 iklim verileri dikkate alınarak yapılan soğutma yükü hesabında; Mart-Eylül aylarında sıcaklığın 20°C'nin üzerine çıktığı günler dikkate alınmıştır. Bölgede üretim periyodu boyunca yüksek sıcaklıkların yaz aylarında görülmesi bu dönemde soğutma gereksinimini zorunlu kılmıştır. Etlik piliç üretim periyodu boyunca her ay için ortalama kuru termometre sıcaklığı, yaş termometre sıcaklığı, entalpi, özgül hacim, bağıl nem ve özgül nem değerleri hesaplamalara dahil edilmiştir.

Kümes ortamında tavukların ortama yaydığı ısı; hissedilir ısı ve gizli ısının toplamıdır (17). İç ısı kazançları; tavuklardan gelen duyulur ısı, gizli ısı yükü ve aydınlatmadan gelen duyulur ısı yükünün toplamından oluşmaktadır. İç ısı kazançları hesabında; tavuklardan gelen duyulur ısı 3.22 (W kg<sup>-1</sup>), gizli ısı 2.75 (W kg<sup>-1</sup>), canlı ağırlığı 2.5 kg (7. haftadaki ortalama canlı-kesim ağırlığı) ve metre-kareye 14 tavuk düşecek şekilde kabul edilmiştir. Tasarlanan kümeslerin taban alanları 1680 m<sup>2</sup> kapasiteleri ise 22003 adettir. Aydınlatmadan gelen ısı yükünün hesaplanmasında tavuk kümeslerinde metre-kare başına yeterli olacak ışık yoğunluğundan yararlanılmıştır. Kümesler üretim periyodu boyunca ihtiyaç duyulan dönemlerde 23 saat aydınlık, 1 saat karanlıkta kalacak şekilde yerden yüksekliği 3 m, gücü 40 W olan floresan ampuller ile aydınlatılmıştır.

Dış ısı kazançları; kümes yan duvarları ve çatıya düşen güneş ışınlarının geliş acısı (güneş gören yüzeyler daha sıcak) ve döşeme malzemeleri dikkate alınarak Eşitlik 1'den faydalanarak hesaplanmıştır (18).

$$Q=K A (T_d-T_i) \quad \text{Eşitlik 1}$$

Eşitlik 1'de;

Q: Isı geçişi (W),

K: Isı geçiş katsayısı ( $W m^{-2} K^{-1}$ ),

A: Isı geçiş alanı ( $m^2$ ),

T<sub>d</sub>: dış ortam sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ),

T<sub>i</sub>: iç ortam sıcaklığını ( $^{\circ}C$ ) ifade etmektedir.

Ekonomik bir üretim için kümes iç ortamındaki hava kalitesini korumak zorunludur. Çalışmada 1 piliç için gerekli havalandırma kapasitesi  $1.43 m^3 kg^{-1} h^{-1}$  kabul edilmiştir.

Havalandırma ihtiyacından gelen ısı kazançları duyulur ısı ve gizli ısı kazancı toplamından oluşmaktadır. Havalandırmadan kaynaklanan duyulur ısı kazancı Eşitlik 2'den faydalanılarak hesaplanmıştır (19).

$$Q_{hav,duy} = V.\rho cp \Delta t (W) \quad \text{Eşitlik 2}$$

Eşitlik 2'de;

V: hava debisi ( $m^3 s^{-1}$ ),

$\rho$ : havanın yoğunluğu ( $kg m^{-3}$ ),

$cp$ : havanın özgül ısısı ( $J kg^{-1} K^{-1}$ ),

$\Delta t$ : iç-dış hava sıcaklıkları farkını ( $^{\circ}C$ ) ifade etmektedir.

Havanın özgül ısısı Eşitlik 3'ten faydalanarak hesaplanmıştır.

$$cp = 1006 + 1840 w \quad \text{Eşitlik 3}$$

Eşitlik 3'te kuru havanın özgül ısısı  $1006 J kg^{-1} K^{-1}$  ve su buharının özgül ısısını  $1840 J kg^{-1} K^{-1}$  olarak alınmıştır. Eşitlikte w özgül nemi  $kg kg^{-1}$  (su buharı/kuru hava) ifade etmektedir.

Havalandırma ile kümes içindeki havanın nem içeriğinden kaynaklanan gizli ısı kazancı Eşitlik 4'ten faydalanarak hesaplanmıştır (19).

$$Q_{hav,gizli} = V.\rho .hfg .\Delta w (W) \quad \text{Eşitlik 4}$$

Eşitlik 4'te;

$hfg$  : uygun bir hava sıcaklığında su buharının gizli ısısı ( $J kg^{-1}$ ),

$\Delta w$ : iç-dış hava özgül nemleri farkını ( $kg kg^{-1}$ ) ifade etmektedir.

Havalandırmadan kaynaklanan toplam ısı kazancı; duyulur ve gizli ısı kazancının toplamı Eşitlik 5 ile hesaplanmıştır (19).

$$Q_{top.net.} = V \cdot \rho \cdot (h_d - h_i) (kW)$$

Eşitlik 5

Eşitlik 5'te;

$h_d$ : Dış havanın özgül entalpisi ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ),

$h_i$ : İç havanın özgül entalpisini ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ) ifade etmektedir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada yetiştirme periyodu boyunca  $1 \text{ m}^2$  taban alan ve toplam alan için gerekli olan soğutma ihtiyacını gösteren değerler Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Kümes tiplerine ait soğutma gereksinimleri

Soğutma Gereksinimi ( $\text{kWh m}^{-2}$ ) ( $1 \text{ m}^2$ taban alan için)					
AYLAR	KÜMES-1	KÜMES-2	KÜMES-3	KÜMES-4	KÜMES-5
Nisan	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Mayıs	24.0	23.8	23.7	23.8	23.7
Haziran	51.8	51.3	51.0	51.3	51.1
Temmuz	83.2	82.4	81.9	82.3	81.9
Ağustos	84.7	84.0	83.5	83.9	83.5
Eylül	41.7	41.4	41.1	41.3	41.1
Ekim	13.9	13.9	13.8	13.8	13.8
Toplam	300.5	298.0	296.2	297.6	296.3

Boyacı ve ark. (20) kümesin sahip olduğu ısı iletim katsayısı gereksinim duyulan enerji miktarının hesaplamasında kullanılan bir parametre olduğundan bu değer in azalması gereksinim duyulan enerjinin azalmasına neden olacaktır. Bununda kümes projelenmesi aşamasında yalıtım malzemelerinin doğru seçilmesi ile mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Yürütülen çalışmada da kümeslerin soğutma yükü gereksinimleri tercih edilen yan duvar malzemesi materyallerine bağlı olarak değişmiştir.

Çizelge 4'ten anlaşılacağı üzere Kahramanmaraş iklim koşullarında (Nisan-Ekim) yapılması planlanan etlik piliç kümeslerinde soğutmanın zorunlu olduğu sonucuna varılmıştır. Kümeslerdeki soğutma gereksinimi Nisan ayından Ağustos ayına kadar artar iken; Ağustos ayından sonra soğutma gereksiniminde bir azalma olduğu görülmektedir. Tasarlanan kümesler arasında toplam soğutma gereksinimi en düşük Kümes-3'te  $296.2 \text{ kWh m}^{-2}$ ; en yüksek ise Kümes-1'de  $300.5 \text{ kWh m}^{-2}$  hesaplanmıştır.

Kümeslerin soğutulmasında ihtiyaç duyulan süreler Çizelge 5'te verilmiştir. Buna göre kümes tipleri dikkate alındığında, soğutma gereksinimi duyulan süreler arasında farklılık bulunmamıştır. Tasarlanan kümes tipleri için soğutma gereksinimi duyulan süreler bütün kümesler için Nisan ayında en az (16 saat); Ağustos ayında ise en yüksek (566 saat) bulunmuştur.

Çizelge 5. Kümeslerin soğutulmasında ihtiyaç duyulan süreler

Soğutma Gereksinimi Duyulan Süreler (h)(saat)					
AYLAR	KÜMES-1	KÜMES-2	KÜMES-3	KÜMES-4	KÜMES-5
Nisan	16	16	16	16	16
Mayıs	235	235	235	235	235
Haziran	401	401	401	401	401
Temmuz	565	565	565	565	565
Ağustos	566	566	566	566	566
Eylül	365	365	365	365	365
Ekim	174	174	174	174	174
<i>Toplam</i>	<i>2322</i>	<i>2322</i>	<i>2322</i>	<i>2322</i>	<i>2322</i>

Boyacı (21) tarafından yapılan çalışmada sıcaklığın yükseldiği dönemlerde kullanılan evaporatif soğutma sistemlerinin buharlaştırma etkisi nedeniyle iç ortamdaki gizli ısı transferinin, duyulur ısı transferinden daha fazla olduğunu ve bu sayede yetiştiricilik için uygun sıcaklık değerlerinin oluşturulabildiğini belirtmiştir. Kahramanmaraş iklim koşullarında Nisan-Ekim ayları arasında yapılacak bir üretim döneminde ihtiyaç duyulan soğutma gereksinimine duyulan süre 2322 saat bulunmuştur. Çizelge 5'ten de anlaşılacağı üzere özellikle yaz aylarında soğutma gereksinimine duyulan süreler maksimum düzeydedir. Bölgede yapılan kümes yetiştiriciliğinde Haziran, Temmuz ve Ağustos kritik aylar olup bu dönemde kümes ortamındaki sıcaklığın olumsuz etkisini kırmak için mutlaka soğutma yapılmalıdır.

Çizelge 4 ve Çizelge 5'ten yararlanarak Nisan-Ekim ayları arasında yapılacak bir üretim dönemi boyunca 20°C sabit iç ortam sıcaklığında soğutma için ihtiyaç duyulan enerji miktarı tasarlanan kümesler için farklı bulunmuştur. Kümesler arasında ihtiyaç duyulan en düşük soğutma miktarı; yan duvar malzemesi olarak *Ytong* kullanılan Kümes-3; en yüksek değer ise yan duvar malzemesi olarak *Briket* kullanılan Kümes-1 için hesaplanmıştır. Kümeslere ait soğutma miktarı; Kümes-1 için 504707.5 kWh, Kümes-2 için 500550.6 kWh, Kümes-3 için 497581.4 kWh, Kümes-4 için 499808.3 kWh ve Kümes-5 için 497729.8 kWh olarak hesaplanmıştır. Kümesler arasında soğutma gereksinimi açısından istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Kümes tiplerine ait aylık maksimum soğutma gücü gereksinimi kümesler arasında farklı bulunmuştur. Kümeslerde aylara göre maksimum soğutma gücü gereksinimi en düşük Nisan ayında; en yüksek ise Ağustos ayında belirlenmiştir. Bir üretim periyodu boyunca (Nisan-Ekim) kümeslere ait ortalama maksimum soğutma gücü gereksinimi (kW) en düşük Kümes-3, en yüksek ise Kümes-1'de belirlenmiştir.



Tasarlanan kümesler ait aylık maksimum soğutma gücü gereksinimi ve aylık ortalama maksimum soğutma gücü gereksinimini gösteren değerler Çizelge 6'da verilmiştir.

<b>Çizelge 6. Kümeslerin aylık maksimum soğutma gücü gereksinimi (kW)</b>					
<b>Aylık Maksimum Soğutma Gücü Gereksinimi (kW)</b>					
<b>AYLAR</b>	<b>KÜMES-1</b>	<b>KÜMES-2</b>	<b>KÜMES-3</b>	<b>KÜMES-4</b>	<b>KÜMES-5</b>
Nisan	136.4	135.9	135.6	135.8	135.6
Mayıs	221.2	219.6	218.4	219.3	218.5
Haziran	278.0	275.1	273.0	274.5	273.1
Temmuz	324.1	320.4	317.8	319.7	317.9
Ağustos	324.3	320.8	318.2	320.1	318.4
Eylül	267.5	264.7	262.7	264.2	262.7
Ekim	174.9	173.2	172.0	172.9	172.1
<b>Ortalama</b>	<b>246.6</b>	<b>244.2</b>	<b>242.5</b>	<b>243.8</b>	<b>242.6</b>

Kümeslere ait maksimum soğutma gücü ihtiyacı aylık bazda farklı değerler almıştır. Aylık maksimum soğutma gücü gereksinimi en düşük Nisan ayında; en yüksek ise Ağustos ayında belirlenmiştir. Kahramanmaraş yöresinde Nisan-Ekim aylarında yapılacak bir üretim için aylık ortalama soğutma gücü sırasıyla; Kümes-1 için 246.6 kW, Kümes-2 için 244.2 kW, Kümes-3 için 242.5 kW, Kümes-4 için 243.8 kW ve Kümes-5 için 242.6 kW olarak hesaplanmıştır. Kümesler arasında soğutma gücü gereksinimi açısından istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ( $P>0.05$ ).

Kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde kümes iç ortamındaki sıcaklığının belirli dönemlerde istenilen değerlerin üzerine çıkması sıcaklığa karşı oldukça duyarlı olan kümes hayvanlarının üretimini olumsuz etkilemektedir. Sıcaklığın hayvansal üretim üzerine olan baskısını minimize etmek ve hayvancılıkta amaçlanan hedeflere ulaşılabilmesi için yetiştiriciliğin yapılacağı bölge ikliminin dikkate alınarak hayvan barınaklarının amaca uyguna tasarlanması gerekmektedir. Akyüz (22) tarafından Kahramanmaraş ilinde yapılan çalışmada, broiler yetiştiriciliğinde kaliteyi, üretkenliği ve ekonomik verimliliği artırmanın önemli yolunun kontrollü çevre koşulları ve il iklimine uygun piliç kümeslerinin inşa edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Atılğan ve ark. (5), Akyüz ve Boyacı (13), Uğurlu ve Kara (11), Atılğan ve Mutlu (4), Dağtekin ve Yıldız (15), Dağtekin ve Yıldız (14) amaca uygun olarak tasarlanan barınaklarda ani sıcaklık artışının üretim üzerindeki baskısını etkili soğutma yöntemlerinin tercih edilmesiyle azaltılabileceğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada Kahramanmaraş iklim koşulları dikkate alınarak tasarlanan kümesler

için belirlenen kritik aylar Akyüz ve Boyacı (13) tarafından yürütülen çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Akyüz ve Boyacı (13), yapmış oldukları çalışmada Kahramanmaraş ilinde yapılacak etlik piliç üretiminde Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının kritik olduğunu ileri sürmüşlerdir.

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Kahramanmaraş iklim koşulları dikkate alınarak bölge iklimine en uygun kümes tipini belirlemek için yan duvar malzemesi olarak farklı materyaller kullanılmıştır. Çalışmada tasarlanan 5 kümes tipi için yetiştirme dönemi boyunca ihtiyaç duyulan evaporatif soğutma gereksinimi miktarı, evaporatif soğutma süresi, aylık maksimum soğutma gücü gereksinimi ve hangi dönemlerde evaporatif soğutmanın yapılması gerektiği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile bölge iklimine uygun ve ekonomik kümes tiplerinin; yan duvar malzemesi Ytong (20 cm) olan Kümes-3 ve yan duvar malzemesi briket+poliüretan olan Kümes-5'in olduğu belirlenmiştir. Bölgede yapılması planlanan etlik piliç yetiştiriciliğinde soğutma miktarı değerlerinin birbirine yakın bulunan Kümes-3 ve Kümes-5 önerilmektedir. Ayrıca bölgede etlik piliç üretimi yapan işletmelerin karlı ve ekonomik bir sezon için Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında mutlaka evaporatif soğutma yapması gerektiği sonucuna varılmıştır. Kahramanmaraş iklim koşulları dikkate alındığında Nisan-Ekim döneminde yapılacak bir üretimde soğutma gereksinimi duyulan süre 2322 saat olarak bulunmuştur. Hayvansal ve bitkisel üretimde girdi maliyetlerinin başında gelen enerji giderlerinin en aza indirilmesinin temeli; bölge iklimine uygun ve evaporatif soğutma ihtiyacı en düşük olan Kümes-3'ün veya Kümes-5'in tercih edilmesine dayanmaktadır.

Yürütülen çalışmanın sonuçları dikkate alındığında etlik piliç üretiminin yoğun olarak yapıldığı bölgelerde kritik ayların ve bu aylarda ihtiyaç duyulan soğutma gereksinimlerinin belirlenmesi üreticilerin hedefledikleri amaçlara ulaşmada yol gösterecektir.

*Bu çalışma "Kahramanmaraş İklim Koşullarında Etlik Piliç Kümeslerinde Evaporatif Soğutma Gereksiniminin Belirlenmesi" isimli tezden üretilmiştir.*

## **KAYNAKLAR**

1. Boyacı S. Etlik Piliç Kümeslerinde, Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerinin Derece Gün Yöntemiyle Belirlenmesi: Kırşehir İli Örneği. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi; 2018; 7(1): 75-82.
2. Maton A, Daelemans J, Lambrecht J. "Housing of Animals" Elsevier Science Publishing Company Inc., Newyork, USA; 1985. 458s.
3. Türkoğlu M, Arda M, Yetişir R, Sarıca M, Erensayın C, "Tavukçuluk Bilimi" Otak Form Ofset, Samsun; 1997. 336s.
4. Atılğan A, Mutlu A. Adana'daki etlik piliç kümeslerinde yazın oluşan sorunlar ve alınması gereken önlemler. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi;2000; 15 (3):87-94.
5. Atılğan A, Yucel A, Oz H. Determination of heating and cooling day data for broiler housing: Isparta case. Journal of Food, Agriculture & Environment;2012; 10(3&4): 353-356.
6. Çaylı A. Kümeslerin Su Gereksiniminin Yağmur Suyu Hasadından Karşılınması Üzerine Bir Araştırma: Kahramanmaraş Örneği. KSÜ Tarım ve Doğa Derg; 2021; 24(5): 1048-1058. DOI: 10.18016/ksutarimdog. vi. 838619.
7. Balaban A, Şen E. Tarımsal Yapılar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları;1988. Yayın No:1083, Ankara.
8. Alagöz AT, Gülbahar A, Kırnak H. Adana İli İlçe ve Köylerinde Etlik Piliç (Broiler) Kümeslerinin Yapısal Yönden Mevcut Özellikleri ile Gelişme Durumlarının Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi; 1994; 9(3): 77-88.
9. Xin H, Berry IL, Tabler GT, Barton TL. Temperature and Humidity Profiles of Broiler Houses with Experimental Conventional and Tunnel Ventilation Systems. Transaction of the ASAE;1994; 10(4):535-542.
10. Işık E, Alibaş K, Ünal H, Tunçkal C. Hayvan Barnaklarında Kullanılan Aksiyal Ventilatorlerin Karakteristik Değerlerinin Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 2000; 14-73-83.
11. Uğurlu N, Kara M. Islak Ped Sistemiyle Serinletmenin Performans Verileri ve Kafes Sistem Kümes İç Sıcaklığının Düşürülmesine Etkisi. Türk J Agric For; 2000; 24:79-86.
12. Boyacı S. K.S.Ü Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Etlik Piliç Kümesinde Çevre Koşullarının Denetimi ve Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 2005; 57s.
13. Akyüz A, Boyacı S. Determination Of Heat And Moisture Balance For Broiler House. Journal Of Animal And Veterinary Advances; 2010; 9(14): 1899-1901.
14. Dağtekin M, Yıldız Y. Çukurova Bölgesi Etlik Piliç Kümeslerinde Sıcaklık Probleminin Çözümü ve Bu Konuda Yapılan Bazı Çalışmalar. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,1995; 10(2): 135-150.
15. Dağtekin Y, Yıldız Y. Alternative Cooling Systems On Broiler Houses İn Turkey Conditions. Livestock Environment, vol:1 Proceedings of the Fifth İnternational Symposium. Bloomington, Minnesota. 1997.
16. Anonim. Ross Broiler Bakım Talimatı. Emek Tavukçuluk Sanayi ve Ticaret Koll. Şti. Bandırma; 1989.
17. Albright LD. Enviroment Control for Animal and Plants. Agricultural and Biological Engineering. Cornel University. U.S.A.;1990.
18. Yağanoğlu AV. Hayvan Çevre Koşullarının Düzenlenmesi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi;1986; 17(1-4): 35s.
19. MMO. Klima Tesisatı Yayını, 2009
20. Boyacı S, Filik G, Filik AG. Yumurtacı bıldırcın kümesinde derece gün yöntemi ile ısıtma ve soğutma derece gün değerlerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı; 2018; 43-52.
21. Boyacı, S. Fan-Ped Serinletme Sisteminin Duyulur ve Gizli Isı Transferine Etkisi ve Sistem Etkinliğinin Belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi; 2019; 6(1): 64-70.
22. Akyuz A. Effects of Some Climates Parameters of Environmentally Uncontrollable Broiler Houses on Broiler Performance. Journal of Animal and Veterinary Advances; 2009; 8(12): 2608-2612.

## BÖLÜM 8

# SU, ENERJİ VE FİNANSAL PERFORMANSIN DEĞERLENDİRİLMESİ: GÜZELYURT SULAMA ŞEBEKESİ ÖRNEĞİ

Hasan DEĞİRMENCI<sup>1</sup>  
Fırat ARSLAN<sup>2</sup>  
Musa POLAT<sup>3</sup>

### GİRİŞ

Tarımsal su yönetimi, küresel gıda güvenliğini ve sürdürülebilir tarımı sağlama konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Dünya nüfusu sürekli olarak artarken, gıda üretimine olan talep olağanüstü bir hızla artmaktadır (1). Su, sınırlı ve vazgeçilmez bir kaynak olarak bu zorluğun merkezindedir. Etkili tarımsal su yönetimi, su kaynaklarının akıllıca tahsis edilmesi ve kullanılmasıyla tarım verimini optimize etmeyi ve olumsuz çevresel etkileri en aza indirmeyi içerir (2). Etkin ve verimli sulama sistemlerinin, ürün seçiminin ve su tasarrufu teknolojilerinin uygulanması sayesinde çiftçiler su israfını azaltabilir ve tarım arazilerinin genel verimliliğini artırabilir. Ayrıca, doğru su yönetimi uygulamaları, artan bir şekilde görülen uzun süreli kuraklık ve düzensiz yağış desenleri gibi iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletebilir. Bu bağlamda, tarımsal su yönetimi alanındaki araştırma ve politika geliştirme çalışmaları önemli bir hale gelmiştir. Bu durum küresel gıda güvenliğini sağlama (3) ve gezegenimizin hayati su kaynaklarını koruma açısından kritik bir öneme sahiptir.

<sup>1</sup> Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, ORCID iD:0000-0002-6157-816X

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Alanya Alaadin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, ORCID iD:0000-0002-7168-226X

<sup>3</sup> Mühendis Devlet Su İşleri, 15. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa

Gıda güvenliği sorunlarını ele almanın yanı sıra tarımsal su yönetimi, çevresel sürdürülebilirliğin anahtarıdır. Tarımda su kaynaklarının yanlış yönetimi, toprak erozyonuna, su kirliliğine ve yeraltı su kaynaklarının tükenmesine yol açmaktadır. Bununla birlikte, sürdürülebilir su yönetimi uygulamaları, doğal ekosistemleri korumaya yardımcı olur ve tarımın uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlayarak biyolojik çeşitliliği korur. Bu alandaki araştırma, hem gıda üretimini teşvik eden hem de su kaynaklarının korunmasını sağlayan stratejiler geliştirmek için gereklidir. Su kaynaklarının her geçen gün kirlenmesi ve yağış rejiminin yıllar içinde değişim göstermesi, sadece ürün veriminin azalması değil aynı zamanda ekolojik dayanıklılığı, ekonomik istikrarı ve insan refahını kapsayan küresel bir sorun olduğunu da göstermektedir.

Tarımsal üretimi artırma konusundaki en öncelikli sorunlardan biri sulama altyapısının iyileştirilmesidir. Geliştirilmiş sulama şebekelerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi, sulama başarısını göstermede en etkili yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Su ve toprak kaynakları projelerinin çevresel ve sosyo-ekonomik etkileriyle ilişkilendirilen maliyetler nedeniyle, sulama projelerinin performansının uygun göstergelerle değerlendirilmesi bir gereklilik haline gelmiştir (4,5)

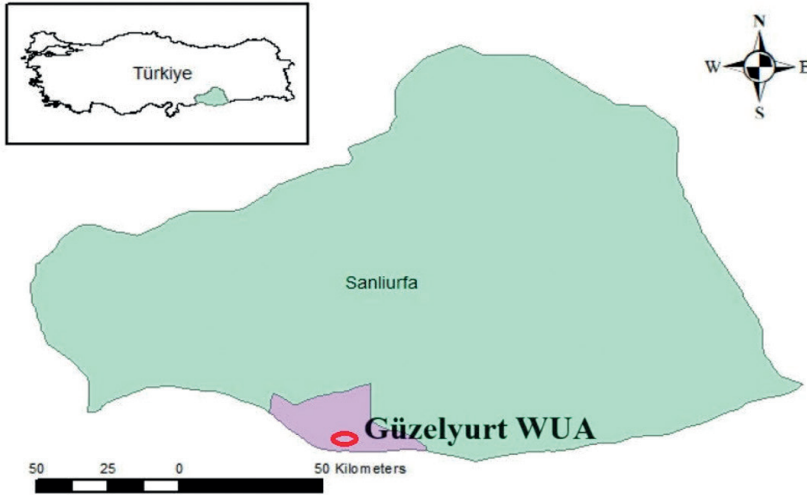
Küresel gıda talebinin artması ile su kullanımı artmaktadır. Su kullanımı için gerekli olan enerji modern sulama yöntemlerinin kullanılması nedeniyle artmaktadır. Son yıllarda enerji maliyetlerinin dramatik bir şekilde artması, sulama yönetimi ve çiftçiler için farklı stratejilerin geliştirilmesine yol açmıştır. Hem sulama yöneticileri hem de çiftçiler için suyun etkin ve verimli kullanımı konusu önem kazanmıştır. Sulama performansının değerlendirmesi, sulama hizmetlerinin etkili işletilmesi ve bakımında önemli bir rol oynamaktadır. Dünya genelinde ve ülkemizde sulama performansı değerlendirmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır (6,7).

Araştırmacılar (8), göstergelerle su ve toprak kullanımının ekonomik değerlendirmesini yapmıştır. (9), sulama alanında birim alan ve sulama için gerekli enerji maliyetini dikkate alarak enerji verimliliği konusunda karşılaştırmalı bir analiz yapmıştır (10), birim alan başına kullanılan su miktarını dikkate alarak Kayalık Sulama Birliğinde 2012-2017 yılları verileri ile sulama sistemi performansının karşılaştırmalı analizi yapılmıştır (6), İtalya, İspanya ve Türkiye'de faaliyet gösteren 42 sulama birliğinde birim alan başına personel sayısı, yıllık işletme, bakım ve yönetim maliyeti göstergelerini değerlendirmiştir. (11), 2006-2008 yıllarına ait verilerle yapılan bir çalışmada, yağmurlama sulama sistemine sahip sulama birliklerinde enerji maliyetlerinin toplam işletme, bakım ve yönetim maliyetlerinin %70'ini oluşturduğu ve bu oranın damla sulama sistemine sahip su kullanıcı birliklerinde %45 olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Atatürk Barajı sorumluluk alanında yer alan Şanlıurfa ilinin Bozova ilçesinde Devlet Su İşleri tarafından inşa edilen, GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) bölgesi içinde bulunan Güzelyurt Sulama Birliği'nin 2021-2022 yılları verileri 13 sulama performans göstergesi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## **MATERYAL VE METOT**

Şanlıurfa ili Bozova ilçesi sınırları içinde bulunan ve Devlet Su İşleri tarafından inşa edilen Atatürk Barajı sorumluluk alanında yer alan Güzelyurt Sulama Birliği su, enerji ve finansal verileri materyal olarak seçilmiştir. Çalışma alanının konumu Şekil 1'de verilmiştir. Toplam sulama alanı 12.245 hektardır. Bu çalışmada Güzelyurt Sulama Birliğine ait 2021-2022 yılları verileri kullanılmıştır. Sulama alanının bulunduğu bölge karasal bir iklime sahiptir. Son beş yılda sulama alanında yetiştirilen başlıca ürünler pamuk, hububat ve mısırdır. Sulama şebeke alanında %100'e yakın basınçlı sulama yöntemleri (yağmurlama ve damla sulama yöntemi) kullanılmaktadır.



**Şekil 1.** Güzelyurt Sulama Şebekesi (WUA)

Çalışmada, sulama performansını değerlendirmek için FAO tarafından geliştirilen ve Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) tarafından önerilen Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te verilen sulama performans göstergeleri kullanılmıştır. Sulama performans göstergelerinin sonuçları, Türk Lirası cinsinden karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. (12) ile (11) tarafından önerilen bu göstergeler, sulama şebeke performansını objektif bir şekilde değerlendirmek için kullanılmıştır.

**Tablo 1. Enerji Kullanım Etkinliği**

Göstergeler	Birim	Tanım
Sulanan Alanın Enerji Maliyeti	(TL ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Ödenen Enerji Bedeli}}{\text{Sulanan Alan}} \times 100$
Şebekeye Alınan Suyun Enerji Maliyeti	(TL m <sup>-3</sup> )	$\frac{\text{Ödenen Enerji Bedeli}}{\text{Şebekeye Alınan Su}} \times 100$
Harcanan Enerji Bedelinin Gerçekleşen Gidere Oranı	(%)	$\frac{\text{Ödenen Enerji Bedeli}}{\text{Gerçekleşen Toplam Gider}} \times 100$

**Tablo 2. Finansal Etkinlik**

Göstergeler	Birim	Tanım
Gerçekleşen Bakım Onarım Giderinin Gerçekleşen Gelire Oranı	(%)	$\frac{\text{Gerçekleşen Bakım Onarım Gideri}}{\text{Gerçekleşen Toplam Gelir}} \times 100$
Gerçekleşen Bakım Onarım Giderinin Planlanan Bakım Onarım Ödeneğine Oranı	(%)	$\frac{\text{Gerçekleşen Bakım Onarım Gideri}}{\text{Planlanan Bakım Onarım Gideri}} \times 100$
Masrafları Karşılama Oranı	(%)	$\frac{\text{Yılı Tahsil Edilen Sulama Ücreti}}{\text{Gerçekleşen Toplam Gider}} \times 100$
Sulama Suyu Miktarına Karşılık Harcanan Bakım Masrafı	(TL m <sup>-3</sup> )	$\frac{\text{Gerçekleşen Bakım Onarım Gideri}}{\text{Şebekeye Alınan Su}}$
Sulanan Alana Harcanan Bakım Masrafı	(TL ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Gerçekleşen Bakım Onarım Gideri}}{\text{Sulanan Alan}}$
Sulama Alanına Harcanan Bakım Masrafı	(TL ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Gerçekleşen Bakım Onarım Gideri}}{\text{Sulama Alanı}}$
Finansal Yeterlilik	(%)	$\frac{\text{Tahsilat Geliri}}{\text{Tahakkuk Geliri}} \times 100$

**Tablo 3. Su kullanım Etkinliği**

Göstergeler	Birim	Tanım
Sulama Oranı	(%)	$\frac{\text{Sulanan Alan}}{\text{Sulama Alanı}} \times 100$
Sulama Alanına İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Şebekeye Alınan Su}}{\text{Sulama Alanı}}$
Sulanan Alana İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	$\frac{\text{Şebekeye Alınan Su}}{\text{Sulanan Alan}}$



## BULGULAR VE TARTIŞMA

Güzelyurt sulama şebekesinin 2021-2022 yıllarında hesaplanan enerji, finansal ve su kullanım etkinliği performans göstere değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Göstergeler	Yıllar	
	2021	2022
Sulanan Alanın Enerji Maliyeti (TL ha <sup>-1</sup> )	2671	5470
Şebekeye Alınan Suyun Enerji Maliyeti (TL m <sup>-3</sup> )	0.09	0.25
Harcanan Enerji Bedelinin Gerçekleşen Gidere Oranı (%)	61	81
Gerçekleşen Bakım Onarım Giderinin Gerçekleşen Gelire Oranı (%)	8	4
Gerçekleşen Bakım Onarım Giderinin Planlanan Bakım Onarım Ödeneğine Oranı (%)	60	11
Masrafları Karşılama Oranı (%)	32	25
Sulama Suyu Miktarına Karşılık Harcanan Bakım Masrafı (TL m <sup>-3</sup> )	0.01	0.01
Sulanan Alana Harcanan Bakım Masrafı (TL ha <sup>-1</sup> )	300.3	141.3
Sulama Alana Harcanan Bakım Masrafı (TL ha <sup>-1</sup> )	184.9	114.6
Finansal Yeterlilik (%)	40	25
Sulama Oranı (%)	62	81
Sulama Alanına İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	18.806	17.594
Sulanan Alana İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	30.541	21.694

### Sulanan Alanın Enerji Maliyeti

Bu gösterge, yıllık toplam enerji maliyetinin sulanan alana oranı olarak hesaplanmıştır. 2021-2022 yılları için bu değer ortalama olarak 3.293,72 TL ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Yozgat Esenli sulama birliği için bu gösterge değerini ortalama olarak 259 € ha<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (13). Asi havzasında sulanan alana düşen enerji masrafları 2013-2017 yılları arasında 0-394,94 \$ ha<sup>-1</sup> aralığında değişmiş ve ortalama 71.65 \$ (192 TL) ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır (14).

### **Şebekeye Alınan Suyun Enerji Maliyeti**

Bu değer, sulama alanına sağlanan her bir sulama su birimi için karşılanan enerji maliyetinin parasal karşılığını temsil eder. Çalışma yılları olan 2021-2022 için, bu değer ortalama olarak  $0.15 \text{ TL m}^{-3}$  olarak hesaplanmıştır. Yozgat Esenli sulama birliği için bu değer  $0.01-0.05 \text{ € m}^{-3}$  aralığında bulunmuştur (13). İspanya'nın Fuente Palmera sulama bölgesinde aylık verilerle yapılan çalışmada ortalama şebekeye alınan suyun birim enerji maliyeti  $0.05 \text{ € m}^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Yıl içinde enerji maliyetinde önemli bir değişiklik olduğunu tespit etmişlerdir (15).

### **Harcanan Enerji Bedelinin Gerçekleşen Gidere Oranı**

Bu performans değeri, 2021-2022 yılları için ortalama olarak %51 olarak gerçekleşmiştir. Vanino ve ark., Yunanistan ve İtalya'da üç farklı çalışma bölgesinde gerçekleştirdikleri "Su Kullanıcı Birlikleri Tarafından Sulama Metodolojisi" adlı çalışmalarında, yüzey suyu kullanımındaki enerji maliyetinin toplam maliyetin %15'ini oluşturduğunu, yeraltı suyu kullanımında ise %60 ila %90 arasında değiştiğini hesaplamışlardır (16). Yapılan bir çalışmada bu değeri ortalama olarak %64 olarak bulmuşlardır (13).

### **Gerçekleşen Bakım Onarım Giderinin Gerçekleşen Gelire Oranı**

Gerçekleşen bakım onarım giderinin gerçekleşen gelire oranı göstergesi sulama sisteminin sürdürülebilirliği yönünden oldukça önemlidir. Bu gösterge değeri, gerçek bakım ve onarım giderlerinin toplam gerçek gelire oranı olarak hesaplanmıştır. Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmeliğin Madde 7 (17) a bendine göre " Sulama Birlikleri bütçe uygulamalarında; yıllık bütçenin, tahsil edilecek su kullanım hizmet bedeli tutarının, tamamı cazibeli sulama tesislerinde en az %30'unu, tamamı pompajlı sulama tesislerinde en az %15'ini bakım ve onarım payı olarak ayırır, tesisin bir bölümünün cazibeli bir bölümünün pompajlı olması durumunda ise, bakım ve onarım payı cazibeli ve pompajlı sulama alanı nispetinde %15 ila %30'u arasında belirlenir. Bakım ve onarım payı, başka bir gider için kullanılamaz. Yılı içinde kullanılmayan bu paylar aynı amaçla kullanılmak üzere bir sonraki yıla devredilir". Araştırma alanı için bu değer ortalama olarak %6 olarak hesaplanmıştır. Sulama şebekesi pompaj sulaması olduğu için yönetmeliğin çok altında bakım onarım payı ayrıldığı görülmektedir. Yapılan bir çalışmada gerçekleşen bakım onarım giderinin gerçekleşen gelire oranı 2016 yılında Yahyasaray sulama şebekesinde %2.4, en yüksek Köseli sulama şebekesinde %16.6 olarak hesaplanmıştır. 2017 yılında en yüksek %29.2 ile Köseli'de, en düşük ise %0.4 ile Sekili'de gerçekleşmiştir (17).

## **Gerçekleşen Bakım Onarım Giderinin Planlanan Bakım Onarım Ödeneğine Oranı**

Bu değer, 2021-2022 çalışma yılları için ortalama olarak %35 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bir başka çalışmada ise planlanan bakım ve onarımın gerçekleşme oranının en yüksek %77.7'den en düşük %1.3'e kadar değiştiğini belirlemişlerdir (17). Bu sonuçlara göre sulama şebeke yönetimlerinin ayrılan bakım ödeneklerini tam olarak kullanmadıkları, bakım çalışmalarını erteledikleri ya da diğer çalışmalara (taşıt alımı ve personel giderleri gibi) aktardıkları anlaşılmaktadır. Çiftçilerin sulama şebekelerinden duydukları memnuniyet düzeyini etkileyen en önemli faktörlerden birisinin planlanan faaliyetlerin gerçekleştirilmesi olduğunu belirlemişlerdir (18).

## **Masrafları Karşılama Oranı**

Bu performans gösterge değeri, 2021 yılında %32, 2022 yılında ise %25 olarak gerçekleşmiştir. 2021-2022 yılları için ortalama olarak %28 olarak hesaplanmıştır. Araştırma alanı sulama tesisinin gelirlerinin 2021-2022 yıllarında giderleri karşılamak için yetersiz olduğu gözlemlenmektedir. Araştırmacılar Karataş Sulama Birliği'nde bu oranın %119 ile %40 arasında olduğunu bulmuştur (19). Başka bir çalışmada ise Asartepe sulama şebekesinde 2001-2004 yıllarına ilişkin olarak bu değeri %52-170 arasında belirlemişlerdir (20).

## **Sulama Suyu Miktarına Karşılık Harcanan Bakım Masrafı**

Bu performans gösterge değeri, gerçekleşen bakım ve onarım giderlerinin sulama suyuna oranı olarak hesaplanmıştır. Araştırma alanında 2021 ve 2022 yıllarında 0.01 TL m<sup>-3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Araştırmacılar Yozgat Esenli Sulama Birliği için bu değeri ortalama olarak 0.05 € m<sup>-3</sup> olarak bulmuşlar ve 2007-2008 yıllarında ise 0.03 ila 0 € m<sup>-3</sup> arasında değişmiştir (13).

## **Sulanan Alana Harcanan Bakım Masrafı**

Bu performans değeri, gerçekleşen bakım ve onarım giderlerinin sulanan alana oranı olarak hesaplanmıştır. 2021 yılında 300.3 TL ha<sup>-1</sup>, 2022 yılında ise 141.3 TL ha<sup>-1</sup> hesaplanmıştır. 2021 yılında bir sonraki yıla göre yaklaşık iki kat daha fazla bakım onarımına harcama yapılmıştır. Bu durum yıllar içerisinde çok düzenli bir bakım onarım yapılmadığını göstermektedir.

## **Sulama Alanına Harcanan Bakım Masrafı**

Bu performans değeri, gerçekleşen bakım ve onarım giderlerinin sulama alanına oranı olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında 2021 yılında 184.9 TL ha<sup>-1</sup>, 2022 yılında ise 114.6 TL ha<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir. 2021-2022 çalışma yılları için ortalama olarak 149.76 TL ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Yozgat Esenli Sulama Birliği için gerçekleştirdikleri değerlendirme çalışmasında bu değeri ortalama olarak 21.6 € ha<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir (13).

## **Finansal Yeterlilik**

Bu performans göstergesi tahsilat toplamının tahakkuka oranı olarak hesaplanmıştır. 2021 yılında finansal yeterlilik %40 iken 2022 yılında %25 olarak gerçekleşmiştir. Finansal yeterlilik ortalama %32 olarak hesaplanmıştır. Yürütülen bir çalışmada, finansal yeterlilik oranı ortalama %93.7 bulunmuştur (21). Kırıkhan sulama birliğinde 2011 yılında %92.08 ile en yüksek, 2008 yılında ise %34.42 ile en düşük bulunmuştur (22). Literatür incelemesi sonucunda, çalışma alanı olan Güzelyurt Sulama Birliği'nin finansal yeterlilik oranı oldukça düşük olduğu görülmektedir.

## **Sulama oranı**

Bu değer, sulanan alanın sulama alanına oranı olarak hesaplanmıştır. 2021-2022 yılları için yapılan değerlendirmede, ortalama sulama oranı %71 olarak hesaplanmıştır. Sulama oranının %30'dan düşük olması zayıf, %30-40 arasında olması kabul edilebilir % 40-50 arasında olması memnun edici ve %50'den fazla olması iyi olarak değerlendirilmektedir (23). Bursa ili sulama birliklerinde en düşük sulama oranı %27 ile Uluabat S.B'de, en yüksek sulama oranı %81 ile Karacabey S.B'de elde edilmiş olup tüm birliklerin ortalama değeri %57 olarak belirlenmiştir (24). Başka bir çalışmada ise 2006'dan 2016'ya kadar olan 185 sulama şebekesinden 11 yıllık veri kullanarak bu değeri ortalama olarak %50 ile %76 arasında hesaplamıştır (25).

## **Sulama Alanına İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı**

Bu sulama performans göstergesi, şebekeye yıllık olarak iletilen suyun sulama alanına oranı olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında 2021 yılında  $18.806 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , 2022 yılında ise  $17.594 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak gerçekleşmiştir. 2021-2022 için bu değer ortalama olarak  $18.200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Yapılan bir çalışmada 2016-2020 yılları için bu değer ortalama  $3.714 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (26). Literatür çalışmalarına göre çalışma alanında yüksek bir değer ortaya çıkmıştır.

## **Sulanan Alana İletilen Yıllık Sulama Suyu Miktarı**

Bu gösterge değeri, şebekeye sağlanan suyun sulanan alana oranı olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında 2021 yılında  $30.541 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , 2022 yılında ise  $21.694 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak gerçekleşmiştir. 2021-2022 için bu değer ortalama  $26.117 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Yapılan bir çalışmada, bu değeri en yüksek  $4.219 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 'den en düşük  $3.323 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 'ye kadar değişen bir aralıkta hesaplamışlardır (27). Acıpayam sulama şebekesinde birim sulanan alana dağıtılan su miktarı ise  $4.747$  ile  $9.793 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (ortalama:  $7020 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) arasında değişmiştir (28). Çalışma alanında birim sulama alanında çok fazla sulama suyu kullanıldığı görülmektedir.

Su, enerji ve finansal performans göstergeleri arasındaki ilişki, su kullanıcı birliklerinin etkinliğini artırmak ve sürdürülebilir su kaynakları yönetimini sağlamak için kritik bir öneme sahiptir (29). Su kaynağı olarak su, özellikle su temini, arıtma ve dağıtım bağlamında enerji tüketimi ile yakından ilişkilidir. Bu süreçlerde enerji kullanımını izleyerek ve optimize ederek, su kullanıcı birlikleri sadece işletme maliyetlerini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda su yönetimi ile ilişkilendirilen karbon ayak izini minimize ederek çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilirler. Ayrıca, finansal performans göstergeleri, su kullanıcı birliklerinin ekonomik sürdürülebilirliğini değerlendirmek için vazgeçilmez araçlardır. Gelir oluşturma, maliyet yönetimi ve bütçe tahsisini inceleyerek, bu göstergeler birliğin mali sağlığı hakkında değerli görüşler sunmaktadır. Şeffaf finansal raporlama ve etkili finansal yönetim uygulamaları kurarak, su kullanıcı birlikleri yalnızca verimli bir şekilde işlem yapma yeteneklerini artırmakla kalmaz, aynı zamanda paydaşlara güven aşılayarak girişimlerine daha fazla yatırım ve destek sağlayabilirler.

Bu unsurları, su kullanıcı birliklerinin performansını artırmaya yönelik genel stratejiye entegre etmek esastır. Su kullanıcı birliklerinin su kaynaklarını yönetme konusunda önemli bir rol oynadığını kabul etmek önemlidir, bu da onları sürdürülebilir su kullanımını başarmada hayati kılar. Su, enerji ve finansal performans ölçütlerinin entegrasyonunu teşvik ederek, bu birlikler sorumluluk ve yenilik ortamı oluşturabilirler. Bu yaklaşım, enerji verimli teknolojilerin ve uygulamaların benimsenmesini teşvik eder, su kayıplarını azaltır ve finansal sürdürülebilirliği teşvik eder. Ayrıca, su kullanıcı birliklerinin iklim koşullarının değişmesine ve su taleplerinin evrilmesine uyum sağlamalarına yardımcı olur. Sonuç olarak, su kullanıcı birliklerinin bu üç boyutu su, enerji ve finansal performans dengeleme başarısı, su kaynaklarının uzun vadeli dirençliliğine ve hizmet verdikleri toplulukların güvenliğine önemli ölçüde katkı sağlayabilir.

## **SONUÇ**

Çalışma alanında, «Sulama Enerji Kullanımında Verimlilik» göstergesi setine bakıldığında, birim alan başına enerji tüketiminde, toplam harcamalar içindeki enerji maliyetinde ve sulama şebekesine sağlanan birim sulama suyuna karşılık gelen enerji maliyetinde önemli bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun temel nedeni, tarımsal enerji tarifelerinde ciddi bir artış olmasıdır. Bu bağlamda, özellikle çalışma alanının yüksek güneş ışığına maruz kaldığı göz önüne alındığında, enerji talebini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayarak enerji maliyetlerini azaltmanın gerekliliği düşünülmektedir ve güneş enerjisi kullanımına uygun bir bölge olduğunu göstermektedir. Ayrıca, enerji maliyetlerini etkileyen en önemli faktörlerden biri su tüketimidir. Su tüketimini minimize etmek için hacim tabanlı ultrasonik ölçüm sistemlerine geçiş yapmak gereklidir.

İşletme ve bakım faaliyetlerinden sorumlu su kullanıcı birlikleri, sulama tesisinin sürdürülebilirliğini sağlamak için sulama ücret tarifelerini önemli ölçüde artırmıştır. Ancak bu, su kullanıcılarından işletme ve bakım sulama ücreti borçlarını zamanında veya tam olarak tahsil edememe sorununa yol açmıştır.

Gerçek bakım ve onarım giderlerinin toplam gelire oranı, çalışma yılları 2021-2022 için ortalama %6 olarak belirlenmiştir ve su kullanıcı birlikleri yönetmeliği tarafından belirlenen en az %15'lik yasal gerekliliği karşılayamamaktadır.

Su kullanıcı birliğinin daha sürdürülebilir bir iş modeline sahip olabilmesi için en kritik faktör, birliğin gelirinin giderlerini karşılaması gerektiğidir. Çalışma alanı için gider karşılama oranı ortalama olarak %28'dir, bu da birliğin giderlerini karşılayamadığını göstermektedir. Çalışma alanındaki çok düşük gelir-gider oranının ana nedenlerinden biri, önceki yıllardan devreden biriken enerji maliyet borçlarıdır. Bütçeyi dengelemek için işletme ve bakım sulama ücretleri yüksek belirlenir. Ancak bu da yetersiz gelir toplamaya yol açar. Ayrıca, gelir toplamayı artırmak için önlemler alınmalıdır. Biriken sulama ücreti borçları için, vadesi geldiğinde çiftçilerin ödeme alışkanlıkları geliştirmelerini teşvik etmek için gerekli yasal prosedürlerin uygulanması önemlidir.

Çalışma alanında uygulanan sulama ücret tarifesi hacim tabanlı değil, dönüm başına dayalıdır ve bu da çiftçilerin kontrolsüz su tüketimine yol açmaktadır. Sulama suyu ücreti TL/saat ve/veya TL/dekar bazında belirlenmektedir. Bu durum aşırı su kullanımına neden olmaktadır. Ücretlendirmenin TL/m<sup>3</sup> esasına göre yapılması hem su kullanım etkinliğini artırır hem de olası sorunların önlenmesi açısından önemlidir (22). Bu bağlamda, çiftçilere daha verimli ve etkili su kullanımını konusunda eğitim ve farkındalık kampanyaları düzenlemenin esas olduğu düşünülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

1. Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B. B., ... & Magliano, D. J. (2022). IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes research and clinical practice*, 183, 109119.
2. Sultonov, A. O. (2020). Problems of optimal use of water resources for crop irrigation. *Journal of Central Asian Social Studies*, 1(01), 26-33.
3. Asibi, A. E., Chai, Q., & Coulter, J. A. (2019). Rice blast: A disease with implications for global food security. *Agronomy*, 9(8), 451.
4. Fernández-Pacheco, D. G., Ferrández-Villena, M., Molina-Martínez, J. M., & Ruiz-Canales, A. (2015). Performance indicators to assess the implementation of automation in water user associations: A case study in southeast Spain. *Agricultural Water Management*, 151, 87-92.
5. Hake, K. S., Kadam, U. S., Patil, S. T., & Jadhav, P. I. H. (2022). The performance evaluation of water users association: A case study of Shree Datta water user association Mirewadi.
6. Arslan, F., Córcoles Tendero, J. I., Rodríguez Díaz, J. A., & Zema, D. A. (2023). Comparison of irrigation management in water user associations of Italy, Spain and Turkey using benchmarking techniques. *Water Resources Management*, 37(1), 55-74.
7. Değirmenci, H., & Kartal, S. (2019). Akdeniz bölgesinde bulunan sulama şebekelerinin kalite indeksi ile değerlendirilmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 269-277.
8. Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., Fraiture, C.D., Kloezen, W.H. 1998. Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems. IWMI, Research Report 20, Colombo, 26 p.

9. Tarjuelo, J. M., Rodriguez-Diaz, J. A., Abadía, R., Camacho, E., Rocamora, C., & Moreno, M. A. (2015). Efficient water and energy use in irrigation modernization: Lessons from Spanish case studies. *Agricultural Water Management*, 162, 67-77.
10. Aydın, M., Yıldırım, M. U., Fayrap, A., & Özdal, H. (2021). Evaluation of the use of prepaid water meter on some irrigation management performance indicators: A case study. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 5(4), 701-708.
11. Corcoles, J. I., De Juan, J. A., Ortega, J. F., Tarjuelo, J. M., & Moreno, M. A. (2010). Management evaluation of Water Users Associations using benchmarking techniques. *Agricultural Water Management*, 98(1), 1-11.
12. Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. A., & Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural water management*, 97(4), 528-535.
13. Kartal, S., Değirmenci, H., Arslan, F., Gizlenci İ. (2023). Evaluation of some Water, Energy and Financial Indicators: A Case Study of Esenli Water User Association in Yozgat, Türkiye. *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)*, 29(2):643-654.
14. Çiftçi Ş, Değirmenci H 2022. Sulama Performans Göstergeleri ve TOPSIS Yöntemi ile Asi Havzası Sulama Birliklerinin Analizi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 25 (1): 169-180.
15. Carrillo-Cobo MT, Rodriguez-Diaz, J A & Camacho-Poyato E (2010). The role of energy audits in irrigated areas. The case of 'Fuente Palmera' irrigation district (Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(S2): S152-S161. doi.org/10.5424/sjar/201008S2-1358.
16. Vanino, S., Capone, S., Nino, P., Fabiani, S., Barouchas, P., & Maretas, D. Irrigation management by water users associations: case studies in the regions of Apulia, Epirus and Western Greece.
17. Kartal, S., Arslan, F., & Değirmenci, H. (2020). Sulama Şebekelerinde Bakım Performansının Değerlendirilmesi: Yozgat İli Örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1), 36-45.
18. Uysal, Ö.K., Atış, E., 2010. Assessing the performance of participatory irrigation management over time: A case study from Turkey. *Agriculture Water Management*, 97: 1017-1025.
19. Abdismad, Q. A. (2021). Karataş Sulama Birliği Performansının Değerlendirilmesi. *Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.*
20. Çakmak, B., Polat, H.E., Kendirli, B., Gökalp, Z., 2009. Asartepe sulama birliğinde sulama performansının belirlenmesi: Türkiye'den bir çalışma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (1): 1-8.
21. Sesveren, S., & Karakaya, F. G. (2019). Kartalkaya sol sahil sulama birliği bazı performans göstergeleri, sulama problemleri ve çözüm önerileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(1), 76-84.
22. Gençoğlu M., Değirmenci H. 2019. Sulama Performansının Değerlendirilmesi: Kırıkhan Sulama Birliği Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 22(3): 436-443.
23. Sönmez Yıldız, E. ve Çakmak B. 2013. Eskişehir Beyazaltın Köyü arazi toplulaştırma alanında sulama performansının değerlendirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (1): 33-40.
24. Ersöz, T. ve Çamoğlu, G. 2020. Bursa İlindeki Sulama Birliklerinin Performans Göstergelerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 34(2), s. 267-285.
25. Kartal, S., 2018. Sulama Şebeke Performanslarının Çok Değişkenli Bazı İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Doktora Tezi.*
26. Ateşal, K. (2022). Akıncı Ovası Sulama Birliğinin Sulama Performansının Değerlendirilmesi. *Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.*
27. Jiménez-Bello, M. Á., Alzamora, F. M., Castel, J. R., & Intrigliolo, D. S. (2011). Validation of a methodology for grouping intakes of pressurized irrigation networks into sectors to minimize energy consumption. *Agricultural Water Management*, 102(1), 46-53.
28. Cengiz, A., Uçar, Y., 2021. Acıpayam Sulama Şebekesi Performansının Değerlendirilmesi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 3(1): 22-29, 2021.
29. Cengiz M., Uçar Y., 2018. Isparta İli Sulama Kooperatiflerinde Sulama İşletmeciliğinin Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı:501-511, 2018.



## BÖLÜM 9

### AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI

Ali ÇAYLI<sup>1</sup>

#### GİRİŞ

Bilişim teknolojilerindeki gelişmelerin tarımsal sistemlere entegre edilmesi, tarımsal üretimde büyük bir etki oluşturmuştur. Bir bilgisayar ağı olan İnternet, 90'lı yıllarda ortaya çıktığında belki de günümüzdeki kadar geniş alanda vazgeçilmez bir araç olacağı beklenmemiştir. Ancak İnternet sayesinde bilginin hızla çoğalması ve yaygınlaşması, insan zekâsının katkısıyla, adım adım yeni teknolojilerin geliştirilmesine ve kullanıma sunulmasına olanak sağlamıştır. Bu gelişmelerin son geldiği nokta olan yapay zekâ, aslında makineler ve bilgisayarlar aracılığıyla insan benzeri düşünme yeteneği geliştirmek, problemleri çözmek, öğrenmek, kararlar vermek ve dil gibi zihinsel süreçleri taklit etmek için çalışan sistemleri ifade etmektedir (1). McCarthy ve ark. (2), ise yapay zekânın, 'bir bilgisayarın bir insan gibi düşünmesi ve insan benzeri davranışlar sergilemesi' yeteneği ile ilgilendiğini ifade etmiştir. Simon (3), yapay zekâyı, 'insanların düşünme biçimini anlamak ve bu düşünme biçimini makinelerde uygulamak amacıyla tasarlanmış bir araştırma alanıdır' şeklinde tanımlamıştır. Yapay zekânın tarihsel sürecine bakıldığında 1950'li yıllardan itibaren çeşitli alanlarda kullanılmış ve geliştirilmiştir. Örneğin doğal dil işleme alanında 1950'lerden itibaren, yapay zekâ dil işleme aracı olarak önemli ilerlemeler kaydetmiştir. İlk doğal dil işleme yazılımı olan ELIZA gibi sistemler, insanlarla yazılı dilde etkileşim kurma yeteneğine sahiptir (4). Günümüzde doğal dil işleme yazılımları oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir ve metin analizi, konuşma tanıma ve çeviri gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır. Yapay zekânın bir başka kullanım alanı ise oyun ve oyun teorisi geliştirmektir. Özellikle satranç gibi strateji oyunlarındaki rakipleri yenme yeteneklerini geliştirmek için kullanılmıştır. IBM'in Deep Blue adlı satranç programı, 1997'de dünya şampiyonu Garry Kasparov'u yendiğinde

<sup>1</sup> Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, alicayli@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8332-2264

önemli bir dönüm noktası aşılmıştır (5). Ayrıca, video oyunlarında rakipler veya karakterler üzerinde yapay zekâ kullanımı da oldukça yaygındır. Ayrıca yapay zekâ, görüntülerdeki nesnelere tanıma ve sınıflandırmak için kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu alan, özellikle tıp (örneğin, radyoloji görüntülerinin analizi), otomasyon (örneğin, otonom araçlar) ve güvenlik (örneğin, yüz tanıma) gibi birçok uygulama içermektedir. (6-9)

Yapay zekânın gelişiminde makine öğrenimi ve derin öğrenme yöntemleri büyük rol oynamıştır. Bu yöntemler, algoritmaların büyük veri kümelerinden öğrenmesini ve karmaşık görevleri yerine getirmesini sağlamaktadır. Özellikle tahmin analitiği, görüntü sınıflandırma ve konuşma tanıma gibi uygulamalarda oldukça etkili sonuçlar vermektedir. Yapay zekâ, otonom araçlar (örneğin, otonom otomobiller) ve robotlar üzerinde kullanılarak bu cihazların çevrelerini algılamaları ve karmaşık görevleri yerine getirmeleri sağlamaktadır. Ayrıca sağlık ve tıp alanında hastalık teşhisi, tedavi önerileri ve hasta bakımını iyileştirmek için önemli bir araç haline gelmiştir. Özellikle radyoloji, patoloji ve ilaç geliştirme alanlarında yapay zekâ kullanımı yaygınlaşmıştır. Aynı zamanda finansal hizmetler alanında bulunan finansal piyasa analizi, risk yönetimi ve müşteri hizmetlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (10-15).

Akıllı tarım uygulamaları, hem çiftçilere hem de tüketicilere fayda sağlayan önemli bir gelişmedir ve bilgi-iletişim teknolojisinin kırsal ortamlara entegrasyonunu hızlandırmış ve tarım sektörünü daha verimli ve sürdürülebilir hale getirmiştir (16). Son yıllarda dünya çapında yaşanan aşırı hava olayları ve buna bağlı yapılan çalışmalar, küresel ısınma nedeniyle küresel iklim değişikliğinin tarımsal üretim sistemleri üzerindeki etkilerinin daha dikkatli araştırılmasını ve acil çözüm üretilmesini zorunlu hale getirmiştir (17).

Yapay zekâ ve makine öğrenimi ile geliştirilen akıllı tarım uygulamaları; tarım sektörünü olumsuz etkileyen, iklim değişikliği, su kaynaklarının kirlenmesi ve azalması, mahsul verimliliği ve kaynakların daha verimli kullanılması gibi sorunların çözümüne katkı sağlayabilir. Bu çalışmada akıllı tarımın bitkisel ve hayvansal üretimdeki uygulamaları incelenmiştir. Bu doğrultuda akıllı tarımın birer unsuru olarak karşımıza çıkan ve son yıllarda hemen hemen her alanda karşılaşılan Internet of Things (IoT), bulut bilişim, yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi yeni teknolojiler sunulmaya çalışılacaktır.

## **BULUT TABANLI IOT**

Akıllı tarım, gerçek zamanlı, uzaktan desteklenen ve çiftlik yönetimine ilişkin akıllı yöntemler geliştiren hassas tarımın bir evrimidir (18) ve tarım sektöründeki

bir dizi soruna çözümler getirebilir. Bu sorunların başında iklim değişikliği, su sıkıntısı, verimlilik artışı ile arazi ve su kaynaklarının daha verimli kullanılması gibi konular gelmektedir. İklim değişikliği göz önüne alındığında, tarım sektörü bu değişikliğin etkileri ile daha fazla karşı karşıyadır. Akıllı tarım uygulamaları, çiftçilere hava tahminleri ve iklim değişikliğinin etkileri hakkında sürekli güncel bilgi sunarak bu zorlukların üstesinden gelmelerine yardımcı olabilir (19). Örneğin iklim değişikliğinin sebep olduğu hava olaylarındaki düzensizliklerin güncel olarak izlenmesi ve toplanan verilerin analiz edilmesi ile geliştirilecek yeni iklimsel modeller, çiftçilere yerel hava tahminlerini daha büyük bir doğrulukla yapmalarını sağlayabilir. Toplanan bu bilgiler, ekim zamanlaması ve hasat planlaması gibi üretim sürecindeki kararları optimize etmelerinde çiftçilere yardımcı olabilir.

Tarım sektörü, teknolojik gelişmelerin etkisi altında hızla dönüşmekte ve akıllı tarım uygulamaları bu değişimin öncüsü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu dönüşümün temel taşları arasında IoT ve makine öğrenimi gibi yeni teknolojiler bulunmaktadır. Bu teknolojiler, tarımsal veri toplama, işleme ve karar verme süreçlerinde çiftçilere ve tarım sektörüne önemli destekler sunmaktadır.

Bu alanda yapılan çalışmalardan birisinde Muniasamy (20), akıllı tarıma yönelik tarımsal veri toplama, işleme ve karar verme hizmetlerinde IoT ve yapay zekâ tekniklerinin sağladığı destekleri ele aldığı çalışmasında akıllı tarım tekniklerinin uygulanmasına yönelik genel eğilimleri, bunun zorluklarını ve çöl bölgelerinde farklı ekim tekniklerini tartışmıştır. Ahmed ve ark. (21) ise IoT'nin, akıllı tarım ve iklim değişikliği gibi çeşitli alanlarda verimli ve güvenilir çözümler sunan önemli bir teknoloji olduğunu, birbiriyle iletişim kurabilen milyarlarca akıllı cihazın entegre edilmesi ile tarım alanlarının otomatik olarak bakımı ve izlenmesi gibi çözümler sunduğunu ve IoT, yapay zekâ ve blok zincir teknolojisinin birleşimi ile akıllı tarımı akıllı tarımın internetine dönüştürmemize olanak tanıyacak ve tedarik zinciri ağlarında daha fazla kontrol, yönetim ve güvenlik sağlanabileceğini bildirmiştir. Tao ve ark. (22) ise, iklim-ürün ilişkilerini, iklimdeki son eğilimleri ve bunun verim üzerindeki etkilerini Çin'de il ölçeğinde araştırmış, hava koşullarının izlenmesi ve hava tahminleri gibi akıllı tarım uygulamalarının çiftçilere ekim zamanlaması, sulama, gübre kullanımı ve hastalık kontrolü gibi kritik tarım kararlarını optimize etmelerine ve bu tür uygulamaların ürün verimliliğini artırarak iklim değişikliği koşullarında daha sürdürülebilir tarım uygulamaları geliştirmeye yardımcı olabileceğini bildirmiştir. Akıllı tarım uygulamalarının çiftçi kararlarının nasıl etkilediğini inceleyen bir başka çalışmada araştırmacılar, hava koşullarının izlenmesinin ve hava tahminlerinin tarımsal verimlilik üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve bir araç seti geliştirmişlerdir. Bu araç setinin araç setinin çiftçilere ekim zamanı ve sulama programlarını nasıl düzenlemeleri gerektiği konusunda yardımcı olabileceğini bildirmişlerdir (23).

Bulut bilişim ve IoT, makine öğrenimi gibi teknolojilerle birleşerek tarım sektörünün verimliliğini artırarak, iklim değişikliğiyle başa çıkmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu, tarımın gelecekte daha sürdürülebilir ve verimli hale gelmesine olanak tanımaktadır. Bu nedenle, tarım sektörünün bu teknolojik dönüşüme olan katkısı büyüyecek ve gelecekte daha da iyi anlaşılacaktır.

## **SULAMA VE SU YÖNETİMİ**

Artan nüfus ve gıda talebi, sınırlı toprak ve su kaynaklarıyla birleşince, 21. yüzyılda sulama sistemlerinin geliştirilmesi ve performansının izlenmesi kaçınılmaz hale gelmektedir (24). Su mevcudiyetinin azaldığı bir dünyada, su kullanımının tamamen optimize edilmesi, tatlı suyun ana kullanıcısı olan sulu tarım sistemlerinin yönetiminin iyileştirilmesi ve bu kıt kaynaktan mümkün olduğunca tasarruf edilmesi gerekmektedir (25). Ancak bu karmaşık sistemlerin farklı yapıda olması ve anlık değişimleri, bu kaynağın günlük yönetimini zorlaştırmaktadır. Yeni bilgi ve iletişim teknolojileri ile yapay zekâ teknikleri, bu karmaşık ve değişken sistemleri anlamaya yardımcı olmakta ve daha iyi yönetmeyi mümkün kılmaktadır (26). Su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, özellikle su sıkıntısı yaşanan bölgelerde kritik öneme sahiptir. Akıllı tarım uygulamaları, toprak nem ölçümleri ve hava tahminleri ve makine öğrenme ve yapay zekâ kullanarak sulama stratejilerini otomatik olarak optimize etmekte ve bu sayede su tasarrufu sağlanabilmektedir.

Bu alanda yapılmış çalışmalardan birisinde Simunek ve ark. (27) toprak nem sensörleri kullanarak toprak nem seviyelerini izleyecek, üç boyutlu değişken doymuş ortamlarda su, ısı ve çözünen madde hareketini simüle etmeye yönelik bir uygulama geliştirmişler ve sulama gereksinimlerini belirlemek amacıyla kullanmışlardır. Roy ve ark. (28), IoT tabanlı dinamik sulama planlama sistemi tasarlamışlardır. Bu sistem tarımsal ürünün farklı gelişme dönemleri için gerçek zamanlı, uzaktan sulama işlemi (sulama otomasyonu) sağlayabilmektedir. Aynı zamanda düşük maliyetli bir su seviye sensörü, bir alanda mevcut su miktarını ölçmek için geliştirilmiştir. Araştırmacılar, bu sistemin geleneksel sulama yöntemine göre ürün verimliliğini en fazla %10,21 oranında artırmaya yardımcı olduğunu, ağın ömrünü ise mevcut sisteme göre 2,5 kat daha fazla uzattığını bildirmişlerdir. Pardossi ve ark. (29)'da yaptıkları çalışmada sulama planlaması için bir makine öğrenme yöntemi ile uygulama modelleri geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modellerden birisi, ertesi gün toprak profilindeki toplam su miktarı diğeri ise bir sezondaki çevre koşullarına göre verimi tahmin etmek ve ardından net getiriyi ölçmek için kullanılmıştır. Tahminleri, yapay sinir ağı, uzun kısa süreli bellek ve evrişimli sinir ağı ile yapmışlardır. Geliştirdikleri model verimde %11 artış ve su

tüketiminde %20-30 tasarruf sağlamıştır. Perea (26), çalışmasında, yöneticilere yönelik bir hafta sonrası için saha ölçüğünde su talebi tahminine dayalı yeni bir araç geliştirmişlerdir. Bu araç, yapay zekâ tekniklerini, uydu ile uzaktan algılamayı ve açık kaynaklı iklim verilerini birleştirerek bir hafta önceden çiftlik ölçüğünde otomatik olarak su tahmin modeli oluşturmakta ve bu modelin uygulanması ile %17 ila %19 arasında değişen doğrulukta ve %80'den yüksek temsil edilebilirliğe sahip bir dizi optimum model elde etmişlerdir. Sulama suyu kontrolüne yönelik çeşitli yöntemlerin yanı sıra su kalitesi analizi de uygulanmıştır (30). Kamienski ve ark. (31), tarladaki su ihtiyacının belirlenmesi için önerdikleri otomatik sulama sisteminde, sensörler, toprak nemi, toprak sıcaklığı ve toprak bünyesi gibi farklı faktörlere ilişkin verileri tarlanın farklı noktalarından toplamışlar ve Bayes tekniği ile gerekli su miktarını tahmin etmişlerdir. Xie ve ark. (32), yaptıkları çalışmada, aşırı sulamayı önlemek için yalnızca saatlik hava durumu tahminini değil, aynı zamanda elektrik tasarrufu yaparak sulama maliyetini en aza indirgeyen zamana bağlı fiyat modelinin de dikkate alındığı, bir sulama programı önermişlerdir. Yaptıkları simülasyon çalışmalarında, önerilen yöntemin topraktaki su içeriğinin izlenmesine dayalı sulama programına kıyasla %7,97 su ve enerji kaynağı tasarrufu sağlayabildiğini ve amorti edilmiş maliyetini %25,34 oranında azaltabildiğini rapor etmişlerdir. Chen ve ark. (33), ise bir sulama öneri sistemi tasarlamışlardır. Bu sistemde, çeşitli tahmin modellerini kullanarak çeşitli regresyon ve sınıflandırma algoritmaları uygulanmış ve gerçek zamanlı kontrolü mümkün kılmak için hava durumu sensörleri, meteorolojik ve sensör tabanlı sistemler dahil olmak üzere farklı kaynaklardan gelen veriler kullanılmıştır. Subashini ve ark. (34) ışık yoğunluğu, nem, toprak nemi ve sıcaklığını izlemek için IoT tabanlı akıllı tarım sistemi önermiş ve bir otomatik sulama sistemi geliştirmişlerdir. Çeşitli çevresel parametreleri ölçmek için düşük maliyetli sensörler kullanmışlar ve ölçülen verileri, bir Wi-Fi modülü ile merkezi sunucuya aktarmışlardır. Sulama pompasını bir mikro işlemciye bağlayarak hava sıcaklığı ve toprak nem seviyesine göre otomatik olarak çalıştırmışlardır. Sureephong ve ark. (35), akıllı sulama sistemi için IoT tabanlı toprak ıslanma cephesi dedektörü (WFD) tasarımının nasıl geliştirilebileceğine odaklanan entegre sisteminin prototipini araştırmışlardır. Ampirik çalışma, ıslanma cephelerini tespit etmek için frekans alanı reflektrometri sensörü (FDR) ve direnç tabanlı sensör (RB) entegre edilmiş ve düşük maliyetli WFD ile tasarlanmış 2 sensör tipi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçları, IoT-WFD'nin, hassas tarım ve en uygun tarımsal su yönetimi sağlanmasına ilişkin kanıtlar göstermiştir.

Akıllı tarım uygulamaları, tarımsal sulama alanında suyun verimli kullanımını ve yönetimini sağlayarak önemli kolaylıklar ve avantajlar sunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, toprak nem sensörleri, IoT tabanlı dinamik sulama planlama sis-

temleri, makine öğrenme modelleri ve yapay zekâ teknikleri kullanılarak sulama ihtiyacı belirlenmiş ve sulama süreçleri iyileştirilmiştir. Bu uygulamalar, sadece su tasarrufu sağlamakla kalmamış, aynı zamanda ürün verimliliğini artırmıştır. Su yönetimi konusundaki bu gelişmeler, tarım sektörünün karşılaştığı su kaynaklarına yönelik zorlukları ele almak için önemli bir adım olacaktır.

## **BİTKİ SAĞLIĞI VE HASTALIK KONTROLÜ**

Bitki hastalığının tanımlanması, bitki hastalığının etkili ve kesin bir şekilde önlenmesinin temelini oluşturur. Bitkiler kontrolsüz bir çevrede oldukları için zarar görmeye karşı hassastırlar. Hastalığın yayılması çevre koşullarına ve bitkinin enfeksiyona yatkınlığına bağlıdır. Tarım ürünlerinde verim ve miktar kayıplarının önlenmesi için, bitkinin yaprakları, gövdeleri, tohumları ve köklerinden bitki içindeki çiçeklere, meyvelere ve tohumlara kadar uzanan bir aralıkta bitki hastalıklarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle dünyanın birçok bölgesinde erken teşhis önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bir çok bitki türündeki hastalıkların yalnızca fotoğraflarına bakılarak ayırt edilemeyeceği göz önüne alındığında, bitki hastalıklarını sınıflandırmaya yardımcı olacak görüntü işleme yazılımlarının kullanılması yüksek öncelik haline gelmiştir (16).

Akıllı tarımın hızla gelişmesiyle birlikte bitki hastalıklarının tespiti dijitalleşip veri odaklı hale gelmekte ve gelişmiş karar desteğine, akıllı analizlere ve planlamaya olanak tanımaktadır (36). Khirade ve ark. (37), yaptıkları çalışmada yaprak görüntüleri kullanılarak bitki hastalıklarının tespit edilmesinde kullanılan yöntemleri ve bitki hastalıklarının tespitinde kullanılan bazı bölümlenme ve özellik çıkarma algoritmalarını incelemiştir. Bir başka çalışmada Guo ve ark. (36) genel kullanıma uygun olan ve eğitim verimliliğini artıran derin öğrenmeye dayalı bitki hastalıklarının tespiti ve tanınması için matematiksel bir model önermektedir. Bu modelde ilk olarak, farklı çevresel koşullardaki yaprakları tanımak ve lokalize etmek için bölge öneri ağı (RPN) kullanılmıştır. Daha sonra RPN algoritmasının sonuçlarına göre bölümlenen görüntüler Chan-Vese (CV) algoritması aracılığıyla semptom (belirti) özelliklerine göre eşleştirilmiştir. Sonuçlar, yöntemin doğruluğunun %83,57 olduğunu, bunun geleneksel yöntemlere göre daha iyi olduğunu, dolayısıyla hastalıkların tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkisini azalttığını ve tarımın sürdürülebilir kalkınmasına olumlu olduğunu göstermiştir.

Mehra ve ark. (38), çalışmalarında domates yapraklarındaki renk ve mantar enfeksiyonuna bağlı olarak domates olgunluğunu belirlemiştir. Bu amaçla görüntü eşikleme algoritması kullanmışlardır. Sistemi daha genelleştirilmiş ve kendi kendini uyarlayan bir hale getirmek için K-ortalama kümeleme algoritmasına geçiş yapmışlar ve farklı koşullarda hangi yöntemin daha uygun olduğunu bulmasında her iki yöntemin karşılaştırmalı analizini yapmışlardır. Richard ve

ark. (39), çalışmasında sentetik girdileri azaltmak için geliştirilen entegre mahsul yönetimi çözümlerine odaklanarak bazı düşük girdili tarım sistemlerini geleneksel tarım sistemleriyle karşılaştırmıştır. Entegre mahsul yönetimi gibi akıllı tarım tekniklerinin, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin geliştirilmesinin mahsul hastalıklarının sıklığını ve şiddetini azaltma potansiyeli olduğunu, bu tekniklerin çeşitli mahsul sistemlerine en iyi şekilde nasıl uygulanacağını belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu rapor etmişlerdir. Potamitis ve ark. (40), çiftçilerin tarım arazilerini uzaktan böceklerle karşı izlemelerine yardımcı olan akıllı tuzaklar önermiştir. Akıllı tuzaktaki temel mekanizma, tuzakların bir ışık yayıcı ve bir ışık alıcı sensörünün birbirine dönük olması ve bir böceğin bu düzeneğin içinden geçtiğinde ışığı ve voltajı bozması ve bu sayede giren böceklerin sayılması esasına dayanmaktadır. Farklı böcekleri tespit etmek için tasarlanan tuzaklar ile 6 mm'den büyük böcekleri sayabilmişlerdir. Önerilen sistemin, böcek tespitinde yüksek doğruluk sağladığı rapor edilmiştir Rustia ve ark. (41) ise seralarda böcek izleme sistemi önermişlerdir. Önerdikleri sistem; ağ geçidi görevi gören Raspberry Pi bilgisayar, böceğin görüntüsünü yakalamak için kullanılan kamera ve sıcaklık, nem, atmosfer basıncı, ışık gibi çoklu ortam sensörleri olmak üzere üç ana bileşenden oluşturulmuştur. Her seradaki sensör düğümü, Wi-Fi veya 4G yönlendirici aracılığıyla yıldız WSN topolojisi kullanılarak internete bağlanmıştır. Kameranın karşısında yerleştirilen yapışkan bir yüzey içeren cisim ile böceklerin yakalanması amaçlanmıştır. Kamera her 10 dakikada bir karşısına yerleştirilen yüzeyin görüntüsünü çekerek, çevre koşulları ölçümleri ile birlikte, her 5 dakikada bir sunucuya göndermiştir. Geliştirilen yazılım ile görüntüyü işlenmiş ve böcek sayıları hesaplanmıştır. Kapoor ve ark. (42), bitkinin büyümesini engelleyen faktörleri tespit etmek için görüntü işlemeyi IoT teknolojileriyle entegre etmişlerdir. Ortam değişikliklerini tespit etmek için sıcaklık sensörü, toprak nem sensörü ve kamera gibi cihazlar kullanarak gözlemlenen veriler bir SD kartta depolanmıştır. Bitkiler kapalı, açık, yarı açık gibi farklı ortamlarda tutulmuş ve alınan görüntüler MATLAB programı ile analiz edilerek, bitki büyümesi ile farklı çevre senaryoları arasındaki korelasyon incelenmiştir. Foughali ve ark. (43) IoT yardımıyla patatesten geç yanıklık hastalığını önlemek için karar verme sistemini kullanmışlardır. Sistem Tunus'un Ras Jebel bölgesinde uygulanmış ve test edilmiştir. Wasmote sensörü ile elde edilen sıcaklık ve nem ölçüm verileri, ZigBee arayüzü kullanılarak bir ağ geçidine aktarılan sistemde, Meshlium (ağ geçidi) verileri toplarken, Ubidots bulut platformuna gönderilir. Ubidot'lar ayrıca çevresel koşulların eşik değerinin altına düştüğü durumlarda çiftçilere uyarı mesajı göndermek için de kullanılmıştır. Karar vermek için SIMCAST modeli kullanılan bu sistem ile geç yanıklık hastalığının tahmini başarı ile test edilmiştir.



Akıllı tarım uygulamaları, bitki hastalıklarının tespitinden, bitki büyümesinin izlenmesine, böcek kontrolünden, mahsul yönetimine kadar bir dizi alanı kapsamaktadır. Bu uygulamalar, tarımın verimliliğini artırmak, hastalık ve zararlı organizmaların etkilerini azaltmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmek için önemli avantajlar sunmaktadır.

## **İZLEME VE KONTROL SİSTEMLERİ**

Akıllı tarım uygulamalarının önemli bir parçası olarak izleme ve kontrol sistemleri, tarım sektörünü dönüştürmekte büyük bir rol oynamaktadır. Tarım üretim süreçleri, sensör teknolojisi, uzaktan izleme ve kontrol yetenekleri, veri analizi ve karar destek sistemleri sayesinde daha verimli ve sürdürülebilir hale getirilebilir. İzleme ve kontrol sistemleri, tarımın geleceği için büyük bir umut vaat etmekte ve halen geliştirilmeye de devam etmektedir. Akıllı tarım uygulamaları sayesinde çevre koşullarının izlenmesi ve kontrol edilmesi için farklı cihazlar ve sistemler kullanılmış ve üretim ortamları hakkındaki bilgiler uzaktan izlenebilmiştir. Aynı zamanda bu tür sistemler ile çiftçiler verileri analiz edebilmekte ve gerektiğinde de kontrol edebilmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalardan birisinde Mohanraj ve ark. (44), Arduino mikroişlemci kartı kullanarak geliştirdikleri IoT tabanlı tarım arazisi izleme sistemi önermişlerdir. Bu sistem, depolanan verilere dayanarak çiftçilere hasat zamanı, gübre veya bir ilaç uygulama zamanı, sulama zamanlaması gibi bilgileri SMS yoluyla iletmiştir. Ma ve ark. (45), Çin'in Jiangsu eyaletinde bulunan balık çiftliği için IoT tabanlı su kalitesi izleme sistemi geliştirmişlerdir. Sensörler ile suyun pH seviyesi, çözülmüş oksijen (DO), amonyak azotu, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık ve su seviyesi gibi çeşitli su kalitesi parametrelerini ölçmüşlerdir. Su parametrelerinin konsantrasyonunu kontrol etmek için su pompaları, termostat ve gelişmiş DO ekipmanı gibi çeşitli unsurlar kullanmışlardır. Ayrıca sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, yağmur göstergesi, güneş ışınımı gibi ortam koşullarını tanımlamaya yardımcı olan parametreler de çeşitli sensörler ile ölçülmüştür. Sistem DO seviyesi düştüğünde çiftçiye alarm mesajı göndermekte, çiftçi de gelişmiş DO ekipmanını bir SMS hizmetiyle tetikleyebilmektedir. Geliştirilen bu sistem, tarımsal üretimi iyileştirmek amacıyla balık çiftliği havuzundaki su kalitesini korumada kullanılmıştır.

Seralar, kültür bitkilerinin üretimi için gerekli olan büyüme faktörlerini mevsim dışında sağlayabilen ve yoğun üretim yapılan yapay yetiştirme ortamlarıdır (46-48). Sera genelinde iç mekân ikliminin homojenliğinin sağlanması, üniform bitki yetiştiriciliği için çok önemlidir (49, 50). Lamprinos ve ark. (51), ZigBee iletişim teknolojisinin sera ortamındaki performansını analiz etmiştir. Sera ortamında, toprak sıcaklığı, bağıl nem, güneş ışınımı, ortam sıcaklığı ve karbondiok-

sit miktarı, XBee modülüyle donatılan sensörler ile ölçülmüş, veriler yönlendirici aracılığıyla bir bilgisayara iletilmiştir. Denemeler boş bir serada 40 gün boyunca yürütülmüştür. Tasarlanan sistemin başarılı olduğu ancak sensörlerin sera içerisine daha sık yerleştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. García ve ark. (52), ise sera koşullarını izlemek ve kontrol etmek amacıyla Arduino mikro denetleyicisi ve sera içerisindeki su seviyelerini izlemek için ultrasonik sensörler kullanarak bir izleme sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemde su seviyeleri belirli bir eşik değerin altına düştüğünde, kullanıcılara SMS ile bilgilendirme gönderilmekte ve kullanıcılar da gerektiğinde pompayı etkinleştirebilmektedirler. Seraya ayrıca sıcaklık ve nem sensörleri yerleştirilmiştir. Sıcaklık veya nem seviyeleri belirli eşik değerleri aştığında, bir mikro denetleyici, sis üreticiye bağlı bir röleyi tetikleyerek mikro damlacıkların oluşmasını sağlamaktadır. Serada ayrıca bitki büyümesini teşvik etmek amacıyla LED ışıkları bulunmaktadır. Bir ışık sensörü, yeterli miktarda doğal ışık olmadığında bu ışıkları açmaktadır. Ayrıca ultrasonik sensörler ile ölçülen seviyenin belirli bir eşik değeri aşması durumunda kullanıcılara e-posta ile bilgilendirme göndermektedir. Elde edilen veriler, bir depoda saklanmak üzere Google E-Tablosu'na ve bir e-ticaret web sitesine otomatik olarak iletilmektedir.

Chieochan ve ark. (53), bir mantar üretim işletmesinde IoT tabanlı çevre koşulları izleme sisteminin uygulanabilir olabileceğini düşünmüşlerdir. İşletmede bağıl nem seviyesi DHT sensörleri ile ölçülmüş ve bağıl nem seviyesini %90 ile %95 arasında tutmak için otomatik sis pompaları ve bir su pompası IoT uygulaması ile kontrol edilmiştir. Sensörler, ölçtükleri nemi bir ağ geçidi görevi gören NodeMCU'ya iletmış ve NodeMCU, verileri Wi-Fi üzerinden, IoT cihazlarını birbirine bağlamaya yardımcı olan bulut tabanlı NETPIE ortamına aktarmıştır. Veri depolama ve veri erişiminde çeşitli NETPIE alt hizmetleri kullanılmıştır. Ölçülen verilere, Freeboard aracılığıyla mobil cihazlar ve bilgisayarlar üzerinden erişilebilmektedir. Sonuçlar, bu uygulanan IoT teknolojinin mantar yetiştiriciliğinde insan gücü gereksinimini azalttığını göstermektedir.

Pooja ve ark. (54), ise çiftlik izleme sistemi için MQTT protokolünü temel alan bir öneri sunmuşlardır. Bu sistem, toprak nem sensörü, hava nem ve sıcaklık sensörü, ışık şiddeti sensörü gibi farklı sensörler aracılığıyla çeşitli çevresel parametreleri ölçmektedir. Toplanan veriler, bir ağ geçidi olarak kullanılan Raspberry Pi'ye iletilmekte ve kontrolörler, bu verileri MQTT protokolü üzerinden bir veri tabanına aktarmaktadır. Çiftçiler, motorun çalışmasını kontrol etmek için röleye "AÇIK" veya "KAPALI" mesajı gönderme yetkisine sahiptirler. Bu sistem, çevresel verilere daha hızlı bir yanıt süresiyle erişim sağlarken, enerji tüketimi ve güvenlik konuları bu sistemde göz ardı edilmiştir.

Jayaraman ve ark. (55) tarafından önerilen Smart-Farm-Net platformu ise, kullanıcıların sensörler, kameralar ve diğer akıllı cihazları entegre edebileceği bir platform sunmaktadır. Bu akıllı cihazlar, Smart-Farm-Net ağ geçidi üzerinden iletişim kurarlar. Verilerin toplanması için OpenIoT X-GSN kullanılan bir ağ geçidi bulunmaktadır. Ayrıca, ağ geçidi tarafından alınan veriler önceden tanımlanmış bir yordam tarafından kodlanmıştır. Bu kodlanmış veriler, RDF (Kaynak Tanımlama Çerçevesi) kullanılarak temsil edilmekte ve ardından bir SQL grafik veri tabanında ve daha sonra bir bulut platformunda saklanmaktadır. OpenIoT, sensörlerin, zamanlayıcıların, hizmet sunumunun ve yardımcı program yöneticisinin olduğu bir altyapı kullanarak veri kaynaklarını keşfetmek için kullanılmıştır. Geliştirilen bu model, kullanıcıların akıllı cihazlarını SmartFarmNet platformuna kaydetmelerine ve ardından web sayfasından bu cihazlara ait istatistiksel verilere erişmelerine olanak tanımıştır. Araştırmacılar, bu platformun önemli bir avantajının, kullanıcıların IoT hizmetlerine programlama bilgisi gerektirmeksizin erişebilmesi olduğunu bildirmişlerdir.

Kalathas ve ark. (56), ise, domates tohumlarını izlemek amacıyla IoT tekniklerini kullanmışlardır. Çalışmada, IoT ile izlenen bir tohum yatağı ile geleneksel tohum yatağı karşılaştırılmıştır. Tohum yatağının çevresel koşulları, toprak sıcaklığı ve nem, hava sıcaklık ve nemi farklı sensörler kullanılarak sürekli olarak izlenmiştir. Bu sensörler, ölçülen verileri düzenli aralıklarla bir mikro denetleye iletmıştır. Elde edilen veriler, tohum yatağındaki ortam koşullarının domates tohumlarının gereksinimlerine uygun olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmıştır. Eğer ölçülen değerler uygun olmayan koşulları işaret ediyorsa, otomatik ısıtma devresi etkinleştirilmiştir. Araştırmacılar, elde ettikleri sonuçlara göre IoT ile izlenen tohum yatağının domates tohumlarının büyüme süresini kısalttığını ve tohum üremesini artırdığını rapor etmişlerdir.

İzleme ve kontrol sistemleri, tarımsal üretimde önemli kolaylıklar ve avantajlar sağlamaktadır. Bu sistemler, bir dizi farklı uygulama alanında tarımın verimliliğini artırarak kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır (57). Akıllı çiftliklerin geliştirilmesi, sensörlerin, kameraların ve diğer akıllı cihazların entegrasyonunu sağlayan platformlarla mümkün olmaktadır. Bu platformlar, kullanıcıların akıllı cihazlarını entegre etmelerine ve verilere erişmelerine olanak tanımaktadır. Bu sayede tarım süreçleri daha etkili bir şekilde yönetilebilmektedir.

## **BÜYÜK VERİ VE KARAR DESTEK SİSTEMLERİ**

Akıllı tarım uygulamaları sayesinde arazide en uç noktalara kadar yerleştirilebilen sensörlerden devasa boyutlarda veri toplamak mümkündür. Toplanan verilerin depolanması ve bir ortamdan diğerine taşınması gelişen teknoloji ve internet

ağının yaygınlaşması sayesinde artık bir sorun olmaktan çıkmıştır. Bu durumda önemli olan ve sorun teşkil eden şey verilerin analiz edilmesidir. Verilerin analiz edilmesi ve geliştirilecek modeller ile tarım sektöründe sorun teşkil eden birçok konuda akıllı sistemlerin karar vermesi sağlanabilecektir. Kararlar genellikle çevreden sürekli gerçek zamanlı olarak elde edilen niceliksel verilerin elde edilmesine, toplanmasına ve analizine dayanır (58). Günümüzde tarımda, farklı mekânsal ve zamansal ölçeklerde devasa veri kümelerinin üretilmesiyle sonuçlanan bir bilgi devrimi yaşanıyor; bu nedenle, verileri işlemek ve özetlemek için etkili teknikler, etkili hassasiyet yönetimi için çok önemlidir. Uzaktan ve yakın algılama gibi modern teknolojinin sağladığı veri kaynaklarının bolluğu ve çeşitliliği ile sensör veri kümeleri, seyrek örneklenmiş bir hedef değişkeni desteklemek için yardımcı bilgi olarak kullanılabilir. Uzak ve yakın algılama verileri genellikle çok büyüktür, farklı mekânsal ve zamansal ölçeklerde alınır ve ölçüm hataları olabilir. Üstelik enstrümanlar arasındaki farklılıklar her zaman mevcuttur; yine de bir veri birleştirme yaklaşımı, sensör veri kümelerini istatistiksel olarak sağlam bir şekilde birleştirerek bunların tamamlayıcı özelliklerinden yararlanabilir. Bu durumda, incelenen süreçlere ilişkin daha kapsamlı bir görüş ve bilgi elde etmek için, günümüzde mevcut çeşitli kaynaklardan gelen kısmi bilgilerin verimli bir şekilde ortaklaşa kullanılması (birleştirilmesi) daha ideal bir yaklaşım olacaktır (59, 60). Büyük veri tekniklerinin ve yöntemlerinin tarıma uygulanması, tarım ve gıda sektörü için büyük bir fırsat olarak değerlendirmeye yönelik önemli bir eğilim olmuştur (61, 62).

Büyük veri ve karar destek sistemlerinin tarımsal üretimdeki rolü, tarım süreçlerinin daha verimli ve etkili bir şekilde yönetilmesine katkı sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar, bu teknolojilerin tarımsal uygulamalara sağladığı avantajları vurgulamaktadır.

Bu konuda yapılmış çalışmalardan birinde Cambra Baseca ve ark. (63) değişken oranlı sulama için, tarla ve hava koşullarından seçilen bazı parametreleri kullanarak gerçek zamanlı kararlar veren güçlü bir aracın avantajlarını göstermişlerdir. Saha parametreleri ve havadan görüntüler kullanılarak tahmin edilen bitki örtüsü indeksi, akış seviyesi, basınç seviyesi ve rüzgâr hızı gibi sulama olaylarında etkili olan dinamikler periyodik olarak örneklenmiştir. Toplanan veriler, Drools kural motoruyla birlikte öğrenme tahmin kurallarına dayalı bir karar verme sisteminde işlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çiftçiye daha iyi karar verme veya katma değer sağlamada faydalı olduğu bildirilmiştir.

Suakanto ve ark. (64), ise yaptıkları çalışmada, çiftçiler için gerekli görevlerin yerine getirilmesi amacıyla ağ sensör uygulamalarıyla akıllı tarımın karar desteğine yönelik kavramsal model ve sistem tasarımını geliştirmişlerdir. Model ve

sistem tasarımı sensörler aracılığıyla veri toplama, kontrol ve görev yönetimi ve veri analizini kapsamaktadır. Bu sistemde çiftçilerin görev yönetimi ve planlaması, çevre faktörlerinin ölçümü ve bilgi dağıtım konularında sorunlarla karşılaşmalarına yardımcı olacak bir çözüm önermişlerdir.

Debauche ve ark. (65), yaptıkları çalışmalarında hayvanların izlenmesinde uygulanan IoT'nin gelecekteki gelişmelerini entegre etmek için yüksek frekanslı verileri arşivlemek ve işlemek için kullanılan bilimsel bir paylaşım platformuna yenilikçi bir şekilde bağlanan bir bulut mimarisi önerilmişlerdir. Önerdikleri sistem ile verilerdeki fazlalıkları ortadan kaldırarak ham veri boyutunu ortalama %43,5 oranında azaltmışlardır.

Büyük veri ve karar destek sistemleri, tarımsal üretimde daha iyi kararlar alınmasına yardımcı olarak verimliliği artırır, kaynakların daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar ve tarım süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirir. Bu teknolojilerin tarım sektöründe yaygınlaşması, gelecekte tarımsal üretimi daha rekabetçi ve verimli hale getirecek önemli bir faktör olacaktır.

## **HAYVANCILIKTA AKILLI TARIM UYGULAMALARI**

Hassas tarımın bir parçası olarak, hayvancılığın yönetimi tarımın mevcut zorluklarından biridir. Hassas hayvancılık terimi, yenilikçi bir üretim sistemi yaklaşımı olarak 2003 yılında düzenlenen ilk hassas hayvancılık konferansıyla ortaya çıkmış ve dördüncü sanayi devriminde önemli bir rol oynamıştır (66-68). Hassas hayvancılık, her bir hayvanın farklı değişkenlerini yüksek hassasiyetle ölçmek için çeşitli araç ve yöntemlerin bir kombinasyonunu kullanarak çiftçilerin hayvancılık üretim sistemleriyle ilgili kararlar vermesini desteklemektedir (69). Bu araçlar arasında sensör teknolojili kameralar, mikrofonlar, kablosuz iletişim araçları, internet bağlantıları ve bulut depolama gibi araçlar bulunmaktadır. Hassas hayvancılığın temel amacı, toplanan verilerin kullanımını iyileştirerek çiftlik kârlılığını, verimliliğini ve sürdürülebilirliğini arttırmaktır. Akıllı ve hassas tarım uygulamaları kapsamında mera ot verim takibi, akıllı mera gübreleme sistemleri, süre yönetimi ve izleme sistemleri, hayvan sağlığı ve refahı, yem ve canlı ağırlık ölçümü, otomatik sağım sistemleri gibi hayvancılık ile ilgili birçok alanda yapılmış çalışmalar vardır.

Tarım sektörü, akıllı tarım uygulamalarının hızla geliştiği bir alandır ve bu uygulamalar, hayvancılık sektöründe otlatma yönetimi gibi temel süreçlerin daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine yardımcı olmaktadır. Otlatma yönetimi, hayvanların otlayabileceği alanları, ot tüketimini, otun büyümesini ve hayvanların beslenme durumunu dikkate alarak planlama ve izleme süreçlerini

içerir. Bu bağlamda, aşağıda sunulan çalışmalar, otlatma yönetimi konusunda akıllı tarım teknolojisinin nasıl kullanılabileceğini gösteren örneklerdir.

Beukes ve ark. (70), otlatma yönetimine rehberlik edecek ot kütlesi tahmin etmenin oldukça zaman alan bir iş olduğu ve çiftçilere bu tür bilgilerin elde edilmesi için kaynak yatırımı yapıp yapmama konusunda karar vermede yardımcı olabilecek bir sisteme ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir. Bu doğrultuda, otlatma yönetiminin önemli bir bileşeni olan ve her padok için son otlatmadan sonra geçen süreyi tahmin eden bir sistem geliştirmişlerdir. Tasarladıkları sistem sayesinde padok başına ot kütlelerinin ortalama %15'lik bir hatayla tahmin edildiği, işletme gelirlerinde artış sağlandığını, yem arzı ve talebinin daha iyi eşleştirilmesi ile yetersiz ve aşırı besleme vakalarının azaldığını, daha yüksek süt üretimi ve otlatma sonrası ot kütlelerinin daha optimal düzeyde kalabildiğini rapor etmişlerdir.

Lussem ve ark. (71), ise otlakların toprak üstü biyokütle veriminin izlenmesi ve tahmin edilmesi, otlak yönetimi açısından kilit öneme sahip olduğunu bildirmişlerdir. Manuel yöntemlerin, yem verimine ilişkin doğru tahminler sağladığını, ancak zaman alıcı ve iş gücünün yoğun olması sebebiyle hassas tarım uygulamaları için gereken mekânsal verilerin sürekli olarak sağlanamayacağını ileri sürmüşlerdir. Bu amaçla düşük maliyetli insansız hava aracı tabanlı görüntü verilerinden elde edilen ot yüksekliği ölçümleriyle yem verimini tahmin etmeye yönelik çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma, Almanya 2014–2016 yıllarını kapsamış ve görüntüleme sistemi olarak Canon Powershot S110 takılan dron kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre dron tabanlı ölçümlerin, geleneksel ölçümlerden daha iyi performans gösterdiğini bildirmişlerdir.

Schaefer ve ark. (72), bir otlağın toplam biyokütlesini belirlemek amacıyla araca monteli bir ışık algılama ve mesafe belirleme (LiDAR) ünitesi ve aktif bir optik yansıma sensörü kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına dayanarak, birleşik LiDAR ve aktif optik yansıma sensör kullanımının hem yeşil (canlı) hem de yaşlanmış (ölü) malzeme içeren alanlarda yeşil fraksiyon ve biyokütle arasındaki karmaşık ilişkinin çözümlenmesine yardımcı olabileceği sonucuna varmışlardır.

Oliveira ve ark. (73), yaptıkları çalışmada, silaj otu alanlarının yönetimi ve izlenmesi için dronların uzaktan algılama amaçlı kullanımını araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçların, dron ile uzaktan algılamanın silaj üretiminin verimli ve daha iyi yönetilmesi için optimal bir araç olduğunu bildirmişlerdir.

Akıllı tarım, hayvan davranışlarını ve seslerini izleyerek daha verimli, sürdürülebilir ve hayvan refahına duyarlı bir yaklaşım sunmaktadır. Meen ve ark. (74), sığır sesleri ile sığır davranışı arasında bir korelasyon bulunup bulunmadığını araştırmışlardır. Bu amaçla Hollanda'nın Herwijnen kentindeki yüksek üretimli

bir süt çiftliğine görüntü ve ses almada kullanılmak üzere kamera ve mikrofon sistemleri kurulmuştur. Çalışmada iki ile on dört yaş arasındaki süt sığırlarını, ve dört ile on ay arasındaki düveleri izlenmiştir. Kayıtlar art arda üç hafta ve on beş gün boyunca, günde on saat yapılmıştır. Araştırmacılar, yatma ve geviş getirme sırasındaki çağrılarının ortalama maksimum frekansı ile diğer davranışlar sırasında kaydedilen çağrılar arasında anlamlı bir fark olduğunu bildirmişlerdir.

Andriamandroso ve ark. (75), otlayan hayvanların yeri, duruşu ve hareketlerinin kaydedilerek çeşitli mera türleri için hayvan otlatma stratejilerini değerlendirmiş ve hayvanların beslenme durumunun daha iyi tahmin edilmesine olanak tanıyacak teknikleri geliştirmek için otlayan hayvanlardaki çene hareketleri ve ısırık şekillerindeki farklılaşmayı araştırmışlardır.

Carpentier ve ark. (76), birden fazla gürültü kaynağının mevcut olduğu bir durumda tavuk hapşırma seslerini izlemeye yönelik bir algoritma üzerinde çalışmışlardır. Toplam 51 tavuktan oluşan bir grubun hapşırmasının kaydedildiği bir deney tasarlamışlar ve 480 dakikalık ses kayıtlarından 763 hapşırık kaydetmişler ve önce yeterli kalitede etiketlenen hapşırıkların sayısı araştırılmıştır. Daha sonra ham ses sinyali, spektral çıkarma kullanılarak filtrelenmiş ve hapşırık olabilecek yüksek enerjili kısa aralıklara bölünmüştür. Bunlar daha sonra 8 farklı özellik halinde gruplandırılmış ve algoritma, sesi %88,4 hassasiyetle tanımlamıştır. Araştırmacılar çalışmanın, kümes hayvanı sağlığına yönelik otomatik ses tabanlı bir izleme sisteminin geliştirilmesine yönelik ilk adımı temsil ettiğini rapor etmişlerdir.

Bahlo ve ark. (77), kamuya açık verilerin kullanımı, açık standartlar ve birlikte çalışabilirlik ile ilgili olarak hassas hayvancılık teknolojileri hakkındaki güncel literatürü incelemişlerdir. Hayvancılık işletmelerinin, çeşitli bilgi ihtiyaçlarını ve teknolojik fırsatları yansıtan, ancak genellikle birlikte çalışabilir formatlardan ve meta verilerden yoksun, giderek artan hacimlerde farklı özel veri kümeleri ürettiğini ancak bu büyük miktardaki halka açık olarak erişilebilen veri kümelerinin, karar destek araçlarında yeterince kullanılmadığını bildirmişler ve bu verilerin paylaşılması ve yeniden kullanılmasının önündeki engellerin azaltılmasına ihtiyaç olduğu sonucuna varmışlardır.

Çevre koşullarının, süt sığırlarının verimliliği ve sağlığı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu etki, beslenme ve iklim faktörleri gibi değişkenler aracılığıyla ortaya çıkar. Özellikle sıcaklık, nem, hava hızı ve ışık gibi çevresel faktörler, yüksek verimli süt sığırları üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir (78, 79). Günümüzde küresel iklim değişikliği ve hayvan barınaklarında meydana gelen katı ve sıvı atıkların yeraltı ve yerüstü sularına verdiği zararlar hayvancılık üretimini etkileyen en büyük zorluklardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır (80). Bu durum, çevreye,



hayvan sağlığına ve üretim maliyetlerine olumsuz etkiler yapmaktadır. Özellikle iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan sıcaklık stresi, süt sığırlarının verimliliğini ve sağlığını tehdit etmektedir. Bu nedenle, çevresel faktörlerin yakından takip edilmesi ve uygun önlemlerin alınması hayvancılık işletmeleri için önem arz etmektedir (81). Özellikle yüksek genetik kapasiteye sahip kültür ırkı süt sığırlarının, doğru çevre koşullarında barındırılmasının, süt üretiminde potansiyeli artırabileceğini göstermektedir (82). Süt verimini artırmak ve hayvan sağlığını iyileştirmek, uygun çevre koşullarının sağlanması için akıllı tarım uygulamaları, bu konuda yeni olanaklar sunmakta ve çevre koşullarının daha hassas bir şekilde kontrol edilmesine yardımcı olmaktadır.

Bu alanda yapılmış çalışmalardan birisinde Bezen ve ark. (83), süt ineklerinde bireysel olarak yem alımı ölçümü için derin evrişimli sinir ağları modellerine dayalı bir kameralı izleme sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistem ineklerin %93,65'inin yem alım miktarlarını doğru bir şekilde tanımlamayı başarmıştır. Araştırmacılar gelişmiş süt çiftliklerinde bireysel yem alımı ölçümleri için düşük maliyetli kameraların potansiyelini ortaya koyduğunu bildirmişlerdir.

Hayvancılık işletmelerinde kullanılan süt sağım robotları artık klasikleşmiş bir uygulamadır. Bu teknolojinin artan popülaritesi, hızlı benimsenme oranından açıkça görülmektedir. Otomatik sağım sistemleri, özellikle Batı Avrupa'da süt çiftliklerindeki işçiliği azaltmak, inek başına üretimi artırmak ve süt çiftliği ailelerinin yaşam tarzını iyileştirmek için yaygın bir kabul görmüştür (84). Günümüzde robotların büyük ölçekli mera bazlı süt üretim sistemlerine entegrasyonuna yönelik artan bir ilgi vardır. Bu sistemler sayesinde sağım süreci artık 24 saatlik bir süreye yayılarak hayvanın ne zaman sağılacağı bilgisinin alınmasına olanak sağlayabilmektedir. Süt sağım robot sistemleri hem kapalı alanda hem de mera bazlı açık besleme sistemlerine uygulanabilmektedir (85).

Halihazırda kullanılan birçok otomatik sağım sistemi bulunmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar daha modern sensör/görüş sistemlerinin entegrasyonu, hayvan izleme özelliklerinin eklenmesi ve döner sağım odalarına robotların katılımı üzerine yoğunlaşmıştır.

O'Mahony ve ark. (86) hassas süt hayvancılığında uygulanan ve uygulanabilecek 3 boyutlu bilgisayarlı görme sistemlerini ve tekniklerini gözden geçirdiği çalışmasında, kısıtsız ortamlarda çalışabilen ve sürü özellikleri, hava koşulları, çiftlik düzeni ve hayvan-robot etkileşimindeki farklı senaryolardaki değişikliklere uyum sağlayabilen sistemlere ihtiyaç duyulduğu, bu tür sistemlerin ise yapay zekada yeni ortaya çıkan bir araştırma alanı olan geometrik derin öğrenme tekniklerinin uygulanması ile mümkün olabileceğini bildirmektedir.

Akıllı tarım uygulamaları, hayvancılık sektöründe verimliliği artırma, hayvan refahını koruma gibi çiftlik işletmelerine önemli faydalar sunmaktadır. Gelecekte bu alandaki teknolojik gelişmeler, hayvancılık sektörünü daha sürdürülebilir hale getirmeye devam edecektir.

## **AKILLI TARIM UYGULAMALARINDAKİ ZORLUKLAR**

Akıllı tarım uygulamalarının hayvancılık sektöründe yaygınlaştırılması ve benimsenmesi, bazı önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek, teknolojinin tarım sektörüne entegrasyonunu hızlandırmak ve çiftçilere daha fazla fayda sağlamak için bilgilendirme ve teşvik gibi çeşitli önlemler alınması gerekmektedir. Öncelikle, akıllı tarım uygulamalarının maliyetleri konusundaki endişeler göz önüne alınmalıdır. Elektronik ve bilgisayar bilimi alanındaki ilerlemeler, maliyetlerin düşürülmesine ve yeni teknolojilerin tarım işletmelerine daha etkin bir şekilde uygulanmasına yardımcı olabilecektir. Ayrıca, bilgi işlem teknolojilerinin daha geniş bir şekilde kullanılması, sistemlerin işleyişini basitleştirebilir ve verimliliği artırabilir. Aynı zamanda bu teknolojilerin yönetimler tarafından desteklenmesi yönünde politikalar da geliştirilebilir. Ayrıca su kaynaklarının kullanımı ve korunmasıyla ilgili çevresel mevzuatta akıllı su uygulama teknolojilerinin teşvik edilmesi su kaynaklarının verimli kullanılması ve korunmasına katkı sağlayacaktır. (29). Diğer bir zorluk, teknolojinin tarım sektöründeki daha büyük ve zengin katılımcılar tarafından daha fazla benimsenmesi ve kullanılmasıdır. Bu, çiftliklerin konsolidasyonuna ve sektördeki küçük işletmelerin rekabet gücünün azalmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, teknolojinin etkili bir şekilde kullanılmayabileceği bazı durumlar mevcuttur. Çiftçilerin isteksizliği veya teknolojinin gerektirdiği yatırımı yapamamaları gibi durumlar, akıllı tarım uygulamalarının benimsenmesini engelleyebilir. Veri kullanımı da bir sorun teşkil etmektedir; büyük miktarda veri uzak bulut sunucularında depolanmakta ve bu veriler ticari amaçlar için kullanılmaktadır. Verilerin gizliliği ve kötüye kullanılması endişesi, çiftçiler ve teknoloji şirketleri arasında gerilimi artırabilir. Bu zorlukların üstesinden gelmek ve akıllı tarımın hayvancılık sektöründeki potansiyelini tam olarak değerlendirmek için etkili politikalar ve düzenlemeler geliştirilmesi gerekmektedir.

## **SONUÇ**

Akıllı tarım uygulamalarında, verimliliği artırmak için otomasyon, otonom araçlar ve robotlar gibi teknolojiler kullanılmaktadır. Bu sayede tarımsal faaliyetler daha hızlı ve daha hassas bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Tarımsal verilerin toplanması ve analizi, çiftçilere daha bilinçli kararlar alma yeteneği

kazandırmaktadır. Örneğin, ekim zamanlaması, gübre kullanımı, hastalık ve zararlı kontrolü gibi kararları optimize etmelerine yardımcı olabilmektedir. Aynı zamanda akıllı tarım uygulamaları, bitki sağlığı için görüntü işleme ve yapay zekâ kullanarak bitki hastalıklarını erken teşhis edebilir ve böylece hızlı müdahale imkânı sunabilir. Veri toplama teknolojileri sayesinde elde edilen büyük veriler toprak kalitesi ve besin içeriği hakkında daha spesifik bilgiler sağlayarak, çiftçilere topraklarını daha verimli bir şekilde yönetmeleri konusunda yardımcı olabilir. Tarımsal üretimde bir başka sorun; yaşam alanlarında ürünlerin pazara hızlı ve güvenli bir şekilde ulaştırılamaması ve dağıtımını konusundaki zayıflıklardır. Bu konuda da akıllı tarım teknolojileri birçok kolaylık sağlamaktadır. Bu teknolojiler, çiftçilerin ürünlerini daha geniş bir pazara sunmalarına yardımcı olabilmekte ve üretimi daha karlı hale getirebilmektedir. Aynı zamanda kaynakların daha verimli kullanılmasına yardımcı olarak çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlamaktadır.

## **KAYNAKLAR**

1. Russell Stuart J and Norvig P, Artificial Intelligence: A Modern Approach. New Jersey: Prentice Hall; 2009.
2. McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, et al., A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence. AI Magazine. 2006;27(4): 11-12. doi: <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904>
3. Simon HA, Artificial intelligence: an empirical science. Artificial intelligence. 1995;77(1): 95-127.
4. Moschona DS. An Affective Service based on Multi-Modal Emotion Recognition, using EEG enabled Emotion Tracking and Speech Emotion Recognition. in 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Asia (ICCE-Asia). 2020. (pp. 1-3). doi: <https://doi.org/10.1109/ICCE-Asia49877.2020.9277291>.
5. Campbell M, Hoane Jr AJ, and Hsu F-h, Deep blue. Artificial intelligence. 2002;134(1-2): 57-83.
6. Robertson S, Azizpour H, Smith K, et al., Digital image analysis in breast pathology—from image processing techniques to artificial intelligence. Translational Research. 2018;194: 19-35.
7. Stoitsis J, Valavanis I, Mougiakakou SG, et al., Computer aided diagnosis based on medical image processing and artificial intelligence methods. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2006;569(2): 591-595.
8. Savadjiev P, Chong J, Dohan A, et al., Demystification of AI-driven medical image interpretation: past, present and future. European radiology. 2019;29: 1616-1624.
9. Karadöl H, Arslan S, and Gizlenci İ, Makine Görüsü Kullanarak Tarla Pülverizatöründe Bir Nokta Püskürtme Sisteminin Geliştirilmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 2018;14(1): 31-40.
10. Ma Y, Wang Z, Yang H, et al., Artificial intelligence applications in the development of autonomous vehicles: A survey. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica. 2020;7(2): 315-329.
11. Di X and Shi R, A survey on autonomous vehicle control in the era of mixed-autonomy: From physics-based to AI-guided driving policy learning. Transportation research part C: emerging technologies. 2021;125: 103008.
12. Fujita H, AI-based computer-aided diagnosis (AI-CAD): the latest review to read first. Radiological physics and technology. 2020;13(1): 6-19.
13. Jussupow E, Spohrer K, Heinzl A, et al., Augmenting medical diagnosis decisions? An investigation into physicians' decision-making process with artificial intelligence. Information Sys-

- tems Research. 2021;32(3): 713-735.
14. Mhlanga D, Artificial intelligence in the industry 4.0, and its impact on poverty, innovation, infrastructure development, and the sustainable development goals: Lessons from emerging economies? *Sustainability*. 2021;13(11): 5788.
  15. Lin TCW, Artificial intelligence, finance, and the law. *Fordham L. Rev.* 2019;88: 531.
  16. Shaikh TA, Rasool T, and Lone FR, Towards leveraging the role of machine learning and artificial intelligence in precision agriculture and smart farming. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022;198: 107119.
  17. Yasloğlu E and Şimşek E, The Status of Livestock Production in Terms of Global Warming and Its Future Perspective, in *Pioneer And Contemporary Studies in Agriculture, Forest and Water Issues*. 2023. p. 69-82.
  18. Said Mohamed E, Belal AA, Kotb Abd-Elmabod S, et al., Smart farming for improving agricultural management. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2021;24(3, Part 2): 971-981. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.08.007>.
  19. Lobell DB and Field CB, Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental research letters*. 2007;2(1): 014002.
  20. Muniasamy A. Machine Learning for Smart Farming: A Focus on Desert Agriculture. in *2020 International Conference on Computing and Information Technology (ICCIIT-1441)*. 2020. (pp. 1-5). doi: 10.1109/ICCIIT-144147971.2020.9213759.
  21. Ahmed RA, Hemdan EED, El-Shafai W, et al., Climate-smart agriculture using intelligent techniques, blockchain and Internet of Things: Concepts, challenges, and opportunities. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. 2022;33(11): e4607.
  22. Tao F, Yokozawa M, Liu J, et al., Climate-crop yield relationships at provincial scales in China and the impacts of recent climate trends. *Climate Research*. 2008;38(1): 83-94.
  23. Dunnett A, Shirsath PB, Aggarwal PK, et al., Multi-objective land use allocation modelling for prioritizing climate-smart agricultural interventions. *Ecological modelling*. 2018;381: 23-35.
  24. Tanriverdi C, Degirmenci H, and Sesveren S, Assessment of irrigation schemes in Turkey based on management types. *African Journal of Biotechnology*. 2011;10(11): 1997-2004.
  25. Sesveren S and Karakaya FG, Kartalkaya sol sahil sulama birliği bazı performans göstergeleri, sulama problemleri ve çözüm önerileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 2019;9(1): 76-84.
  26. Perea RG, Water and energy demand forecasting in large-scale water distribution networks for irrigation using open data and machine learning algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021;188: 106327.
  27. Simunek J, Sejna M, Van Genuchten MT, et al., HYDRUS-1D. Simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media, version. 1998;2.
  28. Roy SK, Misra S, Raghuvanshi NS, et al., AgriSens: IoT-based dynamic irrigation scheduling system for water management of irrigated crops. *IEEE Internet of Things Journal*. 2020;8(6): 5023-5030.
  29. Pardossi A, Incrocci L, Incrocci G, et al., Root zone sensors for irrigation management in intensive agriculture. *Sensors*. 2009;9(4): 2809-2835.
  30. Machado MR, Júnior TR, Silva MR, et al. Smart water management system using the micro-controller ZR16S08 as IoT solution. in *2019 IEEE 10th Latin American Symposium on Circuits & Systems (LASCAS)*. IEEE. 2019. (pp. 169-172).
  31. Kamiński C, Soininen J-P, Taumberger M, et al., Smart water management platform: IoT-based precision irrigation for agriculture. *Sensors*. 2019;19(2): 276.
  32. Xie T, Huang Z, Chi Z, et al. Minimizing amortized cost of the on-demand irrigation system in smart farms. in *Proceedings of the 3rd International Workshop on Cyber-Physical Systems for Smart Water Networks*. 2017. (pp. 43-46).
  33. Chen H, Chen A, Xu L, et al., A deep learning CNN architecture applied in smart near-infrared analysis of water pollution for agricultural irrigation resources. *Agricultural Water Management*. 2020;240: 106303.

34. Subashini MM, Das S, Heble S, et al., Internet of things based wireless plant sensor for smart farming. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 2018;10(2): 456-468.
35. Sureephong P, Wiangnak P, and Wicha S. The comparison of soil sensors for integrated creation of IOT-based Wetting front detector (WFD) with an efficient irrigation system to support precision farming. in 2017 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT). IEEE. 2017. (pp. 132-135).
36. Guo Y, Zhang J, Yin C, et al., Plant disease identification based on deep learning algorithm in smart farming. 2020;2020: 1-11.
37. Khirade SD and Patil A. Plant disease detection using image processing. in 2015 International conference on computing communication control and automation. IEEE. 2015. (pp. 768-771).
38. Mehra T, Kumar V, and Gupta P. Maturity and disease detection in tomato using computer vision. in 2016 Fourth international conference on parallel, distributed and grid computing (PDGC). IEEE. 2016. (pp. 399-403).
39. Richard B, Qi A, and Fitt BD, Control of crop diseases through Integrated Crop Management to deliver climate-smart farming systems for low-and high-input crop production. *Plant Pathology*. 2022;71(1): 187-206.
40. Potamitis I, Eliopoulos P, and Rigakis I, Automated remote insect surveillance at a global scale and the internet of things. *Robotics*. 2017;6(3): 19.
41. Rustia DJA and Lin T-T, An IoT-based wireless imaging and sensor node system for remote greenhouse pest monitoring. *Chemical Engineering Transactions*. 2017;58: 601-606.
42. Kapoor A, Bhat SI, Shidnal S, et al. Implementation of IoT (Internet of Things) and Image processing in smart agriculture. in 2016 International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS). IEEE. 2016. (pp. 21-26).
43. Foughali K, Fathallah K, and Frihida A, Using Cloud IOT for disease prevention in precision agriculture. *Procedia computer science*. 2018;130: 575-582.
44. Mohanraj I, Ashokumar K, and Naren J, Field monitoring and automation using IOT in agriculture domain. *Procedia Computer Science*. 2016;93: 931-939.
45. Ma D, Ding Q, Li Z, et al., Prototype of an aquacultural information system based on internet of things E-Nose. *Intelligent Automation & Soft Computing*. 2012;18(5): 569-579.
46. Boyacı S, Akyüz A, and Tanriverdi Ç, Comparison of heat requirements in greenhouses for Kırşehir and Kahramanmaraş provinces. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. 2022: 5-20.
47. Boyacı S, Abacı-Bayar AA, Başpınar A, et al., Kırşehir İlindeki Bazı Seralarda Yetiştirilen Bitkilerin Beslenme Durumlarının Toprak ve Yaprak Analizleri ile Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2021;52(3): 273-287. doi: <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.887348>.
48. Yashioğlu E and Durmuş S, Bursa ilinde yetiştiricilik yapılan seraların yapısal yönden değerlendirilmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*. 2017;34(Ek Sayı): 164-171.
49. Boyacı S, Başpınar A, Atılğan A, et al., Determination of the Vertical Distribution Pattern of Indoor Climate Parameters in the Greenhouse Heated in the Winter Period. *Rocznik Ochrona Środowiska*. 2023;25: 105-115. doi: <https://doi.org/10.54740/ros.2023.011>.
50. Caylı A, Temperature and relative humidity spatial variability: An assessment of the environmental conditions inside greenhouses. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020;29(7): 4954-4962.
51. Lamprinos I and Charalambides M, Experimental assessment of ZigBee as the communication technology of a wireless sensor network for greenhouse monitoring. *International Journal of Advanced Smart Sensor Network Systems*. 2015;6.
52. García L, Parra L, Jimenez JM, et al., IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. *Sensors*. 2020;20(4): 1042.
53. Chieochan O, Saokaew A, and Boonchieng E. IOT for smart farm: A case study of the Lingzhi mushroom farm at Maejo University. in 2017 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE). IEEE. 2017. (pp. 1-6).

54. Pooja S, Uday D, Nagesh U, et al. Application of MQTT protocol for real time weather monitoring and precision farming. in 2017 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICECCOT). IEEE. 2017. (pp. 1-6).
55. Jayaraman PP, Yavari A, Georgakopoulos D, et al., Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt. *Sensors*. 2016;16(11): 1884.
56. Kalathas J, Bandekas D, Kosmidis A, et al., Seedbed based on IoT: A Case Study. *Journal of Engineering Science & Technology Review*. 2016;9(2).
57. Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, et al., Control of Greenhouse Environmental Conditions with IOT Based Monitoring and Analysis System. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2017;5(11): 1279-1289.
58. Banhazi T, Lehr H, Black J, et al. Precision livestock farming: Scientific concepts and commercial reality. in *Proceedings of the XVth International Congress on Animal Hygiene: Animal Hygiene and Sustainable Livestock Production (ISAH 2011)*. University of Southern Queensland. 2011. (pp. 137-143).
59. Castrignanò A and Buttafuoco G, Chapter 3 - Data processing, in *Agricultural Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming*, A. Castrignanò, et al., Editors. 2020, Academic Press. p. 139-182. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818373-1.00003-2>.
60. Naud O, Taylor J, Colizzi L, et al., Chapter 4 - Support to decision-making, in *Agricultural Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming*, A. Castrignanò, et al., Editors. 2020, Academic Press. p. 183-224. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818373-1.00004-4>.
61. Sun Z, Zheng F, and Yin S, Perspectives of research and application of Big Data on smart agriculture. *Journal of Agricultural Science and Technology (Beijing)*. 2013;15(6): 63-71.
62. Çaylı A, Makine Öğrenimi (ML) ve Tarımdaki Uygulamaları, in *Biyosistem Mühendisliği III*, A. Atılgan, et al., Editors. 2022, Akademisyen Yayınevi Ankara. p. 198. doi: 10.37609/akya.1414.
63. Cambra Baseca C, Sendra S, Lloret J, et al., A Smart Decision System for Digital Farming. *Agro-nomy*. 2019;9(5): 216.
64. Suakanto S, Engel VJL, Hutagalung M, et al. Sensor networks data acquisition and task management for decision support of smart farming. in 2016 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI). 2016. (pp. 1-5). doi: 10.1109/ICIT-SI.2016.7858233.
65. Debauche O, Mahmoudi S, Andriamandroso ALH, et al., Cloud services integration for farm animals' behavior studies based on smartphones as activity sensors. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2019;10: 4651-4662.
66. Halachmi I and Guarino M, Precision livestock farming: a 'per animal' approach using advanced monitoring technologies. *Animal*. 2016;10(9): 1482-1483.
67. Rowe E, Dawkins MS, and Gebhardt-Henrich SG, A systematic review of precision livestock farming in the poultry sector: Is technology focussed on improving bird welfare? *Animals*. 2019;9(9): 614.
68. Garcia R, Aguilar J, Toro M, et al., A systematic literature review on the use of machine learning in precision livestock farming. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020;179: 105826.
69. di Virgilio A, Morales JM, Lambertucci SA, et al., Multi-dimensional Precision Livestock Farming: A potential toolbox for sustainable rangeland management. *PeerJ*. 2018;6: e4867.
70. Beukes P, McCarthy S, Wims C, et al., Regular estimates of herbage mass can improve profitability of pasture-based dairy systems. *Animal Production Science*. 2019;59(2): 359-367.
71. Lussem U, Schellberg J, and Bareth G, Monitoring forage mass with low-cost UAV data: case study at the Rengen grassland experiment. *PFG-Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*. 2020;88: 407-422.
72. Schaefer MT and Lamb DW, A combination of plant NDVI and LiDAR measurements improve the estimation of pasture biomass in tall fescue (*Festuca arundinacea* var. Fletcher). *Remote Sensing*. 2016;8(2): 109.
73. Oliveira RA, Näsi R, Niemeläinen O, et al., Machine learning estimators for the quantity and



- quality of grass swards used for silage production using drone-based imaging spectrometry and photogrammetry. *Remote Sensing of Environment*. 2020;246: 111830.
74. Meen G, Schellekens M, Slegers M, et al., Sound analysis in dairy cattle vocalisation as a potential welfare monitor. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015;118: 111-115.
  75. Andriamandroso A, Bindelle J, Mercatoris B, et al., A review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2016;20.
  76. Carpentier L, Vranken E, Berckmans D, et al., Development of sound-based poultry health monitoring tool for automated sneeze detection. *Computers and electronics in agriculture*. 2019;162: 573-581.
  77. Bahlo C, Dahlhaus P, Thompson H, et al., The role of interoperable data standards in precision livestock farming in extensive livestock systems: A review. *Computers and electronics in agriculture*. 2019;156: 459-466.
  78. Yashoğlu E and İlhan H, Güney Marmara Süt Sığırı Yetiştiriciliğinin Isı Stresi Yönünden Değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2016;13(4): 12-19.
  79. Boyacı S, Etlik Piliç Kümeslerinde, Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerinin Derece Gün Yöntemiyle Belirlenmesi: Kırşehir İli Örneği. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2018;7(1): 75-82.
  80. Boyacı S, Akyüz A, and Kükürtçü M, Büyükbaş hayvan barınaklarında gübrenin yarattığı çevre kirliliği ve çözüm olanakları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 2011;(1): 49-55.
  81. Yashoğlu E and Türkmen E, IPARD Destekli Süt Sığırcılığı İşletmelerinde İç Ortam İklim Parametrelerinin Analizi (Bursa Karacabey Örneği). *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*. 2017;34(Ek Sayı): 41-49.
  82. Yashoğlu E, İlhan H, Şimşek E, et al., Spatial and Temporal Variations of Temperature Humidity Index (THI) For Laying Hens in the Marmara Region, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2018;27(11): 7503-7509.
  83. Bezen R, Edan Y, and Halachmi I, Computer vision system for measuring individual cow feed intake using RGB-D camera and deep learning algorithms. *Computers and electronics in agriculture*. 2020;172: 105345.
  84. Rodenburg J, Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science*. 2017;100(9): 7729-7738.
  85. John A, Clark C, Freeman M, et al., Milking robot utilization, a successful precision livestock farming evolution. *Animal*. 2016;10(9): 1484-1492.
  86. O'Mahony N, Campbell S, Carvalho A, et al., 3D vision for precision dairy farming. *IFAC-PapersOnLine*. 2019;52(30): 312-317.



## BÖLÜM 10

# İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESEL ISINMANIN TARIMA OLASI ETKİLERİ

Burak SALTUK<sup>1</sup>  
Atılğan ATILGAN<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Dünya iklimi, yıllar içerisinde hiç değişmemiş gibi görünse de aslında durgun bir yapıya sahip değildir. İklim bilimcilere göre, dünya yüzyıllardır sıcak ve soğuk dönemleri periyodik olarak geçirmektedir. Kıtalaradaki kaymaların ve dağ oluşumlarının iklimi etkilediğini savunan iklim bilimciler olduğu gibi, bu değişimin yanardağ patlamalarından kaynaklandığını savunanlar da olmuştur. Kimi iklim bilimciler ise güneşin manyetik alanındaki değişimlerin dünyanın aldığı enerji miktarını değiştirmesi nedeniyle soğuma ve ısınmaların yaşandığı görüşündedirler (1). Günümüzde yapılan küresel iklim değişikliği tartışmalarının odak noktasını sera gazlarının insan aktiviteleri sonucu üretilmesi oluşturmaktadır. Sanayi, ulaşım, tarım ve enerji gibi alanlarda artan insan faaliyetleri, atmosfere salınan sera gazı emisyonlarını artırmakta ve sera etkisini güçlendirmektedir. Bunun sonucunda ise, tüm dünyada sıcaklıklarda artış meydana gelmektedir (2).

Küresel iklim değişikliği, insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarının doğal sera etkisini arttırması sonucunda yerkürenin ortalama yüzey sıcaklığının artmasını ve iklimde oluşan değişiklikleri ifade etmektedir (3).

Küresel ısınma, atmosferdeki karbon dioksit, metan, kloroflorokarbon ve ozon gibi sera gazlarının konsantrasyonlarının artmasıyla bu moleküllerin güneş ışınlarını hapsederek yeryüzü sıcaklığını yükseltmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Güneşten, gezegenimizin yüzeyine ulaşan kısa dalga boyulu ışınlar ısıya dönüşerek dünyayı ısıtır. Yeryüzü, bu radyasyonun bir kısmını uzun dalgalı kızılötesi ışın olarak uzaya geri yansıtırken, diğer kısmı atmosferde yer alan sera etkisi oluştu-

<sup>1</sup> Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, burak.saltuk@alanya.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8673-9372

<sup>2</sup> Prof. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, atilgan.atilgan@alanya.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-2391-0317

ran gaz molekülleri tarafından soğurular ve dünyanın yüzeyi ve atmosfer, olması gerekenden daha sıcak bir hal alır. Bu olay, güneş ışınlarıyla ısınan ama içinde ısıyı dışarıya bırakmayan seralara benzetildiğinden dolayı da sera etkisi olarak adlandırılmaktadır (4).

Küresel ısınma ve iklim değişimi birbirleriyle bağlantılı ama birbirinden farklı iki kavramdır. Küresel ısınma, atmosferdeki CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O gibi sera gazlarının yoğunluklarının artmasıyla bu moleküllerin güneş ışınlarını hapsederek yeryüzü sıcaklığını sistematik olarak yükseltmesidir (5,6). İklim değişikliği ise uzun bir süre sonunda (on yıl veya daha uzun bir süre) iklim süreçlerinde (örneğin ekstrem hava olayları) sıklık ve yoğunluk değişimine neden olan iklim elemanlarındaki (sıcaklık, yağış, rüzgar gibi) anlamlı değer değişimi olarak ifade edilir (7). İklimler kısa ve uzun zaman aralıklarında çeşitli nedenlere bağlı olarak değişirler. Geçmişte değişimin nedenleri doğal nedenler olsa bile günümüzde insan faktörü devreye girmiştir. İnsan aktivitesinin yarattığı olumsuz etkiler nedeniyle, dünya çapında meydana gelen iklim değişikliği, “Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişimi”dir (8). IPCC 1. Çalışma Grubu 5.Değerlendirme Raporu’na göre “Küresel iklimdeki ısınma kesindir ve 1950’li yıllardan beri iklimde gözlenen değişikliklerin çoğu on yıllardan bin yıllık bir zaman dönemine kadar hiç görülmemiş düzeydedir. Bu dönemde atmosfer ve okyanuslar ısınmış, kar ve buz tutarları azalmış, ortalama deniz düzeyi yükselmiş ve sera gazlarının atmosferdeki birikimleri artmıştır (9).

## **KARBONDİOKSİT DÜZEYİ VE BİTKİ İLİŞKİSİ**

Genel bir değerlendirme yapıldığında CO<sub>2</sub> içeriğindeki artışın fotosentez üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Bitkiler tarafından stomatal olarak alınan atmosferik karbondioksit yaprak dokusunda mezofil hücreleri arasındaki boşluklarda bulunmaktadır. Teorik olarak, ortam nemli olduğunda bile su kaybını sağlayan iki ortam arasındaki potansiyel farklılık CO<sub>2</sub> alınımı için olan potansiyel farklılıktan 50 kat daha büyüktür. Hatta kuru hava koşullarında bu fark daha da yüksektir ve böylelikle stomatal direnç azalmakta ve daha fazla CO<sub>2</sub> emilimi gerçekleşmektedir. Ancak bu gerçekleşirken su kayıpları artmaktadır (10).

Temel çalışmalarda, hücreler arası boşlukta yer alan içsel CO<sub>2</sub> içeriği ışık şiddetinin yeterli olduğu durumlarda fotosentezde kullanılması sonucu azalmaktadır (11). Bu nedenle CO<sub>2</sub> artışının bitkiler üzerine etkilerinin belirlendiği sera çalışmalarında su ve azot etkileşimi yanında ışığın optimum kılınması önem taşımaktadır. Bu çalışma kusurlarını ortadan kaldıran FACE (Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment) yöntemiyle açık alanda CO<sub>2</sub> içeriği artışının incelendiği çalışmalarda;

CO<sub>2</sub> artışının stoma iletkenliği ve yaprakta stoma sayısını azalttığı bildirilmiştir (12,13,14,15). Ayrıca, (12) tarafından CO<sub>2</sub> artışının olduğu koşullarda kloroplast sayısı, genişliği ve alanı, karbonhidrat tane iriliği artarken, granum tilakoid membran sayısının azaldığı buna karşın stroma tilakoid membran miktarının arttığı (16) saptanmıştır.

Artan karbondioksit miktarı bitkilerde vejetatif gelişmeyi teşvik edecek; yapraklar arasındaki nem yoğunluğunu artıracak ve bu durum pas, külleme, yaprak lekesi ve yaprak yanıklıkları hastalıklarına neden olacaktır (17). Japonya'da yapılan bir araştırmaya göre, karbondioksit miktarındaki artışın çeltik yanıklığı etmesinin görülme sıklığını da arttırmıştır (18).

Yüksek CO<sub>2</sub> seviyeleri mahsul verimini etkileyebilir. Yapılan bazı laboratuvar deneyleri, yüksek CO<sub>2</sub> seviyelerinin bitki büyümesini artırabileceğini ancak değişen sıcaklıklar ozon, su ve besin kısıtlamaları gibi diğer faktörleri verimdeki bu potansiyel artışları engelleyebilir. Örneğin sıcaklık bir mahsulün optimal seviyesini aşarsa, yeterli su ve besin mevcut değilse verim artışları azalabilir veya tersine dönebilir. Yüksek CO<sub>2</sub> yonca ve soya fasulyesi bitkilerinde düşük protein ve nitrojen içeriği ile ilişkilendirilerek kalite kaybına neden olmuştur. Azalan tahıl ve yem kalitesi otlakların ve meraların hayvanları destekleme kabiliyetini düşürebilir (19).

Artan CO<sub>2</sub> seviyeleri bitki büyümesini teşvik etse de çoğu gıda mahsulünün besin değerini azaltır. Yükselen atmosferik karbondioksit seviyeleri, buğday, soya fasulyesi ve pirinç dahil olmak üzere birçok bitki türünde protein ve temel mineral konsantrasyonlarını azaltır. Artan CO<sub>2</sub>'nin mahsullerin besin değeri üzerindeki bu doğrudan etkisi insan sağlığı için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Artan haşere baskıları ve pestisitlerin etkinliğinin azalması nedeniyle pestisit kullanımındaki artışlar insan sağlığını tehdit etmektedir (20).

## **KURAKLIK VE BİTKİ İLİŞKİSİ**

Hayatımız için çok önemli bir fonksiyona sahip olan su, ağaçlardaki taze ağırlığın yarısını, diğer bitkilerde ise çok önemli bir kısmını (yaklaşık olarak %90) meydana getirir (21). Özellikle büyüme evresinde su sıkıntısı baş gösteren bitkilerdeki gelişim ve verimlilik önemli ölçüde azalır (22,23). Çiçeklenme döneminde oluşan kuraklık stresi ise bitkide kısırlığa yol açtığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (24)

Kültür bitkilerinde su stresinin yaygın bir etkisi tane ve kuru biyokütle üretiminin azalmasıdır (25). Su kıtlığı durumunda yapraklarda absisyon (dökülme)

uyarılır, bitki kökleri toprağın derinliklerindeki nemli bölgelere doğru uzanır (26). Turgor basıncı düştüğü zaman bitkide solma durumu ortaya çıkar. Bu nedenle, turgor potansiyeli su stresi ya da kuraklık stresi oluşan bitkilerdeki su potansiyelinin temel ögesidir. Kurumanın yeşil bitkilerin generatif yapılarında (polenler, sporlar ve tohumlar) yaygın bir olgu olmasına karşın, vejetatif kurumaya karşı hayatta kalma yeteneği bitkiler aleminde nadir görülmektedir (27).

Kuraklık stresine karşı bitkide meydana gelen en belirgin yanıt hücre büyümesinde meydana gelen yavaşlamadır (28). Su noksanlığı sonucunda fotosentez oranı düşer. Bu durum hücre bölünmesini ve büyümesini olumsuz yönde etkiler (21).

Su stresi içinde bitki hücrelerinde oluşan dehidrasyon nedeni ile hacimsel azalmalar gerçekleşmekte, bununla birlikte bitkide stres koşulu, süresi ve derecesine bağlı olarak, büyüme yavaşlamakta, stomalar kapanmakta, fotosentez hızı azalmakta, koruyucu protein ve antioksidan birikimi ise artmaktadır (29,30). Kuraklıkla oluşan ozmotik strese, stomaların küçülmesi, kutikuladan su kaybının azaltılması ve su alımının arttırılmasıyla engellenir. Stresin diğer bir sonucu ise hücre membranlarının yapı ve fonksiyonlarında meydana gelen bozulmalardır (31). Hücreden su kaybıyla beraber membran yapısında değişiklik oluşur; fosfolipidlerin hidrofilik baş kısımları birbirine yaklaşır ve hücre membranı akıcılığını kaybetmeye başlar. Böylelikle, membran lipidleri sıvı- katı fazını yitirerek daha rijid bir yapıya sahip olur (32). Su kaybından dolayı hücrede hacim azalması meydana gelir. Stres altındaki plazma membranı ve tonoplastta oluşabilecek çökme, yırtılmalara neden olabilir (33). Bu zarar, metabolizmayı genelde kalıcı olarak bozar. Membran proteinlerinin yer değiştirmesiyle oluşan durum membran bütünlüğünün ve seçiciliğinin kaybına, hücresel bütünlüğün bozulmasına, ayrıca membran-bağlı enzimlerin aktivitesinde kayba neden olur (34). Su stresi altında bitkide yapraklardaki su oranının düşmesi ile stomaların su kaybını dengelemek amacıyla kapanırlar. Bu durum fotosentezin yavaşlamasına, yaprak sıcaklığının artmasına, membran sistemlerinin zarar görmesine ve oluşan hücre ölümlerine sebep olur (24, 35).

Küresel iklim değişikliği modelleri kuraklık ve sıcak hava dalgası gibi sıra dışı olayların sıklığının artacağını göstermektedir. Artan CO<sub>2</sub> ve sıcaklığın beraberinde getirdiği kuraklık bitki fizyolojisinde önemli değişikliklere yol açmaktadır. Aslında en önemli değişiklik; artan CO<sub>2</sub> koşullarında kuraklık ile birlikte yaprak sıcaklığının artması ve sonucunda stomaların daha az açık olması nedeniyle transpirasyonun bitki iç sıcaklığını düşürememesidir (36). Beraberinde CO<sub>2</sub> artışı stomatal iletkenliğin azalması transpirasyon oranının azalışına bağlı olarak

su kullanım etkinliğini artırmaktadır. Buna karşın kuraklık stresi metabolizma ve fotosentezin engellenmesine neden olmaktadır. Stres koşullarında bitkilerin hayatta kalma yeteneği bitki türlerine, büyüme devresine, süresine ve su eksikliğinin şiddetine bağlı olarak değişmektedir (37).

## **SICAKLIK VE BİTKİ İLİŞKİSİ**

Yüksek sıcaklık stresi, özellikle optimum büyüme sıcaklığındaki 1.5-6 °C'lik artış (38) ile fotosentezin inhibisyonuna (39), hücre membranlarının zararına (40) ve senesense bağlı hücre ölümüne (41) neden olarak büyüme ve gelişmeyi sınırlayan abiyotik stres koşullarından biridir (42). Bununla birlikte, hayat döngülerinin bazı evrelerinde birçok tarımsal ürün yüksek sıcaklık stresine maruz kalmaktadır (43). Bu noktada, bir genotipin yüksek sıcaklıkta canlılığını sürdürmesi ya da göreceği zarar, yüksek sıcaklık stresinin şiddeti ve süresi, bitkinin çeşit ve gelişim evresi ile yakından ilişkilidir (44). Yüksek sıcaklık stresi, bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal işlevlere zarar vererek büyüme, ürün ve kalitede azalmaya neden olmaktadır. Her bitki türünün optimum fonksiyon gösterdiği optimum sıcaklık aralığı vardır ve bu aralığın dışında hücresel metabolizma ve dolayısıyla bitki büyümesi olumsuz etkilenmektedir (45). Optimum sıcaklık aralığının üzerindeki sıcaklıklar fotosentez, membran bütünlüğü ve enzim kararlılığını içeren birçok fizyolojik işlevde değişikliklere neden olmaktadır (46).

İklim değişikliğinin en belirgin olumsuz etkisi, bitki gelişimi üzerine yüksek sıcaklığın zararlı etkileri nedeniyledir. Bunun olumsuz etkileri çoğunlukla kuraklık ve tuzluluk stresi ile birlikte değerlendirilmektedir. Artan sıcaklıkların olumsuz etkileri arasında en önemli olanı gelişme dönemi sürelerinin farklılaşması olarak belirtilmiştir (47,48,49,50). Sıcaklığın meristem/organ büyümesini teşvik ederek daha hızlı gelişime neden olacağı ve bunun büyüyen organlara asimile edilen sürenin kısılmasına, daha küçük bitki organeli ve daha az biokütle birikimine yol açacağı (51) ve genellikle generatif döneme erken geçişi (52) meydana getireceği vurgulanmıştır. Morfolojik olarak bitki yapısının değişeceği ve hipokotil ile petiollerin gölgeden kaçış tepkisine benzer olarak uzayacağı belirtilmiştir (53). Yüksek sıcaklıklar bitkiyi tüm gelişim evrelerinde etkilemekle birlikte özellikle tozlanma ve tane dolmuş gibi gelişme dönemleri üzerindeki etkisi oldukça yüksektir (6). Sıcaklık stresinin enzim aktivitesi, membran akışkanlığı, protein kompleksleri oluşumu, klorofil sentezi, fotosentez ve solunumu içeren bitki hücre fonksiyonlarında değişikliğe neden olacağı vurgulanmıştır. İklim değişikliklerinin gece gündüz sıcaklık farklılıklarında değişikliklere yol açacağı (48) ve özellikle de minimum sıcaklıkları artıracığı düşünülmektedir (54,55).

Yüksek sıcaklık artışları ise ekinlerin büyümesini engelleyebilir. Aşırı hava olayları, özellikle sel ve kuraklık ekinlere zarar verebilir ve verimi azaltabilir: Örneğin 2010 ve 2012'de yüksek gece sıcaklıkları ABD'de Mısır kuşağındaki mısır verimini etkilemiştir. Ilık bir kış nedeniyle erken tomurcuklanma 2012'de Michigan kirazlarında 220 milyon dolarlık kayba neden olmuştur (19).

Hava sıcaklıklarındaki ekstrem değişimler meyve türlerinin çiçeklenme dönemleri üzerine de olumsuz etki göstermektedir (56, 57). Çiçeklenme fenolojisinde meydana gelen değişimler, polinasyon ve meyve tutumunu etkileyeceği ve ilkbahar geç donlarına yakalanma riskini arttırarak üretimde sorunlara neden olabileceği belirtilmektedir (58).

## **İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TOPRAK YAPISINA ETKİSİ**

Sıcaklık ve yağışın yanı sıra toprağın nemi, nem depolama kapasitesi ve verimliliği, bitki gelişimi ve kalitesi için önemli faktörler arasında yer almaktadır. Sıcaklıkta ortaya çıkan artışlar, topraktaki nem seviyesini dengelemek için sulama işleminin yapılmasını gerektirmektedir. Aşırı sıcaklık toprağın azot miktarı, pH değeri ile mikro bakteriyel bileşimini değiştirmekte ve böylece, topraktaki besin elemanlarını olumsuz yönde etkileyerek üretim potansiyelini düşürmektedir. Verimli arazilerin azalması, ülkelerin ekonomik dengelerinin değişmesine, yaşam kalitesinin düşmesine, organik besinlerin azalmasıyla birlikte beslenme nitelik ve niceliğinin zayıflamasına yol açmaktadır. Bu olumsuzlukların uzun dönemdeki etkisi, insanoglunun sıkıntı, açlık ve sefalete düşmesine neden olabilecektir (6).

Toprakta depolanan nem tarım için hayati önem taşıyıp, asıl buharlaşma oranının yeraltı suyunu beslemesi yüzeysel akış suyu üretilmesi üzerinde de etkisi vardır. Küresel ısınmanın toprak nemi üzerinde gözlenen yerel etkileri yalnızca iklim değişimi oranıyla değil, aynı zamanda toprak özellikleriyle de değişir. Toprağın su tutma kapasitesi, toprak nem açıklığında olası değişimleri etkileyecektir. Kapasite düşük olunca iklim değişimine karşı hassasiyeti yüksek olur. İklim değişimi de toprak karakteristiğini su emme veya çatlama özellikleriyle etkileyebilir; bu olgular ise toprağın nem depolama özelliklerini ortaya koymaktadır. Pek çok toprak türünün sızma ve su tutma kapasitesi, don olayının sıklığı ve yoğunluğu tarafından etkilenmektedir (59).

## **İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HAYVANCILIK ÜZERİNE ETKİLERİ**

Küresel ısınma hayvancılık üzerinde önemli etkiye sahip olup, hayvanların verimleri, yaşam biçimleri, dayanıklılığı ve çeşitliliği üzerinde yoğunlaşmaktadır

(60). Hayvanlar üzerine biyolojik, fiziksel ve kimyasal çevre koşulları ya da iklim direk etkiye sahiptir. Aşırı sıcaklar, üretim performansı (büyüme, et, süt, yumurta verimi, vb.), üreme fizyolojisini, metabolizmayı ve bağışıklık sistemini olumsuz etkilemektedir. Küresel ısınmanın neden olduğu çölleşme süreci, yem bazlı ekili alanların taşıma kapasitesi ile tarımsal sistemlerin tamponlama kapasitelerinin azalmasına da neden olmaktadır (61).

Meraya dayalı olmayan hayvancılık sistemleri, yeme dayalı maliyetin yüksek ve hayvan genotiplerinin adaptasyon yeteneklerinin düşük olmasına bağlı birçok riskle karşı karşıya kalabilirler (62). Bunun yanı sıra yüksek sıcaklığın, sağmal hayvanlarda süt kalite ve kantitesi üzerinde olumsuz etkiler yarattığı, bazı çalışmalarda ise laktasyon süresinin kısalmasına neden olduğu belirtilmektedir. Ayrıca yaz aylarında süt sığırlarının süt verimi ve besi sığırlarının ise canlı ağırlık artışında azalma olduğu, süt sığırlarının yaz mevsimi boyunca gebelik oranında da %36'lık bir azalmanın olduğu saptanmıştır (63). Bu noktada küresel ısınma nedeniyle hayvanların kış uykusuna ve yumurtlama dönemine beş gün erken başladığı, ayrıca göç etme süresinin de 2-3 gün geciktiği de örnek olarak verilebilir (64). Küresel ısınmanın, hayvansal üretimin yoğun olarak yapıldığı ülkelerde doğrudan etkilerinin yanı sıra su kıtlığı, kaba/kesif yem üretiminde azalma ve patojenler gibi dolaylı etkiler ile de hayvansal üretimi çok daha olumsuz etkileyebilmektedir (61).

İklim değişikliğinin dolaylı etkileri, hayvanların değişen iklim koşullarına adaptasyonu olumsuz etkileyen yem ve su kıtlığı, beslenme kaynaklı hastalıklar, bulaşıcı konukçuların direnci, vektör kaynaklı hastalıkların yayılması şeklinde ortaya çıkabilir. Yüksek sıcaklık patojen veya parazitlerin gelişimini desteklerken, rüzgarlardaki değişimler ise bazı patojen ve hastalık taşıyıcıların daha geniş bir alana yayılmasına yol açabilir. İklim değişikliği hastalıkların yayılımında değişimler yaratabildiği gibi bazı şiddetli hastalıklar önceden görülmeyen sürülerde de ortaya çıkabilir (65). Birçok araştırmada sıcak ve nemli ortamların bulaşıcı hastalıkların yanı sıra çiftlik hayvanlarında sıcaklık stresi meydana getireceği ve hayvanların iklim değişikliğine uyum sürecinde sıcaklık değişiklikleri ile başa çıkmaya çalışırken yem tüketiminde azalma, sağlığın bozulması, üreme etkinliği ve verimin düşmesi ile bağlantılı birçok fizyolojik fonksiyonlarda değişiklik, hastalıklara karşı hassasiyet gibi davranışsal ve metabolik değişimlere sebep olacağı belirtilmektedir (66,67). Çevresel uyaranlara karşı yanıt olarak hedef dokuları etkileyen hormonal salgı düzeylerindeki değişiklikler hayvanlarda yem tüketiminin azalmasına, solunum hızı ve su tüketiminin artmasına neden olmaktadır (61).



## İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN GELECEKTE TÜRKİYE TARIMINA OLASI ETKİLERİ

Küresel ısınma nedeniyle Türkiye'nin yaşayacağı en önemli felaket kuraklıktır. Büyük bir kısmı yarı-kurak bir iklimin etkisi altında olan Türkiye, küresel ısınmadan en fazla etkilenecek ülkelerin başında gelmektedir. Bunun en önemli sebebi Türkiye'nin hemen güneyinde bir çöl kuşağının bulunması ve ısınmayla birlikte bu kuşağın kuzeye doğru ilerlemesidir. Sıcaklıkta meydana gelecek 1-3.5 °C arasında ısınma, orta enlemlerin 150-550 km kutuplara doğru hareket etmesine neden olacaktır. Bu durumda ekosistemlerin coğrafik dağılımı ve kompozisyonunun yeni şartlara cevabı değişecektir. Türlerin pek çoğu yeni şartlara yeterince hızlı uyum sağlayamayıp yok olacaktır. Bu da Türkiye'yi çölleşme ile karşı karşıya bırakacaktır. Türkiye'nin içinde bulunduğu bölgenin su kıtlığı, kuraklık ve toprak erozyonu sorunları ile karşı karşıya olması da, Türkiye'yi küresel ısınmanın zararlı ve şiddetli etkilerini en önce yaşayacak ülkeler arasına sokmaktadır (68).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan iklim değişikliğinin ülkemizde nasıl etkiler yaratacağını gösteren raporda 2016-2099 dönemi için 3 farklı küresel model ile iklim projeksiyonu geliştirilmiştir. Raporda RCP4.5 senaryosuna göre bahsi geçen yıllar arasında Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklık 1,5-2,6 °C aralığında, RCP8.5 senaryosuna göre ise aynı dönemde ülkede ortalama sıcaklık 2,5 -3,7 °C aralığında artış gösterecektir. Buna karşılık olarak ise her iki senaryoda yıllık toplam yağış anomalisinin azalması beklendiği vurgulanmaktadır (69).

Yaz mevsimindeki aşırı kuraklığa bağlı olarak, çölleşme, tuzlanma ve erozyon oranının yükselmesi öngörülmektedir (8). Sıcaklık artışından Güneydoğu, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgeleri etkilenecektir (70).

IPCC'nin salınım senaryosuna dayalı bölgesel iklim modeli kullanılarak gerçekleştirilen geleceğe yönelik kestirimler, Türkiye'de 2071-2100 dönemleri için kış aylarında tahmin edilen sıcaklık artışının ülkenin doğu kesiminde daha yüksek olacağını göstermektedir. Yaz mevsiminde bu durumun tersine dönerek, özellikle Ege bölgesi olmak üzere ülkenin batı kesiminde 6 °C, ortalama sıcaklığın ise 2-3 °C daha yüksek seyredeceği tahmin edilmektedir (71). Bir diğer senaryoya göre, küresel dolaşım modelleriyle elde edilen sonuçlar, halen 100 yılda bir oluşan kuraklığın 2070'li yıllarda Adana-Samsun hattının batısında kalan bölgelerde 40 yıldan daha az bir sürede hatta bazı yerlerde 10 yılda bir gerçekleşeceğini göstermektedir (72). IPCC'nde küresel iklim modelleri ile yapılan projeksiyonlara göre, 2030 yılında Türkiye büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girecektir. Türkiye'deki sıcaklıklar kışın 2 °C, yazın ise 2-3 °C arasında bir değerde artacaktır. Yağışlar kışın %10'luk bir artış gösterirken yaz mevsiminde % 5 ile %

15 azalacaktır. Ayrıca yazın toprak neminin de % 15 ile % 25 arasında bir değerde azalacağı tahmin edilmektedir. Akdeniz havzasındaki su seviyesinde 2030 yılına kadar 18 cm-12 cm'lik, 2050 yılına kadar 38 cm-14 cm'lik ve 2100 yılına kadar 65-35 cm'lik bir yükselme görüleceği tahmin edilmektedir (73).

İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi de, yağış özelliklerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Yağışlarda iklim nedeniyle meydana gelen değişimler, hidroloji ve su kaynakları için çok önemli sonuçlar doğurabilir niteliktedir. Genel olarak, yağış Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarında azalmakta, Karadeniz kıyılarında ise artmaktadır. İç Anadolu'da yağış açısından çok az veya hiçbir değişiklik görülmemektedir. En şiddetli (mutlak) azalma güney batı kıyılarında gözlemlenirken, Kafkasya kıyı bölgelerinin ise oldukça fazla yağış alması beklenmektedir. Bu gözlemler, hem kış hem de ilkbahar toplamı için geçerlidir (71). Uluslararası iklim değişikliği paneli'nin araştırmaları, biyolojik çeşitlilik zenginliği nedeniyle Türkiye'ye özel önem verilmesini ve iklim değişikliğinin Türkiye'deki etkilerinin özenle araştırılması gerektiğini vurgulamaktadır (73).

(74)'ün yaptığı projeksiyon çalışmasında, 1961-90 yılları arasındaki verilerden yararlanarak 2070-99 yıllarına ilişkin değişime göre, Türkiye için 2099 yılına gelindiğinde 5 °C'lik bir artıştan söz etmek mümkündür. Bunun yanında, yine aynı çalışmada günlük yağış miktarının ise 1,57 mm'den 1,30 mm'ye düşeceği belirtilmektedir. Bu durum ise, Türkiye'de iklim değişikliği etkisinin sıcaklıklarda artma ve yağışlarda azalma olarak yansıtacağını göstermektedir. Bu değişikliklerin de tarımı doğrudan etkilemesi beklenmektedir (75).

İklim değişikliğinin tarım üzerinde etkileri, ekinlerde bodurluk, hastalık ve zararlılarda artış, fidelerde kuruma, ürün kaybı ve düşük verim, kalitede düşüşler, üretici gelir kayıpları, tarıma dayalı sanayi için hammadde kayıpları, teknolojik gelişmede problemler, küçük işletme büyüklüklerinde değişimler, su kaynakları üzerinde etkiler, meyvelerin geç olgunlaşması şeklinde görülmektedir (76). Bu etkiler; Türk tarımı için, kısalan büyüme periyodu, erken hasat zamanları, üretimin orta ve kuzey bölgelere kayması, üretim deseninde değişiklikler, verimde azalma, üretimde azalma şeklinde gerçekleşmesi olasıdır (77).

İklim değişikliğinin tarıma olan etkilerini inceleyen çalışmasında (74); ülkeler bazında, farklı kuruluşlar tarafından ortaya konan olası senaryoları değerlendirmiş bu durumda 2080'li yıllarda tarımda yaşanması muhtemel durumu ortaya koymaya çalışmıştır. Bu senaryolar incelendiğinde; Türkiye için dört önemli tahıl da (çeltik, buğday, mısır, soya fasulyesi) ve yağlı tohumlarda 2080'lerde verimde ortalama %11,8'lik bir azalış beklenmektedir.

İklim değişikliğinin Türkiye’de tarımsal ürün verimlerinde meydana getireceği değişiklik başka çalışmalarda da ortaya konmuştur. Nitekim bir başka çalışmada; 2050 yılında Türkiye’de iklim değişikliği sonucunda tarımsal alan ve verimde ülke genelinde bir azalma olacağı ve bu azalmalar sonucunda % 2,2–12,9 oranları arasında üretimde bir azalma olacağı sonucuna varmıştır. Buna bağlı olarak bazı ürünlerin ticaretinde de iklim değişikliği kaynaklı değişiklikler meydana gelmesi olasıdır. Buğday ve ayçiçeğinde ihracatın azalacağı, mısır ve pamukta ise ithalatın artacağı beklenmektedir. Bunun yanı sıra olası gidişatın bir sonucu olarak fiyatlarda da üretimdeki düşüşün bir sonucu olarak bir artış olacağı ve bu artışın buğday, arpa, mısır ve ayçiçeğinde sırasıyla; % 6,3, % 7,1, % 12,6 ve % 0,1 düzeylerinde olacağı ortaya konmuştur (78).

Ülkemizdeki tarım arazilerinin % 80’inde kuru tarım yapılmaktadır (79). Kuru tarım alanları ihtiyacı olan suyu yağışlardan karşılar. Tahıl ürünleri içinde ise en büyük paya sahip olan ürün buğdaydır (80). İklim değişikliği nedeniyle tarım zararlıları ve mantar türü hastalıklar artış göstermesi ile kimyevi ilaçlar daha fazla kullanılacaktır. Ülkemizde yaşanacak olan kuraklık gıda güvenliği, gıdanın bulunabilirliği, gıdanın erişilebilirliği ve bu maddelerin düzenli olarak sağlanabilmesi problemi doğuracaktır (79).

(81) tarafından değerlendirilen Orman ve Şu İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yaptırılan “İklim Değişiminin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” kapsamında üretilen İklim Değişimi Raporu’nda, 2015-2100 projeksiyon döneminde ülkemizin hava sıcaklıklarında ve yağışlarında beklenen değişimler aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

- Türkiye üzerinde mevsimlik ve yıllık ortalama hava sıcaklıkları RCP4.5 senaryosuna göre 2-3.5 °C ve RCP8.5 senaryosuna göre 4-6 °C aralığında önemli ölçüde artacak ve 2100 yılı sonuna doğru uç değerler şiddetlenecek,
- Günün en yüksek ve en düşük hava sıcaklıklarında en yüksek sıcaklık artışları Türkiye’nin güneydoğusu ve Akdeniz boyunca (diğer bölgelere göre artış 1-2 °C daha fazla olacak şekilde) meydana gelecek,
- Güneydoğu, Akdeniz ve Ege bölgelerinde hava sıcaklığı artışı en fazla yaz aylarında yaşanacak ve 2100’lere doğru, 4-7 °C’lik artışlar gözlenebilecek,
- Sıcak hava dalgaları, Türkiye’nin güney enlemlerinden kuzeye doğru artış gösterecek. Özellikle 2041 sonrası Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri’nde sıcak hava dalgalarının hem sıklığında hem de şiddetinde artışlar gözlenecektir
- Benzer şekilde tüm senaryolara göre, Türkiye geneli toplam yağış miktarlarında Doğu Karadeniz Bölgesi hariç 2050’den itibaren daha belirgin olmak üzere 250-300 mm’ye varan azalmalar öngörülmektedir”.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerinin en fazla hissedildiği alanlardan bir tanesi tarım sektörüdür. Tarım sektöründeki faaliyetler sonucunda artan sera gazı emisyonları kendi içerisinde de küresel ısınma problemini arttırmaktadır.

Ancak tarım faaliyetlerinde birtakım önlemlerin alınması küresel ısınma sürecini yavaşlatabilecektir. Bu kapsamda; modern tarım teknikleri yaygınlaştırılmalı, iklim değişikliği ile ilgili olarak çiftçiler bilinçlendirilmeli, damla sulama kullanımı yaygınlaştırılmalı, hastalık ve zararlılara karşı biyolojik mücadele tercih edilmeli, kimyasal gübre ve ilaç kullanımını en aza indirilmeli, anız yakımı yapılamamalı, tarımda yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalı ve ıslah çalışmalarına önem verilmelidir.

Tarımsal faaliyetler sadece bitkisel üretimleri değil hayvansal üretim faaliyetlerini de kapsadıklarından dolayı hayvancılık kaynaklı sera gazı artışını yavaşlatmak ve durdurmak önemli olacaktır.

Bu kapsamda; daha kaliteli yemler kullanılması ve hayvan beslenmesinin sıcaklıktaki değişimlere göre geliştirilmesi, strese dayanıklı yeni hayvan ırkları ıslah çalışmalarının yapılması, gübre atık denetiminin yapılması, meraların iyileştirilmesi ve bu önlemlere yönelik çiftçi eğitimlerinin yapılması önemli olacaktır.

Gerek bitkisel üretim gerekse hayvansal üretimde alınacak olan önlemler ve yenilikler iklim değişikliğinin tarıma olan olumsuz etkilerini azaltabilecektir. Ancak bu önlemlerin ve yeniliklerin istenen amaca ulaşabilmesi için çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla planlanmalı ve hem ulusal düzeyde hem de uluslararası anlamda önlemler alınmasının faydalı olacağı söylenebilir.

## KAYNAKLAR

1. Şanlı, B & Özekicioğlu, H. Küresel ısınmayı önlemeye yönelik çabalar ve Türkiye. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 2007, 2, 456-482.
2. Doğan, S. & Tüzer, M. Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, 2011, 12(1), 21-34
3. Dellal, İ. & Butt, T. İklim değişikliği ve Tarım, TEAE yayınları, 2005, TEAE-Bakış, Ankara
4. King, D. Climate Change: The Science and The Policy. Journal of Applied Ecology, 2005, 42, 779-783.
5. Korkmaz, K. Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi, Alatarım, 2007, 6(2): 43-49
6. Bayraç, H. N. & Doğan, E. (2016). Türkiye'de İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkileri. Eskişehir Osmangazi Üniv. İİBF Derg. 11(1), 23-48.
7. Çiçek, İ. İklim Değişikliği, Küresel Isınma ve Şehir Isı Adası, Küresel İklim Değişikliği ve Etkileri, 2016, Türkiye Çevre Vakfı Yayınları, Ankara
8. Boşgelmez, A. Küresel Isınma ve Sonuçları, 21.yy Dergisi, 2007, 119-148
9. Türkeş, M. IPCC İklim Değişikliği 2013:Fiziksel Bilim Temeli Politikacılar İçin Özet Raporundaki Yeni Bulgu ve Sonuçların Bilimsel Bir Değerlendirmesi, İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler IPCC 2013 Raporu, 8-18

10. Vince, Ö. & Zoltán, M. Photosynthetic activity and environmental factors. 2011, Plant Physiology, [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0010\\_1A\\_Book\\_angol\\_01\\_novenezlettan/ch03s03.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_angol_01_novenezlettan/ch03s03.html) Erişim Tarihi: 15.11.2017
11. Whiteman, P. C. & Koller, D. Interactions of carbon dioxide concentration, light intensity and temperature on plant resistance to water vapour and carbon dioxide diffusion. 1967, New Phytol. 66: 463-473
12. Teng, N., Wang, J., Chen, T., Wu, X., Wang, Y. & Lin, J. Elevated CO<sub>2</sub> induces physiological, biochemical and structural changes in leaves of *Arabidopsis thaliana*. 2006, New Phytol. 172(1):92-103
13. Leakey, A. D. B., Ainsworth, E. A., Bernacchi, C. J., Rogers, A., Long, S. P. & Ort, D. R. Elevated CO<sub>2</sub> effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. *Journal of Experimental Botany*, 2009, 60(10): 2859-2876.
14. Xu, Z., Jiang, Y., Jia, B. & Zhou, G. Elevated-CO<sub>2</sub> Response of Stomata and Its Dependence on Environmental Factors. *Frontiers in Plant Sci.*, 2016, Volume 7, Article 657.
15. Swann, A. L. S., Hoffman, F. M., Koven, C. D. & Randerson, J. T. Plant responses to increasing CO<sub>2</sub> reduce estimates of climate impacts on drought severity *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2016, 113(36), 10019-10024.
16. Griffin, K. L., Anderson, O. R., Gastrich, M. D., Lewis, J. D., Lin, G., Schuster, W., Seemann, J. R., Tissue, D. T., Turnbull, M. & Whitehead, D. Plant growth in elevated CO<sub>2</sub> alters mitochondrial number and chloroplast fine structure. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 2001, 98: 2473-2478.
17. Manning, W. J. & von Tiedemann, A. Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) & ozone and ultraviolet-B (UV-B). *Environ. Pollut.*, 1995, 88, 219-245.
18. Neumeister, L. *Climate Change and Crop Protection: Anything Can Happen*. Published by PAN Asia and the Pacific, 2010, pp. 42.
19. Hatfield, J., Takle, G., Grotjahn, R., Holden, P., Izaurralde, R.C., Mader, T., Marshall, E. ve Liverman, D. Agriculture. In: Melillo, J.M., Richmond, T.C. and Yohe, G.W., Eds., *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, U.S. Global Change Research Program, 2014, 150-174. <https://doi.org/10.7930/J02Z13FR>
20. Ziska, L. H., Blumenthal, D. M., Runion, G. B., Hunt, E. R. & Diaz- Soltero, H. (2011). Invasive species and climate change: An agronomic perspective, *Climate Change*, 105,13-42.
21. Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C. & Lei, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Afr. J. Agric. Res.*, 2011, 6: 2026-2032.
22. Tuberosa, R. Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. *Front. Physiol.*, 2012, 3: Article 347.
23. Turner, N. C., Blum, A., Cakir, M., Steduto, P., Tuberosa, R. & Young, N. Strategies to increase the yield and yield stability of crops under drought – are we making progress? *Funct. Plant Biol.*, 2014, 41, 1199-1206.
24. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.*, 2009, 29: 185-212.
25. Zheng, Z. L., Nafisi, M., Tam, A., Li, H., Crowell, D. N., Chary, S. N., Schroeder, J. I., Shen, J. & Yang, Z. Plasma Membrane-Associated ROP10 Small GTPase Is a Specific Negative Regulator of Abscisic Acid Responses in *Arabidopsis*, 2002, *Plant Cell*, 14, 2787-2797
26. Taiz, L. & Zeiger, E. Responses and adaptations to abiotic stress. In: *Plant Physiology*, Fifth Edition. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2010, Inc. pp. 755-778. ISBN 978-0-87893-866-7
27. Oliver, M. J., Tuba, Z. & Mishler, B. D. Evaluation of desiccation tolerance in land plants. 2000, *Plant Ecol.*, 151, 85-100
28. Kishor, P. B. & Sreenivasulu, N. Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue? *Plant Cell Environ.*, 2014, 37, 300-311.
29. Zeiger, T. *Water and Plant Cells*. *Plant Physiology*. 3rd. ed: Sinauer Associates, 2002, Inc.; p.33-46
30. Bartels, D. & Sunkar, R. Drought and salt tolerance in plants. *Crit Rev Plant Sci.*, 2005, 24, 23 -58.

31. Quartacci, M., Pinzino, C., Sgherri, C. & Navari-Izzo, F. (1995). Lipid composition and protein dynamics in thylakoids of two wheat cultivars differently sensitive to drought. *Plant Physiol.*, 108, 191-197.
32. Kalefetoğlu, T. Nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşit ve hatlarının kuraklık stresine dayanıklılığının karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. 2006, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara
33. McKersie, B. D. L. (1994). Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
34. Mahajan, S. & Tuteja, N. Cold, salinity and drought stresses, an overview. 2005, *Arch. Biochem. Biophys.*, 444, 139-158
35. Dolferus, R. To grow or not to grow: A stressful decision for plants. 2014, *Plant Sci.*, 2229, 247-261.
36. Feller, U. Drought stress and carbon assimilation in a warming climate: Reversible and irreversible impacts. *Journal of Plant Physiology*, 2016, 203: 84-94.
37. Tátraí, Z. A., Sanoubar, R., Pluhár, Z., Mancarella, S., Orsini, F. & Gianquinto, G. Morphological and Physiological Plant Responses to Drought Stress in *Thymus citriodorus*. 2016, 8 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4165750>
38. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C. A. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001, 944 pp., Cambridge University Press, UK.
39. Karim, M. A., Fracheboud, Y. & Peter, S. Photosynthetic Activity of Developing Leaves of *Zea mays* is Less Affected by Heat Stress than that of Developed Leaves, *Physiol. Plant.*, 1999, 105, 685-693.
40. Marcum, K. B. Cell Membrane Thermostability and Whole-Plant Heat Tolerance of Kentucky Bluegrass, *Crop Sci.*, 1998, 38, 1214-1218.
41. Abernethy, R. H., Thiel, D. S., Petersen, N. S. & Helm, K. Thermotolerance is Developmentally Dependent in Germinating Wheat Seed, *Plant Physiol.*, 1989, 89, 569-576
42. Larkindale, J. & Huang, B. Changes of Lipid Composition and Saturation Level in Leaves and Roots for Heat-stressed and Heat-acclimated Creeping Bentgrass (*Agrostis stolonifera*), *Environ. Exp. Bot.*, 2004, 51, 57-67.
43. Stone, P. The Effects of Heat Stress on Cereal Yield and Quality, In: Basra, A.S. (Ed.), *Crop Responses and Adaptations to Temperature Stress*, 2001, pp. 243-291, Food Products Press, Binghamton, NY.
44. Bray, E.A., Bailey-Serres, J. & Weretilnyk, E. Responses to Abiotic Stresses. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, 2000, pp.1158-1203.
45. Burke, J. J. High Temperature Stress and Adaptation in Crops, *Adaptation and Acclimation Mechanisms*, 1990, pp. 295-309, WileyLiss, New York.
46. Nguyen., H. T. & Joshi, P. C. Molecular Strategies for The Genetic Dissection of Water and High Temperature Stress Adaptation in Cereal Crops, *Proceedings of an International Symposium on the Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*, Taiwan, 1992, 119, 13-18 August.
47. Ulukan, H. Global Climate Change, Greenhouse Gases (GHGs) and Cultivated Plants. *Ankara University Journal of Environmental Sciences*. 2010, 2(1), 71-79.
48. Önen, H. & Özcan, S. İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Yabancı Ot Mücadelesi. Ed. Sayılı, M. 2010. İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri ve Alınabilecek Önlemler. T.C. Kayseri Valiliği İl Tarım Müdürlüğü. 2: 336-357. Fidan Ofset, Kayseri.
49. Bitá C, E. & Gerats, T. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in Plant Sci.*, 2013, 4 (273): 1-18.
50. Sayılğan, Ç. Küresel Sıcaklık Artışının Buğdayda Beklenen Etkileri ve Yüksek Sıcaklığa Toleranslılığın Fizyolojik Göstergeleri. *YYÜ Tar. Bil. Derg.*, 2016, 26(3): 439- 447
51. Morison, J. I. L. & Lawlor, D. W. Interactions between increasing CO<sub>2</sub> concentration and temperature on plants growth. *Plant, Cell & Environment*, 1999, 22: 659-682.
52. Hedhly, A, Hormaza, J. I. & Herrero, M. Global warming and sexual plant reproduction. *Trends*



- Plant Sci., 2008, 1: 30- 36.
53. Hua, J. From freezing to scorching, transcriptional responses to temperature variations in plants. *Current Opinion Plant Biology*, 2009, 12: 568-573.
  54. Pathak, H., Aggrawal, P. K. & Singh, S. D. Climate change impact, adaptation and mitigation in agriculture: methodology for assesment and applications. *Indian Agricultural Research Institute.*, 2009, New Delhi. p:302.
  55. Ton, P. Cotton and climate change: impacts and options to mitigate and adapt. *International Trade Center.*, 2011, Geneva, Switzerland. Erişim Tarihi: 10.10.2017
  56. Guédon, Y. & Legave, J. M. Analyzing the Time-Course Variation of Apple and Pear Tree Dates of Flowering Stages in the Global Warming Context. *Ecological Modelling.*, 2008, 219(1):189-199.
  57. Legave, J. M., Farrera, I., Almeras, T. & Calleja, M. Selecting Models of Apple Flowering Time and Understanding How Global Warming Has Had an Impact on This Trait. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology.* ,2008, 83(1):76-84.
  58. Zavalloni, C., Andresen, J. A., Winkler, J. A., Flore, J. A., Black, J. R. & Beedy, T. L. (2004). The Pileus Project: Climatic Impact on Sour Cherry Production in the Great Lakes Region in Past and Projected Future Time Frames. VII International Symposium on Modelling in Fruit Research and Orchard Management. 707, pp. 101-108.
  59. Şen, Z. İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi, 2005, 22 Mart Dünya Su Günü, 27 s.,
  60. Öziş Altınçekiç, Ş. & Koyuncu, M. İklim Değişikliğinin Çiftlik Hayvanları Üzerindeki Etkileri. 8. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Çanakkale 5 – 7 Eylül, 2013. s: 330-336.
  61. Koyuncu, A. & Akgün, H. Çiftlik Hayvanları ve Küresel İklim Değişikliği Arasındaki Etkileşim. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2018, Cilt 32, Sayı 1, 151-164.
  62. Nardone, A. Evolution of Livestock Production and Quality of Animal Products. *Proc. 39th Annual Meeting of the Brazilian Society of Animal Science Brazil*, 29th July-2nd August, 2002, pp. 486-513
  63. Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S. & Bernabucci, U. Effects of Climate Changes on Animal Production and Sustainability of Livestock Systems, *Livestock Science*, 2010, Sy. 57-69.
  64. Anonim. [docplayer.biz.tr/3770982-kuresel-icinma-ve-iklim-degisiklikleri-ile-hayvansal-beslenmenin-hayvancilik-sektoru-iliskileri-ve-sonuclari-bitkisel-gida-sektoru-ile.html](http://docplayer.biz.tr/3770982-kuresel-icinma-ve-iklim-degisiklikleri-ile-hayvansal-beslenmenin-hayvancilik-sektoru-iliskileri-ve-sonuclari-bitkisel-gida-sektoru-ile.html). (Erişim Tarihi: 10.01.2017).
  65. Petrovica, Z., Djordjevic, V., Milicevic, D., Nastasijevic, I. & Parunovic, N. Meat Production and Consumption: Environmental Consequences *Procedia Food Science* 5, 2015, Sy.235 – 238.
  66. Thorne, P. S. Environmental Health Impacts of Concentrated Animal Feeding Operations: Anticipating Hazards-Searching For Solutions. *Environ Health Perspect.*, 2007, 115: 296-297.
  67. Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A. & Frank, J. M. Climate Change and Food Safety: A review. *Food Research International*, 2010, 43 (7), 1745-1765.
  68. Doğan, S. Türkiye'nin Küresel İklim Değişikliğinde Rolü ve Önleyici Küresel Çabaya Katılım Girişimleri. *Ç. Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2005, Cilt 6, Sayı 2: 57- 73.
  69. MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği Raporu, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü. 2015.
  70. Öztürk, K. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2002, 22( 1): 47-65
  71. Önal, B. & Semazzi, F. Regional Impact on Climate Change on Water Resources over Eastern Mediterranean: Euphrates-Tigris Basin. 18th Conference on Climate Variability and Change, The 86th AMS Meeting, USA, 2006
  72. Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. W., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K. A., Oki, T., Sen, Z. & Shiklomanov, I. A. Freshwater resources and their management. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 173- 210, 2007.
  73. Anonim. IPCC, Fourth Assessment Report, Working Group I report, Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Chapter 2: The Physical Science , 2007.
  74. Cline, W, R., *Global Warming and Agriculture, Impact Estimates by Country*, Center For Glo-



## *İklim Değişikliği ve Küresel Isınmanın Tarıma Olası Etkileri*

- bal Development, Peterson Institute For International Economics, Washington, DC, July 2007.
75. Akyüz, Y. & Atış, E. Türkiye'de İklim Değişikliği Tarım Etkileşiminin İki Yönüyle İncelenmesi. Uluslararası Katılımlı 2. İklim Değişimi Ve Tarım Etkileşimi Çalıştayı, 2016, 08-09 Kasım, Şanlıurfa, s 120-127.
  76. Ogunbameru, B. O., Mustapha, S. B., Idrisa, Y. L. Capacity Building For Climate Change Adaptation: Modules For Agricultural Extension Curriculum Development, Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences, 2013, 2(14)
  77. Kutasal Oğuz, Ö. Impact of Climate Change In Turkey: Observations And Projections, Enabling Activities For The Preparation of Turkey's Second National Communication to The UNFCCC, Ankara, 2012.
  78. Dellal, İ., McCarl, B. A. & Butt, T. The Economic Assessment of Climate Change on Turkish Agriculture, Journal of Environmental Protection and Ecology, 2011, Vol:12, No:1, 376-385
  79. Dellal, İ. İklim Değişikliğinin Türkiye'deki Tarım Sektörüne Ekonomik Etkileri ve Uyum Çalışmaları, Küresel İklim Değişikliği ve Etkileri, 2016, 183-196, Ankara
  80. Göçer, K. Türkiye'de Tarım Üretimindeki Değişim Dinamiklerinin Buğday Üretimindeki Mekansal Yansımaları, YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 2015, 25(3): 254,268
  81. Kadioğlu M, Ünal, Y., İlhan, A. & Yürük, C. Türkiye'de İklim Değişikliği Ve Tarımda Sürdürülebilirlik, TGİSDE, 2017.

## BÖLÜM 11

# ETLİK PİLİÇ İŞLETMESİNDE YAĞMUR SUYU HASADI VE KULLANIM OLANAKLARININ BELİRLENMESİ

Sedat BOYACI<sup>1</sup>

### GİRİŞ

İklim değişikliği, yağış miktarındaki değişiklikler, nüfus artışı, suyun verimsiz kullanımı ve çevresel etkiler nedeniyle suyun bulunabilirliği giderek sınırlanıyor (1). Su, insan, hayvan ve bitki örtüsü olmak üzere tüm yaşam için gereklidir. Bu nedenle, böyle bir yaşamın sürdürülebilmesi için yeterli su kaynaklarının geliştirilmesi önemlidir. Su kaynaklarının geliştirilmesi, doğanın kendini yenileme ve sürdürme kapasitesi dahilinde olmalıdır. Bu nedenle, yenilikçi teknolojilerin uygulanması ve yerli teknolojilerin geliştirilmesi, sürdürülebilirliği sağlamak ve kaynakları kirliliğe karşı korumak için su kaynaklarının yönetimini de içermelidir. Bu nedenle «yağmur suyu hasadı» olarak adlandırılan düşük maliyetli alternatif olan ilgi artmaktadır (2). Ertop ve ark. (3) iklim değişikliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkan kuraklığın su kaynakları için tehdit oluşturduğunu, Akdeniz bölgelerinde sıcaklıkların 2050 yılına kadar 3°C artabileceği ve yağışların yaklaşık %30 oranında azalabileceği, bunun da su kaynaklarında %40'a varan bir azalma anlamına geleceğinin tahmin edildiğini bildirmişlerdir (4).

İklim değişkenliği, artan nüfus ve artan gıda üretimi nedeniyle evsel ve tarımsal kullanım için sürekli artan su talebi, halihazırda azalmakta olan mevcut su kaynaklarını baskı altına almakta, alternatifler ve sürdürülebilir su kaynakları bulma ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Yağmur suyu hasadı, her ne kadar eski bir su yönetimi uygulaması olsa da, sürdürülebilir bir su kaynağı olarak giderek daha fazla önem kazanmakta ve yönetiminde özerklik sağlamaktadır (5). Yağmur suyu hasadı, içme ve içme dışı kullanım için tatlı suyun korunması, depolanması ve dağıtımını esas alan dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde benimsenen eski bir su yönetimi uygulamasıdır. Bu uygulama, son yıllarda kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımda sulama ihtiyacının karşılanmasında umut verici bir alternatif ve sürdürülebilir su kaynağı olarak benimsenmektedir (6). Yalılı Kılıç ve Abuş (7)

<sup>1</sup> Doç. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, sedat.boyaci@ahievran.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9356-1736

su sıkıntısının çekildiği ve su temininin büyük maliyetlere neden olduğu günümüzde, yağmur suyu hasadı gibi hem ucuz hem de pratik sistemlerin yaygınlaştırılması gerektiğini bildirmişlerdir. Ayrıca bu sistemlerin yaygınlaştırılması ile ekolojik dengenin korunacağı, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanacağı ve su kaynaklarının daha verimli kullanılacağını belirtmişlerdir. Yağmur suyu hasadı gelişmekte olan ülkelerde kırsal alanlarda bütünleyici su temini çözümü olarak yüksek potansiyel vadetmektedir. Yağmur suyu hasadının yeniden canlanması, aşırı su kullanımı ve yeraltı suyu seviyelerinin düşmesi tetiklemiştir (8). Parker ve Brown (9) içme suyu için rekabetin dünyanın birçok yerinde arttığını ve yeraltı suyunun birçok bölgede azalmaya devam ettiğini, Parker ve ark. (10) Teksas'ın belli bölgelerinde su tasarrufunun, yeraltı suyu kaynakları tükendikçe giderek daha önemli hale geldiğini bildirmişlerdir.

Su, tüm canlılar için vazgeçilmez olduğu kadar hayvanlar için de ayrı bir öneme sahiptir. Hayvanların bakımında kullanılacak suyun sertliği, kalitesi ve miktarının uygun oranda olması gerekir. Ayrıca su tüketiminde hayvanın çevre koşulları ile fiziksel ve fizyolojik özellikleri de dikkate alınmalıdır. Hayvanlara yeterli kalite ve miktarda su verilmemesi, onların hastalanmasına, yem tüketiminin azalmasına ve verimin düşmesine neden olur. Bu nedenle yetersiz su ve hatalı yöntemler hayvanlarda sağlık sorunlarına neden olduğu gibi işletmeye de ekonomik zararlar vermektedir (11). Çatılarda veya taşlık, kayalık alandan gelen yağış suları toprak altında depolanarak evsel ihtiyaçlar veya hayvanlar için içme suyu olarak kullanılabilir (8). Hoss ve ark. (12) yağmur suyu toplama sistemlerinin yalnızca kuraklık dönemlerinin etkilerini en aza indirmek için değil aynı zamanda kırsal bölgelerde hayvancılık işletmeleri için su talebini karşılamak, su güvenliğini sağlamak ve yerel su kaynaklarına katkı sağlamak için yüksek bir potansiyel ortaya koyduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada, Brezilya'nın güneyindeki Santa Catarina eyaletinin orta batı bölgesinde, hayvanların içinde barındırıldığı yapıların çatılarından toplanan yağmur sularını depolamak için sarnıçların kullanılmasının, su kıtlığını en aza indirmek için yaygın olarak kullanılan ve teşvik edilen bir alternatif olduğunu belirtmişlerdir.

Dünyada gelişen teknolojiye ve sanayileşme politikalarına rağmen hayvancılık sektörü ülke ekonomisindeki vazgeçilmez önemini korumaktadır. Ancak hayvansal gıda üretimine ilişkin arz talep ilişkisi Dünya'daki talep lehine hızla artarken, üretimde aynı hıza ulaşamıyor (13). Arenas-Navarro ve ark. (14) tarafından Kolumbiyanın La Mesa de Los Santos bölgesinde yapılan çalışmada, bölgede kümes hayvanı yetiştiriciliği 40.000'den fazla doğrudan ve 70.000'den fazla dolaylı iş imkanı oluşturmaktadır. Ayrıca bölgenin, kümes hayvancılığının her yıl 340000 ton tavuk eti ve 2.900 milyon yumurta üretimi ve 1400000 tondan fazla yem üretimi

ile ülkenin kapasite ve sektör anlamında %20'lik paya sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ancak bölgede aşırı nüfus artışı, tarım ve kümes hayvancılığı üretimine su temininin ekosistemin doğal olarak sağlayabileceğinden fazla su kullanımına ilave olarak yağışların azalması ile birlikte suyun yanlış yönetimi bölgeyi su kıtlığının ekonomik etkilerine karşı duyarlı hale gelmesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Bunun sonucunda, Arenas-Navarro ve ark. (14) Fenavi (Ulusal Kümes Hayvanı Yetiştiricileri Federasyonu) şu anda, bu bölgedeki su kıtlığı nedeniyle işletmelere suyun tankerlerle (12 ve 20 m<sup>3</sup> kapasiteli) tedarik edildiğini ve bununda üretim maliyetini artırması nedeniyle yetiştiriciliğin azalma eğiliminde olduğunu bildirmiştir. Artan su kıtlığı ve iklim değişikliği olgusuyla mücadele etmek ve su kaynaklarını gelecek nesiller için korumak için bölgede ve ulusal düzeyde büyük yenilik ve yatırımların gerekli olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda, yağmur suyu toplama sisteminin uygulanmasının bölgedeki kümes hayvancılığı sanayisinin üretimi üzerindeki su stresini azaltabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca yağmur suyu hasadının bölgedeki tarım, hayvancılık ve endüstri sektörüne değer katacağını ve sürdürülebilir kümes hayvanı üretimi için bir kaynak olarak yağmur suyundan yararlanma fırsatını değerlendirerek girişimcilere ve politika yapıcılara yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de yaşanan iklim değişikliğinin etkileri kendini her geçen gün daha fazla hissettirmektedir. Ortaya çıkan düzensiz yağış rejimleri insanlar kadar hayvanlar için gereksinim duyulan suyun temininde olumsuzlukların yaşanmasına neden olacaktır. Bu durum işletmelerin hayvanlara yetersiz su vermesine ve dolayısıyla verimlerinin etkilenmesine neden olabilecektir. Su zengini olmayan ülkemizde ileriki yıllarda şiddetlenmesi beklenen iklim değişiklikleri nedeniyle yaşanacak su kısıtlarından hayvanların veriminin olumsuz etkilenmemesi açısından yetiştiricilik yapılan işletmelerde su temini için alternatiflere yönelmeye gerek duyulacaktır.

Bu amaçla yapılan çalışmada, Kırşehir ili uzun yıllık yağış verileri kullanılarak etlik piliç işletmesinde çatı alanlarına bağlı olarak yağmur suyu hasadı ile toplanabilecek su miktarı ve yağmur suyu hasadının tavukların su tüketimini karşılama potansiyeli araştırılmıştır.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Çalışma Alanının Konumu ve Yağış Özellikleri**

Kırşehir ili 39°08'02"K, 34°07'08"D koordinatları arasında yer almakta ve deniz seviyesinden yüksekliği 1082 m'dir. Karasal iklim özelliği gösteren Kırşehir ilinin uzun yıllık (1930-2022) yağışlı gün ve aylık toplam yağış miktarı ortalamaları Tablo 1'de verilmiştir (15).

Tablo 1. Kırşehir ilinin uzun yıllık yağış miktarları		
Aylar	Ortalama yağışlı gün sayısı	Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm)
Ocak	12.03	48.3
Şubat	10.28	35.2
Mart	10.66	39.8
Nisan	10.35	40.7
Mayıs	11.27	44.5
Haziran	7.22	34.7
Temmuz	1.91	8.1
Ağustos	1.42	7.8
Eylül	3.05	13.0
Ekim	6.26	26.0
Kasım	7.94	36.0
Aralık	11.76	48.4
<b>Yıllık</b>	<b>94.2</b>	<b>382.5</b>

Kırşehir ilinde aylık yağış miktarının en fazla olduğu ay Aralık ayı iken en düşük olduğu ay Ağustos ayıdır. İlde uzun yıllık yağış ortalaması ise 382.5 mm'dir (Tablo 1).

## 2.2. İşletmede Yağmur Suyunu Toplama Alanlarının Belirlenmesi

Çalışmada, Kırşehir ilinde yer alan etlik piliç işletmesi içerisindeki 20000 kapasiteli kümes ile birlikte yem deposu, bakıcı evi gibi çatı alanına sahip olan tüm alanlar, yağmur suyunun hasad edildiği alanlar olarak belirlenmiştir. Buna göre işletmede yağmur suyu hasadı yapılacak binaların çatı alanları toplamı 1180 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

## 2.3. İşletmede Hasad Edilebilecek Yağmur Suyu Miktarının Belirlenmesi

Çalışmada işletmeden yağmur suyu hasadı (YSH) ile toplanabilecek su miktarı araştırmacılarında (7,11) kullanılmış olduğu Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır.

$$YSH=A \cdot P \cdot RC \cdot FEC \quad (1)$$

Eşitlikte:

YSH: Yağmur suyu hasadı (m<sup>3</sup>), A: Hasat yapılacak binaların çatı alanları (m<sup>2</sup>)  
P: Yağış (L/m<sup>2</sup>), RC: Çatıya ulaşan yağışın tamamının tekrar kullanılmayacağını belirten çatı katsayısı (0.8), FEC: Çatıdan toplanan yağmur suyunu görünür katılardan ayırmak için geçirilen ilk filtrenin verim katsayısı (0.9)

## 2.4. Kümeste İhtiyaç Duyulan İçme ve Temizlik Suyu Gereksiniminin Belirlenmesi

Arenas-Navarro ve ark. (14) su tüketimini tahmin etmenin en yaygın yolunun, tüketilen yemin ağırlığının bir fonksiyonu olarak alınması gerektiğini bildirmiştir. Buna göre, genellikle literatürde ve doğrudan çiftlikte toplanan verileride dikkate alarak yapmış oldukları çalışmalarında ortalama olarak günlük tüketilen suyun/ tüketilen yemin ağırlığına oranının 1.6 ila 2.0'ye karşılık geldiğini ve çalışmalarında bu faktörü 1.8 g/g (gram su/gram yem) olarak hesaplamalarda kullanmışlardır. Buna göre, kümes hayvanı döngüsünde tüketilen yem miktarları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kanatlı hayvan üretim döngüsünde tüketilen yemin ağırlığı							
Haftalar	Günlük ortalama yem tüketimi (kg/gün)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.010	0.014	0.018	0.022	0.026	0.031	0.034
2	0.038	0.042	0.048	0.054	0.06	0.066	0.072
3	0.077	0.081	0.085	0.089	0.093	0.097	0.101
4	0.109	0.115	0.122	0.129	0.135	0.141	0.148
5	0.151	0.154	0.157	0.160	0.163	0.166	0.169
6	0.172	0.174	0.177	0.180	0.183	0.186	0.189

Çalışmada, etlik piliçlerin yem tüketim değerlerine göre su tüketimleri Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$S_i = Y_g * SY * n \quad (2)$$

Eşitlikte:

$S_i$ : Piliçlerin günlük su tüketimi ( $m^3$ ),  $Y_g$ : Günlük yem tüketimi (g),  $SY$ : Su-yem oranı (g/g),  $n$ : Piliç sayısı

Toplam su gereksinimi, yetiştirme periyodu 42 gün olacak şekilde ve yılda 6 yetiştirme dönemine göre (1. periyot: Ocak-Şubat, 2. periyot: Mart-Nisan, 3. periyot: Mayıs-Haziran, 4. periyot: Temmuz-Ağustos, 5. periyot: Eylül-Ekim, 6. periyot: Kasım-Aralık) belirlenmiştir. Her üretim periyodunun 42 günü için tüketilen su miktarı hesaplamalarda kullanılmıştır. Ayın kalan günlerinde üretim olmasa dahi yağmur suyunun depolamaya devam edileceği şekilde planlama yapılmış ve bu yağışlar hasad edilebilecek toplam miktara dahil edilmiştir.

Drastig ve ark. (16) çalışmasında kümeslerin yılda iki kez temizlenmesi durumunda tavuk başına günlük 0.0028 litre su tüketimi olduğunu bildirmektedir. Bu değeri her bir yetiştirme periyodu için dikkate alarak, su gereksinimi Eşitlik 3'e göre hesaplanmıştır.

$$S_t = 0.0028 * g * n \quad (3)$$

Eşitlikte:

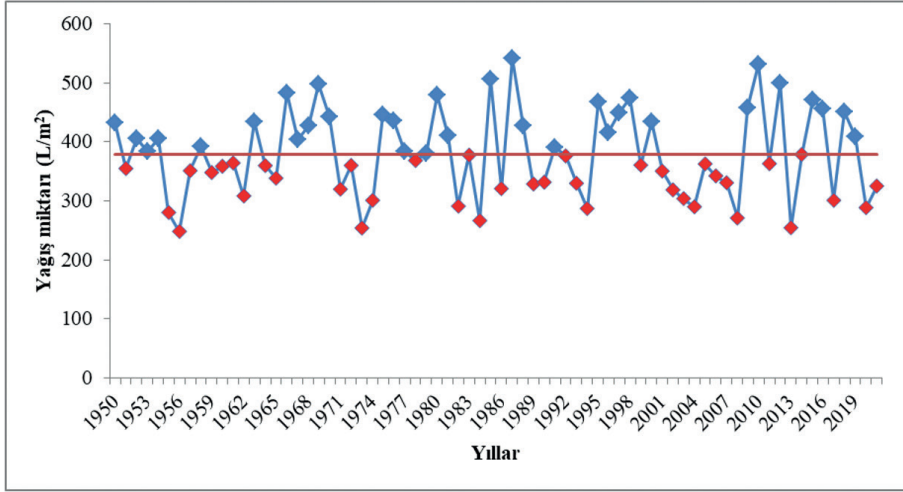
$S_t$ : Temizlik için su gereksinimi (litre/gün),  $g$ : Yetiştirme periyodu gün sayısı (gün)

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Kırşehir İlinde Yağmur Suyu Hasadı İhtiyacının Meteorolojik Olarak Değerlendirilmesi

Kırşehir ilinin uzun yıllık sıcaklık ve yağış değerlerine bakıldığında, Boyacı ve ark. (17) tarafından yapılan çalışmada uzun yıllık (1960-2015) sıcaklık değerleri son 10 yıllık (2006-2015) değerler ile karşılaştırılmıştır. Buna göre son 10 yıllık periyotta ortalama sıcaklık değerinin uzun yıllara göre ortalama  $0.68^{\circ}\text{C}$  daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, Mayıs-Ekim ayları arasında ise sırasıyla  $0.61-0.96-0.97-1.67-1.20-0.60^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık artışının olduğu belirlenmiştir. Boyacı ve Küçükönder (18) tarafından kuraklık sürecinin bütünleşik çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirilmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmada, Kırşehir ilinin uzun yıllık (1950-2019) ve son 10 yıllık (2010-2019) sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında uzun yıllık ortalamalara göre son 10 yılda  $1^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık artışı olduğu belirlenmiştir. Buna göre Mayıs-Ekim ayları arasında sırasıyla  $0.8-0.9-1.3-1.6-1.7-0.6^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık artışı olduğu belirlenmiştir.

Kırşehir ilinin 1950-2021 yılları arasındaki yıllık yağış miktarlarının grafiksel gösterimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Kırşehir ilinin 1950-2021 yılları arasındaki yağış miktarları

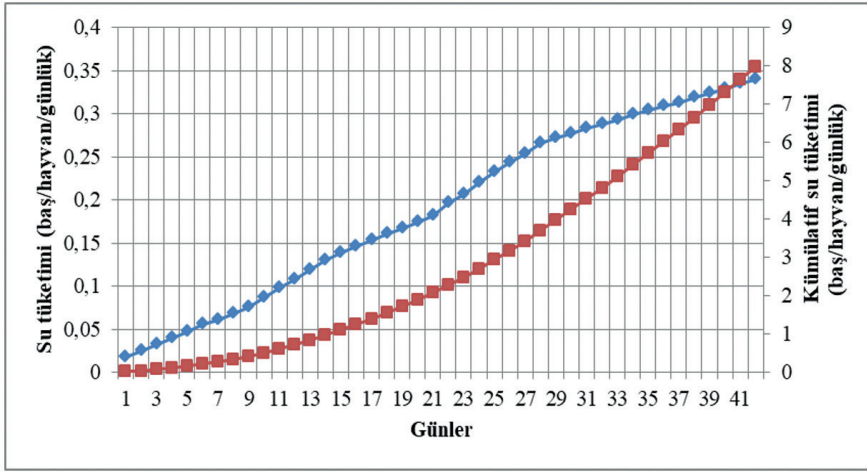
Şekil 1'e göre 1950-2021 yılları arasında ölçüm yapılan 72 yılın 39 yılında yağış miktarları, ortalama yağış miktarından daha düşük iken 33 yılında ise ortalama yağış miktarının üzerinde olduğu görülmektedir. Buna göre ortalama her iki yılda bir yağışların ortalama yağış miktarının altında olduğu görülmektedir.



İlde yıllar itibariyle artan sıcaklıkların bir taraftan buharlaşma ile yerüstü sularını, diğer taraftan ise yıllık ortalama yağış miktarının altında kalan yılların artması ise yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının beslenmesiyle ilgili sorunlar oluşturacağı açıktır. Bu sorunlar ise ilde son yıllarda artan hayvansal üretim faaliyetlerinin azalmasına ve özellikle ana uğraşısı etlik piliç yetiştiriciliği olan işletmeleri olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenle kurak geçen dönemlerde ilde tarım sektörünün su eksikliği nedeniyle yaşayabileceği su stresinin azaltılabilmesi amacıyla yağmur sularının toplanması ilde su temini için alternatiflerin oluşturulması bakımından önemlidir.

### 3.2. Kümes Hayvanlarının Su Tüketim Miktarları

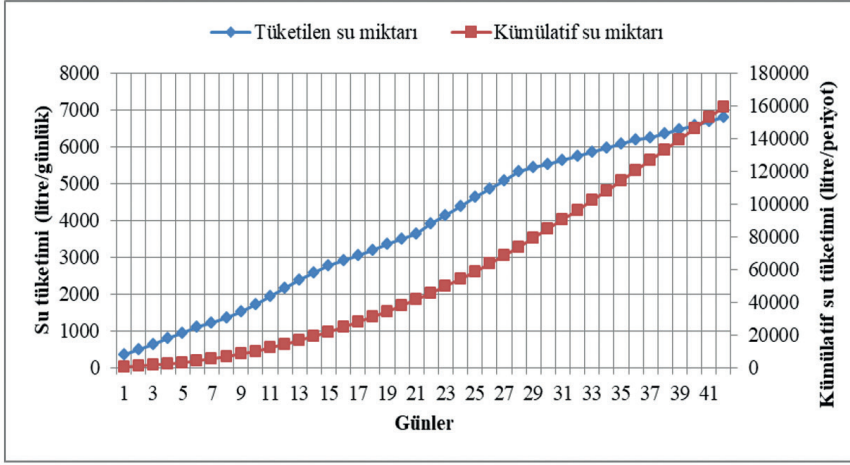
Çalışmada, bir etlik piliçin bir üretim periyodu süresince (42 gün) yem tüketimine bağlı olarak tükettiği günlük ve kümülatif içme suyu miktarları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Etlik piliçlerin günlük ve kümülatif su tüketimleri

Şekil 2'de etlik piliçlerin yem tüketimlerine bağlı olarak günlük su tüketimleri zamanla artış göstermiştir. Buna göre günlük su tüketimleri 0.018-0.3402 litre/gün arasında değişim göstermiştir. Ayrıca periyotluk tüketilen su miktarı tavuk başına yaklaşık 8 litre/periyot olarak hesaplanmıştır.

Kümes içerisinde yetiştirilen tavuk sayısına göre periyotluk içme suyu tüketim miktarları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Kümeste hayvan sayısına göre tüketilen içme suyu miktarları

Şekil 3'e göre üretim periyotunda günlük içme suyu tüketimleri 360 litre/gün ile 6804 litre/gün arasında değişmiştir. Üretim periyotundaki su tüketimleri ise toplam 159768 litre/periyo'tur.

Buna göre 6 üretim periyotunda yetiştiricilik yapılması düşünülen kümeste her yetiştirme periyodunda 159768 litre içme suyuna ihtiyaç duyulacaktır. Ayrıca her üretim dönemi arasında temizlik için 2352 litre suya ihtiyaç duyulduğunda işletmede içme ve temizlik için periyotluk ihtiyaç duyulan toplam su miktarı 162120 litre dir. Yıllık 6 üretim periyotu içinse gereksinim duyulan su miktarı toplam 972720 litre/yıl dır.

### 3.3. Yağmur Suyu Hasadının Kümeste Su Tüketimini Karşılama Oranı

Kümeste tavuklar tarafından yıllık olarak tüketilen ve yağmur suyu hasadı ile toplanabilecek su miktarları Tablo 3'te verilmiştir.

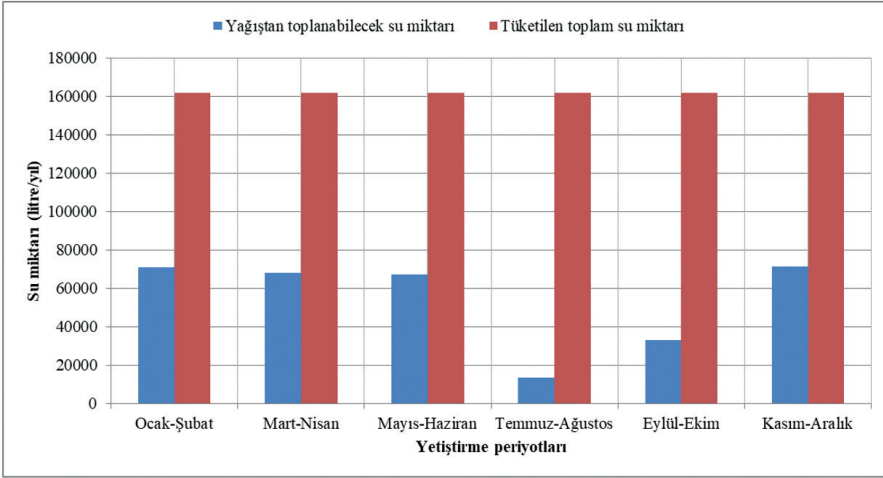
Tablo 3'e göre işletmede bulunan çatı yüzey alanlarına bağlı olarak toplanabilecek su miktarı toplam 324972 litre iken tavukların içme ve temizlik için ihtiyaç duyulan su miktarları toplamı 972720 litre olarak belirlenmiştir.

İşletmede yağmur suyu hasadının tüketilen suyu karşılama miktarları Şekil 4'te verilmiştir.

Hesap edilen değerlere göre işletmede yıllık olarak toplanacak yağmur suyu hasadı ile kümeste tavuklar tarafından tüketilen yıllık içme ve kullanma suyunun %33.4'ünün karşılanabileceği belirlenmiştir (Tablo 3 ve Şekil 4).

**Tablo 3. Kümeste yıllık olarak tüketilen ve yağmur suyu hasadı ile toplanabilecek su miktarları**

Aylar	Yağıştan toplanabilecek su miktarı (litre)	Tüketilen toplam su miktarı (litre)	Karşılama oranı, %
Ocak-Şubat	70941.6	162120	43.8
Mart-Nisan	68392.8	162120	42.2
Mayıs-Haziran	67288.3	162120	41.5
Temmuz-Ağustos	13508.6	162120	8.3
Eylül-Ekim	33134.4	162120	20.4
Kasım-Aralık	71706.2	162120	44.2
<b>Toplam</b>	<b>324972</b>	<b>972720</b>	<b>33.4</b>



**Şekil 4. İşletmede yağmur suyu hasadının tüketilen suyu karşılama miktarları**

Hoss ve ark. (12) yoğun hayvansal üretimde sürdürülebilirliğin doğrudan su yönetimiyle ilişkili olduğunu, su kaynakları üzerinde artan baskının ve giderek artan şiddetli kuraklıkların yaşanmasının, kırsal kesimde hayvancılık talebinin karşılanmasını zorlaştırdığını belirtmişlerdir. Bu durumun çözümü için akılcı su kullanımının ve alternatif su temini kaynaklarının araştırılmasının önemi vurgulanmıştır. Kılıç ve ark. (11) Bursa Uludağ Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Hayvan Sağlığı ve Hayvansal Üretim, Araştırma ve Uygulama Merkezinde yürüttükleri çalışma sonucuna göre, işletmelerin genelinde Aralık ayında en fazla, Ağustos ayında ise en az yağmur suyu hasadı yapılmıştır. İncelenen kümes işletmelerinde Aralık ayında gerekli su ihtiyacı %71.5 oranında karşılanabiliyorken, Ağustos ayında %13.3'ü karşılanabilmektedir. Koyun işletmesinde ise Aralık ayında toplanan 216.9 m<sup>3</sup> su ile ihtiyacın %90.4'ü karşılanabiliyorken diğer aylara da su

transferi yapılabilmektedir. Besi sığırı işletmesinde kış aylarında %57.4'ünü karşılamak mümkün iken yaz aylarında bu oran %16.4'e kadar düşmektedir. Süt sığırı işletmelerinde ise yağmur suyu hasadı ile kış aylarında ihtiyacın tamamı karşılanabilirken var olan suyun depolanarak diğer dönemlere de aktarılmasıyla ihtiyacı giderebilmektedir. İşletmeler için tasarlanan yağmur suyu hasadı sistemleri ise en geç 7 yılda kendini amorti edebilmektedir. Çaylı (19) tarafından Kahramanmaraş iklim koşulları için kümeslerde ihtiyaç duyulan su miktarı hesaplanmış ve bunun yağmur suyu hasadı ile karşılanabilme olanağı araştırılmıştır. Bulgular yağmur suyunun depolanması ile büyük oranda (%64.2) ihtiyacın karşılanabileceğini göstermesine rağmen, bu amaçla ihtiyaç duyulan depo kapasitesinin büyük olmasından dolayı işletmeler için yüksek maliyetlere neden olabilir. Yağmur suyu hasadı ile ihtiyaç duyulan suyun karşılanması, suyun kıt olduğu bölgelerde ve mevcut su kaynaklarına destek olarak tercih edilebileceğini bildirmiştir.

### **3.4. İşletmede Yağmur Suyu Hasad Sistemi Tasarımı ve Tasarruf Oranının İncelenmesi**

İşletme içerisinde yer alan çatılardan en fazla yağmur suyu hasadı için hasad edilecek yağmur suyunun uygun şekilde tasarlanan sistemler ile toplanması gerekmektedir. Kılıç ve ark. (11) tarafından yapılan çalışmada, işletmede hasad edilebilecek yağmur suları için yer altına gömülü tankların tercih edilmesinin nedenini, yerden tasarruf sağlaması, yer çekimi sayesinde tank içerisine suyun doldurulabilmesi, ışık geçirgenliğinin az olması nedeniyle yosunlaşma olasılığının azalması, bakımının kolay olması ve dış etkilerin tanka verebileceği zararın azaltılması olarak belirtmişlerdir. Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarda, bir çok işletmede gübrenin hiçbir önlem alınmadan gelişi güzel yığınlar halinde biriktirildiğini bu nedenle gübrenin yüzey ve taban suyu için de birer kirletici kaynak olacağı bildirilmiştir (20, 21, 22). Bu nedenle işletmelerden çıkan gübrelerin yerüstü ve yeraltı kaynaklarına olan olumsuz etkilerinin azaltılması bakımından gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Yağmur suyu hasadı yapılacak işletmelerin depolama amacıyla kullanacakları depolama yöntemine dikkat etmesi ve özellikle toprak altında yapılacak depolama havuzlarında gübre sularının depo içerisine girmesini önlemek amacıyla sızdırmazlıklarının çok iyi olmasına özen gösterilmelidir.

İşletme içerisinde yer alan binaların çatılarından yağmur sularının depolanması için tasarlanacak deponun kapasitesi çalışma kapsamında yer altına konulacak galvanizli ve 30 ton kapasiteli olarak belirlenmiştir. Buna göre kullanılacak depo, boru ve boru parçaları ve vana olmak üzere sistem maliyeti yaklaşık 77600 TL olarak belirlenmiştir. İşletmeden toplanacak su miktarı ile yıllık olarak yaklaşık 6500 TL tasarruf edilebilecektir. Buna göre sistemin geri ödeme süresi 11.9 yıldır.

Kılıç ve ark. (11) tarafından yapılan çalışmada, Bursa Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Sağlığı ve Hayvansal Üretim Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan tüm çiftliklerde yağmur suyu toplama sisteminin uygulanmasıyla yıllık ortalama 94962,5 TL mali tasarruf sağlanabileceği ve sistemin geri ödeme süresinin yaklaşık 7 yıl olacağını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada olduğu gibi bölgedeki yağış miktarı, işletmede bulunan çatı yüzey alanları, işletmede yetiştirilen hayvan sayısı, içme ve temizlikte kullanılan su miktarı gibi birçok parametre toplanabilecek, depolanacak ve tüketilecek su miktarını etkilediğinden geri ödeme süresi bu değişkenlere bağlı olarak değişecektir. Bu nedenle çalışmada geri ödeme süresi yapılan çalışma ile farklılıklar gösterse de ele alınan parametreler bakımından uyumluluk göstermiştir.

Akyuz (23) tarafından Kahramanmaraş ilinde yapılan çalışmada, etlik piliç yetiştiriciliğinde kaliteyi, üretkenliği ve ekonomik verimliliği artırmanın önemli yolunun kontrollü çevre koşulları olduğunu, aynı zamanda, Akyuz (23) ve Büyüktaş ve ark. (24) il iklimine uygun piliç kümeslerinin inşa edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Araştırmacılarında bildirdiği üzere iç ortam iklimini düzenlemenin yanında il iklimine uygun kümeslerin inşa edilmesi son derece önemlidir. İlave olarak son yıllarda ortaya çıkan ve artan şekilde devam eden iklim değişikliği nedeniyle inşa edilecek kümeslerde yağmur suyu hasad sistemlerinin kümeslerin planlama aşamasında düşünülmesi ve işletmenin sulama sistemlerine uyumlu bir şekilde tasarım yapılması gerekmektedir.

## **SONUÇ**

Kırşehir ilinde yer alan tavukçuluk işletmesinde bulunan bina çatı alanları ve ilin uzun yıllık ortalama yağış bilgisi kullanılarak depolanabilecek toplam yağmur suyu miktarları hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda etlik piliç işletmesinde tavuklar için gerekli olan içme ve temizlik suyunun %33.4'ünün karşılanabileceği ve tasarlanan sistem ile geri dönüşüm süresinin ise 11.9 yıl olacağı belirlenmiştir. İlde yıllar itibariyle artan sıcaklıkların bir taraftan buharlaşma ile yerüstü sularını ve yıllık ortalama yağış miktarının altında kalan yılların artması ise yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının beslenmesiyle ilgili sorunlar oluşturacağı açıktır. Bu sorunlar ise ilde tarımsal uğraşları (bitkisel ve hayvansal) olumsuz etkileyecektir. Çalışma sonucunda, yıllık ortalama yağış miktarının düşük olduğu ilde yağmur suyu hasadı ile işletmelerin ihtiyacı olan suyun bir kısmının karşılanabilmesi işletme ekonomisine katkı sağlarken aynı zamanda yerüstü ve yeraltı su kaynaklarına olan baskının azaltılması bakımından da önemli olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Sirait S, Suci YT, Saputra E, Egra S, Santoso D. Rainwater harvesting for irrigation system and microclimate control in greenhouse (State of the Art). *AgriHumanis: Journal of Agriculture and Human Resource Development Studies*, 2023; 4(2): 53-64.
2. Esguerra AT, Madrid AE, Mme RGN. Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in region I. *E-International Scientific Research Journal*, 2011;3(2):145-155.
3. Ertop H, Kociğcka J, Atılğan A, Liberacki D, Niemiec M, Rolbiecki R. The importance of rainwater harvesting and its usage possibilities: Antalya example (Turkey). *Water*, 2023;15: 2194.
4. EEA. Water and Agriculture: Towards Sustainable Solutions. Publications Office of the European Union, Copenhagen, Denmark, 2021; p. 123. <https://doi.org/10.2800/73735>
5. Londra PA, Gkolfinopoulou P, Mponou A, Theocharis AT. Effect of rainfall regime on rainwater harvesting tank sizing for greenhouse irrigation use. *Hydrology*, 2022; 9:122. <https://doi.org/10.3390/hydrology9070122>
6. Londra PA, Kotsatos IE, Theotokatos N, Theocharis AT, Dercas N. Reliability analysis of rainwater harvesting tanks for irrigation use in greenhouse agriculture. *Hydrology*, 2021; 8:132. <https://doi.org/10.3390/hydrology8030132>
7. Yalılı Kılıç M., Abuş MN. Bahçeli bir konut örneğinde yağmur suyu hasadı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 2018; 4(2): 209-215.
8. Kantaroğlu Ö. Yağmur suyu hasadı plan ve hesaplama prensipleri. IX. Ulusal Tesiisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs 2009, İzmir, Türkiye.
9. Parker DB, Brown MS. Water consumption for livestock and poultry production.2003;[https://www.researchgate.net/publication/269393738\\_Water\\_consumption\\_for\\_livestock\\_and\\_poultry\\_production](https://www.researchgate.net/publication/269393738_Water_consumption_for_livestock_and_poultry_production). (Erişim tarihi: 10.10.2023).
10. Parker DB, Perino LJ, Auvermann BW, Sweeten JM. Water use and conservation at Texas high plains beef cattle feedyards . *Applied Engineering in Agriculture*, 2000; 16(1): 77-82.
11. Kılıç U, Yaylı B, Kılıç İ. Rainwater harvesting and system design in livestock farms. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 2023; 9(2): 218-228.
12. Hoss CG, Tavares JMR, Moreira AJG, Belli Filho P, Matthiensen A. Assessing the potential for rainwater harvesting use in a concentrated animal feeding operation region in the South of Brazil. *Sustainability*, 2022; 14:12523.
13. Saltuk B, Gümüş Z, Aydın Y, Solak M. Current situation of livestock in siirt province and environmental impacts. *ARJA*, 2017; 7(3): 1-8.
14. Arenas-Navarro I, David Montes E, Serrano-Pinilla SM, Rueda-Ordoñez DA. Development of a rainwater harvesting model for broiler farms. *Rev. UIS Ing.*, 2020; 19(2): 127-134. doi: 10.18273/revuin.v19n2-2020014
15. MGM. Resmi istatistikler.<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KIRSEHIR>. (Erişim tarihi: 10.10.2023)
16. Drastig K, Palhares JCP, Karbach K, Prochnow A. Farm water productivity in broiler production: case studies in Brazil. *J Clean Prod.*, 2016; 135:9-19. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.06.052.
17. Boyacı S, Akyüz A, Baytorun AN, Çaylı A. Kırşehir ilinin örtüaltı tarım potansiyelinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2016; 5(2): 142-157.
18. Boyacı S, Küçükönder H. Assessment of drought process with integrated multi-criteria decision-making methods. *Mugla Journal of Science and Technology*, 2021; 7(1): 65-72.
19. Çaylı A. Kümeslerin su gereksiniminin yağmur suyu hasadından karşılanması üzerine bir araştırma: Kahramanmaraş örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg*, 2021; 24(5): 1048-1058.
20. Atılğan A, Alagöz T, Saltuk B, Erkan M. Hayvan barınaklarında gübre depolarının mevcut durumu ve geliştirilmesi. *Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2005; 20(2): 37-46.
21. Atılğan A, Erkan M, Saltuk B, Alagöz Taner. Akdeniz Bölgesindeki hayvancılık işletmelerinde gübrenin yarattığı çevre kirliliği. *Ekoloji*. 2006; 15(58): 1-7.
22. Boyacı S, Akyüz A, Kükürtcü M. Büyükbaş hayvan barınaklarında gübrenin yarattığı çevre kirliliği ve çözüm olanakları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2011;4(1): 49-55.
23. Akyuz A. Effects of some climates parameters of environmentally uncontrollable broiler houses on broiler performance. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2009; 8(12): 2608-2612.
24. Büyüktaş K, Atılğan A, Tezcan A. Tarımsal Üretim Yapıları. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın no: 101; 2016.

## BÖLÜM 12

### YAĞMUR SUYU HASADI

Burak SALTUK<sup>1</sup>  
Atılğan ATILGAN<sup>2</sup>  
Ayşe ULUSOY<sup>3</sup>  
Hasan ERTOP<sup>4</sup>

#### GİRİŞ

Dünya üzerinde bulunan su miktarı, devamlı bir döngüsel tekrar ile devamlılığını sağlamasına rağmen hızlı nüfus artışı, artan çevre kirliliği, düşüncesizce ve bilinçsizce yapılan su tüketimi, iklim değişikliği gibi küresel etkenlerden dolayı devamlılığını sürdürdü remeden tüketilmeye devam edilmektedir. Doğanın kendi başına karşılayamadığı bu durum sonucunda da su kıtlığı başlamaktadır. Günümüzde de birçok ülke su problemleri ile karşı karşıya gelmiş bulunmaktadır. Mevcuttaki su kaynakları üretim ve tüketim için gerekli olan endüstriyel, tarımsal, hayvansal ve insansal ihtiyaçları karşılayamamaktadır. Özellikle tarımsal alanda yapılan “vahşi sulama” olarak adlandırılan bilinçsiz, eğitimsiz ve kontrolsüz bir şekilde yapılan sulamalar sonucu yeraltı ve yerüstü su kaynakları yetersiz seviyelere ulaşmaktadır. Ülkeler için su temin etmek gittikçe zorlaşmaya başlamaktadır. Bu sebeple kaynakların devamlılığını sağlamak ve alternatif yöntemler ile sürdürülebilirliğini sağlayarak önlem almak esas hale gelmektedir.

Günümüzde oldukça büyük bir öneme sahip olan yağmur suyunun değerlendirilerek alternatif su kaynağı olarak kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır. Yağmur sularının kaynakları beslemesi oldukça önemlidir. Fakat yağmur sularının düşüş alanı oldukça sınırlıdır. Dünyanın karasal kütlesi su kütlesinden az olduğu için yağmur suları yeraltı ve yerüstü kaynaklarının beslenmesini yeterli miktarda karşılayamamaktadır.

<sup>1</sup> Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, burak.saltuk@alanya.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8673-9372

<sup>2</sup> Prof. Dr., Alaaddin Keykubat Üniversitesi atilgan, atilgan@alanya.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-8443-4230

<sup>3</sup> Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Yüksek Lisans Öğrencisi, ayse.ulusoy9427@gmail.com, ORCID iD : 0009-0003-0168-8484

<sup>4</sup> Doktora Öğrencisi, Ziraat Yüksek Mühendisi Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, hasanertop@hotmail.com, ORCID iD: 0000-0003-0987-5885



Yapılan çalışmalarda; yeryüzüne düşen yağmur sularının yeraltı su kaynaklarına %30'luk bir kısmı erişebilirken yerüstü kaynaklarından okyanus ve denizlere karışan yağmur sularının da %70'lik kısmından faydalanılamamaktadır (1). Yağmur suyunun değerlendirilmesi ve kullanımı için uygulanan yöntemlerden biri de “yağmur suyu hasadı” çalışmalarıdır.

## **YAĞMUR SUYU HASADI**

Yağmur suyu hasadı; su kıtlığı yaşayan kurak ve yarı kurak bölgelerde yeryüzüne düşen yağmur suyunun çeşitli metot ve materyaller ile toplanıp depolanması ve tekrar kullanılması olarak tanımlanmaktadır (1). Yağış miktarının yetersiz olduğu, su temin edebilmek için gerekli altyapısı bulunmayan, yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının yeterli olmadığı bölgeler için yağmur suyu hasadı çözüm olarak sunulmaktadır (2).

Yağmur suyu hasadı günümüzde yaygınlaşmaya başlamış bir alternatif su kaynağı yöntemi olarak bilinse de geçmişte uygulanmış bir sistemdir. Uygulanma tarihi çok eskilere dayanan yağmur suyu hasadı yöntemi yeraltı depolama sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk örneklerine Mısır'da yer alan 200 – 2000 ton arasında değişkenlik gösteren depolama tanklarında rastlanmaktadır. Günümüzde tanklar hala kullanılmaktadır (3). Geçmişte önemli bir yere sahip olan yağmur suyu toplama uygulamaları suyun insanlara şebekeler ile taşınması, tarım arazilerinin su kaynaklarına yakınlığı gibi kolaylıkla suya erişimin olması esnekliği sonucunda geçmişteki gibi öneme sahip değildir. Ancak bugün birçok ülke su kıtlığı ile karşı karşıyadır. Bu sebeple yağmur suyu hasadı için birçok yasal düzenlemeler geliştirilmeye başlanmıştır. Hindistan' da birçok şehirde çatılardan yağmur suyu hasadı çalışmaları için düzenlemeler yapılmıştır. Çatı alanı 100 m<sup>2</sup>'den fazla, inşaat alanı 1000 m<sup>2</sup>'den fazla olan tüm yeni yapılarda ve mevcut altyapısı olan kentsel alanlarda yağmur suyunun kullanımı için çalışmalar yapılması zorunlu kılınmıştır (4). Amerika Birleşik Devletleri'nde günümüzde yaklaşık 250.000 evde yağmur suyu toplama sistemi mevcuttur (5). Japonya Bayındırlık Bakanlığı, 30.000 m<sup>2</sup>'den büyük yapılarda gri su arıtma sistemlerinin ve yağmur suyu toplama uygulamalarının kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Almanya' da DIN<sup>5</sup> (Alman Standartları Enstitüsü, 1989) standardına göre yağmur suyu sistemleri planlama, kurulum ve bakım, filtrasyon, depolama havuzları ve diğer materyallerin kullanılması önerilmektedir. Yüksek miktarlardaki su fiyatları nedeniyle yerleşim alanlarına 1.5 milyondan fazla su toplama sistemleri kurulmuştur. Sistemlerin kurulduğu bölgelere göre sübvansiyonda<sup>6</sup> 1200 Euro' ya

<sup>5</sup> Deutsche Industrie Norm

<sup>6</sup> Sübvansiyon; devlet tarafından kurumlara ya da kişilere yapılan karşılıksız mali yardımlardır. Sübvansiyonlar; mal, hizmet veya para şeklinde gerçekleştirilir (6).

varan indirimler uygulamaktadır (1). Bazı ülkelere ait yağmur suyu hasadı teşvikleri Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Ülkelerde yağmur suyu hasadı kullanımına yönelik yasa, yönetmelik ve teşvikler (7).		
ÜLKE	YASA VE YÖNETMELİK	TEŞVİK
ALMANYA	“DIN 1989” yağmur suyu kullanım sistemleri, bu konuda birçok ülkede oluşturulan standartlar için çığır açıyordu. Bu standart, yağmur suyu, yağmur suyu filtreleme, yağmur suyu filtreleme, yağmur suyu depolama tankları ve ek bileşenlerin tasarımını, kurulumunu, uygulamasını ve bakımını kapsar.	Kullanım suyu maliyetlerinin fazla olması sebebi ile binalarda ve iş alanlarında bir buçuk milyondan fazla yağmur suyu hasadı sistemi vardır.
İNGİLTERE	BS - 8515: 2009 Yağmur Suyu Toplama Sistemleri, Yağmur suyunun kullanımına ilişkin Uygulama Standardı yayınlandı. Bu standart, Birleşik Krallık’ta ev suyuna yağmur suyu katkı maddelerinin tasarımı, montajı ve bakımı için bilgi sağlar.	Sistemin uygulandığı ilk yıl %100 vergi indirimi uygulanmaktadır (U.K.).
JAPONYA	Japon Bayındırlık Bakanlığı, 30.000 m <sup>2</sup> ’den büyük binalar için gri su arıtım sistemlerinin veya yağmur suyu toplama sistemlerinin kullanılmasını zorunlu kılmıştır.	
HİNDİSTAN	Yeni Delhi’de 100 m <sup>2</sup> den fazla çatı alanına sahip tüm yeni binalar ve 1000 m <sup>2</sup> den fazla inşaat alanına sahip yeni binalar, Gujarat’taki tüm resmi binalar, Indore’da 250 m <sup>2</sup> den fazla inşaat alanına sahip tüm yeni binalar, Hyderabad’da 300 m <sup>2</sup> den büyük tüm yeni binalarda, Chennai’de tüm yeni 3 katlı binalarda, Mumbai’de 1000 m <sup>2</sup> den büyük tüm binalarda ve Rajasthan’da 500 m <sup>2</sup> den büyük altyapıya sahip kentsel alanda yağmur suyu kullanılması zorunlu tutulmuştur.	

**Tablo 1. Ülkelerde yağmur suyu hasadı kullanımına yönelik yasa, yönetmelik ve teşvikler (7) (DEVAMI).**

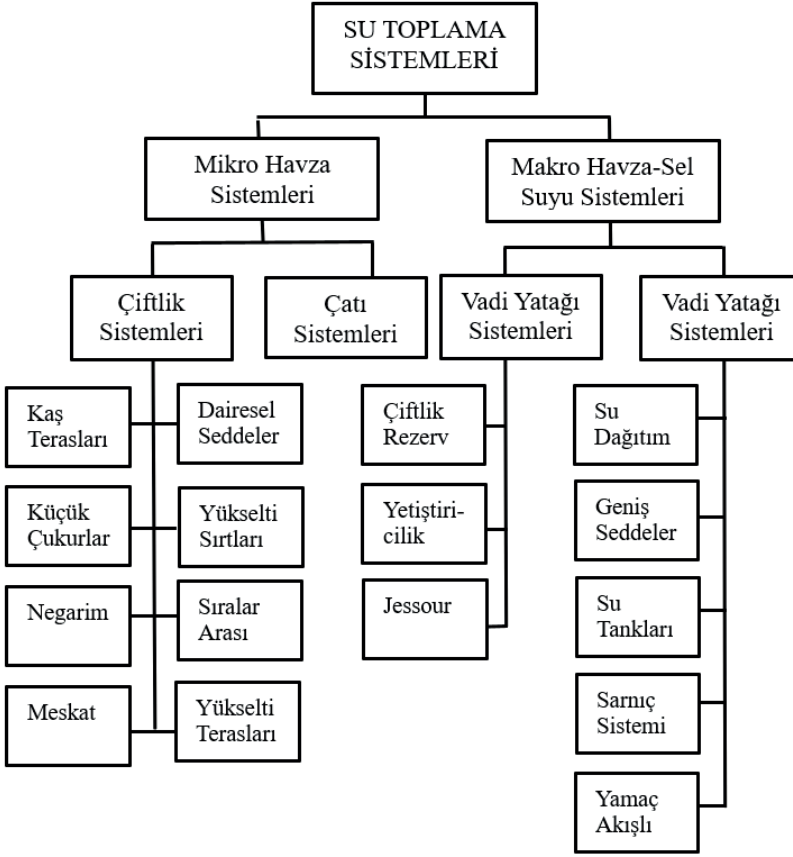
ÜLKE	YASA VE YÖNETMELİK	TEŞVİK
AVUSTRALYA	Sydney ve New South Wales' te BASIX Bina yönetmeliğine göre yağmur suyu deposunu evin dışında veya içinde (tuvalet veya çamaşır makinesi) kullanarak su tüketimini azaltmak gerekir	“Ulusal Yağmur Suyu ve Gri Su Girişimi” programının bir parçası olarak, Ocak 2009’ dan bu yana her aile, kendi kullanımları için bir yağmur suyu tankı veya gri su arıtma tesisi için 500 dolara kadar devlet sübvansiyonu aldı. Teşvikler; 2000 ila 3999 litre arasındaki yağmur suyu tankları için 400 \$, 4000 litre veya daha büyük tanklar için 500 \$ ve kalıcı gri su arıtma sistemleri için 500 \$. Queens Land’ de hükümet, konutlara yönelik bir yağmur suyu sistemi kurmak için 1500 \$’a varan indirimler sunuyor.
A.B.D	Illinois: Illinois Plumbing License Law tarafından 1 Ocak 2010 tarihinden itibaren yağmur suyu toplama ve dağıtım sistemine ilişkin minimum standartlar (SB 2549) yasa ile zorunlu hale getirilmiştir. Yağmur suyunun toplanması ve kullanılmasına ilişkin çok sayıda yasa veya yönetmelik bulunmamakla birlikte, farklı eyaletler tarafından belirlenen farklı yasalar bulunmaktadır.	Austin: Yağmur suyu sistemlerinin hayata geçirilmesi için 2008 yılında 500 dolar bina-yapı desteği, kamu binaları veya maddi amacı olmayan kuruluşlar için de 5000 dolarlık destek sağlanmaktadır. Austin Ticari Teşvik Programı kapsamında ticari işlemler için en fazla 40.000 dolarlık bir indirim uygulanmaktadır. Virginia eyaletinde, sistem maliyetinin yarısını geçmediği sürece 2000 \$’ a kadar vergi kesintisi yapılabilir.

## 2.1. Yağmur Suyu Hasadı Kullanım Olasılıkları

Mevcutta bulunan su kaynaklarımızın büyük bir oranı evlerde tüketilmektedir. Bu oran nüfus sayısı dolayısıyla da bina yapısı arttıkça artmaktadır. Su tüketiminin önüne geçebilmek için en önemli etken bilinçli ve duyarlı bireylerin yetişmesidir. Bu sebeple sürdürülebilir bir gelecek için eğitim ve öğretim her geçen gün önem kazanmaktadır. Ancak bilinçli tüketimin bile karşılayamayacağı seviyelere gelen su kıtlığı ile mücadele etmek için alternatif su kaynaklarından yararlanmak ve faydalı hale getirmek kaçınılmaz hale gelmiştir. Dünyada ve özellikle su kıtlığı sınırında bulunan ülkemizde yasa ve yönetmeliklerle yağmur suyu toplama, kullanma ve depolama sistemleri teşvik edici ve zorunlu hale getirilmeye

çalışılmaktadır. Yağmur suyunun toplanması ile gerekli birçok ihtiyaç doğrudan, kolay ve masrafsız bir şekilde karşılanmaktadır (2, 8). Yağmur suyu hasadı kullanım olasılıkları geniş çapta olup gelişen arıtma tekniklerinin de sisteme dahil edilmesiyle içme suyu kaynağı olarak da kullanılabilinmektedir. Yağmur suyu, eğer temiz bir çatı yüzeyinden toplanarak depolanırsa içme suyu olarak kullanılabilir. Ancak kirli bir çatı yüzeyinden toplanırsa, bu su gerekli arıtma proseslerinden geçirilerek kullanılabilir hale getirilmektedir (8). Çevre Koruma Ajansı kalite standartlarınca yağmur suyu bir yüzeye veya toplama alanına temas etmediği sürece uygunluğu kabul edilmiştir (9). Yağmur yağdıktan kısa bir süre sonra hasat edilen suyun mikrobiyal olarak kirlenmesi, sudaki *E.coli* konsantrasyonuna bakılarak analiz edilmektedir. Yağmur suyunun içeriğinde *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter*, *Vibrio*, *Salmonella*, *Shigella* ve *Pseudomonas* gibi mikroorganizmalar bulunabilmektedir (10). Bunun için suyun kullanım öncesinde klorlama, kaynatma gibi gereken dezenfeksiyon işlemleri yapılmalıdır (14).

Havaalanları, askeri bölgeler, stadyumlar, toplu konut yapıları, turistik tesisler ve yeterli büyüklükte çatı alanına sahip binalardan yağmur suları sistemler ile toplanarak arıtma sistemleri ile desteklenmesiyle kullanıma hazır bir hale getirilmektedir (8). Yağmur suyu toplama sistemlerine ait şema Şekil 1'de yer almaktadır. En sık kullanılan sistemler kırsal alan hasadı ve çatı tipi toplama sistemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Kırsal alan hasadı daha çok tarımsal alanlarda tatlı su kaynaklarının tüketilmesinin önüne geçmek için uygulanmaktadır. Çatı tipi hasat ile daha çok binalar için gerekli ihtiyaçlar karşılanmaktadır.



Şekil 1. Su toplama sistemleri ve sınıflandırılması (2).

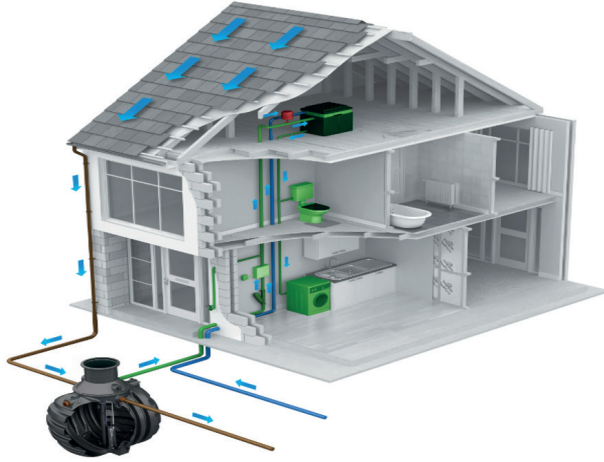
Kırsal alan hasadı; tarım arazilerinde kullanıma uygun olacak şekilde su toplama sistemleri sınıfında her iki yöntem ile uygulanmaktadır. Sera çatılarından hasat, eski kemer ve su yolu sistemleri ile hasat, sızdırmaz zemin uygulamaları gibi çeşitleri mevcuttur. Sızdırmaz zemin uygulamaları da günümüzde uygulanmaya başlamış su hasadı yöntemlerindedir. Tarım arazisine yakın bölgeye özellikle tarıma elverişsiz bir arazide zeminden aşağıda kalacak şekilde açılan hendeğe sızdırmaz bir plastik zemin örtüsü yayılması ve yağmur suyunun toplanması ile uygulanmaktadır. Bu uygulama ile yağmur suyu için yapay bir gölet oluşturularak yüzeyden gelen suyun çeperlerden cazibe ile akışı da sağlanmaktadır. Kırsal alan hasatlarından sızdırmaz zemin uygulamasına ait görsel Şekil 2’de yer almaktadır. Sera çatılarından su hasadı, tıpkı bina çatı hasadı sistemleri gibi uygulamalarla gerçekleştirilmektedir. Bina çatılarından yağmur suyu hasadına ait görsel Şekil 3’te yer almaktadır.

## Yağmur Suyu Hasadı



Şekil 2. Kırsal alanda sızdırmaz zemin uygulaması ile yağmur suyu hasadı (12).

Kırsal alanda yağmur suyu hasadı tatlı su kaynaklarının bilinçsizce kullanımı ve israf edilmesine karşı oldukça verimli yöntemler arasında yer almaktadır. Bu yöntem ile tatlı su kaynağı mevcut olmayan alanlarda da tarımsal üretimin gerçekleşmesi sağlanabilmektedir.



Şekil 3. Bina çatılarından yağmur suyu hasadı ve kullanım alanları (13).

Binalarda yağmur suyu hasadında en verimli çatı üçgen tipli çatılardır. Hem direk oluklara aktarım sağlanır hem de ekstra zemin dolgusu gerektirmemektedir. Çatı kenarlarına monte edilen oluklar ile toplanan yağmur suyu katı malzemelerin filtrelmesi sonucu yeraltı veya yerüstü depolama tanklarında depolanarak ihtiyaç doğrultusunda kullanılmaktadır.

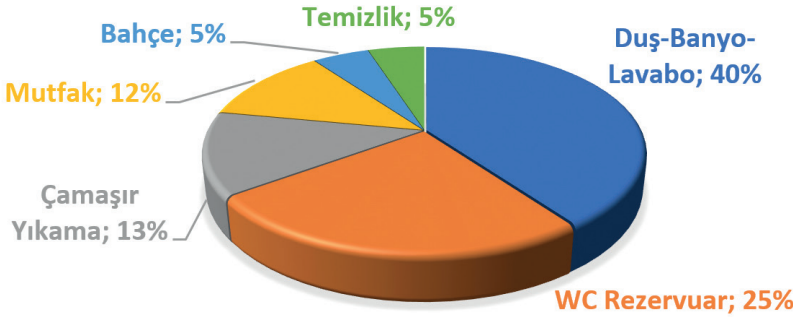
### 2.1.1 Yeşil Alanlarda Yağmur Suyu İle Sulama

Yağmur suyunun pH değerinin yaklaşık nötr bir değere sahip olduğu çalışmalarla desteklenmektedir. Tuzlar, mineraller ve diğer insani kirleticilere sahip olmayan yağmur suyu peyzaj alanları için mevcuttaki kaynaklara kıyasla çok daha verimli olduğu bilinmektedir. Bu olumlu etkenlerden dolayı, yağmur suyu hasadı ile yeşil alanlarda sulama çalışmaları en çok verim alınan ve aktif olarak ta uygulanan yöntemler arasında yer almaktadır (15). Yağmur suyunda yer alan mineral ve bitki besin maddeleri ile yapılan sulama sonucunda yeşil alanlar için verim sağlamaktadır. Şebeke suyunda bulunan klor sulama ile toprağa geçmekte ve toksik madde birikimine neden olmaktadır. Yağmur suyu ise topraktaki tuzları yıkayarak bitki kök gelişimini desteklemektedir (16, 17).

Yeşil alanlarda bitki verimini sağlayacak ve kaynaklarında korunmasını destekleyecek yağmur suyu hasadı ile sulama yapılmasının yaygınlaşması önem arz etmektedir. Ülkemizde sulama saatlerinin yanlış uygulanması sonucunda bitkilerde hasar oluşmaktadır. Yeryüzüne dik gelen güneş ışınlarının tahribatının önüne geçmek için öğle saatlerinde sulama yapılmasından kaçınılmalıdır. Bu saatlerde gerçekleştirilen sulamalar sonucunda suyun buharlaşması ile birlikte hasar oluşmaktadır. Sulama işlemi sabah veya akşam saatlerinde yine bitkinin cinsine ve çeşidine göre belirlenerek gerçekleştirilmelidir.

### 2.1.2 Tuvalet Rezervuarlarında Yağmur Suyu Kullanımı

Yağmur suyunun evsel alanda su tüketiminde kullanıldığı alanlardan biri de tuvalet rezervuarlarıdır. Her bir sifon ile şebeke suları fazla miktarda kullanılmaktadır. Evsel tüketimde kullanılan en yüksek su miktarı tuvalet ve banyo ihtiyaçları için kullanılmaktadır. Evsel tüketime dair kullanım oranları Şekil 4'de yer almaktadır.



Şekil 4. Evsel Su Tüketimi Oranları (18).



Mevcut su kaynaklarımızın bilinçsizce tüketilmesinin önüne geçmek için yağmur suyunun toplanarak bina ihtiyaçlarında kullanılması ile evsel tüketim önemli oranda azaltılmaktadır. Türkiye’de Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2017 yılında “Yağmur Suyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri” hususunda yönetmelik yayınlayarak, 2021 yılı “Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği ”ne yağmur suyu hasadı ile ilgili alınan karara göre; “Yağmur suyu hasadının gerekli olduğu 2.000 m<sup>2</sup>den büyük mülklerde (okul, kamu alanları, alışveriş merkezleri, hastaneler, siteler, toplu konutlar vb.) çatı yüzeylerinden toplanacak yağmur sularının filtre edilerek bir depolama tankında toplanması ve bina tuvalet rezervuarlarında kullanılması amacıyla yağmur suyu toplama sistemi bulundurması zorunlu kılınmıştır” maddesi eklenmiştir (19, 20).

### **2.1.3 Çamaşır Yıkamada Yağmur Suyu Kullanımı**

Binalarda çatı sistemlerinden toplanan yağmur suları ile doğru bir filtreleme sonucu çamaşır yıkama işlemi gerçekleştirilmektedir. Yağmur suyu nötre yakın pH değerine sahip olması ve içeriğinde doğal mineral bulundurması özellikleri ile çamaşır yıkamada kullanımı verimli bir kaynaktır. Henüz yaygınlaşmamış bu uygulama binalardan toplanan yağmur suyunun evsel tüketimde kullanılmasına bir alan daha kazandırmaktadır. Dermatolojik açıdan yapılan çalışmalarda evlerde ve işyerlerinde yağmur suyundan faydalanılabileceği desteklenmektedir. Yağmur suyu ile yıkama işleminde yıkanan çamaşırlarda içme suyu ile yıkananlardan bakteriyolojik olarak fark görülmediği belirtilmektedir. Yıkanan çamaşırlarda nemden dolayı iz miktarda mikroorganizma varlığı gözlemlenmektedir. Bu mikroorganizmalar kurutma ile yok edildiğinde de insanda enfeksiyona sebep olabilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda çamaşırlar üzerinde mevcut mikroorganizmaların sayısı önemli bulunmamaktadır (18). Yağmur suyunda da şebeke suyunda da mikroorganizma bulunma olasılığı benzerlik göstermektedir. Yağmur suyu nötre yakın pH değeri ile çamaşırlarda kumaş yapısının korunmasında fayda sağlamaktadır.

Doğal ve düşük mineral içermesi sebebi ile yağmur suyu, pencere ve araba temizliği için etkili temizlik aracı olarak kullanılabilir. Yağmur suyu hasadı ile toplanan su, çamaşır yıkama ve tuvalet sifonlarında kullanıma uygun bulunmaktadır (13). Yağmur suyu sertlik yapıcı iyon maddeleri (Mg, Ca, CO<sub>3</sub>) barındırmadığından çamaşır yıkamanın yanında yemek yapımında da kullanılabilir (11). Tüm bu kullanımlar için gerekli filtreleme ve dezenfeksiyon işlemleri uygulanmalıdır.

#### **2.1.4 Araç Yıkamada Yağmur Suyu Kullanımı**

Düz ya da eğimli çatı sistemlerinden toplanan yağmur suları yeraltı veya yerüstünde konumlandırılan depolama tanklarından terfi pompaları ile çekilerek araç yıkama işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu sistem bazı ülkelerde uygulanmaktadır. Ülkemizde Borusan Oto İstinye Tesisleri'nde tesis çatılarından toplanan yağmur suyu, ayrı bir depoda depolanarak gerekli filtreleme işlemleri yapılarak tuvalet sifonlarında, araç yıkamada, bahçe sulamasında ve yangın su deposunda kullanılmaktadır (7).

Araç yıkama işlemleri çok fazla su tüketimine yol açmaktadır. Araç yıkama için gerekli su miktarı; tek seferde yaklaşık olarak 50 litrelik bir değerdedir (21). Aşırı tüketimin önüne geçmek için bu sistemlerin yaygınlaşması ile mevcut içme sularının sulamada ve yıkamada kullanımı engellenmelidir. Yıkama işlemleri için kullanılan kimyasal maddeler sonucunda da ortaya çıkan atıksular yoğun miktarda yüzey aktif madde içeriği sebebi ile tamamen arıtılamamaktadır. Bu sebeple yağmur suyu kullanımı ile bu durum hafifletilmelidir. Bunun yanında yıkama atıksularının yerinde arıtılarak tekrar kullanımı da atıksu arıtma tesisleri için yardımcı bir etken olarak görülmektedir.

#### **2.1.5 Diğer Alanlarda Yağmur Suyu Kullanımı**

Çatılardan elde edilen yağmur suyu yangın sulama tertibatında ve sertlik derecesi düşürülerek tüm alanlar için kullanım suyu olarak ve bina dışı uygulamalarda peyzaj sulama suyu olarak kullanımı mümkündür (1). Çatı yüzeylerinden veya taşlık, kayalık alanlardan gelen yağmur sularının toprak altı depolama sistemi ile depolanması ile evsel tüketimde veya hayvanların içme suyu olarak kullanılma imkânı vardır (14).

Ek olarak, bahçeli bir konuttan çatı sistemi ile toplanacak yağmur suları yeşil alan sulamada, süs havuzlarının dolumunda, araçların yıkanmasında ve kümes hayvanlarının su ihtiyaçlarının giderilmesinde potansiyele sahiptir (1). Yağmur sularının yukarıda bahsedilen başlıklar haricinde yangın tertibatı, hayvancılık, havuz dolumu vb. alanlarda kullanımı mümkündür.

## **2.2 YAĞMUR SUYU HASADININ AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI**

Yağmur suyu hasadının kurulum, depolama, su kalitesi, maliyet, inşa süreci, kullanım gibi özelliklerine dair avantaj ve dezavantajları başlıklar halinde aşağıda sunulmaktadır.

### 2.2.1 Yağmur Suyu Hasadının Avantajları

- Maliyet, projenin büyüklüğüne bağlı olmakla birlikte, inşaat ve işletme maliyetleri düşüktür,
- İnşası ve işletilmesi kolaydır,
- Bireysel sistemlerin sorumluluğu sistem sahibine aittir.
- Mevcut su temin sistemine entegrasyonu kolaydır,
- Sisteme adaptasyonu kolaydır,
- Çevresel etkisi diğer su temini projelerine göre daha düşüktür,
- Çıkarılan suyun bedeli ödenmez,
- Çıkarılan su kullanım noktasına yakın,
- Elde edilen su nispeten iyi kalitede olup, birçok yerde arıtılmadan kullanılabilir,
- Mevcut su kaynaklarını rahatlatır,
- Su temini için idealdir. Acil durumlar (deprem, yangın vb.),
- Kentsel olarak sel riskini azaltır ve alıcı ortama taşınması gereken kirlilik yükünü azaltır (22).

### 2.2.2 Yağmur Suyu Hasadının Dezavantajları

- Yağış iklimindeki belirsizlikler sistem güvenilirliğini azaltır,
- Psikolojik alanda bencil çözüm, iş birliği duygusunu yok edebilir,
- Bireysel su toplama sistemleri için sorumluluk sistem sahibine aittir, bu nedenle ilgi çekici olmayabilir,
- Bireysel su toplama sistemlerinin genelleşmesi, su işlerinde çalışanların gelirlerinde azalmaya ve işsizliğe neden olabilir. Yerleşime su sağlayan büyük şehir belediyeleri veya özel dağıtım şirketler gibi,
- Hükümetler yağmur suyunu alternatif bir su kaynağı olarak değerlendirmek için yönergeler geliştirmiyor, vatandaşlar talep etmiyor,
- Tanklar çocuklar için tehlikeli olabilir ve su bol miktarda alan tutabilir (22).

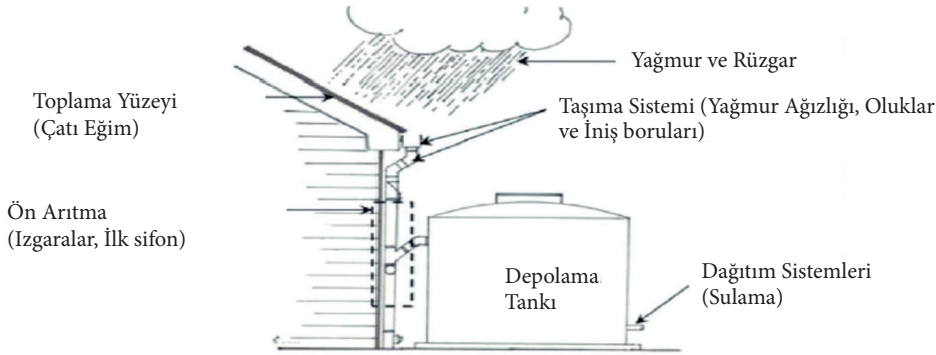
Yukarıdaki maddelere ek olarak yerüstü depolama tanklarının görüntü ve koku problemleri ile karşılaşmaktadır. Yağmur suyu hasadı ile ilgili eğitimlerin olmaması ve teşviklerin yeterli miktarda olmaması sistemin yaygınlaşmamasına neden olmaktadır.

## 3. YAĞMUR SUYUNU TOPLAMA, DEPOLAMA VE İLETİM

Geçmişte kullanımı yaygın olan ve özellikle su kıtlığının yüksek olduğu kesimlerde en çok uygulanan yağmur suyu toplama işlemleri eski sarnıç sistemleri ile yapılmaktaydı. Sarnıç sistemleri kıyıya yakın kesimlerde, kurak veya yarı kurak iklim özelliklerine sahip bölgelerde, adalar, kırsal alanlar ve dağınık yerleşim

yerlerinde kullanılmaktadır (5). Yağmur suyu toplama sistemi olan sarnıç sistemi altı bileşenden oluşmaktadır (5, 23). Sistem bileşenlerine ait görsel Şekil 5'te yer almaktadır.

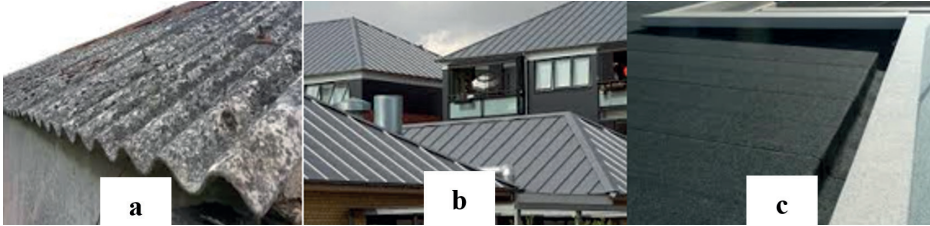
- i) Yüzeysel toplama, çatı: Yağmur suyunun bina çatılarından veya farklı zemin yüzeylerinden toplanması, depolama ve iletim yönüne eğimli olmalıdır.
- ii) Oluk sistemi: Yüzeyden toplanan suyun depoya taşınmasını sağlayan kanallardır. Toplama alanına, yağış tipine ve çatı özelliklerine göre tasarlanmalıdır.
- iii) Izgara sistemleri (İlk sifon): Kirletici maddelerin ve kalıntıların temizlenmesini sağlayan sistemlerdir. İlk yağın yağmur suyunu depolamadan ayırmak ve yönetmek için ilk yağmur ayırıcısı sisteme dahil edilmelidir.
- iv) Depolama (Biriktirme tankı): Toplanan yağmur suyunun güvenli bir şekilde depolanmasını sağlayan alanlar ve tanklardır.
- v) Taşıma (İletim): Yerçekiminin etkisi ile veya pompa yardımı ile suyun iletilmesidir.
- vi) Su arıtma: Yağmur suyuna karışan katı atıkları ve organik madde içeriklerini gidermek ya da çöktürmek için filtreleme yapılmalıdır. Filtreleme ve dezenfekte için bazı katkı maddeleri eklenebilir.



Şekil 5. Yağmur suyu toplamanın altı bileşeni (23).

Günümüzde teknolojik gelişmeler sonucunda sarnıç sistemleri bina çatı yüzeylerinden yağmur suyu toplanması için kullanılmakta, bu sayede konutlarda evsel su tüketimi azalmaktadır. Gelişmiş yağmur suyu toplama sistemleri; Toplama yüzeyi, yatay veya dikey oluk kanalları, filtreleme sistemleri, pompalar, yağmur suyu depolama tankları ve su iletim-dağıtım sistemlerinden oluşmaktadır. Yağmur suyu kalitesi, binalarda kullanım ihtiyacına göre içme suyu ve genel kullanım suyu (içilebilir olmayan su kalitesi) olarak ikiye ayrılmaktadır. Çatı yüzeylerinden toplanan yağmur suyu genellikle genel kullanım suyu olarak kullanılsa da filtreleme ve dezenfeksiyon işlemleri ile temizlenerek değerleri içme suyu seviyelerine getirilebilir (7).

Yağmur suyu toplama alanı, direk yağmur yağışını alan ve sisteme su temin eden yüzeyler olarak tanımlanmaktadır. Bina çatıları döşeme, çim zemin veya açık (çatısız) zemin olabilmektedir (24). Yağmur suyu toplama sistemlerinden biri de yüzeyden yağmur suyu toplama yöntemidir. Yüzeyden su toplamada uyulması gereken kurallardan biri, yüzey maddesi özelliği ile ilgilidir. Asbest beton çatı, metal yüzeyli platform çatı, ziftli çatı gibi yüzey türlerine göre su toplama uygulamaları ve gerekli hesaplamalar yapılmaktadır. Fazla miktarda kirlilik yüküne sahip bina çatı yapılarında toplanan yağmur suyu, depolama tanklarında toplanmamalıdır. Örneğin; ziftli bir yüzeye sahip çatıdan toplanan yağmur suları, sarı tonlarında bir renge dönüşeceğinden ve ziftli yüzey ile temastan kaynaklanan koku problemi olacağından depolama tanklarında toplanmadan bina dışı yeşil alan sulama veya tuvalet rezervuarlarında kullanıma uygundur. Yağmur suyunun ziftli yüzeyden kaynaklı renk ve koku sorununa karşı yapılan araştırmalarda bakteriyolojik olarak zararlı olmadığı saptanmıştır (25). Yüzey alanında kullanılan ürünlerden asbest-beton çatı tipi yüzey, yağmur suyu ile temasa geçtiğinde içerdiği maddeler su ile çözülmeye eğilimlidir. Bu nedenle asbest-beton çatı yüzeylerinden toplanan yağmur suları depolama tanklarında muhafaza edilmeden sadece tuvalet rezervuarları için kullanılabilir. Bir diğer yüzey alanı olan metal yüzeyli platform çatı, özellikle diğer metallerle karıştırılarak kaplanmış çatı yüzeylerinden toplanan yağmur suları ile çamaşır yıkama ya da yeşil alan sulama kullanımı için uygun değildir. Metal yüzeyli platform çatılarda toplanan yağmur suları da sadece tuvalet rezervuarlarında kullanıma uygundur. Çatı yüzeylerine ait görsel Şekil 6'da yer almaktadır. Yağmur suyu toplama tankları birçok çeşit ve yapıda olup içeriğinde kum filtresi bulunan tanklar yağmur suyunu arıtarak kullanıma elverişli hale getirmektedir. Kum filtreleme sistemi ile çöktürme yöntemiyle arıtmadan geçen yağmur suları, uygun kullanım alanına iletilmek için pompa ile transfer edilir. Tanklarda toplanan yağmur suyu seviyesinin kontrolleri de otomatik olarak yapılmaktadır (18).



Şekil 6. Farklı yüzey alanına sahip çatı tipleri : a. Asbest-b. Metal-c. Ziftli

Eski yapılarda sık rastlanan ve günümüzde kullanılmaya devam eden, kiremitli çatılardan veya yumuşak yapılı çelik gibi benzer malzeme ile kaplanmış çatılar, kullanım kolaylığı ve temiz su verme potansiyellerinden dolayı tercih edilmektedir (26). Killi kiremit gibi dokulu ve gözeneğe sahip malzemeler ile yapılan çatılarda, metal yapılı pürüzsüz yapılı çatılara göre daha çok su tutmaktadır (8). Çatılardan yağmur suyunun akışı esnasında; rüzgâr, çatının eğimi, çatı malzemesinin çeşidi, buharlaşma oranı, sızıntı ve dökülme sonucu kayıplar olması nedeniyle yağmur suyunun tamamı toplanamamaktadır (27). Akış katsayısı, yağmur suyu toplama sistemi ile toplama bölgesine gelen toplam yağış miktarının yüzdesini göstermekte ve çatı malzeme tipine bağlı olarak değişmektedir (28). Literatürde yer alan çatı tiplerine göre kullanılan verimlilik katsayı değerlerine (e) ait bilgiler Tablo 2’de verilmektedir.

Oluk ve boru sistemleri, toplanan su miktarını optimum seviyeye çıkarmak için eğimli ve uygun boyutlarda monte edilmelidir. Oluk ve borularda yaygın olarak kullanılan malzemeler; galvanizli çelik, plastik, fiberglas ve paslanmaz çelik yapılı malzemelerdir. Oluk ve iniş boruları genelde binanın dış duvarına monte edilse de inşaat çalışmaları sırasında duvar içine de monte edilebilmektedir. Olukların boyutları, çatı alanı ve yağış miktarına bağlı olarak genellikle 20-50 cm çapları arasında yer almaktadır (26).

**Tablo 2. Çatı malzeme tipine göre verimlilik (e) katsayıları (8).**

Çatı	Verimlilik (e) Katsayısı	Kaynak
Genel Çatılar	0.7-0.9	(30)
	0.75-0.95	(31), (32)
	0.85	(32), (33)
	0.8-0.9	(34)
	0.8	(35)
	0.8-0.95	(36)
	0.9-0.95	(28)
<b>Eğimli Çatılar</b>		
Beton-Asfalt	0.9	(36)
Metal	0.95	(36)
	0.81-0.84	(37)
Alüminyum	0.7	(38)
<b>Düz Çatılar</b>		
Ziftli-Bitümlü	0.7	(38)
Çakıl	0.8-0.85	(36)
Çimento	0.81	(37)

Depolama tanklarının yapı malzemeleri, boyutu ve konumu, toplanacak yağmur suyunun kullanılma amacına göre değerlendirilmektedir. Tank hacmi, tahmini olarak aylık su ihtiyacı, kullanım alanı, aylık yağış miktarı ve toplama alanı büyüklüğü ile doğru orantılı olmalıdır (29). Malzeme tipine göre depolama tankları özellikleri Tablo 3'te verilmektedir.

**Tablo 3. Depolama tankı malzeme türleri ve özellikleri (8).**

Malzeme Türü	Özellikleri	
<b>Beton</b>	Zemin üstünde veya altında inşa edilebilir. Ağır olması sebebi ile taşınması zordur. Çatlama olması sonucu sızıntı olabilir. Depolama tankı, yapısında bulunan $\text{CaCO}_3$ 'ün duvardan ve zeminden çözünmesine neden olması yağmur suyunun aşındırıcı özelliğini azaltır.	
<b>Çimento-Betonarme</b>	Demirden bir çerçeve etrafına örülen çelik hasır ve çimento malzemesinden oluşur. Diğer malzeme türlerine göre ucuz olmasına rağmen bakım sıklığı fazladır.	
<b>Plastik</b>	<i>Fiberglas</i>	Hafif yapılı, uygun fiyatlı ve uzun ömürlü malzemedir. Temin edilmesi ve taşınması kolaydır. Çeşitli boyutlara sahiptir. Güneş ışığının geçişini önlemek amacıyla dış yüzey kaplaması yapılmalıdır.
	<i>Plastik Astar</i>	Kontrplak yapılı malzemeden yapılmış düşük maliyete sahip depolama tanklarında kullanımı uygundur. İçme suyu amaçlı kullanım için de uygundur.
	<i>Polietilen</i>	Boyut, şekil ve renk çeşitleri mevcuttur. Yeraltı veya yerüstü inşa edilebilir. Maliyeti nispeten düşüktür. Fiberglas malzemeye göre daha dayanıklıdır. İç yüzeyi pürüzsüz olduğu için kolay temizlenme imkânı vardır. Hafif yapısı ile kolay taşınmaya uygundur. Tankta alg çoğalmasını engellemek için boyanmalıdır.
<b>Metal</b>	Temin edilmesi kolay ve uygun fiyata sahiptir. Çok tercih edilen üründür. Nispeten hafif yapılı ve taşımaya uygundur. Asidik ortamda korozyon riski vardır.	

#### 4. YAĞMUR SUYU HASADI HESAPLAMALARI

Yağmur suyu hasadı için tasarlanacak projelerde ilk olarak toplanacak yağmur suyu miktarı ile toplanan suyun kullanılacağı alanların su gereksinimi karşılaştırılmaları yapılmalıdır. Toplanacak yağmur suyu, gereken su miktarını karşılıyor veya kabul edilebilir miktarı sağlıyorsa bu projeler hayata geçirilmelidir (8). Toplanan su kullanım alanındaki ihtiyaca karşılık veremiyorsa yağmur suyu çalışmaları gereksiz olabilmektedir.



Yağmur suyu hasadı çalışmalarında göz önüne alınması gereken şartlar; projenin uygulanacağı bölgedeki yağış miktarı özelliği ve yağmur suyu toplama sistemini oluşturacak sistem bileşenleri olarak iki başlıkta toplanmaktadır (8). Yağış miktarı özelliği, yağmur suyu toplama sistemini etkileyen ana etkidir, özellikle yağış oranının zamansal olarak değişkenlik göstermesi, sistem performansında kritik etken faktördür. Yağmur suyu hasadı tasarımında genel olarak, su temini sağlamak için optimum depolama tank boyutunun belirlenmesi beklenmektedir. Büyük yapı bir depo; para, zaman ve performans kaybı iken küçük yapı bir depo ise gereken su teminini sağlayamamaktadır. Bu sebeple, yağmur suyu hasadı sistemi tasarımı yapılırken hanelerin su ihtiyacı, coğrafi konumun özellikleri ve yağmur yağış miktarı dikkate alınmaktadır (40). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yağmur suyu toplama alanında yapılan tasarımlarda önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (43). Tasarımın gerçekleştirileceği alan için yıllık yağış miktarı bu sistemden temin edilerek hem sisteme uygun olup olmadığı kontrol edilebilir hem de yapılacak hesaplamalarda kullanılacak faktör elde edilmektedir.

Yağmur suyu hasadı sisteminin tasarım ve planlama aşamaları sistem için gereken yatırım maliyetini ve sistemin geri ödeme süresini etkilediği için önem arz etmektedir. Sistem için uygun depo ve depolama şekli seçimi, yatırım maliyetini azaltmayı sağlarken, planlanan çalışma prensibinin verimini arttırmaktadır. Doğru sistem bileşenlerinin bir araya getirilmesi, arıtma teknolojilerinin kullanılması ve iyi konumlandırmanın yapılması ile yağmur suyu toplama sistemi binalarda su tüketimini %40 oranına kadar azaltmaktadır (41). Bu kapsamda yapılarda uygulanacak yağmur suyu hasat sistemleri planlanırken uygun deponun ve depolama tekniğinin belirlenmesi tasarım esnasında karar verilmesi gereken bir devredir (40). Yağmur suyu hasat sistemlerinde toplanacak su miktarının belirlenebilmesi için; çatı katsayısı, proje alanı yağış miktarı, filtre etkinlik katsayısı ve toplama alanı bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır (40).

Yağmur suyu hasadı için gerekli hesaplamalar yapılmadan önce gerekli verilerin toplanması gerekmektedir. Bunun başında proje bölgesi ile ilgili yağış miktarı belirlenmelidir. Gerekli materyaller toplandıktan sonra çatılardan toplanacak yağmur suyunun belirlenmesi için aşağıdaki eşitlik 1'deki denkleme göre hesaplamalar yapılmaktadır. Yağmur suyunun verim hesabı için DIN 1989 standardı tarafından belirlenen eşitlik 1 kullanılmaktadır (1,15, 40, 43, 44).

$$\sum W = \sum A * m * e * F \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$\sum W$  : Toplam yağmur suyu hasadı miktarı (m<sup>3</sup>)

$\sum A$  : Toplam yağmur suyu toplama alanı (m<sup>2</sup>)

## Yağmur Suyu Hasadı

**m** : Proje bölgesi yağış miktarı (mm/m<sup>2</sup> veya L/m<sup>2</sup>\*yıl)

**e** : Çatı tipine göre verimlilik katsayısı (birimsiz değer)

**F** : Filtre etkinlik katsayısı, (birimsiz sabit değer)

DIN 1989 tarafından belirlenen formülündeki değerler proje bölgesinin yağış miktarına, çatı tipine ve alanın büyüklüğüne göre değişmektedir. Proje bölgesinin çatı tipi belirlenerek buradaki değer Tablo 3.2' den malzeme türüne göre seçilmektedir. Filtre etkinlik katsayısı ise DIN 1989 standardına göre 0,9 olarak belirlenmiştir (40). Tüm yağmur suyu hasadı hesaplamaları için geçerli bir değer olarak kabul edilmektedir.

*Toplam yağmur suyu hasadı miktarı (m<sup>3</sup>):* Yağmur suyu hasadının verimi.

*Toplam yağmur suyu toplanma alanı (m<sup>2</sup>):* Yağmur suyunun toplanacağı yapıya ait çatı alanı büyüklüğüdür.

*Proje bölgesi yağış miktarı (mm/m<sup>2</sup> veya L/m<sup>2</sup>\*yıl):* Meteoroloji Genel Müdürlüğüne belirlenen yıllık ortalama yağış miktarı değeridir (40).

*Çatı tipine göre verimlilik katsayısı (e):* Toplanma alanına düşen yağmur miktarının toplanabilme potansiyeline göre belirlenen katsayıdır. Bu değer çatı malzeme türüne göre değişmektedir. Sıçrama katsayısı olarakta bilinmektedir.

*Filtre etkinlik katsayısı:* Çatıdan gelen yağmur suyunun katı maddelerden ayrıştırılması için kullanılan filtreye bağlı kaybolan su miktarıdır.

Eşitlik 1'e göre proje bölgesi için toplanacak yağmur suyu hesaplamaları yapıldıktan sonra çalışma alanında ihtiyaç duyulan su miktarları da belirlenmelidir. Bir bina için yağmur suyu toplama sistemi planlandığı düşünülürse binaya ait su ihtiyaçları belirlenmelidir. Bunlar bahçe sulama, tuvalet rezervuarı veya araç yıkama için gerekli su miktarı olabilir. Bu ihtiyaçlar belirlendikten sonra tüm ihtiyaç değerleri toplanarak yıllık su tüketim miktarı yani gerekli yağmur suyu miktarı belirlenmelidir.

*“Toplam yıllık ihtiyaç duyulan yağmur suyu miktarı = Yeşil alan sulama ihtiyacı için gerekli yağmur suyu miktarı + Araç yıkama ihtiyacı için gerekli yağmur suyu miktarı + ... + ...”* şeklinde bir hesaplama yapılarak yıllık su tüketim miktarı bulunmaktadır. Böylece toplam yağmur suyu hasadının proje bölgesi için gereken su miktarına bölünmesi ile tasarımın yılda kaç günlük su ihtiyacını karşılayacağı hesaplanmaktadır. Eşitlik 2'de kaç günlük su ihtiyacının karşılanacağını belirleyen işlem verilmektedir.

$$\frac{\text{Çatıdan toplanacak toplam yağmur suyu miktarı } m^3}{\text{Yıllık ihtiyaç kullanılan su miktarı, } m^3 / \text{yıl}} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Proje bölgesi için toplanacak yağmur suyu, ihtiyaç duyulan su miktarı ve yılda kaç günlük su ihtiyacının karşılanacağına dair gerekli bilgiler hesaplandıktan sonra depolama tankının hacim hesaplaması yapılmalıdır. Depolama tankının yerüstü veya yeraltında konumlandırılması proje bölgesinin iklim özellikleri göz önünde tutularak inşa edilmelidir. Depolama hacminin hesaplaması da DIN 1989 standardına göre belirlenen formüle göre hesaplanmaktadır (44). Depolama hacim hesabı Eşitlik 3'teki denklemde verilmektedir.

$$V = \sum A * m_{max} * e * F \quad (\text{Eşitlik 3})$$

$V$  : Gerekli depo hacmi miktarı (L veya  $m^3$ )

$m_{max}$  : Maksimum yağış alan aya ait yağış miktarı ( $mm/m^2$  ,  $L/m^2 * yıl$ )

Depolama tankının hesaplamaları yıllık yağış miktarlarından yılın en yağışlı olduğu ay baz alınarak hesaplanmaktadır. Ekonomik olarak yağmur suyu toplama sistemin en çok maliyetli sistemi olan depolama tanklarının optimum boyutta hesaplanması önem arz etmektedir (2). Yerel olarak yağış miktarı verileri, çatı alanı büyüklüğü, akış katsayısı, tüketici sayısı ve tüketim alanına bakılarak uygun depo hacmi hesaplanmaktadır (45).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde yağmur suyu hasadı tasarımlarında, tarihsel yöntemler ile suyun etkili kullanılmasını sağlayan teknolojik gelişmeler bir araya getirilerek yağmur ve nemin döngüde kalması sağlanmaktadır. Yağmur suyunun döngüde kalabilmesi için suyu yavaşlatmak, yayılmasına imkân vermek ve toprağa geçmesini sağlamak veya bir depolama tankında biriktirmek ana strateji olarak kabul edilmektedir (47). Yağmur suyu hasadı çalışmalarının gelecekte meydana gelecek su ihtiyacını karşılamak adına önemli bir alan tutması beklenmektedir. Kentlerde yağmur suyu hasadı çalışmalarında toplanan yağmur suyu hacmi ve su kalitesi bakımından önem arz etmektedir. Çatıların malzeme tipi, pürüzlülüğü, gözenek çapı, alan ve eğim ölçüleri dikkate alınarak tasarım gerçekleştirilmektedir (46).

Dünya üzerinde su tüketiminin sektörel olarak dağılımı göz önüne alındığında %69 tarımsal, %19 sanayi, %12 evsel tüketim olarak kullanılmaktadır. Bu oranlar gelişmiş ülkelerde ise %30 tarımsal, %59 sanayi, %11 evsel tüketimdir. Gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkeler de ise %82 tarım, %10 sanayi, %8 evsel tüketim olarak oranlanmaktadır (20). Kentleşmenin bir sonucu olarak meydana gelen geçirimsiz yüzeyler sebebi ile infiltrasyon<sup>7</sup> oranının düşmesi sonucunda yağış kaynaklı

<sup>7</sup> İnfiltrasyon: yağmur veya sulama sularının toprak profili boyunca yer çekiminin etkisi ile yüzeyden aşağıya doğru inmesidir. Ayrıca maddelerin difüzyon veya birikiminin normal miktarlarda olmaması ile de tanımlanmaktadır.

yüzeysel akışın artması ile, kentlerde sel felaketleri ve su baskınlarının oluşmasına sıklıkla rastlanmaktadır. Yağmur suyu hasadı tasarımları ile yüzeysel akışın büyük oranda durdurulması ve su baskınlarının önüne geçilmesi sağlanarak, bu olayların sonucunda oluşabilecek hasar kayıplarında azalma ve ekonomiye katkı sağlanmaktadır (20). Yağmur suyu hasadı yeraltı ve diğer yüzey sularındaki baskıya engel olmak için su tasarrufu imkânı sağlayabilecek önemli bir uygulamadır. Birçok ülke yağmur suyu toplama sistemlerini uzun yıllar boyunca kullanmaktadır. Hem ekonomik anlamda fatura maliyetlerini düşürecek hem de su kıtlığı ile mücadele edebilecek güvenilir sistem olarak kabul edilmektedir. Yağmur suyu hasadı sistemi her alana ve her bölgeye tasarlanabilir yapıda sistemdir (15).

Yağmur suyu hasadı günümüzde sıklıkla bina çatıları tasarımları olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak yüzeysel olarak imkân sunan her alanda değerlendirilmektedir. Sürdürülebilir enerji kaynaklarından güneş enerji santrallerinde uygulanması ve yaygınlaştırılması önerilmektedir.

GES<sup>8</sup>'nin kurulu olduğu bölgelerdeki yağmur yağış miktarlarının uygun görülmesi halinde sistemlerin yaygınlaştırılması ile dünya genelinde büyük oranda su tasarrufu sağlanabilir (49). Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek oranda olması ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak çokça tercih edilmesi GES'de yağmur suyu hasadı tasarımlarının uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Buralarda sistemin kurulması sonucu en yüksek kazanç su tasarrufu sağlamanın yanında, suyun iletilmesinde maliyet azaltımı, kırsal bölgelerde bulunan GES'ler için su temin etmekte yaşanabilecek sorunların önüne geçmek için yarar sağlamaktadır (48).

Ormanlarda da yağmur sularının sızma yöntemi ile toplanması veya verimsiz yüzeyde sızdırmaz zemin uygulaması ile kurulumunun sağlanması önerilmektedir. Böylece olası yangınlarda toplanan suların yangın tertibatına iletilmesi ile yerinde ve erken bir müdahale imkânı sağlanabilir. Ayrıca otopark çatılarından, taş yapılı yollardan, havalimanı çatıları ve pistlerinden, mazgallardan vb. alanlarda yağmur suyu hasadı sistemlerinin kurulumu uygulanan ve önerilebilir alanlardandır.

Genel olarak güncel literatür bilgilerinin yer aldığı bu bölümde yağmur suyu hasadının hem bilimsel anlamda hem de teorik anlamda geniş çaplı kullanımının mümkün olduğu aktarılmıştır. Sonuç olarak, çatı, yol, zemin gibi birçok alandan toplanabilecek yağmur suları gerekli filtrelemelerin yapılması ile içme suyu olarak kullanılabilir bir kaynaktır. Bununla beraber sanayide, evsel tüketimde, tarımsal alanda, araç yıkamada, peyzaj işlerinde ve daha birçok alanda kullanıma uygundur. Bu sistem ile su döngüsünün devamının sağlanabilmesi ve kaynakların korunması mümkün kılınabilir. Ayrıca yağmur suyu hasadının geniş kitlelere

<sup>8</sup> Güneş Enerji Santrali

yaygınlaşması yerüstü kaynaklarının kullanımının azalması ile hayvan habitatlarının korunmasını da sağlayabilir niteliktedir. Yağmur suyu hasadı temelde dünyada mevcut suyun korunmasını, sürdürülebilirliğini ve su dengesini sağlayabilecek önemli bir uygulamadır. Ancak her şeyin fazlasının zarar olduğu gibi gereksiz hasatta doğal dengeyi bozabilir. Bu nedenle ihtiyacımız kadar yağmur suyunun toplanarak tabiatın düzenini bozmamakta önem arz etmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Kılıç MY, Abuş MN. Bahçeli bir konut örneğinde yağmur suyu hasadı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*. 2018; 4(2): 209–215. doi: 10.24180/ijaws.426795
2. Börü S, Toprak ZF. Yağmur suyu hasadı literatürü üzerine bir inceleme. *Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.)*. 2022; 1(6): 4–50.
3. Yiğit AY, Orhan O, Ulvi A. Investigation of the rainwater harvesting potential at the Mersin University, Turkey. *Mersin Photogrammetry Journal*. 2020; 2(2): 64–75.
4. TEMA. *Geleceğin suyu 2017*. (20/12/2017 tarihinde [http://sutema.org/resources/Document/FileName/2015-12-01\\_22-11-14-692%20Geleceğin Suyu.pdf](http://sutema.org/resources/Document/FileName/2015-12-01_22-11-14-692%20Geleceğin%20Suyu.pdf) adresinden ulaşılmıştır.)
5. Alparslan N, Tanık A ve Dölgen D. Türkiye’de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler. *Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği (TÜSİAD)*. 2008; Yayın No: T/2008-09/469.
6. <https://www.getmidas.com/borsa-terimleri/subvansiyon-nedir/> adresinden ulaşılmıştır.
7. Manioğlu G, Şahin NA. Binalarda yağmur suyunun kullanılması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*. Eylül-Ekim 2011; Sayı, 125: 21–32.
8. Üstün GE, Can T, Küçük G. Binalarda yağmur suyu hasadı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 2020; 3(25): 1593–1610. doi: 10.17482/uumfd.765561
9. Choudhury I, Vasudevan L. (2003) *Factors of Biological Contamination of Harvested Rainwater For Residential Consumption in Proceedings of The Hawaii International Conference on Social Sciences*. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. USA. <http://www.watercache.com/docs/rwquality1.pdf> adresinden ulaşılmıştır.
10. Anonim (2008). *Guidelines for Drinking-water Quality (WHO), 3rd Edition. Incorporating The First and Second Addenda*, Vol: 1 Recommendations, Geneva.
11. Yeniçeri M. Yağmur sularının hasadı ve aktif olarak tarımsal sulamada kullanılması. *Afet ve Risk Dergisi*. 2018; 1(2): 126–136.
12. Akbaş Y. Yağmur suyu toplama sistemleri depolama ve kullanımı. *Ankara Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı*, Ankara, (2019). p: 24.
13. Hayta BN. *Sıfır Atık 2018*. (24/09/2018 tarihinde <https://sifiratik.co/2018/09/24/evde-yagmur-suyu-toplama-kilavuzu/> adresinden ulaşılmıştır.)
14. Kantaroğlu Ö. Yağmur suyu hasadı plan ve hesaplama prensipleri. IX. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, (2009). 1147–1151.
15. Toyran C, Var M. Yağmur suyu hasadının kentsel tasarım ve yeşil altyapı uygulamalarında değerlendirilmesi-Büyükçekmece ilçesi örneği. *Turkish Journal of Forest Science*. 2022, 1(6): 255–274. doi: <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1065858>
16. Ardahanlıoğlu Z. *Yağmur Bahçeleri, Peyzaj ve Süs Bitkiciliği Dergisi 2016*. (07/01/2022 tarihinde <https://www.plantdergisi.com/dr-zeynep-r-bozhuyuk-ardahanlioglu/yagmurbahceleri.html>. Adresinden ulaşılmıştır.)
17. Ndiritu J, Ilemobade A, Kagoda P. Guidelines for rainwater harvesting system design and assessment for the city of Johannesburg, South Africa. *Proceedings of IAHS*. 2018, Volume 379: 409–414. doi: <https://doi.org/10.5194/piahs-379-409-2018>
18. Tanık A. Yağmur suyu toplama, biriktirme ve geri kullanımı. *Su Kaynakları ve Kentler Konferansı*, 25-27 Ekim, Kahramanmaraş, (2017). p: 40.

## Yağmur Suyu Hasadı

19. T.C. Resmî Gazete. (30105). (23/06/2017 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170623-8.htm> adresinden ulaşılmıştır.)
20. Selimoğlu P, Yamaçlı R. Sürdürülebilir yağmur suyu hasadı üzerine yapısal bir inceleme. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*. 2022; 5(2): 210–231. doi: 10.51764/smutgd.1121620
21. *Araç yıkama 2013*. <http://www.ciftlikdergisi.com.tr/araç-yikamada-harcadigimiz-su-ile-5-yil-da-bir-baraj-kuruyor.html> adresinden ulaşılmıştır.
22. Karakaya N, Gönenç E. Alternatif Su Kaynakları. *Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ*, (2005).
23. Pradhan R, Sahoo J. Smart Rainwater Management: New Technologies and Innovation, Smart Urban Development, Vito Bobek, Intech Open. 2019. doi:10.5772/intechopen.86336
24. Anonim. Yağmur suyu toplama ve kullanma, mavi damla serisi, kitap 3: yararlanıcılar ve kapasite, Nairobi: Un-Habitat. *Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı (UN-Habitat)*. 2005.
25. Tanık A, Öztürk İ, Cüceoğlu G. Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı ve yağmur suyu hasadı sistemleri. *Türkiye Belediyeler Birliği*. Ankara, (2016).
26. Alpaslan N, Harmancıoğlu NB, Singh VP. Cisterns as a water supply alternative for sparse establishment. *Hydrology Journal of Indian Association of Hydrology (IAH)*. 1992; 1-2(15): 1–13.
27. Singh VP. *Elementary Hydrology*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ; 1992
28. Tomas P. *Aproveitamento De Água De Chuva Em Áreas Urbanas Para Fins Não Potáveis (Use of Rainwater in Urban Areas for Non-potable Purposes)*. Livrodigital, Capítulo 5-Coeficiente de runoff, Digital Book, Chapter 5-Run off coefficient, (2009).
29. Che-Ani AI, Shaari N, Sairi A vd. Rainwater harvesting as an alternative water supply in the future. *European Journal of Scientific Researc*. 2009; 34(1): 132–140.
30. Pacey A, Cullis A. *Rainwater harvesting: the collection of rainfall and runoff in rural areas*. London, UK: Intermediate Technology Publications, p: 222; 1986.
31. ASCE, (1969) Design and Construction of Sanitary Storm Sewers. In: ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, vol. 37. ASCE, New York.
32. McCuen R. *Hydrologic Analysis and Design Third ed.*, Pearson Education Inc, Upper Saddle River, NJ; 2004
33. Rahman A, Dbais J, Imteaz M. Sustainability of rainwater harvesting systems in multistorey residential building. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2010; 3(1): 73–82. doi:10.3844/ajeassp.2010.73.82
34. Fewkes A. Modelling The Performance of Rainwater Collection Systems: Towards a Generalised Approach. *Urban Water*, 2000; (1): 323–333. doi:10.1016/S1462-0758(00)00026-1
35. Ghisi E, Fonseca T, Rocha VL. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasilia: potential for potable water savings and investment feasibility analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 2009; 54(2): 79–85. doi:10.1016/j.resconrec.2009.06.010
36. Lancaster B. Guiding principles to welcome rain into your life and landscape. In: *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond*, 2006; (1): Rainsource Press, Tucson, Arizona.
37. Liaw CH, Tsai YL. Optimum storage volume of roof top rain water harvesting systems for domestic use. *Journal of the American Water Resources Association*, 2004; (40): 901–912. doi:10.1111/j.1752-1688.2004.tb01054.x
38. Ward S, Memon FA, Butler D. Harvested rainwater quality: The importance of appropriate design. *Water Science and Technology*, 2010; 61(7): 1707–1714. doi:10.2166/wst.2010.102
39. Amin MT, Alazba AA. Probable sources of rainwater contamination In a rainwater harvesting system and remedial options. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2011; 5(12): 1054–1064.
40. Temizkan S, Kayılı MT. Yağmur suyu toplama sistemlerinde optimum depolama yönteminin belirlenmesi: Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi Örneği. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi (ECJSE)*, 2021; 14(8): 102–116. doi: 10.31202/ecjse.778973

41. Daigger GT. Evolving urban water and residuals management paradigms: Water reclamation and reuse, decentralization and resource recovery. *Water Environment Research*, 2009; 81(8): 809–823.
42. Yükselir H, Ağaçasapan B, Çabuk A. çatıların yağmur suyu toplama kapasitesinin CBS tabanlı hesaplanması. *GSI Journals Serie C: Advancements In Information Sciences And Technologies*, 2019; 2(1): 16–26.
43. Karataş D, Savaşır K. Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu özelinde sürdürülebilir bir retrofit önerisi: Yağmur suyu toplama sistemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2023; 2(27): 321–330. doi: 10.19113/sdufenbed.1245887
44. Ball T. Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide. *Reference number/code-GEHO0108BNPN-EE. Environmental Agency, Bristol*, 2001; 24-28.
45. Campisano A, Modica C. Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting in Sicily. *Resources, Conservation and Recycling*, 2015; (63): 9–16.
46. Hamidi MN, Hamidi N, Işık O, vd. Sürdürülebilir yağmur suyu hasadı. *İTÜ Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 2023; 24(2): 97–110.
47. Balkuv A, Clarke EJ, Devranoğlu S, Kiriş A. *Su Döngüsünü İyileştirmek İçin: Yağmur Suyu Hasadı*. WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), İstanbul, Türkiye; Ocak 2020.
48. Uysal S, Çelikleş MS. Güneş enerjisi santrallerinde yağmur suyu hasadı. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi (NOHU Müh. Bilim. Derg.)*, 2023; 12(2): 334–342.
49. IRENA. Innovative operation of pumped hydropower storage innovation landscape brief. *International Renewable Energy Agency*, 2020. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA\\_Innovative\\_PHS\\_operat ion\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA_Innovative_PHS_operat ion_2020.pdf) adresinden ulaşıldı.



## BÖLÜM 13

# SERALARDA SULAMA VE OTOMASYON SİSTEMLERİ İLE AKILLI TARIM UYGULAMALARI

Murat Alper ŞİRİN<sup>1</sup>  
Nefise Yasemin TEZCAN<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Seralarda ışık, sıcaklık, nem, havanın karbondioksit konsantrasyonu ve hava hareketi gibi çevre koşulları önemli olup bu çevre koşullarının denetiminin yanı sıra diğer bir önemli faktör yetiştirme ortamında bitki için verilecek su ve gübrenin uygun bir şekilde ortama verilmesidir.

Sulama genel bir anlamla, bitki gelişmesi için gerekli olan fakat doğal yollarla karşılanamayan suyun (çok yıllık bitkilerde kış dinlenme periyodu dışında) toprağa çeşitli şekillerde verilmesi olarak tarif edilebilir (1), (2). Sulama işleminde su, toprak ve bitki olmak üzere üç etmen mevcuttur. Başarılı bir sulamanın en önemli koşulu ve tarımsal uğraşların teşvik edilmesi bu etmenler arasındaki ilişkilerin bitkisel üretimi optimum düzeyde ve sürekli kılacak şekilde düzenlenmesine bağlıdır. Yanlış sulama uygulamaları büyük miktarlarda su kaybına, bitki besin elementlerinin topraktan yıkanarak toprak verimliliğinin azalmasına ve bitkisel üretimin düşmesine neden olmaktadır (1).

Bitkinin normal gelişmesini sağlayabilmek için önemli koşullardan biri büyüme mevsimi boyunca kök bölgesinde yeterli düzeyde nemin bulundurulmasıdır. Bu nemi sağlayan kaynaklardan ilki doğal yağışlar olup nemli bölgelerde bitki büyüme mevsimi boyunca düşen yağışların miktarı ve dağılımı genellikle bitki su ihtiyacını karşılayacak düzeydedir. Buna karşın, kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde bitki büyüme mevsimi süresince düşen yağışlar hem miktar hem de dağılım açısından yetersiz kalmaktadır. Bitki kök bölgesindeki eksik nem koşulları ise sulama suyu ile tamamlanmaktadır. Türkiye'nin tüm bölgeleri (Doğu Karadeniz Bölgesindeki dar bir alan dışında) kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alır.

<sup>1</sup> HM Bars Mühendislik Sera Sulama ve Otomasyon Sistemleri Ltd. Şti., Proje ve Satış Müdürü, info@barssulama.com, ORCID iD: 0009-0007-7593-8035.

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Akdeniz Üniversitesi, nytezcana@akdeniz.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3384-0108

Buna bağlı olarak Türkiye’de tarımsal sulama bitkisel üretim için çok önemli olmaktadır (2). Bu nedenle sulama iklim kuşağına bakılmaksızın üretimde karlılığı etkileyen ve tarımsal üretimde yoğunlaşmanın ayrılmaz bir parçası olan bir üretim etmeni olarak kabul edilir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde, bitki için gerekli olan tüm gelişim etmenlerinin elverişli düzeyde olması şartıyla, sulama uygulaması ile kuru tarıma göre 3-7 kat üretimde artış sağlanabilmesi mümkündür (3).

Örtüaltı yetiştiriciliği ve açık tarla koşullarında bitkisel üretime otomasyon sistemlerinin entegre edilmesi insan emeğinin yükünü azaltarak üretim maliyetlerinin düşmesine ayrıca bitkisel üretimden elde edilen verim ile kalitenin artmasında olumlu etkide bulunmuştur (4). Tarım sektörünün otomasyona geçmesiyle birlikte kazancın artması, kalitenin artması, insan faktöründen kaynaklanan hataların minimize edilmesi, iş takibi kolaylığı ve kazaların azaltılması gibi birçok avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle günümüzde otomasyon bütün iş sektörleri için vazgeçilmez bir ihtiyaç haline gelmiştir (5).

## **2. SERA SULAMA SİSTEMLERİ VE UYGULAMALARI**

Seralarda yapılan yetiştiricilikte yetersiz sulama koşulları ayrıca uygulamada yapılan yanlışlıklar neticesinde, yetiştiriciliği yapılan ürünlerin verim ve kalitelerinde kayıplar ortaya çıkmaktadır. Seralarda yapılan yetiştiricilikte en uygun bitki gelişimi için sulama sık aralıklarla ve az miktarda uygulanmalıdır. Son yıllarda teknolojik gelişmelere bağlı olarak, modern sulama yöntemlerinin örtü altı yetiştiriciliğe uyarlanmasıyla birlikte su, zaman, iş gücü tasarruflarına ek olarak, ürünlerde verim artışları gerçekleşmiştir. Örtü altı yetiştiriciliğinde sulama uygulamaları yağmurlama sulama ve damla sulama olarak 2 farklı yöntemle uygulanmaktadır (3), (6).

### **2.1. Seralarda Yağmurlama Sulama Sistemi**

Yağmurlama sulama araziye boru hatlarıyla getirilen suyun belli bir basınç altında yağmurlama başlıkları (sprinkler) ile atmosfere damlacıklar halinde püskürtülmesidir (1), (3). Sistem üstten yağmurlama ve sabit üstten yağmurlama olmak üzere iki farklı biçimde uygulanabilmektedir (6).

#### **2.1.1. Üstten Yağmurlama Sistemi**

Boom olarak da bilinen bu sistem çoğunlukla fide yetiştirme seralarında uygulanmaktadır. Sistem ile homojen bir su dağılımı sağlanması nedeniyle sera içerisinde bulunan yetiştirme masalarında olan fide veya bodur bitkiler eşit miktarda sulanabilmektedir. Seralarda sera iç ortamına yerleştirilmeleri

durumunda nem oranını belli düzeyde tutarlar. Bahar aylarında güneşlenmeye bağlı olarak ortaya çıkan yüksek sıcaklıklarında önüne geçer. Ayrıca bu uygulama soğuk dönemlerde ise sera mahyasına yerleştirilmeleri halinde sera çatı yüzeyinde ince bir buz tabakası oluşturup çatıda ısı yalıtım görevi görmektedir. Sistem sabit üstten yağmurlama ve hareketli üstten yağmurlama olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilir (6).

#### **2.1.1.1. Sabit Üstten Yağmurlama Sistemi**

Bu sistemde yağmurlama başlıkları sera çatı makasına yerleştirilen borular üzerine monte edilmektedir. Sera içine yerleştirilen bu püskürtme başlıklarından yararlanılarak serinletme yapılmaktadır. Sistem hareketsiz olup başlıklar bitki sıra arası dikkate alınarak yerleştirilir. Başlık sayısı alan büyüklüğüne göre belirlenmektedir (6).



**Şekil 1.** Üstten yağmurlama ile sulama.

#### **2.1.1.2. Hareketli Üstten Yağmurlama Sistemi**

Seralarda raylı bir platform ve sprinkler vasıtasıyla uygulanabilen bu sistem, suyun tüm bitkilere üniform bir şekilde uygulanmasını sağlar. Bu sistem bitkilerin üzerinde hareket ettikçe, bir ya da birden çok besleme borusuyla nozullar içinden su uygulaması yapmaktadır. Seralara genellikle çatı makası yada kafes kirişlere asılan bu sistemler, otomatik ya da yarı otomatik olup, uzaktan kumanda aracılığıyla kontrol edilmektedir (6).



**Şekil 2.** Fideliklerde üstten yağmurlama ile sulama

### **2.1.2. Toprak Yüzeyinde Yağmurlama Sulama Sistemi**

Yağmurlama sulama sisteminin seralarda uygulanmasında suyun yapraklarda damlacıklar halinde tutulması bazı bitki hastalıklarına, yaprak yanıklıklarına ve yüksek sera iç ortam nem koşullarına sebep olmaktadır. Bu durum aynı zamanda bitkilerin döllenme biyolojilerine olumsuz etki yapmaktadır. Bu olumsuzlukların önüne geçmek için yağmurlama başlıkları toprak yüzeyine ya da hafif bir yükseltiyle toprağın biraz üst kısmına yerleştirilmektedir. Sistem planlanırken sprinklerin sıklığı, sera içerisindeki yetiştirilen bitkilerin sıklığına bağlı olarak belirlenmelidir (6).



**Şekil 3.** Toprak yüzeyinde yağmurlama ile sulamanın muz serasında bir örneği



## 2.2. Seralarda Damla Sulama Yöntemi

Damla sulama yönteminde, bitkide nem eksikliğinden kaynaklanan bir gerilim oluşturmadan toprak yüzeyine veya yüzeyin altına yerleştirilmiş küçük çaplı polietilen bir boru hattından, su ve besin maddelerinin damlatıcılar aracılığıyla bitki kök bölgesine aralıklarla verilmesidir (2), (6). Sistem ile bitkilere az miktarda fakat sık aralıklarla su uygulaması yapılmaktadır. Bitki gelişimi için gerekli su doğrudan bitkinin kök bölgesine verildiği için yetiştirilen üründen yüksek miktarda verim alınmasını sağlamaktadır (4).



Şekil 4. Seralarda damla sulama yöntemi ile sulama



Şekil 5. Hidroponik sistemlerde damlama sulama yöntemi

Damla sulama yöntemi, çok sayıda yaralı özelliklere sahiptir. Bitkisel üretimden elde edilen verim ve ürün niteliğinin yükselmesi, enerji ve su kullanımının azaltılması, kullanılabilir toprak suyunun yararlılığı, gübre ve diğer kimyasalların uygulanabilirliği, yabancı ot gelişimi, toprak işleme, hasat vb. kültürel işlemlerde kolaylıklar sağlamaktadır (3). Seralarda damla sulama sisteminde lateral olarak yuvarlak veya yassı damlama sulama boruları uygulanmaktadır. Ancak saksı yetiştiriciliği veya topraksız tarım uygulamalarında yetiştirme ortamına bağlı olarak ahtapot ya da kılcal boru olarak adlandırılan damlaticılar da kullanılmaktadır. Saksı yetiştiriciliğinde damla sulamanın başarılı olabilmesi için, damlaticılar bitki köklerine mümkün olduğu kadar yakın; ahtapot sistemde ise sulama kazığının bitki köküne kadar inmiş olması önemlidir (6), (7).



**Şekil 6.** Saksılarda damlama sulama yöntemi



**Şekil 7.** Bitki köküne giden bir sulama kazığı

### **3. SERALARDA SULAMA VE OTOMASYON SİSTEMLERİNİN KULLANIMI**

Damla sulamada, arındırılmış suyun ve gübrenin, damlaticılar aracılığı ile çok küçük fakat sürekli bir akış veya damlalar halinde toprak yüzeyine veya içerisine verilmesi sağlanmaktadır (3). Damla sulama sistemlerinin otomasyon sistemleriyle

desteklenmesi, uygun miktarda sulama imkanı sağlayarak kök bölgesinin en uygun nem seviyelerinde kalmasını sağlamaktadır. Toprak altı ve toprak üstüne uygulanabilen akıllı otomatik sulama sistemleriyle buharlaşma, yüzey akış ve derine sızma gibi kayıplar neredeyse ortadan kalmaktadır. Otomasyon sisteminin avantajları aşağıdaki gibidir (7), (8);

- Su kullanımının azaltılması
- Fazla gübrelemenin önlenmesi
- Enerji maliyetlerinin azaltılması
- İşçilikten tasarruf şeklinde sıralanabilir.

Otomasyon sistemleri ile sulama uygulamalarının planlanmasında işletme sahibinin tercihinine bağlı olarak öngörülen zamanlarda veya bitki su ihtiyacına göre toplam sulama suyu miktarı dikkate alınarak hesaplamalar yapılmaktadır. Bitkilerin gelişim periyotlarına göre uygun miktar ve sıklıkta sulamaların otomasyonla yapılması verimde artış girdilerde tasarruf sağlamaktadır (7).

### **3.1. Akıllı Gübreleme**

Akıllı otomatik sulama çözümleriyle insan hataları en aza indirildiği için bitki besleme ve bitki koruma gibi kültürel işlemler planlandığı gibi yerine getirilmektedir. Akıllı gübreleme ile işlemlerin otomasyon sistemleri ile otomatik olarak gerçekleştirilmesi üreticinin sulama ve gübreleme için harcadığı zamanı azaltmaktadır. Ayrıca otomasyon sistemlerinin alarm kontrolü ile olumsuz gelişen durumlar karşısında gerekli önlemler alınarak bitkinin zarar görmesi de engellenmektedir (7).

### **3.2. Dijital Araçlarla Uzaktan Etkin Yönetim**

Tarımsal üretimde özellikle sulama ve gübreleme uygulamalarında akıllı otomasyon sistemleri ile dijital araçlar kullanılarak uzaktan kontrol sağlanabilmektedir. Bitkisel üretimden istenilen kalite ve miktarda ürün alabilmek ayrıca kaynakları etkin kullanabilmek için toprak ve hava sensörleri gibi algılayıcılarda otomasyon sistemine eklenebilmektedir. Seralarda sulama otomasyonunda sulama öncesi doğru bir sulama planlaması oluşturmak, sulamaların gübreli su şeklinde verilmesi halinde bilgisayar kontrolünde hassas ve uygun düzeylerin ayarlanması, EC-pH değerlerinin dikkate alınması, sulama vanalarının otomatik olarak açılıp kapanması buna bağlı olarak parsel sulamalarının otomatikleştirilmesi, drenaj suyuna göre bir sonraki sulamada su içerisindeki gübre yoğunluğu ve sulama suyu miktarı göz önünde bulundurulması gerekli hususlardır (6), (7).

Otomasyon sistemlerinin dijital platformu “Gözlem”, “analiz” ve “kontrol” ilkelerini esas alan otomasyon cihazları tarafından desteklenmekte bu durum üre-



ticilerin seralardan doğru ve gerçek zamanlı verileri takip etmesine, gözlemleyebilmesine ve analiz ederek önlem almasına imkan sağlamaktadır. Sistem seralarda yer alan sensörlerden alınan veriler doğrultusunda eşik değerlere göre uyarılar göndermekte böylece kontrol etme noktasında da üreticiye kolaylık sağlamaktadır. Sistem uygulama noktasında büyük ölçekli seralardan küçük ölçekli sera işletmelerine kadar herkesin ihtiyacı doğrultusunda akıllı sulama programları üretebilmektedir. Bitki sensörleri, su sayaçları ve basınç sensörleri, toprak nem sensörleri gibi birçok sensör aracılığıyla hassas ve akıllı sulama stratejileri sorunsuz şekilde çalışabilmektedir (6).

### **3.3. Tarımsal Sulamada Otomasyonun Faydaları**

Gelişen teknolojiye bağlı olarak son yıllarda otomasyon uygulamaları tarımsal alanlarda ve üretimde önemli hale gelmiştir. Otomasyon sistemlerinin gelişmesi yetiştiricilere kolaylık sağlarken, girdi kullanımını azaltmış randımanlı kullanımını sağlamıştır. Ayrıca otomasyon sistemleri daha düşük işçilik maliyetleri, verimde artış ve doğal kaynakların korunması gibi birçok alanda fayda sağladığı söylenebilir. Tarımsal otomasyonun bazı faydaları 10 başlık altında aşağıda sıralanmıştır (9).

#### **3.3.1. Yatırım Giderlerinin Tek Seferlik Olması**

İşletmede orta düzey sermaye ile yatırım masrafları başlangıçta bir kereye mahsus yapılmaktadır. Kullanılan otomasyon sistemi başlangıç maliyetini kısa süre içerisinde işletmeye kazandırabilmektedir.

#### **3.3.2. İş Gücünden Tasarruf Sağlaması**

Özellikle büyük işletmelerinde sulama sistemlerinin otomasyona bağlanması sulamanın takibi için kullanılan iş gücünde önemli tasarruf sağlar. Bu durum aynı zamanda işletme giderlerine büyük oranda tasarruf sağlamaktadır.

#### **3.3.3. Kaynak İsrafının Önüne Geçilmesi**

Sistem ile bitkinin ihtiyaç duyduğu sulama suyu yeter miktarda ve uygun zamanda otomasyonla sağlanabilmekte, buharlaşma kayıplarını azalmaktadır. Ayrıca sistem her bitkiye yalnızca ihtiyaç duyduğu kadar suyun ulaşmasına izin verdiği için kaynak israfının önüne geçilmektedir.

#### **3.3.4. Tarımda Sürdürülebilirliği Sağlaması**

Otomasyon tarım arazilerinde fazla sulama, gübreleme ve kimyasal kullanımına bağlı olarak oluşabilecek çevre kirliliğinin (toprak kirliliği, su kirliliği vb.) önüne geçerek su israfı, gübreleme, kimyasal kullanımını önleyerek tarımda sürdürülebilirliğe büyük katkı sağlar.

### **3.3.5. Ürün Veriminde Artış Sağlaması**

Sistem akıllı sensörler ile desteklendiği için algoritmalar ve diğer akıllı teknolojilerle otomatik sulama, her bitkinin ne kadar suya ihtiyaç gibi konularda insanlardan daha iyi karar verebildiği için otomasyon kullanmak ürün veriminde artış anlamına gelmektedir.

### **3.3.6. Uzaktan Sulama Uygulamalarına İmkân Sağlaması**

Otomatik sulama sistemleri, diğer önemli bir kazanımı yoğun çalışma haftalarında veya işçiler tatil olduğu zamanlarda da randımanlı tutarlı bir sulama programı sağlar. Bu sayede sulama işlemi kesintisiz ve sürdürülebilir yapılmaktadır. İşletme sahipleri sulamayı nerde olursa olsun sulama uygulamalarını takip edebilmektedir.

### **3.3.7. İnsan Hatası Faktörünün Ortadan Kaldırılması**

Sulama sistemi herhangi bir insan müdahalesi olmadan otomatik seyrine devam etmesi nedeniyle sulamada herhangi bir aksama olmamaktadır. Sistemin çalışma prensibinde sulama periyodu hava koşullarına öngörülü ve otomatik olarak ayarlanabilmesi nedeniyle sulamada otomasyon sisteminin kullanılması insan faktörlü hataları en düşük seviyelere indirmektedir.

### **3.3.8. Gereksiz Yapılan Gübrelemenin Önüne Geçmesi**

Tarımsal üretimde gübreleme uygulamalarında temel amaç en uygun gübreleme ile en fazla ürünün alınabilmesini sağlamaktır. Yapılan yetiştiricilikte uygulanan fazla gübre miktarı, ortamda antagonistik etki ile diğer besin maddelerinin alınmasını engelleyeceği için verimi daha çok artırmayacaktır. Otomasyon sistemleri aracılığıyla fazla gübrelemenin önüne geçilerek ürün veriminde artış sağlanır, toprak yapısı korunarak sürdürülebilirliğe katkı sağlanır, bununla beraber işletme maliyetlerinde önemli düzeyde tasarruf sağlanır.

### **3.3.9. Ürünlerin Pazar Değerinde Artış Sağlaması**

Tarımsal sulamalarda kullanılan otomasyon sistemleriyle üniform bir sulama yapılabilmesi nedeniyle arazinin tümünde homojen bir bitki gelişimi ve ürün elde edildiği için ürün kalitesi artmakta bu durum pazar değerinde de artış sağlamaktadır.

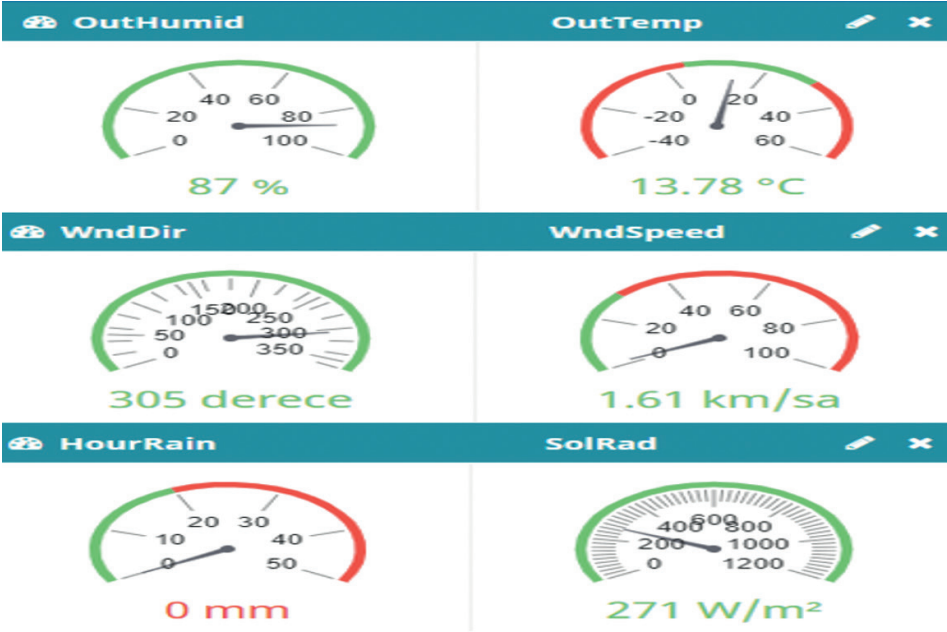
### **3.3.10. İklim Verilerden Faydalanarak Tasarruf Sağlaması**

Otomasyon sisteminde genellikle bitkinin gereksinim duyduğu sulama sayısı ve süresi güneş ışığı şiddetine göre belirlenmektedir. Bunun için meteoroloji istasyonundan alınan verilerle sulama periyodu oluşturulabilmektedir. Bu sayede düzenli sulamalar yapılarak israf edilen gereksiz su kullanımı azaltılarak sudan tasarruf sağlanmaktadır.

### 3.4. Otomasyon Sistemleri ile Kullanılan Sensörler

#### 3.4.1. Meteoroloji istasyonu

Gerçek zamanlı hava durumunu izleme olanağı sağlar. İstasyon, Otomasyon Platformu ile tamamen entegre olup, herhangi bir cihazda her zaman, her yerde verilerin görüntülenmesini ve depolanmasını sağlar. Otomasyon sistemlerine doğrudan kablo veya bulut servisi ile bağlanabilir. Meteoroloji istasyonunda bulunan radyasyon sensörü ile ışık miktarı üzerinden özellikle topraksız tarım üretiminde sulama tekrarı sayısı belirlenmektedir. Işık miktarı yüksek olduğu zaman bitkilerin fotosentez oranı da arttığından dolayı su ihtiyacı da artmaktadır. İstasyondan gelen ışık miktarı belirlenen miktarı topladığında hazırlanan sulama programını başlatır. Diğer sensör verileri sulamadan ziyade iklim kontrolü için kullanılmaktadır. Meteoroloji istasyonunun kapsadığı sensörler verileri; hava sıcaklığı, bağıl nem, radyasyon/ışık şiddeti, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, yağmur göstergesi, günlük yağmur sayacı, çiğ noktası, hava basıncı/barometre, Evapotranspiration (ET) hesaplamasını kapsamaktadır (6).



Şekil 8. Meteoroloji istasyonundaki bazı sensör verileri



**Şekil 9.** Meteoroloji sensörü

### 3.4.2. Sera İçi Sıcaklık ve Nem Sensörü

Sera içerisinde bitki seviyesine yerleştirilen sera içi sıcaklık ve nem sensörü sayesinde anlık olarak bitki bölgesindeki sıcaklık ve nem bilgileri otomasyon cihazı üzerinden gözlemlenmektedir. Program yapıldığı takdirde istenilen nem seviyesinin altına düştüğü zaman veya sera sıcaklığı çok yükseldiği zaman sera içerisindeki nemlendirme sistemi devreye alınmaktadır.



**Temperature/  
RH Sensor**

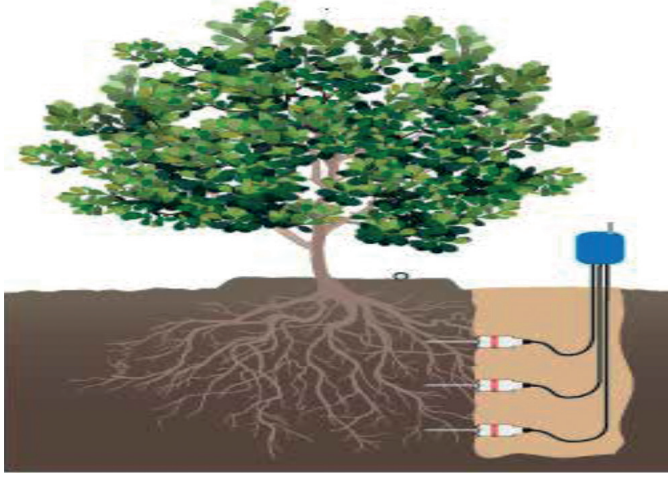


**Şekil 10.** Sera içi sıcaklık ve nem sensörü

### 3.4.3. Toprak Nem Sensörü

Toprak nem sensörü, toprak nem içeriğini volümetrik/hacimsel olarak ölçmektedir. Sızdırmaz plastik gövdesi, doğrudan toprağa yerleştirilen iki algılama çubuğuna tutturulmuştur. Sensör, çoğu toprak için önceden kalibre edilmiştir. Otomasyon

sistemi ve kablosuz terminal ünitesi ile tam uyumludur. Toprak nem sensörleri etkili bitki kök derinliklerine birden fazla montaj yapılarak montaj yapılan toprak derinliklerindeki nem seviyeleri hakkında bilgi vermektedir. Bu sayede bitki su ihtiyacı ve taban suyu yüksekliği hakkında veriler alınarak sulama zamanı ve süresi belirlenmektedir. Otomasyon sistemi ile birlikte kullanımı ile sulama programını otomatik başlatıla bilinir ve durdurula bilinir.



**Şekil 11. Toprak nem sensörü**

#### **3.4.4. Tansiyometre (Toprak Su Gerilimi Ölçüm Aracı)**

Topraktaki su gerilimini ölçmektedir. Daha yüksek gerilim, bitki için daha az kullanılabilir su anlamına gelmektedir. Farklı profil derinliklerine ve toprak türlerine uyacak çeşitleri mevcuttur. Irrrometer tansiyometre, kullanıcılara toprak türünden bağımsız olarak toprak nem durumu hakkında doğru bilgi sağlayan ve otomasyon sistemi ile tamamen entegre olan, kanıtlanmış ve güvenilir bir araçtır. Santibar (cb) veya kilo paskal (kPa) cinsinden toprak su gerilimini ölçen araç, bir bitkinin kök sisteminin topraktan su çekmek için kullandığı enerji miktarını belirler. Tansiyometre, toprak su gerilimini ölçer. Bu değer, bir bitkinin kök sisteminin topraktan su çekmek için kullandığı enerjiyi temsil eder. Kök sisteminde olup bitenlerin canlı bir resmini verir ve toprak nem tükenme oranını gösterir. Toprak neminin anlaşılması, kullanıcıların su, gübre ve enerji maliyetlerini düşürürken daha iyi verim ve kalite sağlayan daha iyi sulama kararları vermesine olanak tanır. Tansiyometre boyu, bitkinin köklenme derinliğine bağlı olarak seçilir ve 30cm, 60cm ve 90cm'lik Uzunluklarda standart boydadır. Çoğu toprak ve kumlu toprak türlerinde kullanılabilir.



**Şekil 12.** Toprak su gerilimi sensör yerleşimi



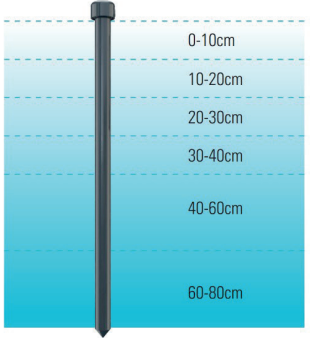
**Şekil 13.** Toprak su gerilimi sensörü

### **3.4.5. Profil Probu (Çok Seviyeli Toprak Nemi Ve Sıcaklık Sensörü)**

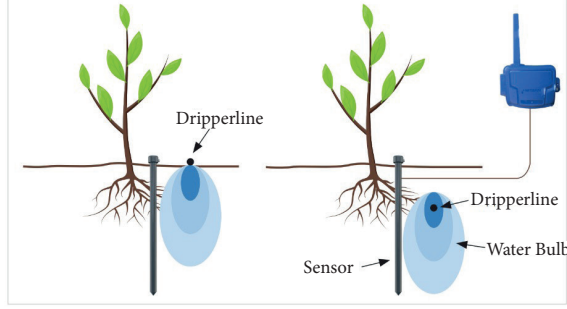
Otomasyon sistemi ile tamamen entegre olan çok düzeyli bir toprak ve sıcaklık sensörüdür. Kurulumu kolay olan prob, sulama planlamasını ve stratejik karar vermeyi iyileştirmek için eksiksiz bir veri paketi sunar. Farklı topraklar ve bitkiler için çok çeşitli uzunluklarda seçenekleri bulunmaktadır. Yüksek doğruluk ve güvenilirlik, uygun maliyetli, üst düzey olan prob en gelişmiş, kanıtlanmış teknolojidir. Probu'nun üst kısmındaki sıcaklık sensörü ile ortam koşulu/hava sıcaklığı ölçümü yapılabilmektedir. Etkili bitki kök derinliğine göre uygun profil probu seçildiğinde probun uzunluğuna göre 4 veya 6 noktadan sıcaklık ve nem sensörlerinden gelen verilere göre bitki su ihtiyacı olup olmadığı gözlemlenebilir. Otomasyon cihazı üzerinden belirlenen nem miktarı altına düşen seviyeye geldiği zaman sulama programı tetikleme yöntemi ile başlatıla bilinir ve istenilen nem seviyesine geldiği zaman sulama durdurula bilinir.



TYPICAL INSTALLATION



NetaCap probe depths



On-surface drip irrigation installation (left) and subsurface drip irrigation installation

Şekil 14. Toprak sıcaklık ve nem sensörü

→ PROB BOYUNCA SENSÖR KONUMLARI

SENSÖR DERİNLİĞİ	PROB BOYU					
	40CM	60CM	80CM	120CM	150CM	180CM
10CM	✓	✓	✓		✓	
20CM	✓	✓	✓	✓		
30CM	✓	✓	✓		✓	✓
40CM	✓	✓	✓	✓		
50CM		✓				
60CM		✓	✓	✓	✓	✓
70CM						
80CM			✓	✓		
90CM					✓	✓
100CM				✓		
110CM						
120CM				✓	✓	✓
130CM						
140CM						
150CM					✓	✓
160CM						
170CM						
180CM						✓

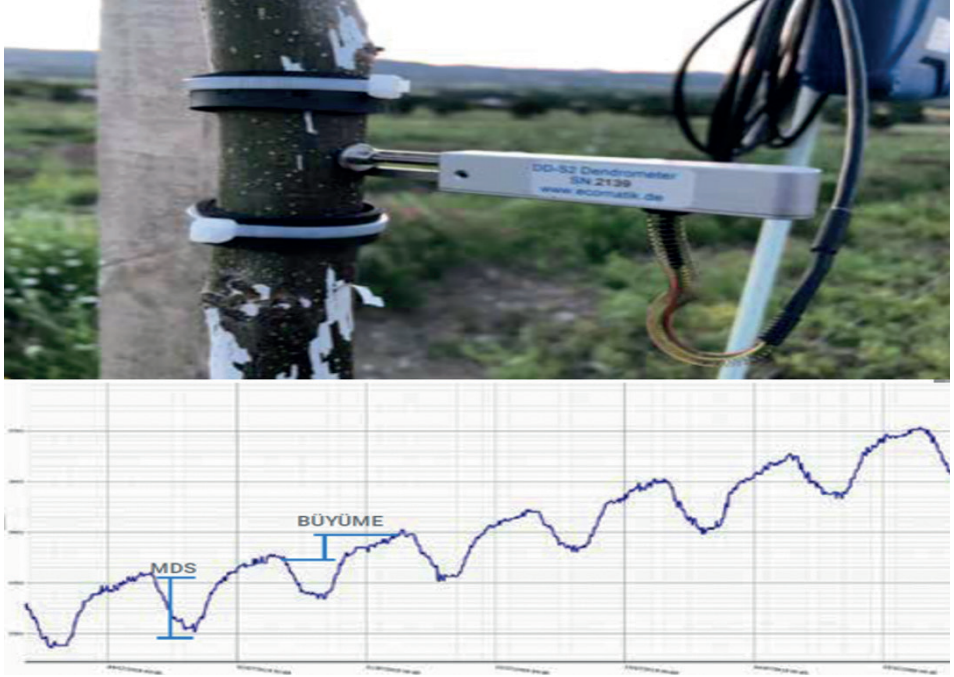


Şekil 15. Toprak sıcaklık ve nem sensörü yerleşimi

### 3.4.6. Dendrometre gövde çapı sensörü

Gövde çapı sensörleri, bitkilerdeki su stresi ve büyüme hakkında sürekli bilgi sağlar. Küçük bitkilerde ve dallarda, özellikle sıralı bitkilerin saplarındaki çap değişikliklerinin sürekli ölçümleri için oldukça hassas bir sensördür. Ayrıca çok yıllık, gelişmiş ağaçlarda kullanım için idealdir.





Şekil 15. Toprak sıcaklık ve nem sensörü yerleşimi

Maksimum Günlük Büzülme (MDS), sabahın erken saatlerindeki günlük maksimum değer ile öğleden sonra günlük minimum değer arasındaki günlük daralmaya MDS denir. MDS ne kadar yüksekse su stresi seviyesi o kadar yüksektir. MDS değeri farklı bitkiler ve çeşitleri arasında farklılık gösterir. Büyüme- bir günlük zirveden diğere olan farktır. Pozitif büyüme, bitkide vejetatif bir süreci gösterir. Büyüme Yok- normal olabilir veya bir soruna işaret edebilir, sezonun ilgili aşamasında ne beklendiğine bağlıdır. Negatif Büyüme- tipik olarak şiddetli su stresinin bir göstergesidir.

### 3.4.7. EC-pH sensörü

EC ve pH ölçerler bitkilere verilen sıvıların ölçümlerinde kullanılır. Genel olarak hidroponik sistemlerin EC ve pH ölçümleri sürekli olarak kontrol edilerek uygun değerlere getirilmelidir. Sıvı besin karışımının içerisindeki besin miktarını ölçmek için EC ölçer kullanılır pH değeri ise asidik değerinin ölçülmesidir. Genel olarak çoğu bitkinin pH değerleri 5.5–6.5 olarak ayarlanması uygun kabul edilmektedir. Bitki kök bölgesinde uygun EC-pH seviyelerinin sağlanması bitki büyüme hızını dolayısıyla verimi olumlu yönde etkiler. Yetiştirme ortamında uygun EC-pH dengelemesi özellikle topraksız tarım uygulamalarında daha önemlidir (6). EC-

pH kontrollü gübreleme yapıldığında ise seralardaki bütün parsellere eşit miktarda gübreli solüsyon gönderilmektedir. EC-pH kontrollü gübreleme yapılmadığında özellikle değişik ölçekli parsellerin sulamasında gübre ve su oranında değişiklik olacağından bitki gelişimlerinde farklılık gözlemlenir.

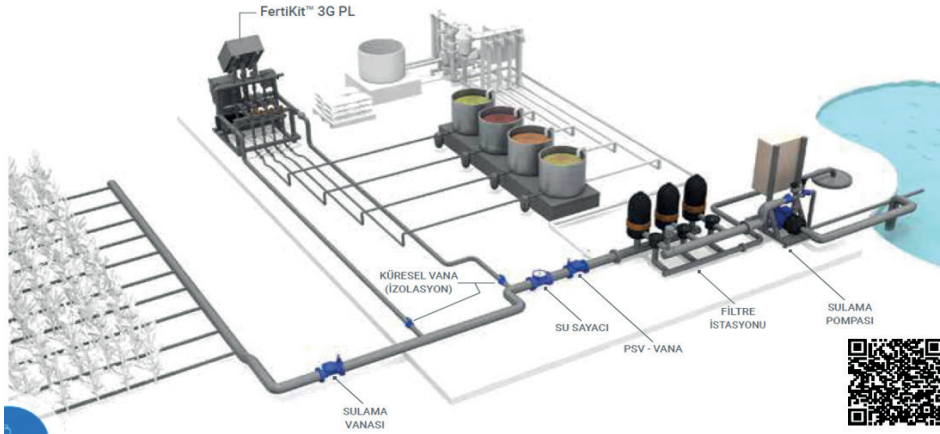


Şekil 17. EC-pH ölçüm monitörü

## 4. OTOMASYON BİRİMLERİ VE BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

### 4.1. Sulama Otomasyonu Birimleri

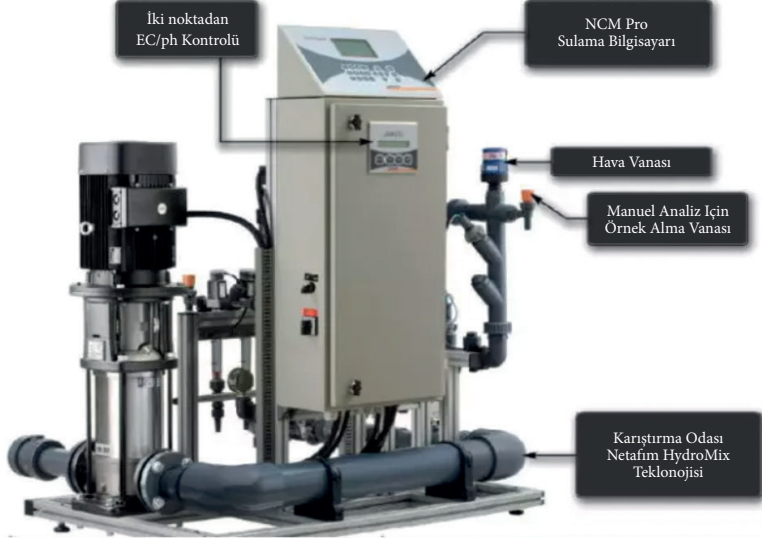
Topraklı ve topraksız seralarda kullanılan sulama otomasyon üniteleri birden fazla birbirine bağımlı parçalardan oluşmaktadır. Sistemin bütünüyle düzgün çalışabilmesi için her ürün grubunun bağdaşık şekilde adaptif çalışması gerekmektedir.



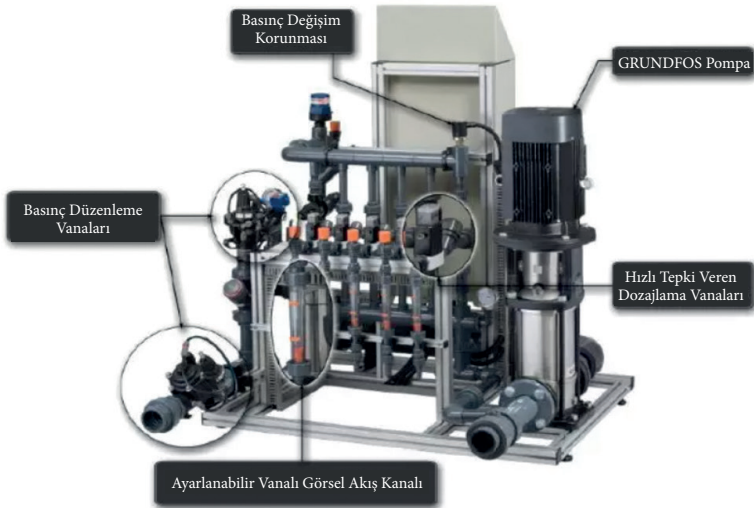
Şekil 18. Sulama otomasyonu kontrol ünitesi

#### 4.1.1 Otomasyon Ünitesi

Otomasyon ile sulama sisteminde beyin olarak adlandırılan gruptur. Arazi içi vana kontrolü, bitkilere gidecek olan sulama suyunun EC ve pH dengesini, sulama süresi, filtrasyon kontrolü, gübre tankı karıştırıcı zamanlayıcı kontrolü gibi teknik kontrolleri otomasyon ünitesi grubundadır.



Şekil 19. Örnek bir otomasyon ünitesi ön görünümü



Şekil 20. Örnek bir otomasyon ünitesi arka görünümü

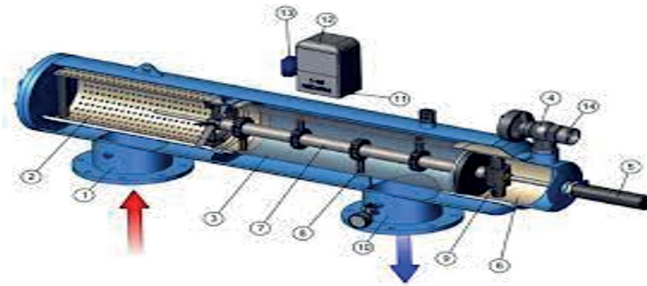
## BAŞLICA ÖZELLİKLER

- 15 Sulama Programı
- Güneş ışığı şiddetine, harici ikazla ve zamana göre sulama
- 60 Vanaya kadar kontrol
- Kontrollü su miktarı takibi
- Her dozaj kanalı 1.000 l/h kapasitelidir
- 5 Adete kadar dozaj kanalı
- Zamana ve miktara göre EC – pH kontrollü gübreleme
- Drenaj suyu EC kontrolü
- 8 Adete kadar filtre geri yıkama kontrolü
- Basınç farkına göre geri yıkama özelliği
- Rutubete ve ısıya göre soğutma kontrolü
- Sisleme programı
- PC bağlantısı
- 1 Adet analog, 1 adet dijital input kart standart
- 100 – 400 m3 sistemlerde kullanılır

Şekil 21. Örnek otomasyon ünitesi özellikleri

### 4.1.2. Filtrasyon Ünitesi

Arazi içi sulama için gönderilecek olan suyun damlatıcıları tıkanmaması için ve sistemin sağlıklı çalışabilmesi için suyu filtreleyerek temizler. Hem otomasyon cihazının gübre ve asit enjektisi için kullanılan ventürilerin tıkanmaması hem de damlatıcıların sağlıklı çalışması için gerekli olan sulama sistemi parçasıdır. Tam otomatik filtre ünitesinde filtre, su kaynağından gelen kum, mil, silt yosun vb. pislikler ve sisteme verilen gübre tortularından kaynaklı tıkanmalarda filtre üzerinde bulunan basınç ölçerler sayesinde giriş ve çıkış arasında izin verilen basınç farkı olduğu zaman filtre marka ve modeline göre hidrolik olarak suyun kendi basıncı ile ters yıkama mantığı ile içerisinde bulunan pislikler temizleme çıkışından dışarı verilir. Bu sayede filtre su akışı kesilmeden temizlenmiş olur. Otomasyon sistemlerinde tam otomatik filtre kullanmak son derece önemlidir. Özellikle uzaktan kontrol sağlanırken filtre tıkanmasından kaynaklı sistemin durması istenmez.



Şekil 22. Giriş ve çıkışta oluşan basınç farkında ters yıkama yapan filtre

#### 4.1.3. Su Sayacı

Su sayacı pulse çıkışlı su sayacı olarak da bilinmektedir. Su sayacı sera içerisinde sektörlere giden toplam su miktarının saatlik olarak belirlenmesini sağlamaktadır. Sistemde su sayacılarının yer alması hatlarda meydana gelen kaçak ve tıkanıklıkların tespitinde önemlidir. Sistemde kullanılan su sayacı sinyali kablolu olup otomasyon ile kontrol edilmektedir. Otomasyon ile kontrolü sağlanırken (kabloda zararlardan kaynaklı kopukluk olması vb.) sinyalin vanayı ulaşmaması bunun sonucunda vananın açılmamasından kaynaklı pompa basıncı artmaktadır. Bu durum sistemde patlamalara kadar gidebilen olumsuz durumlar meydana getirmektedir. Otomasyon sisteminde su sayacı kullanımı ile birlikte parsellere gitmesi gereken su miktarı sisteme veri olarak girilir. Olası su kaçakları, borularda patlama ve diğer parsel vanalarının açık kalması gibi sebeplerle parsel gitmesi gerekenden fazla veya parsel vanasının uzaktan kontrolü ile açılmasında arıza olması, su kaynağından kaynaklı suyun azalması ve filtrenin tıkanıp yeterli suyun parsel az gitmesi gibi olaylarda sayacıdan gelen veriler ile izin verilen alt ve üst limitler dışında su geçmesi halinde sistem kullanıcıyı bilgilendirecek şekilde alarm verir ve sulamayı beklemeye alır. Bu şekilde eksik veya fazla su verilmesinin önüne geçilerek homojen bitki gelişimine fayda sağlanır.



Şekil 23. Su sayacı

Valve Flow Rate - 1				
	Valve No.	Nominal m <sup>3</sup> /h	Minimum m <sup>3</sup> /h	Maximum m <sup>3</sup> /h
▶	1	50.000	45.000	55.000
	2	50.000	45.000	55.000
	3	45.000	40.000	50.000
	4	40.000	35.000	45.000
	5	50.000	45.000	55.000

Şekil 24. Sera içerisinde bulunan parsellerin debi örnekleri



	AKIŞ SUYU	GERÇEK	SOL
DONEM	1	1	0
SU	01:01:00	00:06:51	00:54:09
AKIS	25.000	25.747	
EC	1.7	1.7	
PH	6.5	6.5	

PROGRAM: 1 (Man)	11:56:17	AKIŞ
VANA : 1	29-APR-23	SULAMA
		DOZING
		ALARM

Şekil 25. Otomasyon ünitesinde su akış verileri örnekleri

#### 4.1.4. Gübre Tankları

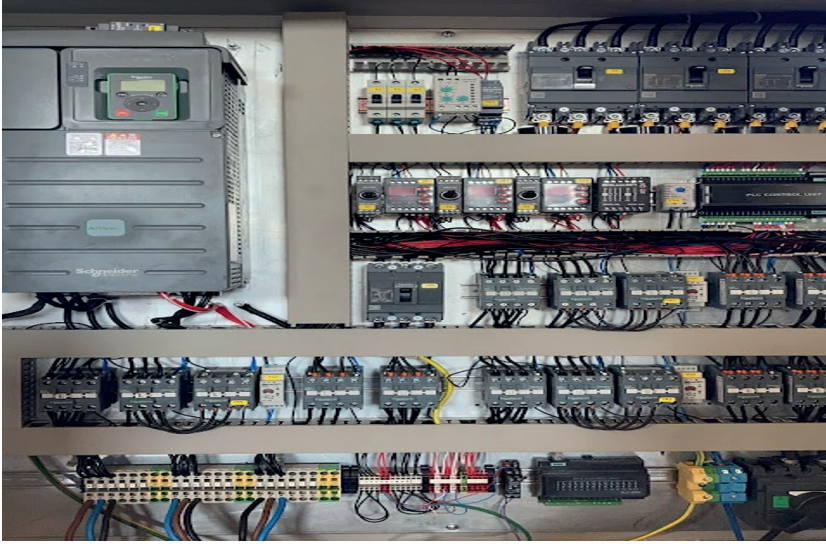
Gübre tanklarının otomasyon bölümünde görevi sıvı veya çözülmüş gübreleri hazırda bulundurarak ihtiyaca göre asit veya gübre enjektörü sağlar. İhtiyaca göre tank sayısı değişiklik gösterilebilir. Gübre tankları içerisinde bulunan gübre ve aside dayanıklı krom karıştırıcılar veya hava üfleme ile gübrelerin homojen karışımı sağlanır. Bu karıştırıcı sistemler otomasyon sistemi ile entegre bir şekilde kullanılıp belirlenen zaman aralığında karıştırıcı çalıştırılıp gübre yoğunluğunun değişmesi önlenir.



Şekil 26. Sulama odasında kullanılan gübre tankları örneği

#### 4.1.5. Frekans Kontrollü Elektrik Panosu

Frekans kontrollü elektrik panoları sayesinde pompa çıkışında pompanın gücünün yettiği ölçüde istenilen basınç sabitlenir. Bu sayede yüksek basınçlı ve yüksek debisi olan pompalar düşük debi veya düşük basınç altında çalıştırılabilir. Enerji tasarrufu da sağlanır. Sistem kontrollü basınç altında çalıştırıldığı için hem sistem basınç güvenliği sağlanmış olur hem de her parselde istenilen basınç değerleri ile sistem çalıştırılarak homojen sulama sağlanmış olunur.



Şekil 27. Frekans kontrollü elektrik panosu



Şekil 28. Frekans kontrolü kullanım ekranı örneği



#### 4.1.6. Parsel Vanaları

Solenoid bobinli parsel vanalarına kadar iletilen sinyal kabloları sayesinde vana üzerinden müdahale etmeden sulama kontrol odasından kontrol edilebilmektedir. Vanalar üzerinde bulunan basınç pilotu sayesinde fazla basınç düşürülebilir. Bu şekilde eğimli arazilerde alt kot seviyelerde artan basınç, basınç pilotu ile düşürülüp sistemin patlaması önlenir.



Şekil 29. Sera içerisinde bulunan parsel vanası ünitesi



Şekil 30. Basınç pilotu olan selenoid vana

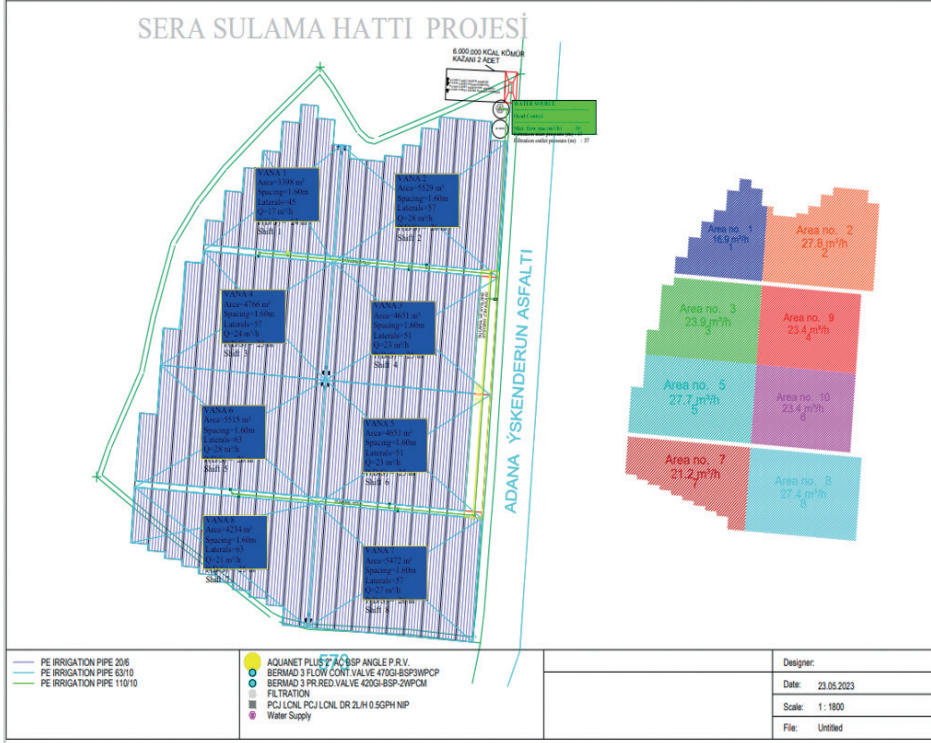
Örnek bir sulama otomasyon odası, sulama hattı projesi, drenaj hattı projesi ve sensörlerin sera içinde yerleşimi ile ilgili proje hat çizimleri Şekil 31, Şekil 32, Şekil 33, Şekil 34 ve Şekil 35’de sırası ile verilmiştir.



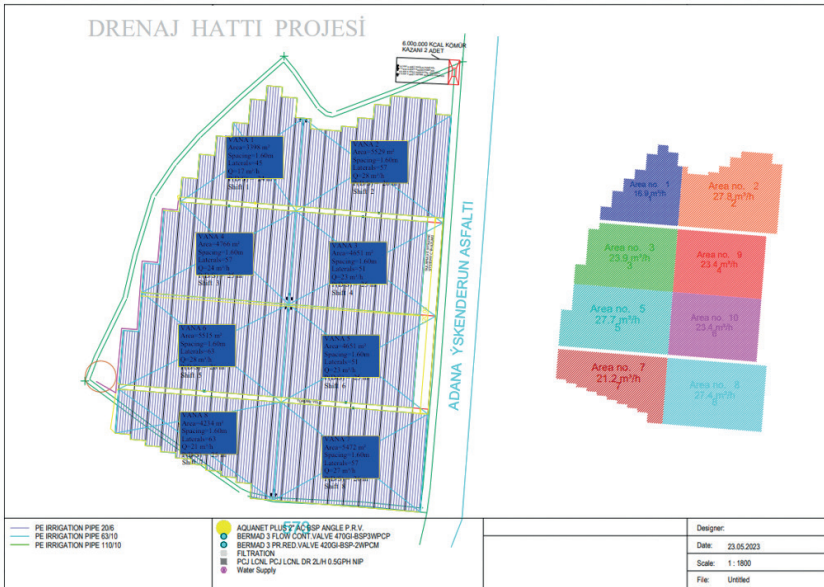
Şekil 31. Yapay zeka sulama kontrolörüne sahip bir sulama otomasyon odası



Şekil 32. Yapay zeka sulama kontrolörüne sahip bir sulama otomasyon odası

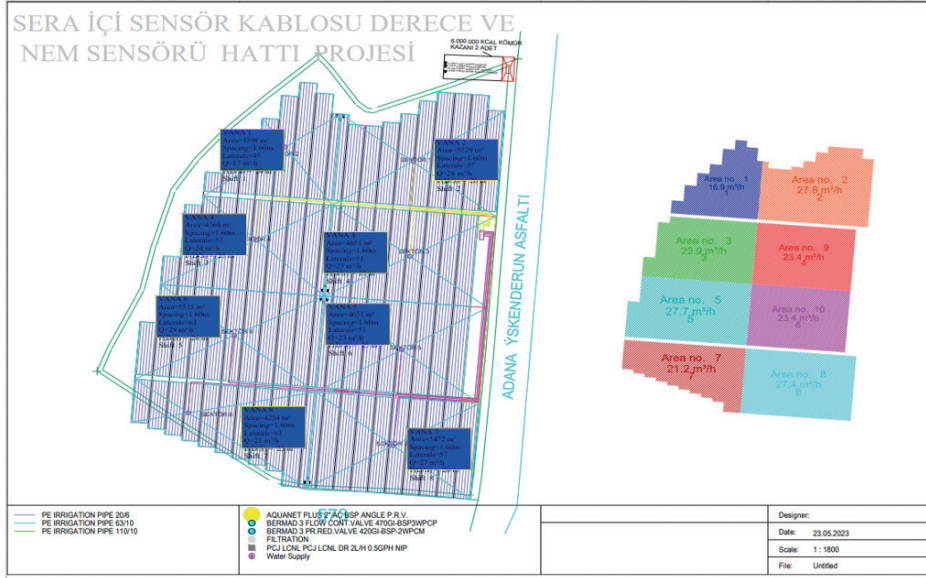


Şekil 33. İrricad sulama programında sulama projesi



Şekil 34. Projenin drenaj hattı çizimi





Şekil 35. Sera içi sensör kablosu projesi

## SONUÇ

Sera sulama sistemleri seçiminde; bitki çeşidi, bitki su ihtiyacı ve toprak yapısı dikkate alınarak en üst düzeyde verim alınabilecek sulama sistemi seçilmelidir. Sulama otomasyonunun amacı su stresinin bitki üzerindeki olumsuz etkisini önlemek, bitki suya ihtiyaç duymaz su verilmesini sağlamak, maksimum düzeyde su tasarrufu sağlamak ayrıca zamandan ve işgücünden tasarruf elde etmektedir. Bitkilerde belirli bir sürede terleme ile kaybedilen suyun, kök bölgesinden alınan su miktarından fazla olması durumunda su stresi oluşmaktadır.

Ülkemiz topraklarının yarısından fazlasının tarımsal faaliyetler için uygun olmayan dağlık alanlardan meydana gelmesi ve kullanılabilir su kaynaklarının azlığı, mevcut tarım arazileri ile su kaynaklarının en verimli şekilde daha etkin ve ekonomik kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Tarım sektörü %70 oranla su tüketiminin en fazla olduğu sektördür (10). Sulama yöntemi olarak daha çok toprakta tuzlanma ve erozyona neden olan ve aşırı su kullanımı gerektiren geleneksel sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Maksimum düzeyde su tasarrufu sağlayan basınçlı sulama yöntemleri ile sulama otomasyonu kullanımı çok düşük seviyelerdedir. Sulama otomasyonu olarak daha çok park-bahçe sulamasında bitki, toprak ve iklim özellikleri dikkate alınmadan, belirli zaman aralıkları ile insan kontrollü sulama yapılan açık devre sulama otomasyonu kullanılmaktadır. Bitkisel üretimde sulama otomasyonu çok nadir kullanılmaktadır.

Ülkemizde bitki su tüketiminin belirlenmesi ve sulama programlarının hazırlanmasında çeşitli yazılımlar kullanılmaktadır. Fakat suyun bitkilere verilmesi aşamasında sulama otomasyonu kullanımı yeterli düzeyde değildir. Bu olumsuzluklar; kurulum ve işletme giderleri düşük, su uygulama randımanı yüksek, maksimum düzeyde su ve enerji tasarrufu sağlayan, insan kaynaklı hataları en aza indirebilen basınçlı sulama sistemi şeklindeki kapalı devre sulama otomasyonu sistemlerinin geliştirilmesini ve kullanımının yaygınlaştırılmasını zorunlu kılmaktadır.

## **KAYNAKLAR**

1. Hakgören F, Ekmekyapar T. Kültürteknik. Atatürk Üniversitesi Kültürteknik Dersi Ders Notları, Erzurum, 1983.
2. Güngör Y, Erözel AZ, Yıldırım O. Sulama. Ankara Üniversitesi Yayınları No:260, 2012, Ankara, 291 s.
3. Kanber R. Sulama. Çukurova Üniversitesi Genel Yayın No:174, Ders Kitapları Yayın No:A-52, 2002, Adana, 526 s.
4. Edan Y, Han S, Kondo N. Automation in agriculture. Springer handbook of automation, pp 1095-1128.
5. Çayiroğlu İ, ErKaymaz H. Uzaktan sabit hat erişimli bilgisayar destekli ev otomasyonu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi 2007, 13(3): 379-385.
6. Hortiturkey. <https://www.hortiturkey.com/>(Erişim tarihi: 26.11.2023)
7. Netafim. <https://www.netafim.com.tr/akademi/akilli-otomatik-sulama/> (Erişim tarihi: 26.11.2023)9:
8. Kürklü A, Çağlayan N. Sera otomasyon sistemlerinin geliştirilmesine yönelik bir çalışma. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2005, 18(1): 25-34.
9. Ecik B. Tarımsal sulamada otomasyonun 10 faydası <https://esular.com/otomasyon/tarimsal-sulamada-otomasyonun-10-faydasi/>(Erişim tarihi: 26.11.2023)
10. Aksungur N, Firidin Ş. Su kaynaklarının kullanımı ve sürdürülebilirlik. WWAquaculture Studies, 2008, 2008(2): 9-11.WW