



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

GIDA, SU KAYBI ve İSRAFI



Ankara-2024



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

GIDA, SU KAYBI ve İSRAFI

Editörler

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN
Prof. Dr. İrfan EROL

Ankara, 2024



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

FOOD, WATER LOSS, and WASTE

Editors

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN
Prof. Dr. İrfan EROL

Ankara, 2024

Gıda, Su Kaybı ve İsrafi / *Food, Water Loss, and Waste*

© Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, 2024 / © *Turkish Academy of Sciences Publications, 2024*

TÜBA Raporlar No: 59 / *TÜBA Reports No: 59*

ISBN: 978-625-6110-08-3

DOI: 10.53478/TUBA.978-625-6110-08-3

Editörler / *Editors*

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN

Prof. Dr. İrfan EROL

Sekreteryası / *Secretariat*

Gökçen ORAL

Büşra SÖZEN

Bu kitapta yer alan tüm yazıların dil, bilim, etik ve hukuk açısından bilimsel sorumluluğu yazarlarına aittir. Editörlerin ve Türkiye Bilimler Akademisi'nin sorumluluğu bulunmamaktadır.

The scientific responsibility for the language, scientific, ethical and legal aspects of all the articles included in the book belongs to the authors. Turkish Academy of Sciences and the editors have no responsibility.

Türkiye Bilimler Akademisi / *Turkish Academy of Sciences*

Vedat Dalokay Cad. No: 112 06670 Çankaya - Ankara

Tel: +90 312 442 29 03 • www.tuba.gov.tr

Grafik Tasarım / *Graphic Design*

Ali Buğra ERGİN

Birinci Baskı / *1st. Edition*

750 Adet / pcs.

Baskı Yeri ve Tarihi / *Publication Place and Date*

Sarıyıldız Ofset Ambkağ. Paz. San. ve Tic. Ltd.

İvöğsan Ağaçışleri Sit. 1358. Sok. No:31 OSTİM Yenimahalle/Ankara - 2024

Gıda, Su Kaybı ve İsrafi / ed. Kazim Şahin ve İrfan Erol. --- Ankara : Türkiye Bilimler Akademisi, 2024.

228 s. : tabl., hrt. ; 20 x 26 cm. – (TÜBA Raporları No: 59)

Bibliyografya var.

ISBN 978-625-6110-08-3

1.Gıda israfi - Türkiye. 2. Food waste - Türkiye. 3. Gıda maddeleri. 4. Foodstuffs. 5. Yeraltı suları. 6.Undergrourel water. 7. Su kaybı - Türkiye. 8. Water loss - Türkiye.

HD9000.5 G54 2024

641

İÇİNDEKİLER

Contents

TAKDİM

Foreword

Muzaffer ŞEKER

VII

ÖNSÖZ

Preface

Kazım ŞAHİN

IX

GIDA KAYIP VE İSRAFININ KÜRESEL BOYUTLARI VE ETKİLERİ

Global Dimensions and Effects of Food Loss and Waste

İrfan EROL - Belgin SIRIKEN

15

SU KAYIP VE İSRAFININ BOYUTLARI: İKLİM KAYNAKLI POTANSİYEL RİSK VE TEHDİTLER

Dimensions of Water Loss and Waste:

Climate-Related Potential Risks and Threats

İzzet ÖZTÜRK - Mehmet Melih KOŞUCU

Elif Zeynep DENERİ

39

KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA VE SU GÜVENCESİ ÜZERİNE OLUMSUZ ETKİLERİ VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

*Negative Effects of Global Warming and Climate Change on
Sustainable Food and Water Security and Precautions to be Taken*

Mustafa YILDIZ

73

GIDA VE SU İSRAFI'NIN SOSYOEKONOMİK BOYUTU - İSLAMÎ PERSPEKTİFTEN BİR ANALİZ -

Socioeconomic Dimension of Food and Water Waste

- An Analysis From Islamic Perspective -

Abdulmuttalip ARPA

89

**AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ KULLANIMININ
GIDA VE SU TASARRUFU ÜZERİNE ETKİLERİ**

*Effects of Use of Smart Agriculture Technologies on
Food and Water Saving*

Ufuk TÜRKER

105

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE
ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASINDA İNOVATİF ÇÖZÜMLER**

Inovative Solutions to Reduce Climate Change and Environmental Pollution

Mehmet Emin AYDIN - Senar AYDIN

123

ÇABUK BOZULAN BAZI GIDALARDA KAYIP VE İSRAFIN ENGELLENMESİ

Preventing Loss and Waste in Some Perishable Foods

Mehmet Seçkin ADAY

159

SÜRDÜRÜLEBİLİR ATIK YÖNETİMİ UYGULAMALARI

Sustainable Waste Management Practices

Hasan Sabri ÖZTÜRK - H. Kağan YENİÇERİ

179

GIDA ATIKLARININ KATMA DEĞERLİ ÜRÜNLERE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Transforming Food Waste into Value Added Products

Vural GÖKMEN

197

**YERELDEN GENELE SÜREÇ VE KRİZ YÖNETİMİNDE
GIDA BANKACILIĞI VE ÖRNEK UYGULAMALAR**

*Food Banking and Best Practices in
Process and Crisis Management from Local to General*

Adnan ÇİÇEK - Didem DOĞAR

209

DİZİN

Index

225

TAKDİM

Son yıllarda hızla artan nüfus, düzensiz kentleşme, kontrolsüz sanayileşme ve iklim değişikliği gibi küresel dinamikler, dünya üzerinde büyük değişimlere yol açmıştır. Bu değişimlerin en önemli sonuçlarından biri, gıda ve su kaynaklarının verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi konusunda karşılaşılan zorluklardır. Bugün geldiğimiz noktada, dünya genelinde gıda ve su kaynaklarına erişim ve bu kaynakların adil, verimli kullanımı, sadece ülkelerin ekonomik ve sosyal politikalarının değil, aynı zamanda küresel sürdürülebilirlik hedeflerinin de temel konularından biridir. Kaynakların sınırlı olmasından ziyade dağıtımın adaletli olmaması sorunları derinleştirmektedir.

Ne yazık ki, dünyada üretilen gıdanın yaklaşık üçte biri israf edilmekte ya da kaybolmaktadır. Aynı şekilde, su kaynakları üzerindeki aşırı baskı ve dengesiz kullanım, bu hayati doğal kaynağın gelecekte ciddi bir krize dönüşebileceğini göstermektedir. Gıda ve su israfı, sadece kaynakların boşa harcanmasına yol açmakla kalmaz, aynı zamanda çevreye zarar verir. Bu durum, küresel ölçekte ekolojik, ekonomik ve sosyal sorunlara neden olmaktadır. Temiz suya erişimi olmayan milyonlar düşünüldüğünde insanoğlu için bu israfın önlenmesi sadece ekonomik bir zorunluluk değil, aynı zamanda etik bir sorumluluktur.

Bu bağlamda, Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) olarak gıda ve su israfına karşı bilimsel farkındalığı artırmayı, bu konuda araştırmaları teşvik etmeyi ve çözüm önerileri sunmayı amaçlayan bu eseri hayata geçirmeyi sorumluluklarımızın bir gereği olarak görüyoruz. Bu kitap, gıda ve su israfının boyutlarını ortaya koymanın yanı sıra, israfın azaltılması için yenilikçi ve sürdürülebilir stratejiler geliştirilmesi, toplumun tüm kesimlerinde farkındalık yaratılması ve bireyden devlete, yerelden küresele kadar her paydaşın sorumluluğunu yerine getirmesi için bir rehber niteliği taşımaktadır.

Akademik dünyada, kamu politikalarında ve toplumsal farkındalık alanında önemli bir boşluğu dolduracağına inandığımız bu eserin hazırlanmasında emeği geçen değerli bilim insanlarına, araştırmacılara ve tüm katkı sunan paydaşlara teşekkürlerimi sunuyorum. TÜBA olarak ülkemizin bilimsel bilgi birikimine katkıda bulunmanın yanı sıra küresel sorunlara çözümler sunan çalışmalara öncülük etme misyonumuzu sürdürmeye devam edeceğiz.

Bu kitabın, gıda ve su israfıyla mücadelede, topluma ve bilim dünyasına önemli katkılar sağlayacağına olan inancım tamdır. Gıda ve su kaynaklarının daha verimli kullanıldığı, israfın minimuma indirildiği bir gelecek inşa etmek için hepimize büyük sorumluluklar düşmektedir. Bu sorumlulukların bilinciyle, daha yaşanabilir ve sürdürülebilir bir dünya için birlikte hareket etmeyi ümit ediyorum, bu değerli eserin okurlarına ilham vermesini diliyorum.

Prof. Dr. Muzaffer ŞEKER
TÜBA Başkanı

FOREWORD

In recent years, global dynamics such as rapidly increasing population, unregulated urbanization, uncontrolled industrialization and climate change have led to major changes in the world. One of the most important consequences of these changes is the challenges faced in managing food and water resources efficiently and sustainably. At the point we have reached today, access to food and water resources worldwide and the fair and efficient use of these resources is one of the main issues not only in the economic and social policies of countries, but also in global sustainability goals. The problems are exacerbated by the fact that the distribution is not fair, rather than the fact that resources are limited.

Unfortunately, about a third of the world's food is wasted or lost. Likewise, excessive pressure and unbalanced use of water resources indicate that this vital natural resource could become a serious crisis in the future. Wasting food and water not only wastes resources, but also damages the environment. This causes ecological, economic and social problems on a global scale. Considering the millions of people who do not have access to clean water, preventing this waste is not only an economic imperative but also an ethical responsibility for humankind.

In this context, as the Turkish Academy of Sciences (TÜBA), we see it as a requirement of our responsibilities to realize this work, which aims to raise scientific awareness against food and water waste, to encourage research on this issue and to offer solutions. In addition to revealing the dimensions of food and water waste, this book is a guide for developing innovative and sustainable strategies to reduce waste, raising awareness in all segments of society, and ensuring that every stakeholder, from the individual to the state, from local to global, fulfills their responsibilities.

I would like to thank the valuable scientists, researchers and all stakeholders who contributed to the preparation of this book, which we believe will fill an important gap in the academic world, public policies and social awareness. As TÜBA, we will continue to pursue our mission of contributing to the scientific knowledge of our country as well as pioneering studies that offer solutions to global problems.

I firmly believe that this book will make significant contributions to society and the scientific world in the fight against food and water waste. We all have great responsibilities to build a future where food and water resources are used more efficiently and waste is minimized. With the awareness of these responsibilities, I hope to act together for a more livable and sustainable world, and I wish that this valuable work will inspire its readers.

Prof. Dr. Muzaffer ŞEKER
President of TÜBA

ÖNSÖZ

Gıda ve su kaynaklarının verimli kullanımı, hem bireysel sağlığımız hem de küresel sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir. Milyonlarca insanın temel gıda ve suya erişimde zorlandığı bir dünyada, bu kaynakların israfı kabul edilemez bir durumdur. Gıda ve su kaybının önlenmesi, ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan geniş kapsamlı etkiler yaratır ve gelecek nesiller için daha adil ve sürdürülebilir bir dünya inşa edilmesine katkı sağlar. Kaynakların israf edilmesi, sınırlı doğal varlıkların verimsiz kullanımına, ciddi ekonomik kayıplara ve çevresel tahribata yol açar. Aynı zamanda, gıda ve su israfı arz-talep dengesini bozarak fiyat dalgalanmalarına sebep olur ve özellikle düşük gelirli kesimleri olumsuz etkiler. Ekolojik dengeyi bozan bu israf, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve su kaynaklarının tükenmesine neden olabilir. Ayrıca, israf edilen gıdalar, sera gazı salınımını artırarak iklim değişikliğine katkıda bulunur. Gıda israfı, küresel gıda güvenliğini tehdit ederken, farkındalığın artırılması ve bilinçli tüketim alışkanlıklarının geliştirilmesi israfı önlemede önemli rol oynar.

Gıda ve su kaybı ile israfını önlemek için atılabilecek adımlar, bireysel, toplumsal ve kurumsal düzeylerde çeşitli stratejiler içermektedir. Bireysel düzeyde, ihtiyaçlar doğrultusunda alışveriş yaparak gereksiz gıda alımının önüne geçmek, gıdaların doğru şekilde saklanmasıyla bozulmalarını ve israfını önlemek, artan yemekleri yaratıcı tariflerle değerlendirmek veya dondurarak daha sonra kullanmak, ayrıca dış fırçalarken, bulaşık yıkarken veya banyo yaparken suyu kapatarak su tüketimini azaltmak önemlidir. Toplumsal ve eğitim düzeyinde, gıda ve su israfının zararları konusunda toplumu bilinçlendiren kampanyalar düzenlemek, okullarda ve toplum merkezlerinde bu konularda eğitim programları oluşturmak, ihtiyaç sahiplerine destek olmak amacıyla gıda bankalarının kurulmasını teşvik etmek gereklidir. Kurumsal ve politik düzeyde, gıda israfını önlemeye yönelik yasaların çıkarılması ve uygulanması, akıllı tarım uygulamaları ve su tasarrufu sağlayan sulama tekniklerinin kullanılması, tedarik zincirinde meydana gelen kayıpları azaltmak için lojistik süreçlerin iyileştirilmesi ve gıdaların taşıma ve depolanma koşullarının optimize edilmesi gerekmektedir. Teknolojik ve yenilikçi çözümler olarak, dronlar, sensörler ve yapay zeka destekli sistemler kullanarak tarımda verimliliği artırmak ve su kullanımını optimize etmek, gıda atıklarının biyogaz üretimi veya organik gübre yapımı gibi yöntemlerle geri dönüştürülmesi, gıdaların daha uzun süre taze kalmasını sağlayan yenilikçi ambalajlama çözümlerinin geliştirilmesi ve kullanılması teşvik edilmelidir.

İş dünyası ve endüstri düzeyinde ise, işletmelerin gıda ve su israfını izleme, raporlama ve azaltma hedefleri belirlemeleri, tedarik zincirindeki tüm paydaşların işbirliği yaparak israfı önleme konusunda ortak projeler geliştirmeleri ve işletmelerin sosyal sorumluluk projeleri kapsamında gıda ve su israfını önlemeye yönelik çalışmalar yapmaları büyük önem taşımaktadır.

Bu eserin, gıda ve su kaynaklarımızın korunması ve sürdürülebilir yönetimi konusunda önemli katkılar sağlayacağına inanıyorum. Unutmayalım ki, hep birlikte bu konuda atacağımız adımlar, gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak adına büyük önem taşımaktadır. Saygılarımla.

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN

*TÜBA - Gıda ve Beslenme
Çalışma Grubu Yürütücüsü*

PREFACE

The efficient use of food and water resources is critical to both our individual health and global sustainability. In a world where millions of people struggle to access basic food and water, wasting these resources is unacceptable. Preventing food and water loss has wide-ranging economic, environmental and social impacts and contributes to building a more just and sustainable world for future generations. Wasting resources leads to inefficient use of limited natural assets, serious economic losses and environmental damage. At the same time, food and water wastage disrupts the supply-demand balance, causing price fluctuations and negatively affecting low-income groups in particular. This waste disrupts the ecological balance and can lead to a decline in biodiversity and depletion of water resources. In addition, wasted food contributes to climate change by increasing greenhouse gas emissions. While food waste threatens global food security, raising awareness and developing conscious consumption habits play an important role in preventing waste.

Steps that can be taken to prevent food and water loss and waste include various strategies at individual, community and institutional levels. At the individual level, it is important to avoid unnecessary food purchases by shopping according to needs, prevent spoilage and waste by storing food properly, use leftovers in creative recipes or freeze leftovers for later use, and reduce water consumption by turning off the water when brushing teeth, washing dishes or bathing. At the social and educational level, it is necessary to organize public awareness campaigns on the dangers of food and water waste, establish educational programs on these issues in schools and community centers, and encourage the establishment of food banks to support those in need. At the institutional and policy level, it is necessary to enact and enforce laws to prevent food waste, use smart agricultural practices and water-saving irrigation techniques, improve logistics processes to reduce losses in the supply chain, and optimize the conditions of transport and storage of food. As technological and innovative solutions, the use of drones, sensors and AI-enabled systems to increase productivity and optimize water use in agriculture, the recycling of food waste through biogas production or composting, and the development and use of innovative packaging solutions that keep food fresh for longer should be encouraged. At the business and industry level, it is crucial that businesses monitor, report and set reduction targets for food and water waste, that all stakeholders in the supply chain collaborate to develop joint projects to prevent waste, and that businesses work to prevent food and water waste as part of their social responsibility projects.

I believe that this work will make significant contributions to the protection and sustainable management of our food and water resources. Let us not forget that the steps we will take together on this issue are of great importance to leave a more livable world for future generations. Best regards.

Prof. Dr. Kazim ŞAHİN

*TÜBA - Food and Nutrition
Working Group Executive Member*

GIDA KAYIP VE İSRAFININ KÜRESEL BOYUTLARI VE ETKİLERİ

**GLOBAL DIMENSIONS AND EFFECTS OF
FOOD LOSS AND WASTE**

**İrfan EROL
Belgin SIRIKEN**

Atıf Künyesi: Erol, İ. ve Sırıken, B. (2024). Gıda Kayıp ve İsrafının Küresel Boyutları ve Etkileri. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafı* (s. 15-38) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

GIDA KAYIP VE İSRAFININ KÜRESEL BOYUTLARI VE ETKİLERİ

Prof. Dr. İrfan EROL

Atılım Üniversitesi, Lokman Hekim Üniversitesi

Prof. Dr. Belgin SIRIKEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Özet

Gıda, su ve enerji tüm canlıların yaşaması ve sağlıklı ekosistemin kurulması ve korunması için birbiriyle yakın ilişkili olan stratejik öneme sahip üç temel alandır. Artan dünya nüfusunun yeterli, dengeli ve sağlıklı beslenmesi için sürdürülebilir gıda ihtiyacının karşılanması ve açlıkla mücadele, ülkelerin ve uluslararası kuruluşların en öncelikli konuları arasında yer alır. Gıda kaybı ve israfı çağımızın önemli küresel sorunlarından biridir. Tedarik zinciri boyunca gıda kayıp ve israfı birincil üretimde tarla ve çiftlik aşamasında başlayıp, depolama, nakil, işleme, ambalajlama, perakende satış ve tüketim aşamalarını kapsayan karmaşık ve çok faktörlü bir süreci kapsamaktadır. Gıda kaybı; gıda üretim zincirinin birincil üretimden dağıtıma kadar olan aşamalarında gıda tedarikçilerinin karar ve eylemleri sonucu; gıda israfı ise perakendecilerin, gıda hizmeti sağlayıcıların ve tüketicilerin karar ve eylemleri sonucu gıdanın miktarındaki azalma ile kalitesindeki düşmeyi ifade eder. Gıda kayıp ve israfı ülkeden ülkeye ve hatta aynı ülke içinde ürün tipine, coğrafi bölgeye ve sosyo-ekonomik faktörlere bağlı olarak büyük değişkenlik gösterir. Yüksek ve orta gelirli ülkelerde gıda kayıp ve israfı özellikle dağıtım, depolama ve tüketim aşamalarında, düşük gelirli ülkelerde ise üretim ve hasat sonrası aşamalarda oluşur. Günümüzde küresel düzeyde önemli boyutlara ulaşan gıda kayıp ve israfı, çevresel, sosyal ve ekonomik risk ve tehditlere yol açmaktadır. Dünyada üretilen toplam gıdanın yıllık yaklaşık üçte biri olan 1,3 milyar ton gıda kaybedilmekte veya israf edilmekte olup bu durumun yol açtığı ekonomik kayıp yıllık 1 trilyon ABD doları civarındadır. Gıda kayıp ve israfı aynı zamanda tarımsal üretim alanının %20-23'ünün; su tüketiminin %24'ünün; kimyasal gübre ve ilacın %20-23'ünün gereksiz yere kullanılmasına neden olmaktadır. Gıda kayıp ve israfı küresel sera gazı emisyonunun %8'inden sorumlu tutulmaktadır. Gıda tedarik zincirindeki toplam enerji giderinin %38'i gıda kayıp ve israfı ile heba edilmektedir.

Türkiye, son tüketici düzeyinde dünyada en çok gıda israfı yapan ülkelerin başında gelmektedir. Birleşmiş Milletler Çevre Programının 2021 raporuna göre, Türkiye’de evlerde, gıda servis hizmeti veren sektör ile toptan ve perakende satış noktalarında her yıl kişi başı 93 kilogram, toplamda 7,7 milyon ton gıda çöpe gitmek suretiyle israf edilmektedir. Özellikle uluslararası kuruluşlar tarafından yapılan çalışmalar ve belirlenen politika hedefleri, küresel düzeyde gıda kayıp ve israfının yaklaşık yarısının önlenebileceğini, dörtte birinin önlenmesi halinde bile küresel açlık sorunun çözülebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda gıda kayıp ve israfının azaltılması ile; üretimde birim maliyetlerin düşürülerek fiyat istikrarının sağlanması, erişilebilirliğin artırılarak açlıkla mücadele edilmesi ve gıda güvencesinin teminiyle toplumun sağlıklı beslenmesi; iklim değişikliği etkilerinin azaltılması, biyoçeşitliliğin korunması, tarım arazileri ve su kaynaklarının verimli kullanılması yoluyla sürdürülebilir çevre ile tarım ve gıda sistemleri üzerine önemli katkılar sağlanacağı açıktır. Bu bölümde gıda kayıp ve israfının küresel boyutları ile sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Gıda Kaybı, Gıda İsrafı, Gıda Güvencesi, Açlık, Çevresel Etkiler, Ekonomik Etkiler, Sosyal Etkiler, Önleme Stratejileri

GLOBAL DIMENSIONS AND EFFECTS OF FOOD LOSS AND WASTE

Prof. Dr. İrfan EROL

Atılım University, Lokman Hekim University

Prof. Dr. Belgin SIRIKEN

Ondokuz Mayıs University

Abstract

Food, water and energy are three fundamental areas of strategic importance that are closely interrelated for the survival of all living organisms and preserving a healthy ecosystem. Meeting the sustainable food needs and fighting hunger to ensure adequate, balanced and healthy nutrition for the increasing world population are among the top priorities of countries and international organizations. Food loss and waste are important problems globally. Food loss is defined as the decrease in the quantity and the quality of food as a result of the decisions and actions of food suppliers in the stages of the food production chain from primary production to distribution, whereas food waste refers to the decrease in the quantity and quality of food as a result of the decisions and actions of retailers, food service providers and consumers. Food loss and waste throughout the food supply chain begin at the field and farm stage in primary production and goes through a complex and multi-factorial process that includes storage, transportation, processing, packaging, retail and consumption stages. Food loss and waste vary greatly from country to country and even within the same country, depending on product type, geographical region and socio-economic factors. In high- and middle-income countries, food loss and waste occur mainly at the distribution and consumption stage, and in low-income countries at the production and post-harvest stages. The global dimensions of food loss and waste are significant and cause environmental, social and economic risks and threats. Some 1,3 billion tons of food, approximately 1/3 of the total food produced worldwide, is lost and wasted annually. The economic loss caused by food loss and waste is approximately 1 trillion US dollars every year.

Food loss and waste cause unnecessary use of 20-23% of the agricultural production area, 24% of water consumption and 20-23% of chemical fertilizers and pesticides. Food loss and waste cause 8% of global greenhouse gas emissions. About 38% of the total energy expenditure in the food supply chain is wasted through food loss and waste. Türkiye is one of the leading countries globally that waste the most food at the level of end consumer. According to the 2021 report of the United Nations Environment Program, 93 kilograms per person, a total of 7,7 million tons of food, is wasted every year at home, food service places and food vendors in Türkiye. Studies and policy targets reveal that approximately half of global food loss and waste can be prevented, and even if one quarter of it is prevented, the global hunger problem may be solved. In this context, reducing food loss and waste will make significant contributions to ensuring price stability by reducing production costs and fighting hunger, food security and healthy nutrition, sustainable environment and agriculture and food systems through mitigating climate change impacts, biodiversity protection, efficient use of agricultural lands and water resources. This chapter provides information on the global dimensions of food loss and waste and its social, economic and environmental impacts.

Keywords

Food Loss, Food Waste, Food Security, Hunger, Environmental Impacts, Economic Impacts, Social Impacts, Preventing Strategies

Giriş

Gıda, su ve enerji tüm canlıların yaşaması ve sağlıklı ekosistemin kurulması ve korunması için birbiriyle yakın ilişkili olan stratejik öneme sahip üç temel alandır. Artan dünya nüfusunun yeterli, dengeli ve sağlıklı beslenmesi için sürdürülebilir gıda ihtiyacının karşılanması ve açlıkla mücadele, ülkelerin ve uluslararası kuruluşların en öncelikli konuları arasında yer alır. Bu amaca yönelik olarak son yüzyılda bitkisel ve hayvansal üretimin artırılması kapsamında; tarımsal mekanizasyon, sentetik gübre kullanımı, bitki hastalık ve zararlılarıyla mücadelede pestisitler başta olmak üzere kimyasalların kullanılması, sulanabilir alanların artması ve sulama tekniklerinin geliştirilmesi, hayvan hastalıklarıyla mücadele, ıslah ve melezleme çalışmaları, gıda nakil, depolama ve muhafaza koşullarının iyileştirilmesi, gıda üretim teknolojilerindeki ilerlemeler, ulusal ve uluslararası pazarlama ağının genişlemesi, birçok alanda dijital teknoloji vb. içeren akıllı sistemlerin kullanılması gibi tarım ve gıda sisteminde yaşanan köklü değişim ve dönüşüm süreciyle önemli gelişmeler sağlanmıştır. Tüm bu gelişmeler beraberinde sürdürülebilir kalkınma ve sağlıklı ekosistemi olumsuz yönde etkileyen başta sera gazı emisyonunun artması, iklim değişikliği ve biyoçeşitliliğin azalması olmak üzere önemli çevresel sorunların oluşmasında da etkili olmuştur.

Günümüzde dünyada yaklaşık 735 milyon insan kronik açlıkla karşı karşıyadır (FAO, IFAD, UNICEF, WFP ve WHO, 2023). Buna karşın beslenme bozukluklarına bağlı olarak 890 milyonu obez olmak üzere 2,5 milyar insan aşırı kiloludur (WHO, 2024). Dünyada üretilen gıdalar aslında tüm insanları beslemek için yeterli olup açlık sorunun altında fakirlik ve gıdaya erişim sorunu, adil olmayan dağıtım ve paylaşım ile bozulan tüketim anlayışı yanı sıra önemi tam olarak anlaşılmayan gıda kayıp ve israfı yer almaktadır (World Bank, 2020). Savaşlar, anlaşmazlıklar, krizler, ekonomik şoklar, salgın hastalıklar, kuraklık, sel, fırtına gibi olumsuz hava koşulları ve küresel iklim değişikliği gıda üretimi ve açlık sorununun derinleşmesine katkı sağlamaktadır (Jaramillo ve ark., 2023). Dolayısıyla mevcut üretim sistemini; “tüm insanların aktif ve sağlıklı yaşam için beslenme ihtiyaç ve tercihlerini karşılayan, her zaman yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya ulaşması durumu” olarak tanımlanan gıda güvencesi (World Food Summit, 1996) temel prensibiyle bağdaştırmak mümkün değildir.

Üretilen her bir birim gıda ve beslenmenin bu kadar önemli olduğu gerçeğine karşın, insanlık ürettiği gıdanın yaklaşık üçte birini tüketime sunamadan tedarik zincirinin üretim, hasat ve muhafaza aşamasında kaybetmekte veya evde, gıda servisi yapan hizmet sektöründe ve perakende satış noktalarında israf etmektedir. Bu durum, küresel düzeyde sürdürülebilir gıda güvencesinin sağlanması ile çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri yönüyle önemli risk ve tehditleri içermektedir. Gıdayı israf etmek aynı zamanda insanlık için etik bir problemdir. Gıda sektörünün küreselleşmesi ve modernizasyonu, toplumlarda demografik yapının değişmesine ve tüketim anlayışında köklü değişikliklerin meydana gelmesine yol açmıştır. Bunların bir sonucu olarak da bazı insanlar çiftlikten sofraya kadar olan aşamalarda gıdanın zahmetli ve birçok faktöre bağlı zorlu üretim sürecini ve değerini anlamayı bir yana bırakıp somut tüketici yaklaşımıyla gıdayı açlığın giderildiği bir meta olarak görmektedir. Gıdanın bir meta olmaktan öte bir nimet olduğu ve israfından sakınmanın da her insan için ahlaki bir sorumluluk olduğu dikkate alınmalıdır.

Çağımızın önemli küresel sorunlarından biri olan gıda kaybı ve israfı birbirinden farklı kavramlar olmakla birlikte ortak bir tanımı bulunmamaktadır. Gıda kaybı; gıda üretim zincirinin birincil üretimden dağıtıma kadar olan aşamalarında gıda tedarikçilerinin karar ve eylemleri sonucu, gıdanın miktarındaki azalmayı veya kalitesindeki düşmeyi ifade eder.

Kalite bozuklukları duysal, besin değeri ve ekonomik kayıplar yönünden önem taşır. Dolayısıyla gıda kaybı; hasat edememe, hastalıklar, böceklenme, küflenme, bozulma, standartlara uygun olmama gibi nedenlere bağlı olarak tarla/çiftlik ile son satış noktası arasında ortaya çıkan, elden çıkarılmış ve satışa sunulmayan gıda olarak kabul edilir. Gıda israfı ise; aslında insan tüketimi için uygun olan gıdanın ihtiyaçtan fazla satın alma, uygun olmayan koşullarda muhafaza etme, son tüketim tarihini geçirme, büyük porsiyonlar halinde hazırlama, artıkların değerlendirilmemesi gibi nedenlere bağlı olarak perakendecilerin, gıda hizmeti sağlayıcıların ve tüketicilerin karar ve eylemleri sonucu gıdanın miktarındaki azalmayı, kalitesindeki düşmeyi ve çöpe gitmesini ifade eder. Gıda kaybı ve israfı nicel (kalitatif) veya nitel (kantitatif) olabilir. Fiziksel gıda kaybı ve israfı olarak da adlandırılan nicel kayıp insan tüketimine yönelik gıdanın miktar veya hacim olarak azalmasını; nitel gıda kaybı ve israfı ise gıdanın besin değerinin düşmesini ifade eder. Gıda güvenliği standartlarına ilişkin kalite düşüklüğü aynı zamanda gıda kaynaklı enfeksiyon ve zehirlenmeler yönüyle tüketici sağlığı için risk oluşturabilecek potansiyele sahiptir (FAO, 2018; FAO, 2019a).

Gıda kayıp ve israfının en önemli nedenlerinden biri değişik faktörlere bağlı olarak gıdanın insan tüketimine uygun olmayacak düzeyde değişmesi anlamına gelen gıda bozulmasıdır. Bozulma; gıdaların görünüşü, rengi, kokusu, lezzeti veya yapısı, dokusu ve kıvamında organoleptik olarak saptanabilen değişikliklere yol açar. Mikrobiyel ve biyokimyasal faktörlerin yanı sıra, gıdaların özgün enzimleri, fiziko-kimyasal etkiler ve fizyolojik nedenler de gıdaların bozulmasında önemli rol oynar. Özellikle et, süt, su ürünleri, yumurta gibi sınırlı raf ömrüne sahip hayvansal gıdaların bozulmasında mikroorganizmalar büyük öneme sahiptir. Dünyanın farklı bölgelerinde güç koşullarda elde edilen gıdaların üretim, işleme, depolama, dağıtım ve hazırlama aşamalarındaki olumsuz koşul ve faktörlere bağlı olarak normal muhafaza süresinden önce bozulması ve insan tüketimine sunulmadan çöpe gitmesi küresel düzeyde çok büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Dolayısıyla gıda kayıp ve israfının azaltılmasında, özellikle kolay bozulabilen ve sınırlı raf ömrüne sahip ürünler başta olmak üzere gıdaların üretim zincirinin tüm aşamalarında hijyenik koşullarda üretilmesi ve uygun muhafaza teknikleri kullanılarak korunması, sürdürülebilir gıda güvencesi ve gıda güvenliğinin sağlanması açısından büyük öneme sahiptir (Erol, 2022).

Dünya ölçeğinde gıda kayıp ve israfının toplam olarak %31 oranında gerçekleştiği hesaplanmaktadır. Bunun %13,8'i gıda kayıptan, %17,2'si de gıda israfından kaynaklanmaktadır. Gıda kayıp ve israfı, ürün tipine, coğrafi bölgeye ve sosyo-ekonomik faktörlere bağlı olarak ülkeden ülkeye hatta aynı ülke içinde büyük değişkenlik gösterir. Yüksek ve orta gelirli ülkelerde gıda kayıp ve israfı özellikle dağıtım ve tüketim aşamasında, düşük gelirli ülkelerde ise üretim ve hasat sonrası aşamalarda oluşur. Tüketici düzeyinde gıda israfı Kuzey Amerika, Avrupa, Okyanusya ve endüstrileşmiş Asya ülkelerinde (Japonya, G. Kore) oldukça yüksektir (Breewood, 2019). Düşük gelirli ülkelerde tüketici bazlı gıda israfı seviyesi yüksek değildir, zira bu ekonomilerde insanlar genellikle ihtiyaç duydukları kadar gıda satın alırlar ve israf etmeden değerlendirirler. Ayrıca gelişmekte olan ekonomilerde insanların çoğu gıda israfından kaynaklanan maddi kaybı karşılayacak durumda değildir. Buna karşın gelişmiş ekonomilerde tüketiciler düşük gelirli ülkelere göre gıda harcamaları için daha fazla bütçe ayırabilmekte ve bunun bir sonucu olarak da ihtiyaçtan fazla ürün alınabilmekte ve israf edilmektedir. Avrupa ve Kuzey Amerika'da kişi başına gıda kayıp ve israfı 280-300 kg, Sahraaltı Afrika ve Güney/Güneydoğu Asya'da 120-170 kg arasında değişmektedir. Bu kapsamda gıda kaybı daha çok gelişmekte olan ülkelere, gıda israfı ise şehirleşmiş ve gelişmiş ekonomilerde

görülmür (FAO, 2024a). Dünyada bölgelere bağlı olarak değişmek üzere, ürün düzeyinde gıda kayıp ve israfı; taze meyve ve sebzelerde %45, balık ve su ürünlerinde %35, hububatta %30, kırmızı et ve kanatlı etinde %20 oranlarında görülebilmektedir (IFCO Systems, 2023)

Gıda kayıp ve israfının önlenmesi; gıda güvencesinin ve sürdürülebilirliğin sağlanması, çevresel etkilerin ve ekonomik kayıpların azaltılması yönünden büyük önem taşımaktadır. Ancak gıda kayıp ve israfını tamamen ortadan kaldırmak gerçekçi bir yaklaşım değildir. Bununla birlikte, başta uluslararası kuruluşlar tarafından olmak üzere yapılan çalışmalar ve belirlenen politika hedefleri, mevcut gıda kayıp ve israfının yaklaşık yarısının önlenebileceğini ortaya koymaktadır. Daha somut olarak ifade etmek gerekirse, tarımsal üretim kayıplarının %47 ve israfa bağlı kayıpların da %86 düzeyinde azaltılabileceği değerlendirilmektedir (FAO, 2014a; Kummu ve ark., 2012). Bu düzeyde bir katkının sağlanması bile küresel düzeyde açlıkla mücadele ile çevresel ve sosyo-ekonomik etkilerin azaltılmasına büyük katkı sağlayacaktır.

Dünyada Gıda Kayıp ve İsrafının Boyutları

Birçok ülkede gıda kayıp ve israfının gerçek boyutları halen bilinmemekte ve ölçümlerine ilişkin yöntemler de tartışılmaktadır (UNEP DTU, 2021). Gıda kayıp ve israfının boyutları ve yol açtığı çevresel, ekonomik, sosyal ve etik sorunlar yeterince anlaşılmadığı için potansiyel risk ve tehditler de gözden kaçabilmektedir. Bununla birlikte gıda kayıp ve israfına ilişkin küresel veriler FAO, UNEP ve Dünya Bankası başta olmak üzere uluslararası kuruluşlar tarafından derlenip, analiz edilerek raporlar halinde sunulmaktadır. Bu çerçevede elde edilen veriler ışığında dünyada gıda kayıp ve israfının genel boyutları aşağıda sunulmuştur (FAO, 2018; FAO, 2019a; UNEP, 2021; Vilarino ve ark., 2017; World Bank Group ve WRAP, 2020).

- Küresel düzeyde üretilen gıdanın yıllık yaklaşık 1/3'ü olan 1,3 milyar ton gıda kayıp ve israf edilmektedir (FAO, 2011). Bu kapsamda gıda kaybı %13,8, gıda israfı %17,2 düzeyindedir (FAO 2019a, UNEP, 2021).
- Gıda kayıp ve israfının yol açtığı ekonomik kayıp ise yıllık 1 trilyon ABD doları civarındadır (UNEP, 2024).
- Gıda kayıp ve israfı toplamda; tarımsal üretim alanının %20-23'ünün; su tüketiminin %24'ünün, kimyasal gübre ve ilacın %20-23'ünün gereksiz yere kullanılmasına neden olmaktadır (FAO, 2024a; Kummu ve ark., 2012).
- Gıda kayıp ve israfı, küresel sera gazı emisyonunun %8'ine (4,4 gigaton karbondioksit eşdeğer) yol açmaktadır (U.S. EPA, 2021; FAO, 2024a).
- Toprak erozyonu yoluyla 7,31 Gt; ormansızlaşma yoluyla 1,82 milyon hektar alan kaybedilmektedir (FAO, 2014a).
- Gıda tedarik zincirindeki toplam enerji giderinin %38'i gıda kayıp ve özellikle gıda israfı ile heba edilmektedir (FAO, 2024a).

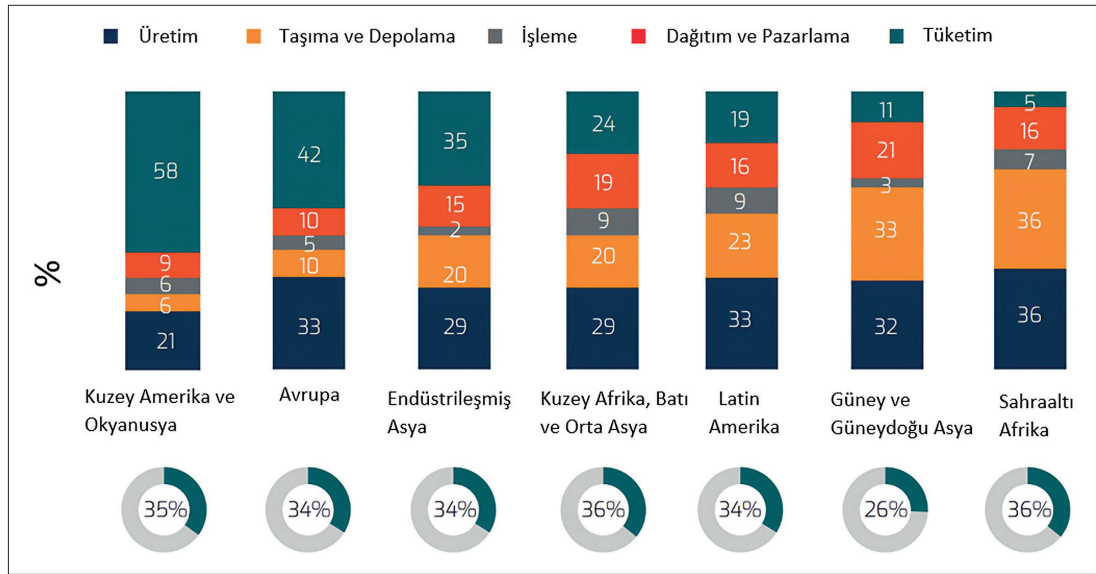
Küresel gıda kayıp ve israfı gelişmiş ülkelerde 670 milyon ton, gelişmekte olan ülkelerde 630 milyon ton düzeyindedir. Bu kapsamda Avrupa ve Kuzey Amerika'da kişi başı gıda kayıp ve israfı 280-300 kg/yıl, gelişmekte olan Sahraaltı Afrika ve Güney/Güneydoğu Asya'da 120-170 kg/yıldır (FAO, 2024a). Gıda israfı gelişmekte olan ülkelerde kişi başı yalnızca 6-11 kg/yıl düzeyindedir (FAO, 2011).

Gıda kayıp ve israfı aynı zamanda insan tüketimi için üretilen toplam enerjinin (kcalori) %24'ünün kaybolması anlamına gelmektedir (Lipinski ve ark., 2013). Gelişmekte olan ülkelerde gıda kayıplarının %95 gibi yüksek oranı gıda tedarik zincirinin hasat, kesim, avlama, depolama, nakliye gibi aşamalarında; gelişmiş ülkelerde ise perakende, gıda servisi ve ev bazındaki israftan kaynaklandığı bildirilmektedir (FAO, 2018).

Şekil 1'de dünyanın farklı bölgelerindeki ülkelerde gıda zincirinin değişik aşamalarında oluşan gıda kaybı ve israfına ilişkin veriler yer almaktadır.

Şekil 1

Bölgelere Göre Değer Zinciri Boyunca Gıda Kayıp ve İsrafı (Flanagan ve ark., 2019)



Dünyada üretilen tüketilebilir durumdaki gıdanın her yıl yaklaşık %17'si tüketici düzeyinde israf edilmekte yani çöpe gitmektedir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı 2021 yılı Gıda İsrafı İndeksi raporuna göre küresel düzeyde israfın %61'i ev bazında, %26'sı hizmet sektöründe ve %13'ü perakende sektöründe oluşmuştur. Avrupa Birliği'nde gıda israfının %53'ü evlerde, %20'si işleme aşamasında, %11'i üretim aşamasında, %9'u restoran ve gıda servisi yapan işletmelerde, %7'si gıdaların satış ve dağıtımları sırasında oluşmaktadır (UNEP, 2021).

Amerika Birleşik Devletleri'nde de evlerde gıdaların yaklaşık %48'inin israf edildiği öngörülmektedir. Bu oran ABD'de üretilen 241 milyon ton gıdanın tüketilmeden evlerden çöp sahalarına gönderildiği anlamına gelmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde yapılan araştırma sonuçları 2023 yılı için yenilebilir ve yenilemeyen gıda atıklarının %50'sinden fazlasının evlerden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Bu miktar 47 milyon ton gıda israfı anlamına gelmekte ve her yıl 98 milyar avroya mal olmaktadır. Birleşik Krallık'ta ise evsel gıda atıkları yenilebilen gıdaların %70'ini oluşturmakta ve bu da her yıl 4,5 milyon ton gıdanın israf edildiği anlamına gelmektedir. Avusturalya Hükümeti her yıl 7,3 milyon ton gıdanın israf edildiğini ve bu miktarın 20 milyar Avusturalya dolarına denk gelebileceğini bildirmiştir (IFCO Systems, 2023).

Kuzey Afrika ve Batı Asya tarafından temsil edilen NENA bölgesinde gıda kayıp ve israfı ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada, üretim aşamasından perakende aşamasına kadar olan gıda kaybının 2016'da %10,8 olduğu ve bu oranın 2020 yılında %14,8'e ulaştığı tahmin edilmektedir (FAO, IFAD, UNICEF, WFP ve WHO, 2023). Bu oran FAO (2022) tarafından bildirilen 101,2'lik küresel Gıda Kayıp İndeksi (GKİ) ile karşılaştırıldığında 2020'de 106,3'lük bir GKİ'ye karşılık gelmektedir (FAO, 2023). Alt bölgelere göre gıda kayıpları incelendiğinde, 2016-2020 yılları arasında yıllık bileşik büyüme oranı sırasıyla %2 ve %4 olan Kuzey Afrika'da gıda kayıpları yüzde 15,7'ye, Batı Asya'da ise yüzde 14,1'e ulaşmıştır. Batı Asya 112,5 ile tüm alt bölgeler arasında en yüksek GKİ değerine sahiptir (FAO, 2022; FAO, 2023).

Boston Consulting Group (BCG, 2024) raporuna göre, gerekli önlemlerin alınmaması ve gıda kayıp ve israfının bu hızla devam etmesi halinde 2030 yılında küresel düzeyde gıda kaybı miktarının 2,1 milyar tona, buna bağlı ekonomik kaybın ise 1,5 trilyon dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Gıda kayıp ve israfının gıda tedarik zincirinin değişik aşamalarındaki miktarsal ve maddi kayıp boyutu irdelendiğinde, miktarsal anlamda üretim, parasal anlamda tüketim aşamasının en büyük payı aldığı görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1

Tedarik Zincirinde Gıda Kayıp ve İsrafının Ekonomik Boyutu (World Bank, 2020)

Aşama	Miktar (Milyon Ton)	Değer (Milyar dolar)
Üretim	500	230
İşleme-Depolama	350	120
İşleme-Paketleme	160	130
Dağıtım-Perakende	200	210
Tüketim	340	500

Ürün bazında gıda kayıp ve israfının coğrafi dağılımı değerlendirildiğinde; bitkisel ürünlerden hububat ve baklagil kaybı %0,1-18 oranıyla en çok Sahraaltı Afrika'da görülür. Taze meyve ve sebze kaybı Sahraaltı Afrika'da %15-50, Doğu ve Güneydoğu Asya'da ortalama %5 düzeyindedir. Ürün kayıplarında bölgeler arası farklılığın yüksek olmasının nedenleri arasında; uygun olmayan hasat zamanı, beklenmeyen iklim koşulları, hasat ve işleme teknikleri ile altyapı ve pazarlamaya ilişkin sorunlar yer alır. Gıda kayıp ve israfının izlenmesindeki verilerin büyük bölümü Orta ve Güney Asya ile Sahraaltı Afrika ve Güneydoğu Asya ülkelerinden hububat, baklagil ile taze meyve ve sebze grubu gıdalara ait olup, daha sağlıklı bir analiz yapabilmek için diğer bölgelere ve farklı ürün gruplarına ait kapsamlı verilere gereksinim duyulmaktadır (FAO, 2019a).

Gıda tedarik zinciri boyunca kayıp ve israf, birincil üretimde tarla ve çiftlik aşamasında başlayıp, depolama, nakil, işleme, ambalajlama, perakende ve tüketim aşamalarını kapsayan karmaşık ve çok faktörlü bir süreçten geçmektedir (UNEP, 2021).

Tedarik zincirinde gıda kayıp ve israfının oluştuğu aşamalar şöyle sıralanabilir:

1. Tarla düzeyinde (birincil üretimde) bitkisel üretimde hasat öncesi, sırası ve sonrası işlemler
2. Çiftlik bazında (birincil üretimde) hayvansal üretimde büyükbaş, küçükbaş, kümes hayvanları, su ürünleri yetiştiriciliği ile kesim, avlama, sağım vb. işlemler
3. Depolama
4. Nakliye, lojistik, muhafaza
5. İşleme ve ambalajlama
6. Perakende
7. Tüketim

Genel anlamda gıda kaybı, tedarik zinciri boyunca şu faktörlere bağlı olarak oluşur:

- Altyapı eksikliği
- Teknoloji yetersizliği
- Kapasite geliştirme zorlukları
- Hayvan yetiştiriciliği ve sağlığı sorunları
- Çiftliklerde biyogüvenlik sorunları
- Bitki hastalığı ve zararlıları
- Tohum veya genetik materyal kalitesi düşüklüğü
- İklimsel etkiler
- Hasat edememe veya yanlış hasat zamanı
- Hatalı depolama
- Hatalı nakliye
- Hatalı işleme ve hijyen sorunları
- Hatalı muhafaza

Gıda israfı ise perakende ve tüketim aşamasında aşağıda belirtilen koşul, davranış ve alışkanlıklar sonucu oluşur:

- Planlama
- Satın alma
- Saklama
- Hazırlama
- Pişirme
- Tüketme
- Artıkların değerlendirilmesi

Gıda üretim zincirinin birincil üretimden son tüketiciye kadar olan farklı aşamalarında dolaylı ve doğrudan etkili koşul ve faktörler gıda kayıp ve israfına neden olmaktadır (FAO, 2019b). Aşağıda verildiği üzere gıda kayıplarının nedenleri, ekonomik geliri yüksek ve düşük olan ülkelerde önemli farklılıklar göstermektedir (Breewood, 2019; FAO, 2019a).

Ekonomik geliri yüksek olan ülkelerde başlıca kayıp nedenleri:

- Çiftçilerin tedarik anlaşmaları gereği ihtiyaçtan fazla üretim yapması
- Yüksek kalite standartları talebiyle normalde tüketilebilecek gıdaların pazara sunulmaması
- İşleme sırasında temizleme, ayıklama, kesme, tıraşlama vb. işlemler
- Satış yerlerinde büyük miktarlarda gıda sunulmasına bağlı olarak bazı ürünlerin son kullanma tarihinin satış öncesi aşamada dolması

Ekonomik geliri düşük olan ülkelerde başlıca kayıp nedenleri:

- Tarımsal uygulama ve seçim kaynaklı sorunlar
- Makine veya işçi kaynaklı kayıplar
- Para veya gıda ihtiyacı nedeniyle tüketim için uygun olmayan ürünlerin çok erken hasat edilmesi
- Fiyatların aşırı düşmesine bağlı hasat etmeme
- Kuru veya soğuk muhafaza alt yapısının uygun olmaması
- Gıdanın işlenmesi ve saklanması için sanayi kapasitesinin yetersiz olması
- Kalite standartlarına uyum sorunu
- Toptan veya perakende pazar koşullarının sağlıksız olması

Kırmızı et, kanatlı eti ve su ürünleri gibi kolay bozulabilen ve sınırlı raf ömrüne sahip hayvansal gıdalar; yetiştirme, kesim, avlama, yakalama, işleme, taşıma, muhafaza etme gibi aşamalarındaki uygun olmayan hijyenik ve teknolojik koşul ve faktörlere bağlı olarak kısa sürede bozularak tüketilebilir olma özelliğini kaybedebilir. Yine süt, meme ve sağım hijyenine uyulmaması, sağım ekipmanı eksikliği, soğutma ve soğuk zincir eksikliğine bağlı olarak bozulabilir (Erol, 2022).

Perakende bazlı gıda israfına; özellikle çabuk bozulabilen hayvansal gıdaların sınırlı raf ömrüne sahip olması, alıcıların özel kalite standardı isteği ve talepte görülen değişkenlikler gibi faktörler neden olur. Gıda işleme teknikleri, depolama ve muhafaza koşulları, ambalaj kalitesi ve gıdanın sahip olduğu kriterlerin raf ömrü ve kabul edilebilirliği üzerine büyük etkisi bulunmaktadır. Kuzey Amerika ve Avrupa'da taze meyve-sebze israfı perakende düzeyde ortalama %3,75 gibi oldukça düşük düzeydedir. Yüksek gelirli ülkelerde israfın en önemli nedenleri arasında tüketicilerin renk, görünüm, büyüklük gibi özellikler yönüyle standart ve hatasız ürün talebi bulunmaktadır. Dolayısıyla bu standartları sağlayamayan ürünler genellikle atılarak israf edilmektedir. Yine balık ve su ürünleri gibi bozulmaya yatkın ürünler çabuk satılamaması durumunda kalite kaybından dolayı değerlendirilememektedir (Breewood, 2019; FAO, 2019a).

Tüketici düzeyinde gıda israfı gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklılıklar göstermektedir. Gelir düzeyinin artması, demografik ve kültürel değişimler tüketici alışkanlık ve davranışlarında köklü değişikliklere neden olur (Breewood, 2019; FAO, 2019a). Tüketici düzeyinde gıda israfı en çok yüksek gelirli ülkelerde bir sorun olarak görülmekle birlikte, ekonomileri gelişmekte olan ülkeler de bu sorunla giderek daha çok yüzleşmektedir. Yüksek gelirli ülkelerde israfın en önemli nedenleri arasında tüketicilerin renk, görünüm, büyüklük gibi özellikler yönüyle standart ve hatasız ürün talebi bulunmaktadır. Dolayısıyla bu standartları sağlayamayan ürünler genellikle atılarak israf edilmektedir. Verilerin büyük bölümü ABD'den gelen ve çoğunluğunu hayvansal gıdalar ile taze meyve-sebzelerin oluşturduğu gıda gruplarında israfın sırasıyla %14-37 ve %9-20 arasında olduğu rapor edilmektedir (FAO, 2019a).

Tüketici düzeyinde gıda israfının başlıca nedenleri arasında; alışveriş planlaması sorunu, Son Kullanma Tarihi (SKT) ve Tavsiye Edilen Tüketim Tarihi (TETT) ile ilgili etiketleme algı sorunu, evde uygun olmayan muhafaza koşulları, stok yönetimi sorunu, gereğinden çok fazla gıda hazırlama, porsiyon büyüklüğü, aşırı tüketim ve artan gıdaların değerlendirilmesi hakkında bilgi ve motivasyon eksikliği ile genel olarak gıda okuryazarlığı sorunu yer almaktadır (FAO, 2019a).

Türkiye’de Gıda Kaybı ve İsrafı

Türkiye, son tüketici düzeyinde dünyada en çok gıda israfı yapan ülkelerin başında gelmektedir. Birleşmiş Milletler 2021 Gıda İndeksi Raporunda Türkiye’nin tahmin edilen hane halkı gıda israfı miktarı 93 kg/kişi/yıl ve yaklaşık 7,8 milyon (7 762 575) ton/yıl olarak bildirilirken (UNEP, 2021), 2024 raporunda ise hane halkı gıda israfı miktarı 102 kg/kişi/yıl ve yaklaşık 8,7 milyon (8 694 318) ton/yıl olarak bildirilmiştir (UNEP, 2024). Birleşmiş Milletler’in Türkiye 2024 Gıda İsraf Raporu 2021 Gıda İsraf Raporu ile karşılaştırıldığında hane halkının gıda israfı miktarının 9 kg/kişi/yıl ve 931,743 ton/yıl düzeyinde arttığı görülmektedir. FAO’nun 2024 raporunda ise Türkiye’de Kasım 2019-Ekim 2021 yılları arasında 18 milyon ton gıdanın israf edildiği ve bu miktarın toplam gıda üretiminin %20’sini oluşturduğu bildirilmiştir (FAO, 2024b).

Ülkemizde bitkisel ürünlerdeki kayıp miktarı gıdaların tür ve çeşitlerine göre farklılık göstermekte, bu kapsamda yaş sebze ve meyvedeki kayıp oranı %10 ile 30 arasında değişmektedir. Kayıplar birincil üretimin yanı sıra, hasat sırasında ve hasat sonrasında özellikle taşıma, muhafaza ve pazarlama aşamalarında ortaya çıkmaktadır. Türkiye Ziraat Odalar Birliği tarafından 2022 yılında yapılan açıklamalara göre ülkemizde 2020/2021 sezonunda, son tüketiciye ulaşmadan tahılda 2,8 milyon ton, sebzede 3,9 milyon ton ve meyvede 1,8 milyon ton kayıp meydana geldiği bildirilmiştir. Son tüketiciye ulaşmadan meydana gelen kayıpların üretime oranı ise tahıl grubundan buğdayda %8,3, arpada %8,4, mısırdan %6,4 ve pirinçte %4,2 olarak bildirilmiştir. Ayrıca gıda kaybı soyada %23,5, muzda %12, kuru sarımsakta %23,4, erikte %16,8, yaş çayda %17,7, kuru soğanda %8,4, biberde %9,4, domatesten %15,9, salatalıkta %11,1, karpuzda %5,3, portakalda %8,3, elmada %1,7, üzümde %8,5, Antep fıstığında %6, bademde %3,9, cevizde %5,3, fındıkta %1,4 ve kestanede %8,7 olarak bildirilmiştir (TZOB, 2022).

Ticaret Bakanlığı’nın 2018 yılında hazırladığı Türkiye İsraf Raporunda, tüketicilerin %5,4’ünün tabakta kalan yemekleri çöpe attığı, genel olarak satın alınan gıdaların %23’ünün tüketilmeden çöpe atıldığı belirtilmektedir. Raporda, alışverişe liste yaparak giden tüketicilerin oranının %31 olduğu, plansız ve ihtiyaçtan fazla yapılan alışverişin gıdaların bozulmasına neden olabildiği bildirilmiştir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2018).

Ülkemiz açısından büyük önem taşıyan ekmek israfının boyutlarının saptanması amacıyla Toprak Mahsulleri Ofisi tarafından yaptırılan kapsamlı bir araştırma sonucunda, her gün 6 milyon ekmeğin çöpe gittiği rapor edilmiştir (TMO, 2014). Türkiye’de ekmek israfı ile ilgili olarak yapılan başka bir çalışmada, COVID-19 pandemi öncesinde günlük 4,9 milyon adet ekmeğin israf edildiği bildirilmiştir (Şahin ve Bekar, 2018).

Türkiye’de COVID-19 pandemi öncesi ve sırası süreçte tüketicilerin gıda güvenliği anlayışı ile gıda satın alma ve gıda israfı davranışlarının belirlenmesi amacıyla 12 ilde farklı sosyo-ekonomik gruptaki 2400 kişi ile yüz yüze gerçekleştirilen bir çalışmada; gıdanın israf edilme nedenleri olarak katılımcıların %26,1’i son tüketim tarihinin geçmesi, %24,2’si ihtiyaçtan fazla gıda satın alınması, %24,1’i gıdanın küflenmesi, bozulması veya tazeliğini kaybetmesi, %18,9’u yanlış saklama koşulları ile bu konudaki bilgi eksikliği, %6,7’si evde yaşayan kişilerin birbirinden habersiz alışveriş yapması ve bazı diğer faktörler olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada ekmeğin en çok israf edilen gıda olduğu, katılımcıların %24,4’ünün ekmek israfı

yaptığı ve katılımcıların ekmek israfının en çok yapıldığı yerler arasında lokantalar, oteller ve toplu yemek üretimi yapılan yerler olduğunu düşündükleri belirlenmiştir. Katılımcılar gıda israfıyla mücadelede başarılı olunması için temel eğitimde farkındalık yaratılmasının gerektiğini bildirmişlerdir (Erol ve ark., 2023).

Gıda Kayıp ve İsrafının Küresel Etkileri

Gıda kayıp ve israfından kaynaklanan etkiler; i) çevresel, ii) sosyal ve iii) ekonomik olmak üzere üç başlık altında değerlendirilebilmektedir (FAO, 2013; Kummu ve ark., 2012; World Bank, 2020).

Çevresel Etkiler

Gıda kayıp ve israfından kaynaklanan çevresel risk ve tehditlerin başında sera gazı emisyon hacminin artmasına neden olmak suretiyle küresel iklim değişikliği üzerine olumsuz katkı sağlaması ile bunun sürdürülebilirlik ve biyoçeşitlilik üzerine oluşturduğu etkiler yer almaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) başta olmak üzere uluslararası kuruluşlar çalışmalarını giderek artan dünya nüfusunun sürdürülebilir beslenebilmesi için gıda ve tarımın iklim değişikliğine adapte olması üzerine yoğunlaştırmaktadır. Bu çerçevede “Paris Anlaşması” ve “Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi” daha sürdürülebilir bir gelecek için atılan iki büyük adım olarak değerlendirilmektedir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri-2023 yılı raporunda, 2030 yılına kadar küresel ısınmayı 1,5°C’de tutmak için sera gazı emisyonlarının yaklaşık yarıya düşürülmesi gerektiği bildirilmektedir (UN, 2023). Avrupa Birliği (AB) Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990’a kıyasla en az %55 oranında azaltmayı hedeflediğini açıklamıştır (EU Commission, 2020).

Küresel gıda sistemi gezegenin ısınmasına neden olan sera gazı emisyonunun %30’undan fazlasının salınımına neden olmaktadır. Gıda kayıp ve israfı da bunun bir parçası olup toplam sera gazı salınımının %8’ini oluşturmaktadır (FAO, 2024a). Avrupa Birliği’nde ise gıda israfı, AB sistemindeki toplam sera gazı emisyonunun %16’sını oluşturmaktadır. Boston Consulting Group 2024 raporunda, “Eğer gıda israfı bir ülke olsaydı, ABD ve Çin’den sonra dünyada sera gazı salınımına en fazla neden olan üçüncü ülke olurdu” tespiti yapılmıştır (BCG, 2024).

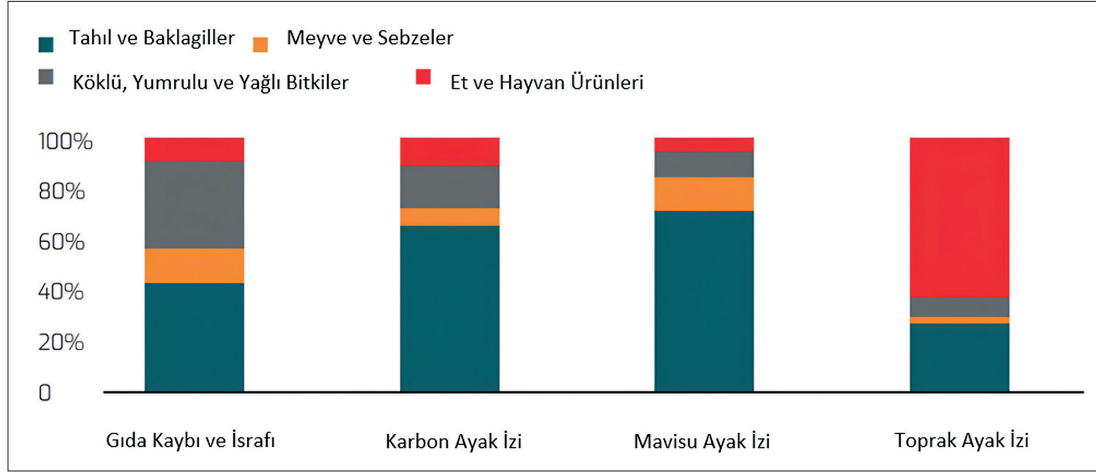
Birincil üretim en çok toprak, gübre, ilaç ve temiz su kullanımı kaybı ile sera gazı oluşumuna yol açmaktadır. Bu aşamada önemli ölçüde enerji kaybı da ortaya çıkmaktadır. Tarımsal faaliyetler arasında hayvansal gıda üretiminde ise özellikle ruminant yetiştiriciliği en yüksek oranda enterik metan bazlı sera gazı salınımına neden olmaktadır. Diğer sanayii sektörlerinden farklı olarak çok fazla doğal kaynak kullanımı gerektiren gıda üretiminde en büyük çevresel fayda, geri dönüşümden ziyade gıda kayıp ve israfının önlenmesiyle sağlanabilmektedir. Ayrıca enerji kaybı ve sera gazı emisyonu salınımını azaltmanın en etkili yollarından biri, tüketici düzeyinde israfın önlenmesidir. Gıda kayıp ve israfının neden olduğu çevresel etkiler şöyle sıralanabilir (FAO, 2013; FAO, 2014a; FAO, 2014b):

- Sera gazı emisyonu artışı
- İklim değişikliği üzerine etkileri
- Su kaybı
- Enerji kaybı
- Biyoçeşitlilik kaybı
- Toprak kaybı ve erozyon
- Ormansızlaşma

Şekil 2’de ana gıda gruplarının toplam gıda israfı ve gıda kaybı ile karbon, mavi su ve toprak ayak izine etki oranları verilmiştir (FAO, 2019a).

Şekil 2

Ana Gıda Grupları Kaynaklı Kayıp ve İsrar ile Çevresel Etkileri (FAO, 2019a)



Tarımsal üretim amaçlı kullanılan toprakların küresel düzeyde yaklaşık 198 milyon hektar alanı gıda kayıp ve israfından dolayı heba edilmekte olup bu alan dünyadaki toplam tarım topraklarının %20’sinden fazlasını oluşturmaktadır. Ayrıca gıda kayıp ve israfına bağlı olarak tarımsal üretim amacıyla kullanılan sentetik gübre ve pestisitlerin %20’sinden fazlası gereksiz olarak kullanılmakta ve bu durum aynı zamanda toprak ve su kirliliği ile sera gazı emisyon hacminin artmasına neden olmaktadır (Kummu ve ark., 2012).

Su, tüm canlıların yaşamı için vazgeçilmez öneme sahiptir ve dünyanın birçok bölgesinde görülen su kıtlığı sorunu insanları ve ülkeleri tehdit etmektedir. Tarımsal faaliyetler ve gıda üretimi de suya bağlı olup, üretimin değişik aşamalarında kaybedilen veya tüketilmeden israf edilen her bir birim gıda ile birlikte önemli miktarlarda su kaybedilmektedir. Toplam gıda üretimi için kullanılan yüzey ve yeraltı suyunun %24’ü (173-250 km³) israf edilen 1,3 milyar ton gıdayı üretmek için kullanılmaktadır. ABD Çevre Koruma Ajansı raporunda, ABD’de tüm gıda kaybı endeksinin yılda 22 trilyon litre veya kişi başına 71,000 litre temiz su kullanımından sorumlu olduğunun tahmin edildiğini, bu miktarın ABD’de 50 milyondan fazla ailenin yıllık içme suyu kullanımına eşdeğer olduğunu bildirmiştir (U.S. EPA, 2018).

Türkiye’nin toplam su ayak izinin %89’u tarım sektöründen; tarımın su ayak izinin %92’si bitkisel üretimden ve %8’i otlatmadan kaynaklanmaktadır. Bitkisel üretimin su ayak izinin en büyük payını %38 ile tahıllar ve %31 ile yem bitkileri alırken, %13’ünü meyveler, %5’ini yağlı tohumlu bitkiler, %2’sini sebzeler ve baklagiller oluşturmaktadır (Pegram ve ark., 2014).

Ekonomik Etkiler

Küresel gıda kayıp ve israfının yıllık 1,3 milyar ton olduğu ve bunun ekonomik boyutunun yaklaşık 1 trilyon dolara ulaştığı bildirilmektedir. ABD’de gıda kaybı, israfı ve fazla gıdanın değeri

2021 yılı verilerine göre tahminen ABD'nin gayri safi yurt içi hasılasının yaklaşık %2'sine (444 milyar dolar) ulaşmıştır. ABD'de ortalama dört kişilik bir aile her yıl israf edilen gıdalara 1500 dolar harcamaktadır (U.S. EPA, 2024). Avrupa Birliği'nde gıda israfı her yıl 132 milyar avro kayba neden olmaktadır (Eurostat, 2022).

Azaltılmasına yönelik etkili önlemler alınmadığı takdirde, 2030 yılında küresel düzeyde gıda kayıp ve israfının 2,1 milyar tona ulaşacağı öngörülmektedir. Bu kaybın, yaklaşık 1,5 trilyon dolara mal olarak gıda israfını gayri safi yurtiçi hasılaya (GSYİH) göre küresel ekonomilerin ilk %7'lik grubunda yer alacağı belirtilmektedir (BCG, 2024).

Sosyal Etkiler

FAO, IFAD, UNICEF, WFP ve WHO (2023) verilerine göre dünyada 735 milyon insan kronik açlıkla karşı karşıyadır. Ayrıca dünyada 2 milyar insan da mikro besin elementleri eksikliği nedeniyle gizli açlık çekmektedir. Buna karşın 890 milyonu obez olmak üzere 2,5 milyar insan fazla kiloludur (WHO, 2024). Dünyada üretilen gıdaların tüm insanları beslemek için yeterli olduğu; sorunun fakirlik, adil olmayan dağıtım-paylaşım ve değişen-bozulan tüketim anlayışı ile gıda kayıp ve israfı olduğu değerlendirilmektedir. Dünyadaki mevcut durumun yaşamak, fiziksel, zihinsel ve ruhsal ihtiyaçları karşılamak için her insanın yaşam boyu yeterli, besleyici ve sağlıklı gıdaya erişim hakkı olması ilkesi (FAO, 2018) ve etik anlayışla açıklanması mümkün değildir.

Gıda Kayıp ve İsrafının Azaltılması

Gıda kaybı ve israfıyla mücadele, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (Sustainable Development Goals; SDG) kapsamında tanımlanmıştır (SDG hedefi 12. 3). SDG 12. 3 amacı; FAO ve BM Çevre Programı (UNEP), Küresel Gıda Kaybı İndeksi (FLI; Food Loss Index) ve Gıda İsraf İndeksi'ne (FWI; Food Waste Index) göre gıda kaybı ve israfını azaltma çabalarındaki ilerlemeyi ölçmek ve izlemektir. Kalkınma Hedefi 12.3, 2030 yılına kadar perakende ve tüketici düzeyinde kişi başına düşen küresel gıda israfının yarıya indirilmesi için üretim ve tedarik zinciri boyunca gıda kaybının (hasat sonrası kayıplar dahil) azaltılması çağrısında bulunmuştur. Hedef 12.3'de gıda kaybı ve israfı Gıda Kaybı İndeksi (12.3.1a) ve Gıda İsrafı İndeksi (12.3.1b) olmak üzere iki gösterge ile değerlendirilmiştir (Lipinski, 2023).

Gıda kayıp ve israfını tamamen ortadan kaldırmak gerçekçi bir hedef değildir. Bununla birlikte başta uluslararası kuruluşlar tarafından olmak üzere yapılan değişik çalışmalar ve belirlenen politikalar gıda kayıp ve israfının yaklaşık yarısının önlenebileceğini ortaya koymaktadır (FAO, 2014b; FAO, 2019a). Küresel düzeyde kayıp ve israf edilen gıdanın dörtte biri dahi önlenebilse, adil bir dağıtımla dünyada kronik açlık çeken 735 milyon insanı doyurmak mümkün olacaktır. Dünya nüfusunun 2050 yılında 10 milyar olacağı (UNEP, 2021), buna karşın tarımsal üretimi etkileyen iklim değişikliğine bağlı olumsuz çevresel etkilerin daha yoğun görüleceği ayrıca tarımla uğraşan nüfusun da ciddi oranda azalacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenlerden dolayı gıda üretiminde verimin artırılması ve adil dağıtımın yanı sıra gıda kayıp ve israfının önlenmesi de küresel açlıkla mücadele ve sürdürülebilir tarım-gıda sistemleri açısından kritik öneme sahiptir.

Gıda kayıp ve israfının küresel düzeyde oluşum nedenleri ve coğrafi dağılımı dikkate alınarak politika, strateji, plan ve programların geliştirmekte olan bölgelere kaynak ve teknoloji desteği sağlanarak; gelişmiş ekonomilerde ise israfın önlenmesine odaklı kültürel, davranışsal çözümler ve eğitim programları üzerine yoğunlaşması gerekmektedir. Teknolojik çözümler kapsamında yapay zeka destekli; sıcaklık kontrollü depolama, enerji tasarruflu soğutma, iyileştirilmiş taşıma, depolama, muhafaza ve akıllı paketleme sistemleri ile dijital teknolojilerin kullanılması önemlidir. Bununla birlikte ürünlerin satışı ve pazarlama ağının iyileştirilmesi gerekmektedir. Başta gelişmiş ekonomilerdeki tüketiciler olmak üzere kültürel-davranışsal çözüm önerileri arasında; planlı alışveriş, gıda okuryazarlığının geliştirilmesi (başta STT, TETT gibi konularda), iyi saklama, sağlıklı beslenme, ideal porsiyon büyüklüğü, gıda hazırlamanın iyileştirilmesi ve artan gıdaların alternatif yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi gibi konularda eğitim programlarına yer verilmelidir. Ayrıca restoran, yemekhane, otel, kantin, kafeterya ve özellikle her şey dahil sistemiyle gıda hizmeti veren yerlerde gıdanın korunması ile israfın önlenmesine yönelik etkin programlar uygulanmalıdır. Gıda değer zinciri boyunca kayıp ve israfın azaltılmasına ilişkin yöntemler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Gıda Kayıp ve İsrafının Azaltılmasına İlişkin Yöntemler

Gıda Değer Zinciri Aşaması	Amaç	Yöntem
Birincil üretim	Hasat, yetiştirme, kesim, sağım, avlama, toplama aşamalarında üretim kayıplarının azaltılması	● Biyogüvenlik şartları iyileştirilmeli ● İyi tarım uygulamaları (GAP) yapılmalı ● İyi üretim uygulamaları (GMP) yapılmalı
	Tedarik süreçlerinde kayıpların önlenmesi	● Kapasite geliştirilmeli ● Nitelikli personel istihdam edilmeli
Tedarik zinciri	Nakliye ve lojistik aşamasında kayıpların azaltılması	● Fiziksel şartlar iyileştirilmeli ● İzleme ve takip sistemleri etkin kullanılmalı ● Çevre dostu paketleme teknikleri yaygınlaştırılmalı
	Depolama aşamasında kayıpların azaltılması	● Hijyen şartları iyileştirilmeli ● Soğuk zincir sağlanmalı ● Muhafaza teknikleri geliştirilmeli
	Perakende düzeyde kayıp ve israfın azaltılması	● Stok yönetimi iyileştirilmeli ● Depo hijyeni ve ideal muhafaza koşulları sağlanmalı
	Tüketici	● İsrafın azaltılmasına yönelik servis konseptleri benimsenmeli
Yönetim	Tüketici düzeyinde israfın azaltılması	● Farkındalık çalışmaları yapılmalı ● Tüketiciler bilinçlendirilmeli
	Gıda kayıp ve israfına yönelik risk analizi yapılması	● Etkin ve sürdürülebilir ölçme, izleme ve değerlendirme sistemleri geliştirilmeli ● Yasal düzenlemeler yapılmalı ● Üretici, tedarikçi ve tüketicilere yönelik farkındalık çalışmaları yapılmalı

Sonuç

Küreselleşme ve dünya nüfusunun hızlı artışına bağlı olarak tarım ve gıda sistemleri ile demografik yapı ve tüketim alışkanlıklarında köklü değişimler meydana gelmiştir. Diğer taraftan açlık ve yetersiz beslenme ile mücadele için birçok uluslararası kuruluş tarafından yapılan girişimlerin beklenen hedeflere ulaşamadığı ve önemli bir bölümü çocuklar ve kadınlar olmak üzere dünyada yüz milyonlarca insanın her gün yatağa aç gittiği bilinen bir gerçektir. Bu nedenle gıda üretiminin artırılması ve adil paylaşımının yanı sıra gıda kayıp ve israfının azaltılması da açlıkla mücadele ve sürdürülebilirlik açısından çok daha önemli bir hale gelmiştir.

Gıda kayıp ve israfını tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmamakla birlikte, yapılan çalışmalar küresel düzeyde gıda kayıp ve israfının yaklaşık yarısının önlenebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda gıda kayıp ve israfının azaltılması; üretimde birim maliyetlerin düşürülerek fiyat istikrarının sağlanması, gıdaya erişilebilirliğin artırılarak açlıkla mücadele edilmesi, gıda güvencesinin teminiyle insanların sağlıklı beslenmesi; iklim değişikliği etkisinin azaltılması, biyoçeşitliliğin korunması, tarım arazileri ve su kaynaklarının verimli kullanılmasıyla sürdürülebilir çevre ile tarım ve gıda sistemleri üzerine önemli katkılar sağlayacaktır.

Dolayısıyla gıdanın bir metadan öte bütün canlıların yaşamını devam ettirebilmesi için vazgeçilemez öneme sahip bir değer olduğu, gıda kayıp ve israfından kaçınmanın da her insan için sosyal, ekonomik, çevresel ve etik boyutları olan bir sorumluluk olduğu her zaman dikkate alınmalıdır.

Kaynaklar / References

- BCG (Boston Consulting Group). (2024). Closing the Food Waste Gap. <https://www.bcg.com/featured-insights/closing-the-gap/food-waste>. Erişim Tarihi: 28.07.2024.
- Breewood, H. (2019). *What is food loss and food waste? (Food source: Building blocks)*. Food Climate Research Network (FCNR), University of Oxford.
- Erol, İ. (2022). *Gıda Hijyeni ve Mikrobiyolojisi*. Genişletilmiş 2. Baskı. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Erol, İ., Mutuş, B., Ayaz, N. D., Stowell, J. D. ve Siriken, B. (2023). Food safety awareness, changes in food purchasing behaviour and attitudes towards food waste during COVID-19 in Türkiye. *Foods*, 12, P 4396. <https://doi.org/10.3390/foods12244396>
- EU Commission. (2020). Communication from The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions. Brussels, 17.9.2020
- Eurostat. (2022). Food loss and waste prevention. [https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy/food-loss-and-waste-prevention_en#:~:text=In%20the%20EU%2C%20nearly%2059,euro%20\(Eurostat%2C%202022\)](https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy/food-loss-and-waste-prevention_en#:~:text=In%20the%20EU%2C%20nearly%2059,euro%20(Eurostat%2C%202022).). Erişim Tarihi: 28.07.2024
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP ve WHO. (2023). The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3017en>. Erişim Tarihi: 10.08.2024
- FAO. (2011). Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome.
- FAO. (2013). Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources. Rome: UN FAO. <https://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>
- FAO. (2014a). Mitigation of food wastage: Societal costs and benefits. <https://www.fao.org/3/i3991e/i3991e.pdf>.
- FAO. (2014b). Food wastage footprint: Full-cost accounting. <https://www.fao.org/3/i3991e/i3991e.pdf>
- FAO. (2018). Food loss and waste and the right to adequate food: making the connection. Rome. 48 pp. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO. (2019a). The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO. (2019b). Food waste: Key facts on food loss and waste you should know!, https://twosides.info/includes/files/upload/files/UK/Myths_and_Facts_2016_Sources/1819/Key_facts_on_food_loss_and_waste_you_should_know-FAO_2016.pdf
- FAO. (2022). Tracking progress on food and agriculture-related SDG indicators 2022. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc1403en>
- FAO. (2023). Tracking progress on food and agriculture-related SDG indicators 2023. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc7088en>.

- FAO. (2024a). Policy Support and Governance Gateway. <https://www.fao.org/policy-support/policy-themes/food-loss-food-waste/en/>. Erişim Tarihi: 17.07.2024.
- FAO. (2024b). FAO and Türkiye Partnership. Reduction of food loss and waste in Central Asia, Azerbaijan and Turkey. <https://www.fao.org/in-action/fao-turkey-partnership/projects/project-detail/en/c/1363051/>. Erişim Tarihi: 9.08.2024.
- Flanagan, K., Robertson, K., Hanson, C. ve Timmermans, A. J. M. (2019). *Reducing food loss and waste - Setting a Global Action Agenda*. World Resources Institute, 2019.
- IFCO Systems. (2023). Global food waste by country: who's the biggest waster? <https://www.ifco.com/countries-with-the-least-and-most-food-waste/> Erişim Tarihi 13.3.2024.
- Jaramillo, L., Cebotari, A., Diallo, Y., Gupta, R., Koshima, Y., Kularatne, C., Lee, J. D., Rehman, S., Tintchev, M. K. I. ve Yang, F.(2023). *Climate Challenges in Fragile and Conflict-Affected States*. 2023(001), International Monetary Fund. ISBN: 9798400252112, ISSN: 2789-0600. <https://doi.org/10.5089/9798400252082.066>
- Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O. ve Ward, P. J. (2012). Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the Total Environment*, 438, 477-489.
- Lipinski, B. (2023). *SDG Target 12.3 on Food Loss and Waste: 2023 Progress Report*. CHAMPIONS 12.3; September 2023. <https://champions123.org/sites/default/files/2023-10/2023%20Champions%20Progress%20Report.pdf>.
- Lipinski, B., Hanson, C., Waite, R., Searchinger, T. ve Lomax, J. (2013). *Reducing food loss and waste. Working Paper, Installment 2 of creating a sustainable food future*. Washington, DC: World Resources Institute. <http://www.worldresourcesreport.org>
- Pegram, G., Conyngham, S., Aksoy, A., Dıyarak, B. B. ve Öztok, D. (2014). Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu 2014. Su, Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi WWF 2014. ISBN: 978-605-86596-7-4
- Şahin, S. K. ve Bekar, A. (2018). Küresel bir sorun gıda atıkları: Otel işletmelerindeki boyutları, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(4),1039-1061.
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2018). Türkiye israf raporu. Tüketicinin Korunması ve Piyasa Gözetimi Genel Müdürlüğü. <https://ticaret.gov.tr/data/5c51a78e13b8762dc06a72c9/31-01-2019%20ISRAF%20RAPORU.pdf>. Erişim tarihi: 24.03.2024.
- TMO (Toprak Mahsulleri Ofisi). (2014). Ekmek israfı ve tüketici alışkanlıkları. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/ekmek/tmobrosuryeni2.pdf>
- TZOB (Türkiye Ziraat Odaları Birliği). (2022). Gıda kaybı ve israfı. Basın açıklaması. <https://www.tzob.org.tr/basin-odasi/haberler/gida-kaybi-ve-israfi#:~:text=%C3%9Cretilen%20bu%C4%9Fday%C4%B1n%20y%C3%BCzde%208%2C3,b%C3%B6yle%20bir%20kay%C4%B1p%20l%C3%BCks%C3%BCm%C3%BCz%20olmamal%C4%B1d%C4%B1r>. Erişim tarihi: 23.04.2024.
- UN. (2023). The Sustainable Development Goals Report 2023 Special edition. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>. Erişim tarihi: 10.08.2024.

- U.S. Environmental Protection Agency. (2021). From farm to kitchen: The environmental impacts of U.S. food waste (EPA 600-R21 171). Erişim Tarihi: 25 Mart 2024.
- UNEP DTU Partnership (United Nations Environment Programme). (2021). Reducing consumer food waste using green and digital technologies. Copenhagen and Nairobi.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2021). Food Waste Index Report 2021, ISBN: 978-92-807-3851-3, <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021> Erişim Tarihi: Şubat 2022.
- UNEP. (2024). Food Waste Index Report 2024. H. Forbes, E. Peacock, N. Abbot ve M. Jones (Eds.), (WRAP). ISBN: 978-92-807-4139-1.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2018). 2018 wasted food report (EPA 530-R-20-004). https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-11/documents/2018_wasted_food_report-11-9-20_final_.pdf Erişim Tarihi: 25 Mart 2024.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2021). Part 1: From farm to kitchen: The environmental impacts of U.S. food waste (EPA 600-R21 171).
- U.S. Environmental Protection Agency. (2024). Benefits of preventing wasted food at home. <https://www.epa.gov/recycle/preventing-wasted-food-home> Erişim Tarihi: 20 Temmuz 2024.
- Vilarino, M. V., Franco, C. ve Quarrington, C. (2017). Food loss and waste reduction as an integral part of a circular economy. *Frontiers in Environmental Science*, 5, 21. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00021>
- WHO. (2024). Malnutrition. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>. Erişim Tarihi 27.07.2024.
- World Bank Group ve WRAP. (2020). Mexico: A conceptual framework for a national strategy on food loss and waste. https://www.wrap.ngo/sites/default/files/2022-05/Conceptual_Framework_for_a_National_Strategy_on_Food_Loss_and_Waste_for_Mexico.pdf
- World Bank. (2020). Addressing food loss and waste: A global problem with local solutions. World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/34521>
- World Food Summit. (1996). Rome declaration on world food security. 13-17 November 1996, Rome, Italy. <https://www.fao.org/4/w3613e/w3613e00.htm> Erişim Tarihi: 3 Ekim 2024.

Yazarlar Hakkında / About Authors

Prof. Dr. İrfan EROL | Atılım Üniversitesi | Lokman Hekim Üniversitesi
proferol[at]yahoo.com | ORCID: 0000-0002-4078-7499

İrfan Erol, 1985 yılında Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesinden mezun oldu. Almanya'da Berlin Freie Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni Enstitüsünde 1987-1991 yıllarında DAAD bursu ile doktora yaptı. Ekim 1993'de doçent, Mart 1999'da Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesinde profesör oldu. 1996 yılında Berlin Freie Üniversitesinde, 2000-2001 yıllarında ABD Wisconsin Üniversitesinde misafir bilim insanı olarak görev yaptı. 2003-2012 yıllarında Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı/Bölüm Başkanlığı yaptı. Prof. Erol, 2012-2016 yıllarında T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürü olarak görev yaptı. Genel Müdürlüğü sürecinde, CVO ve OIE Türkiye delegesi, EFSA İstişare Kurulu üyesi, FAO/WHO Kodeks Alimentarius Komisyonu Ulusal Temsilcisi ve EU-FMD Yönetim Kurulu üyesi olarak görev yaptı. AB ile 12. Fasıl Müzakerelerine 2015 yılında Bakanlık adına Başkanlık yaptı. 32. Dünya Veteriner Kongresi dahil, 3 ulusal/uluslararası kongre başkanlığı yaptı. Prof. Erol, YÖK Üniversitelerarası Kurul Doçentlik Komisyonu üyesi, YÖK Veterinerlik Yayın Etiği Komisyonu üyesi, TÜBA-Gıda ve Beslenme Çalışma Grubu üyesi, TÜBİTAK VHAG Yürütme Komitesi üyesi, TÜBİTAK TOVAG Danışma Kurulu üyesi, TÜBİTAK ÇPDK üyesi, TÜBİTAK UME Danışma Kurulu üyesi ve TÜRKAK Danışma Kurulu üyesi yaptı. ILSI-Avrupa Bilimsel Danışma Komitesi üyesi yaptı. 2016-2022 yıllarında Doğu Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesinde öğretim üyesi yaptı. Halen, Atılım Üniversitesi ve Lokman Hekim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültelerinde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Prof. Dr. İrfan EROL | Atılım University | Lokman Hekim University
proferol[at]yahoo.com | ORCID: 0000-0002-4078-7499

İrfan Erol, graduated from Ankara University, Faculty of Veterinary Medicine in 1985. He earned his Ph.D. from Freie University in Berlin, Faculty of Veterinary Medicine, Institute of Food Hygiene in Germany, between 1987-1991 by a scholarship from DAAD. He became an associate professor in October 1993 and a professor in March 1999. He worked as a visiting scientist at Freie University in Berlin in 1996 and at Wisconsin University, in the USA in 2000-2001. He was head of the Department of Food Hygiene and Technology, at the Faculty of Veterinary Medicine, Ankara University between the years of 2003 and 2012. Prof. Erol served as Director General of the Food and Control, Ministry of Food, Agriculture and Livestock between 2012-2016. During this period, he was CVO and representative of Türkiye to OIE and Codex Alimentarius Commission of FAO/WHO. He served as a member of the EU-FMD Board of Directors. He chaired the Chapter 12 Negotiations with the EU on behalf of the Ministry in 2015. He served as a Member of Inter University Council, VHAG Executive Committee and Advisory Boards of TOVAG and UME at TÜBİTAK, and TÜRKAK. He was Chair of the 32. World Veterinary Congress. He was member of Advisory Committee of EFSA and Scientific Advisory Committee in ILSI-Europe. He worked as a professor between 2016 and 2022 at the Eastern Mediterranean University, School of Health Sciences. Currently he is a professor at the Atılım University and Lokman Hekim University at the Schools of Health Sciences.

Prof. Dr. Belgin SIRIKEN | Ondokuz Mayıs Üniversitesi
bsiriken[at]omu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-5793-1792

Belgin SIRIKEN, 1989 yılında Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesinden mezun oldu. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalında 1993-1997 yıllarında doktora yaptı. Mart 2006 yılında doçent, 2013 yılında da Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesinde profesör oldu. Afyon Kocatepe Üniversitesinde 2002-2005 yılları arasında Anabilim Dalı Başkanlığı ile Gıda Kontrol, Uygulama ve Araştırma Merkez Müdürü olarak görev yaptı. 2006-2009 yılları arasında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Başkanlığı, 2009 yılında Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölüm Başkanlığı, 2013-2018 ve 2021-2023 yılları arasında Su Ürünleri Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanlığı görevlerinde bulundu. Halen, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Su Ürünleri Hastalıkları Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Prof. Dr. Belgin SIRIKEN | Ondokuz Mayıs University
bsiriken[at]omu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-5793-1792

Belgin Siriken graduated from Uludağ University, Faculty of Veterinary Medicine in 1989. She completed her Ph.D. at Ankara University, Institute of Health Sciences, Department of Food Hygiene and Technology between 1993-1997. She became an associate professor in March 2006 and a professor in 2013 at Ondokuz Mayıs University, Faculty of Veterinary Medicine. She served as head of the department of Food Hygiene and Technology, Faculty of Veterinary Medicine between 2002-2005, and director of Food Control and Research Center at Kocatepe University. She was head of the department of Food Hygiene and Technology between 2006-2009 and department of Aquatic Products Diseases between 2013-2018 and 2021-2023 at the Faculty of Veterinary Medicine at Ondokuz Mayıs University. Currently she works as faculty member at the department of Aquatic Products Diseases, Faculty of Veterinary Medicine at Ondokuz Mayıs University.

**SU KAYIP VE İSRAFININ BOYUTLARI:
İKLİM KAYNAKLI POTANSİYEL
RİSK VE TEHDİTLER**

**DIMENSIONS OF WATER LOSS AND WASTE:
CLIMATE-RELATED POTENTIAL
RISKS AND THREATS**

**İzzet ÖZTÜRK
Mehmet Melih KOŞUCU
Elif Zeynep DENERİ**

Atıf Künyesi: Öztürk, İ., Koşucu, M. M. ve Deneri, E. Z. (2024). Su Kayıp ve İsrafının Boyutları: İklim Kaynaklı Potansiyel Risk ve Tehditler. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafı* (s. 39-72) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

SU KAYIP VE İSRAFININ BOYUTLARI: İKLİM KAYNAKLI POTANSİYEL RİSK VE TEHDİTLER

Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Melih KOŞUCU
Arş. Gör. Elif Zeynep DENERİ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Özet

Küresel ve bölgesel ölçekte yürütülen İklim Modellemesi çalışmalarında, Türkiye geneli için, özellikle 2070-2100 yılları döneminde, ortalama sıcaklıklarda 2,5~5°C artış, toplam yağışlarda ise %10-20 azalma öngörülmektedir. Bu durumun ülke mavi su (nehir akışları) ve yeşil su (toprak nemi) potansiyelinde %15-50 aralığında azalmaya yol açabileceği tahmin edilmektedir. Türkiye'deki bazı nehir havzalarının şimdi bile mutlak su kıtlığı sınırında olduğu düşünüldüğünde, suyun etkin ve verimli kullanılarak su kayıp ve israfının önlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, küresel iklim değişikliği perspektifiyle, su kayıp ve israfının boyutları ile su kullanımının suya bağımlı sektörler arasındaki dağılımı incelenerek başlıca kayıp azaltım seçenekleri değerlendirilmiştir. Bu bağlamda 4 ana sektör olan Tarım, Sanayi, İçme-Kullanma (hizmetler dahil) ve Ekosistem Hizmetleri'nde mevcut su kullanım durumu ile su kayıp ve israfının azaltım seçenekleri güncel verilerle açıklanmıştır. Çalışmada ayrıca iklim değişikliğine bağlı potansiyel risk ve tehlikeler dikkate alınarak incelenen suya bağımlı sektörlerin her biri özelinde, iklim risklerini azaltıcı tedbirlerle ilgili somut ve uygulanabilir öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği, Su Stresi, Kuraklık, Su Kayıpları, Çevresel Akış

DIMENSIONS OF WATER LOSS AND WASTE: CLIMATE-RELATED POTENTIAL RISKS AND THREATS

Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK

Asst. Prof. Dr. Mehmet Melih KOŞUCU

Res. Asst. Elif Zeynep DENERİ

İstanbul Technical University

Abstract

In climate modeling studies conducted globally and regionally, it is projected that for Türkiye, average temperatures will increase by 2.5-5°C and total precipitation will decrease by 10-20% at the period of 2070-2100 years. This situation is expected to lead to a 15-50% decrease in the country's blue water (river flows) and green water (soil moisture) potential. Considering that some river basins in Türkiye are already at the absolute water scarcity limit, it is of great importance to use water efficient and effectively to prevent water loss and waste. This study examines the dimensions of water loss and waste from a global climate change perspective and the distribution of water usage among water-dependent sectors, evaluating major mitigation options. In this context, the current water usage situation and options for reducing water loss and waste in the four main sectors of Agriculture, Industry, Domestic Use (including services), and Ecosystem Services are explained with updated data. Additionally, the study provides concrete and applicable recommendations related to climate risk reduction measures specific to each of the water-dependent sectors examined, taking into account potential risks and hazards associated with climate change.

Keywords

Climate Change, Water Stress, Drought, Water Loss, Environmental Flow

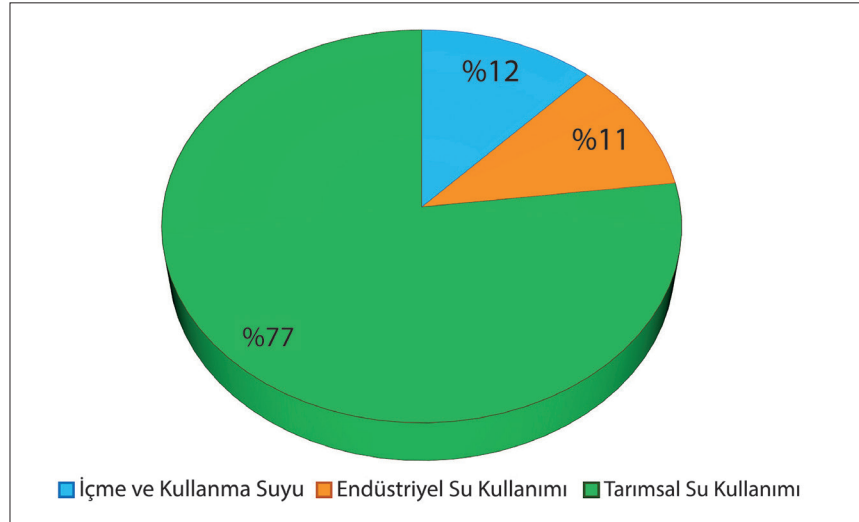
Türkiye ve Dünyada Sektörel Su Kullanımı Görünümü

Değişen İklim Uyum Çerçevesinde hazırlanan Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2020-2033)'nda; Türkiye'de sektörel su kullanımı ile ilgili güncel durum değerlendirilmesi bulunmaktadır (Su Verimliliği, 2023). Söz konusu planda, hali hazırda ülke bütününde suya bağımlı sektörlerle ilişkin tüm alt sektörleri ihtiva eden ayrımlar bulunmamaktadır. Her bir alt sektör için, su tahsisleri ve/veya kullanımları ile alakalı havzalar bazında Master Plan çalışmaları yapım aşamasındadır.

Türkiye'nin 57 milyar m³'lük mevcut (kullanılabilir) su potansiyelinin %77'si Tarım, %12'si içme kullanma (ve hizmetler), %11'i ise sanayi (ve enerji) sektörlerinde kullanılmaktadır (Şekil 1).

Şekil 1

Türkiye'de 2021 Yılı Sektörel Su Kullanımları (Su Verimliliği, 2023)



Ülkemizde etkin ve verimli su kullanımı hedeflenmektedir ve mevcut durumda su kullanımında ana sektör tarımsal sulamadır. Bu kapsamda, 2021 yılında, 2021-2025 dönemine ilişkin Tarımsal Sulama Sektör Politika Belgesi yayınlanmıştır (TAGEM, 2021). Söz konusu belgede, 2021-2025 yılları arası için öngörülen sulama konusundaki sorunlar ile darboğazların çözümüne dönük politikalar yer almaktadır.

Su kullanan sektörlerin etkin ve verimli su kullanımını sağlamak ve iklim değişimine karşı uyumu gözetmek için Meclis Araştırma Komisyonu Raporu, 2021 yılında yayınlanmıştır. Söz konusu raporda, suya bağımlı sektörlerin uyum konusundaki çalışmaları ve alınması öngörülen tedbirler kapsamlı olarak incelenmiştir (TBMM, 2021). Bunun yanı sıra, 2021 yılında Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye Cumhuriyeti (TC) tarafından finanse edilen Türkiye'de İklim Değişikliğine Uyum Çalışmaları (TOB, 2020) başlıklı Proje, tamamlanmıştır. Söz konusu proje raporu, tüm sektörlerin uyum politikalarını kapsamaktadır. Aynı zamanda, proje ana alt başlıkları arasında su kaynakları yönetimi, tarım, ekosistem hizmetleri, sanayi, turizm, enerji gibi alt başlıklara detaylı olarak ele alınmıştır (ÇŞB, 2021).

Ocak 2023 tarihinde Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan Su Verimliliği Seferberliği (URL-1) ile sektörel su kullanımları, darboğazlar, su kullanımındaki mevcut sorunların çözümü ve iklimle uyum çalışmaları incelenmiştir.

Sektörel su kullanımı ile alakalı Dünya Bankası verileri ülkeden ülkeye önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Sektörel su kullanımı verileri küresel açıdan değerlendirildiğinde, genellikle dünyadaki birçok yerde mevcut tatlı suyun %70'lik kısmının tarımsal faaliyetlerde kullanıldığı ortaya çıkmaktadır. Dünya Bankası verilerine göre, tarımsal su kullanımı oranını %19 ile sanayi sektörü (enerji, ticari ve endüstriyel işletmeler) takip ederken içme-kullanma amaçlı (hane halkı) su kullanımı oranı ise %12 civarındadır (UN, 2019). 2017 yılı Avrupa Çevre Ajansı'nın verileri, Avrupa ülkelerindeki suyun %58,3'ünü tarım, ormancılık ve balıkçılıkta; %18,2'i elektrik, gaz ve buhar temini ile de iklimlendirmede; %10,6'sı madencilik ve taş ocakçılığı, imalat ve inşaat alanında; %9,6'sı evsel kullanımda, %3,3'ü hizmet sektöründe kullanıldığını göstermektedir (ÇŞİDB, 2018).

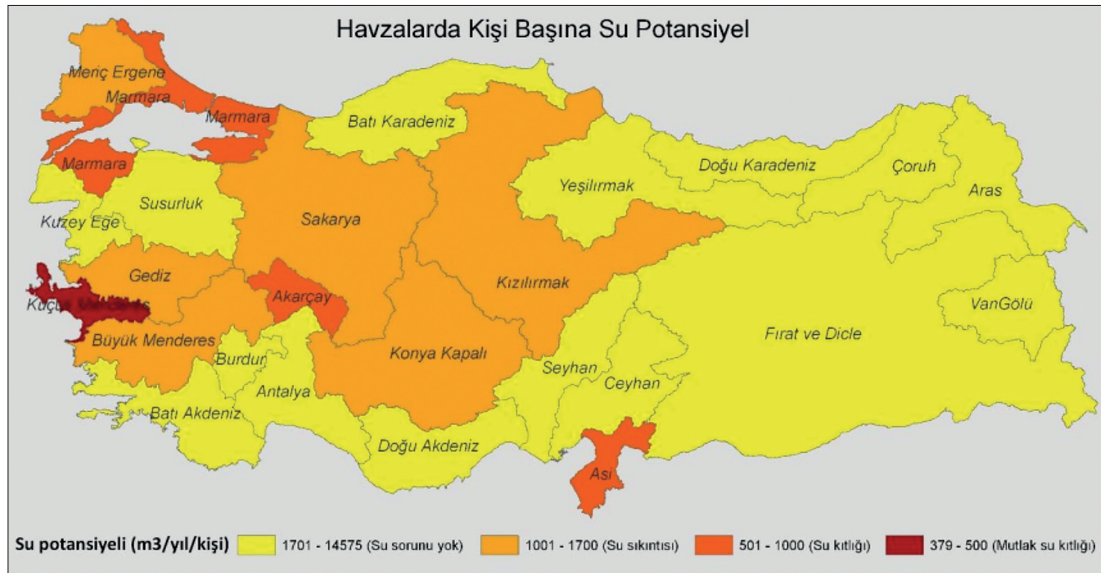
Su kıtlığı veya stres durumunu tanımlamak için kullanılan Falkenmark indeksine göre su kıtlık/stres durumu, aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Hakyemez, 2019):

- Mutlak Su Kıtlığı: Yılda kişi başına düşen su miktarının 500 m³'ten az olması,
- Su Kıtlığı: Yılda kişi başına düşen su miktarının 1.000 ~ 500 m³ arası,
- Su Sıkıntısı: Yılda kişi başına düşen su miktarının 1.700 ~ 1.000 m³ arası,
- Su Sorunu Olmayan: Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.700 m³'ten daha fazla olması.

Türkiye'de 2020 yılında kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.346 m³'tür Bu duruma göre **Türkiye su sıkıntısı olan ülke konumundadır**. Şekil 2, Türkiye'de Falkenmark Stres İndeksine göre havzalarda kişi başına düşen su potansiyelini göstermektedir (TOB, 2021a).

Şekil 2

Falkenmark Su Stres İndeksine Göre Havzalarda Kişi Başına Düşen Su Potansiyeli (TOB, 2021a)



Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2040 yılı Türkiye nüfusunun 100 milyon olması beklenmektedir (TÜİK Nüfus Projeksiyonları, 2018-2080). 2040 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının, mevcut toprak ve su kaynaklarının korunduğu öngörüsü ile 1.120 m³/yıl olması beklenmektedir. Bu değer Türkiye'yi **su kıtlığı olan ülke** sınırlarına oldukça yaklaştırmaktadır.

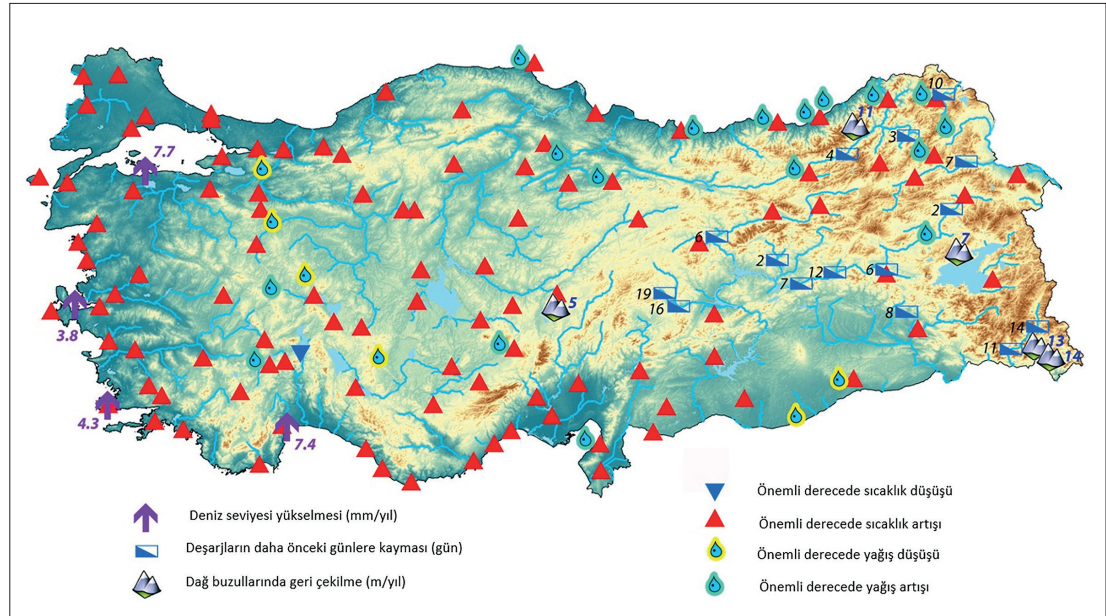
İklim Değişikliğinin Akdeniz Havzası ve Türkiye'deki Muhtemel Etkileri

Akdeniz Havzasındaki Muhtemel Etkiler

Akdeniz Havzası küresel ve bölgesel iklim değişikliği projeksiyonları incelendiğinde, iklim değişikliği açısından sıcak (hassas) bölge olarak nitelenmektedir. Söz konusu havzada yer aldığından dolayı Türkiye'nin de İspanya, İtalya, Yunanistan gibi iklim değişikliğinden olumsuz etkilenmesi beklenen ülkeler arasında yer aldığı görülmektedir. Sıcaklık, yağış, dağ buzulları ve nehir akımları gibi veriler Türkiye'de iklimin değişmekte olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 3). Türkiye'deki sıcaklıkların ülke genelinde önemli oranda arttığı, buna paralel olarak erken eriyen kar örtüsünün Doğu Anadolu'daki karla beslenen nehirlerdeki tepe (pik) akımlarını erkene kaydıracağı ve dağ buzullarının geri çekildiği, hidro-meteorolojik gözlem istasyonlarından ve uydu gözlemlerinden alınan verilerle gösterilmektedir. Bununla birlikte, Akdeniz ve Ege kıyılarında yapılan gözlemler deniz seviyesinin yükselmekte olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, ülkemizde de iklim değişikliğinin kaçınılmaz bir problem halini aldığı açıkça görülmektedir (Şen ve ark., 2024).

Şekil 3

Gözlemlere Göre Türkiye'de Tarihsel Dönemler İçin İklim Değişikliği (Sen, 2013)



Türkiye'nin Su Kaynakları ve Su Potansiyeli Üzerindeki Etkiler

İklim değişikliği ile alakalı küresel ve bölgesel ölçekte yapılan çalışmalarda, iklim değişikliğinden en fazla etkilenmesi beklenen bölgeler arasında Akdeniz Havzası öne çıkmaktadır. Ülkemizin farklı bölgelerinin, iklim değişikliğinden farklı düzeylerde etkilenmesi beklenmektedir. Yapılan çalışmalarda, Türkiye genelinde 2020-2100 yılları arasında özellikle 2070 sonrasında, ortalama sıcaklıkların 2,5-5°C artması ve toplam yağış miktarının %10-20 azalması öngörülmektedir (Şen ve ark., 2024). Bunun yanı sıra sıcak hava dalgaları, kuraklık ve taşkın gibi aşırı hava olaylarının görülme sıklıkları, süreleri ve şiddetlerinde önemli artışlar beklenmektedir. Söz konusu değişiklikler iklim projeksiyonları sonuçları ile birlikte, ülkemizde geçmişten bugüne yapılan hidro-meteorolojik gözlemlerle de doğrulanmaktadır. Ülkemizde yapılan iklim modelleme çalışmalarının, günümüzde yaşanan değişikliklerle ilgili öngörülerinin isabetli ve tutarlı olduğu görülmektedir.

İklim değişikliği sonucunda dünya genelinde atmosferin ortalama sıcaklığı artmaya başlamış ve hidrolojik çevrim hızlanmıştır. Bu sebeple yağış ve sıcaklık gibi meteorolojik parametrelerin dünyadaki zaman ve mekâna göre dağılımı değişmiştir. Özellikle tatlı su kaynakları, karadaki hidro-meteorolojik parametrelerdeki değişimden etkilenmektedir. Bu değişim sonucunda yağış azalımı ve sıcaklık artışı ile Akdeniz Havzası'nda erişilebilir su potansiyeli olumsuz yönde etkilenmektedir. Türkiye'de gerçekleştirilen su kaynaklarıyla ilgili hidrolojik modelleme çalışmaları sonuçlarına göre 2020-2100 döneminde su potansiyelinin genel itibarı ile %15-50'ye varan oranlarda azalması öngörülmektedir (Tablo 1) (OSİB 2016a). Türkiye için öngörülen sıcaklık artışları dolayısıyla yıllık ortalama yağış miktarı geçmiş dönem ortalaması civarında seyrete (sabit kalsa) bile, özellikle terleme ve buharlaşma kayıpları artışı yüzünden, akarsu akışlarında ~%10'lara varan oranlarda azalma beklenmektedir (Ozturk ve ark., 2013). Su potansiyelindeki değişimler bölgeler arasında farklılık göstermektedir. İklim değişikliği için yapılan hidrolojik modelleme çalışmaları, ülkemizdeki mevcut su kaynaklarının gelecekte çok daha verimli ve etkin kullanılması gerektiğini gözler önüne sermektedir.

Tablo 1

Türkiye Geneli İçin İklim Projeksiyonlarına Göre Hidrolojik Modellemeyle Üretilen Brüt Su Potansiyelleri Medyan Değerlerinin ve Referans Dönemi Medyan Değerlerinden Sapmaları (OSİB, 2016a)*

Projeksiyon Dönemi	Referans Dönemi	Brüt Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)					
		HADGEM2-ES		MPI		CNRM	
		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
2015-2040	193.499	117.508 (-39%)**	118.864 (-39%)	169.903 (-12%)	174.607 (-10%)	169.353 (-12%)	156.950 (-19%)
2041-2070	193.499	111.015 (-43%)	95.687 (-51%)	162.900 (-16%)	147.515 (-24%)	168.470 (-13%)	142.114 (-27%)
2071-2100	193.499	117.363 (-39%)	107.045 (-45%)	153.613 (-21%)	135.158 (-30%)	161.939 (-16%)	156.869 (-19%)
HADGEM2-ES: Hadley Centre Global Environment Model Version 2 (Hadley Merkez Küresel Çevre Modeli 2.Versiyon) MPI: Max Planck Institute Modeli (Max Planck Enstitüsü Modeli) CNRM: Centre National de Recherches Météorologiques Model (Ulusal Meteoroloji Araştırma Merkezi Modeli) RCP: Representative Concentration Pathways (Temsili Konsantrasyon Rotaları) RCP4.5: Orta emisyon/Nispeten iyimser senaryo RCP8.5: Kötümser senaryo * %50 medyan görülme olasılığı **Parantez içindeki değerler referans dönemi değerinden rölatif sapma oranlarını göstermektedir.							

Türkiye’de Sektörel Su Kayıp ya da İsrafının Türleri ve Boyutları

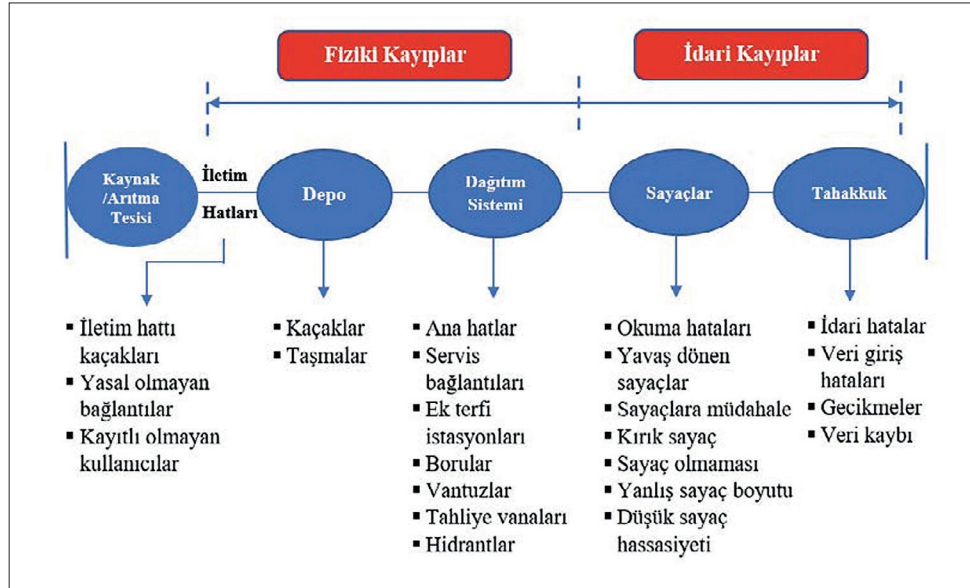
İçme ve Kullanma Suyu Sektörü

Su Kayıplarının Tür ve Bileşenleri

İçme suyu dağıtım sistemlerindeki su kayıpları, içme suyu şebekelerine verilen toplam su miktarı ile kullanıcıların yasal ve izinli olarak tükettikleri toplam su miktarı arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Coşkun Dilcan ve ark., 2018). İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıpları, İdarî ve Fizikî Kayıplar olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir (Şekil 4) (Muhammetoğlu ve Muhammetoğlu, 2017).

Şekil 4

İdarî ve Fizikî Su Kayıpları (Muhammetoğlu ve Muhammetoğlu, 2017)



İdarî su kayıpları, abonelerin su tüketiminin yanlış ölçülmesi, ölçülememesi (izinsiz tüketim) veya yanlış kaydedilmesiyle alakalı kayıplardır. Fizikî su kayıpları ise su dağıtım sistemlerinin depo, boru ve sair bağlantı elemanlarından çatlak, taşma ve sızma gibi yollarla suyun kaybedilmesi sonucunda oluşmaktadır.

Su Temin Sistemlerindeki Kayıpların Boyutları

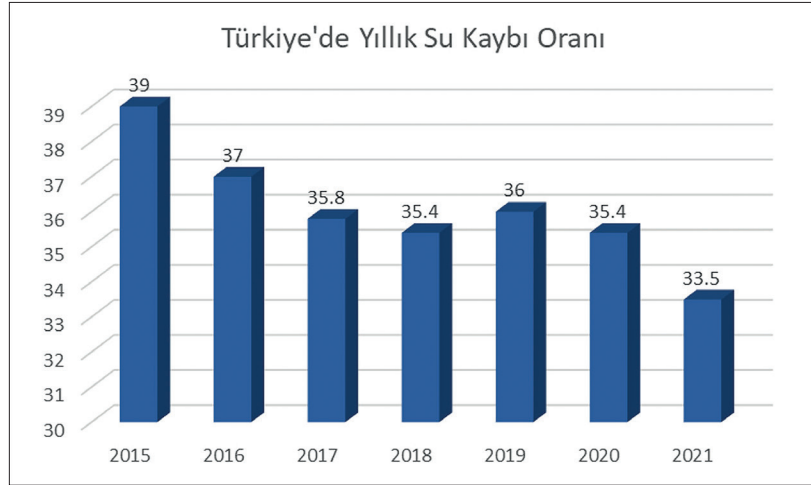
Türkiye’de su kayıplarıyla mücadeleyle özel önem verilmektedir. Bu kapsamda Orman ve Su İşleri Bakanlığı (Günümüzde Tarım Orman Bakanlığı)’na bağlı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından hazırlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği 2014 yılında yayınlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre su kayıp oranlarının, büyükşehir ve il belediyeleri tarafından 2023 yılına kadar en fazla %30’a, 2028 yılına kadar ise en fazla %25’e düşürülmesi yükümlülüğü getirilmiştir. Diğer belediyelere de su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %35’e, 2028 yılına kadar en fazla %30’a ve 2033 yılına kadar ise en fazla %25’e düşürme sorumluluğu verilmiştir.

2015 yılının Temmuz ayında yayınlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ile de su kayıplarının azaltılmasında takip edilecek adımlar, içme suyu dağıtım sistemlerinde kullanılması gereken malzemeler ve izinsiz su kullanımıyla alakalı hususlar ortaya konmuştur. Bahsedilen tebliğin ekinde yer alan Su Kayıpları Yıllık Raporu'nun ve Standart Su Dengesi Tablosu'nun belediyeler ve su idareleri tarafından doldurularak her yıl bakanlığa gönderilmesi yükümlülüğü getirilmiştir.

Türkiye'de Su Kayıpları: Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından belediyelere ve su kanalizasyon idarelerine getirilen su kayıplarını azaltma ve düzenli bir şekilde raporlama yükümlülüğü getirilmiştir. Bu yükümlülüğün tesirini kısa sürede gösterdiği Şekil 5'ten anlaşılmaktadır. Zira 2015'ten 2021'e kadar Türkiye'deki su kayıplarının ana eğilimi azalma yönünde olmuştur. Bakanlığın, SYGM'nin, belediyelerin ve su kanalizasyon idarelerinin çalışmalarıyla 2015 yılında %39 olan su kaybı oranı, 2021 yılında %33,5 seviyesine indirilmiştir. Ayrıca 2003 yılında Türkiye'deki genel su kaybı oranının %51 olduğunun bilinmesi, %33,5 değerini daha da anlamlı kılmaktadır (Ozturk ve ark., 2007).

Şekil 5

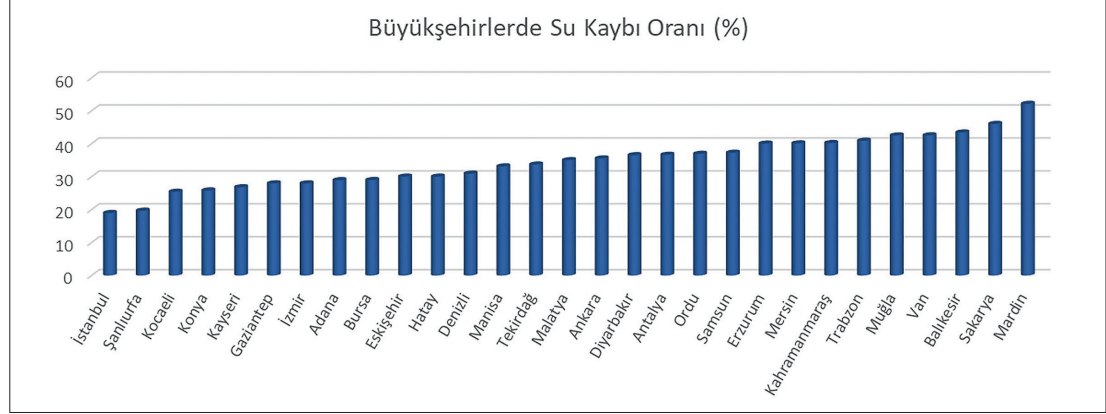
Türkiye'de 2015-2021 Yılları Arasındaki Genel Su Kaybı Oranı (Su Verimliliği, 2023)



Türkiye'deki su ve kanalizasyon idarelerinin kendi web sitelerinde yayınlamış oldukları raporlardan ve TÜİK verilerinden bu 30 büyükşehirden 29'unun su kaybı oranı değerlerine ulaşılmıştır. Aydın Büyükşehir Belediyesi'ne ait sağlıklı su kaybı verisine ise maalesef ulaşılammıştır. Aydın Büyükşehir Belediyesi dışında kalan 29 büyükşehir belediyesinden 8'inin su kaybı verisi TÜİK'ten, kalan 21'inin su kaybı verisi ise ilgili su ve kanalizasyon idarelerinin web sitelerinde sunmuş oldukları raporlardan alınmıştır. İstanbul, Şanlıurfa, Ankara, Adana, Antalya ve Kocaeli'ye ait veri 2023 yılına, Ordu'ya ait su kaybı verisi ise 2021 yılına aittir. Bunlar dışındaki su ve kanalizasyon idarelerinin verileri 2022 yılına aittir. Bahsedilen veriler Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'ya göre en düşük su kaybı oranına sahip olan büyükşehir %18,94 ile İstanbul'dur. İstanbul'u Şanlıurfa, Kocaeli ve Konya takip etmektedir. En yüksek su kaybı oranına sahip olan büyükşehir ise %52,1 ile Mardin'dir. Mardin'i Sakarya, Balıkesir ve Van izlemektedir.

Şekil 6

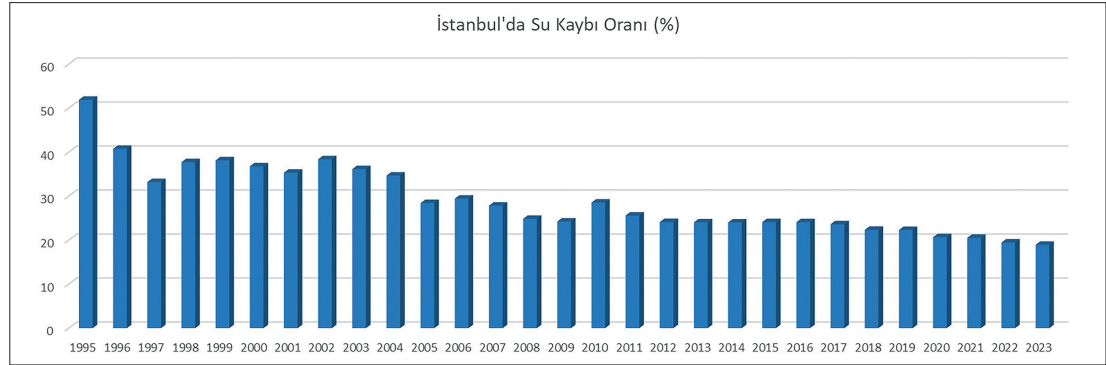
Büyükşehirlerde Su Kayıp Oranları (İlgili idarelerin raporlarından ve TÜİK'ten elde edilmiştir)



İstanbul'un su kaybı oranının yıllar içindeki değişimi Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7'den de görüleceği üzere 1995 yılında %51,9 olan su kaybı oranı 2023'te %18,94'e inmiştir. Bu hızlı inişin temelinde muhakkak, kaliteli boru ve bağlantı malzemelerinin kullanımı, aktif sızıntı kontrolü, boru hatlarının hızlı tamiri ve basınç yönetimi gibi su kaybı kontrolü uygulamalarının payı vardır.

Şekil 7

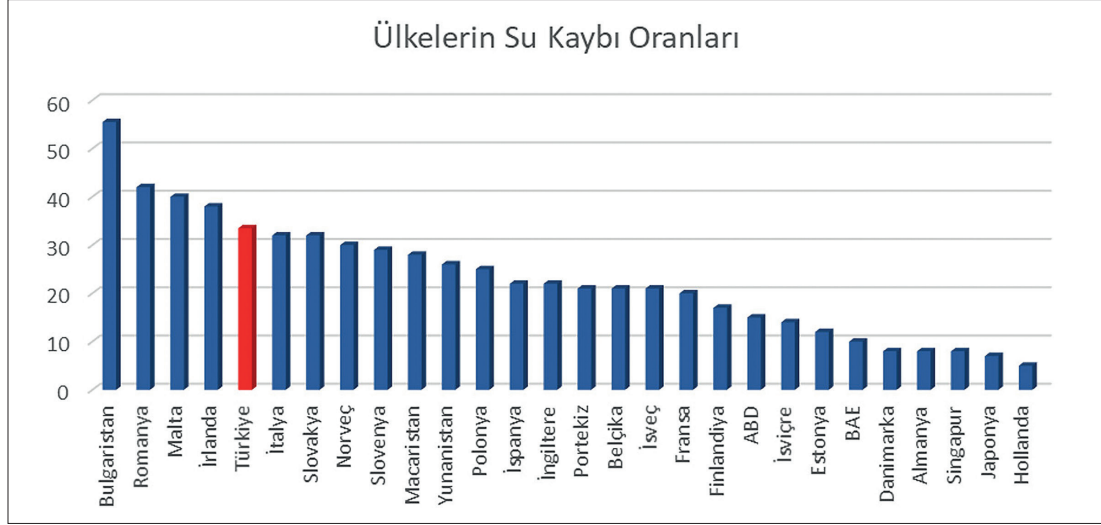
1995-2023 Yılları Arasında İstanbul'un Yıllık Su Kaybı Değerleri (İSKİ, 2024; Kıran, 2022)



Dünya'da Su Kayıpları: Türkiye'nin de aralarında olduğu pek çok ülkenin su kayıp oranları Şekil 8'de verilmiştir ("Leakage in the water industry," 2022; Roland Berger GmbH, 2023). Grafikte Bulgaristan ve Romanya sırasıyla %50 ve %40'ı aşan oranlarıyla en yüksek su kayıp oranına sahip ülkeler olarak görülmektedir. Öte yandan Hollanda, Japonya, Singapur, Almanya, Danimarka ve Birleşik Arap Emirlikleri ise %10'un altında olan su kayıp oranlarıyla dikkat çekmektedirler. Türkiye ise %33,5 olan su kaybı oranıyla Bulgaristan, Romanya, Malta ve İrlanda'dan daha iyi bir konumda olsa da Avrupa ülkelerinin çoğunun gerisinde yer almaktadır.

Şekil 8

Farklı Ülkelerin Su Kaybı Oranları ("Leakage in the water industry," 2022; Roland Berger GmbH, 2023)



Altyapı Kayıp/Kaçak Endeksi: Su kayıp oranı dışında içme suyu dağıtım şebekelerinde su kayıplarının seviyesini gösteren ve dünyada yaygınlıkla kullanılan bir başka gösterge de Altyapı Kaçak Endeksi'dir (Infrastructure Leakage Index = ILI). Bu endeks, mevcut yıllık fiziki su kayıplarının (Current Annual Real Losses = CARL) kaçınılmaz yıllık fiziki su kayıplarına (Unavoidable Annual Real Losses = UARL) bölünmesiyle elde edilir (Eşitlik 1):

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} \quad (1)$$

Burada UARL ve CARL parametrelerinin birimleri l/gün'dür. ILI ise boyutsuz bir niceliktir. ILI'nin değeri 1.0'a ne kadar yaklaşırsa şebekenin yönetimi su kayıpları açısından o kadar iyidir denilebilir. UARL parametresi ampirik bir büyüklüktür ve şu şekilde hesaplanmaktadır (Eşitlik 2):

$$UARL = (18 \times L_m + 0.8 \times N_c + 25 \times L_p) \times AZP \quad (2)$$

Burada L_m şebeke ana hat uzunluğu (km), N_c servis bağlantısı sayısı, abone servis bağlantılarının toplam uzunluğu (km) ve AZP de şebekedeki ortalama basınç değeri (m)'dir. ILI parametresinin farklı değerleri için teknik performans kategorileri belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2

ILI Teknik Performans Kategorileri (Lambert ve ark., 1999; McKenzie ve ark., 2007)

Kategori	A	B	C	D
ILI	1 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8

Burada *Kategori A*, şebeke durumunun iyi olduğunu, *Kategori B* durumun kötü sayılamayacağını ama iyileşme potansiyelinin bulunduğunu, *Kategori C* şebeke durumunun zayıf olduğunu ve bu zayıflığın iyiye götürülmesi gerektiğini ve *Kategori D* ise şebekenin kötü yönetildiğini ve kaynakların verimsiz kullanıldığını göstermektedir.

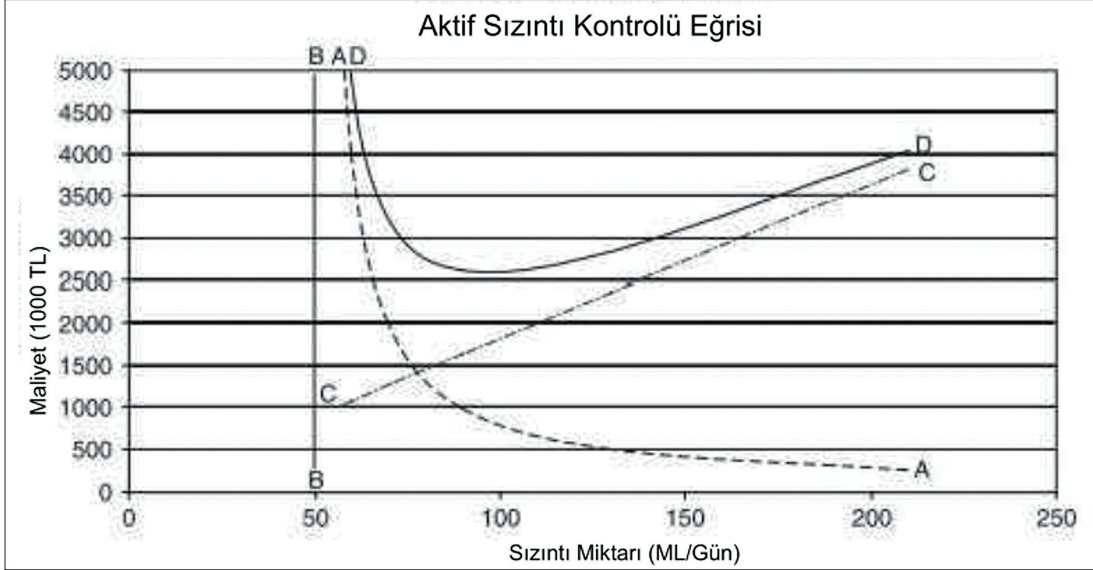
SUEN (2022) tarafından Türkiye'deki 20 su kanalizasyon idaresi (SUKİ) için yapılan analiz neticesinde ILI değeri ortalama 4,77 seviyesinde çıkmıştır. Avustralya, Belçika, Almanya, Fransa, İtalya, Portekiz, İspanya, Hırvatistan, İngiltere, İsviçre ve Malta gibi ülkelerde bulunan 71 adet su idaresinde detaylı ILI analizi yapıldığında, bu su idarelerinin 53 tanesinde ILI değeri 4'ten daha düşük olarak hesaplanmıştır. Bosna-Hersek, Bulgaristan ve Sırbistan'da bulunan 12 su idaresinde yapılan çalışmada ise bu su idarelerinin tamamında ILI değerinin 5'ten yüksek olduğu ve genel olarak bu değer 8'in üzerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. ILI değerinin Batı Avrupa ülkelerinin su kanalizasyon idarelerinde genel olarak 4'ten daha düşük olduğu göz önüne alındığında Türkiye'deki SUKİ'lerin içme suyu dağıtım sistemlerinin performansını iyileştirme faaliyetlerine ağırlık vermesi gerektiği görülmektedir. Bir de bu iyileştirme faaliyeti için öncelikle düzenli ölçüm ve raporlama gerekmektedir ki, Türkiye'deki bazı su idarelerinde bu konuda birtakım eksiklikler olduğu vurgulanmalıdır.

Su Kayıplarının Kontrolü

Fiziki Kayıpların Kontrolü

Boru Hattı Yönetimi: Bir su idaresinin yapabileceği en büyük yatırımlardan biri yeraltında bulunan boru hatlarının yenilenmesidir. Dolayısıyla, eski boru hatlarının bakımı ya da değiştirilmesinin maliyeti, sadece boru hattının kendi öz maliyetleri nedeniyle değil, aynı zamanda yoğun şehir koşullarında kazı ve yeniden eski durumuna getirme işlemleri yüzünden genellikle çok yüksektir. Boru bakımı birçok şekilde olabilir ve problemin niteliğine, su idarelerindeki yetkililerin tutumuna ve durumun ciddiyetine bağlı olarak değişen zaman sıklıklarında gerçekleştirilebilir. Kayıpları önlemek için sık karşılaşılan bakım programları arasında korozyon kontrolü, boru kaplaması ve değişimi zikredilebilir. Boru değişimi gerektiğinde ise bu işlemi kazısız gerçekleştirebilmek için yeni teknolojiler kullanılmaktadır.

Aktif Sızıntı Kontrolü: Aktif sızıntı kontrolünün amacı, zemin yüzüne çıkmayan veya su abonelerinin ihbarı yoluyla su idaresinin dikkatini çekmeyen sızıntıları bulmaktır. Aktif sızıntı kontrolü süreci, su idareleriyle koordineli çalışan tespit ekiplerinin genellikle ses dinleme tekniklerini kullanarak sızıntıları bulmak için bir araziye taramasını içerir. Bu ekipler aktif sızıntı kontrolü faaliyeti ile araziye tarayarak, rapor edilmemiş sızıntıları tespit etmekte ve böylece boru veya bağlantı arızaları tespit edildikten sonra onararak sızıntıların önüne geçilmektedir. Ortalama sızıntı seviyesi ile ardışık taramalar arasındaki süre arasında bir ilişki vardır. Bu ilişki Şekil 9'da A-A eğrisi olarak gösterilmekte ve aktif sızıntı kontrol eğrisi olarak adlandırılmaktadır. Düşey eksen kaçak tespit faaliyetlerinin yıllık maliyeti, yatay eksen ise aynı dönemdeki (genellikle bir yıl) ortalama sızıntı debisi seviyesidir. Bazı sızıntıların yüzeye çıkmaması ve akustik cihazlarla da tespit edilememesi halinde su idaresinin dikkatini çekmeyeceği ve bu nedenle devam edeceği varsayımı altında, eğri yatay eksene asimptot şeklinde çizilmektedir. Eğri aynı zamanda düşey eksene paralel bir doğruya da asimptot olacaktır. Bu B-B doğrusu, sızıntı kontrol faaliyeti için sonsuz kaynak kullanılması halinde ortaya çıkacak sızıntı seviyesine eşdeğerdir. Yani aktif sızıntı kontrolü için çok büyük masraflar yapılırsa da engellenmesi mümkün olmayan bir sızıntı miktarı mevcuttur.

Şekil 9*Aktif Sızıntı Kontrolü Eğrisi (Thornton ve ark., 2008)*

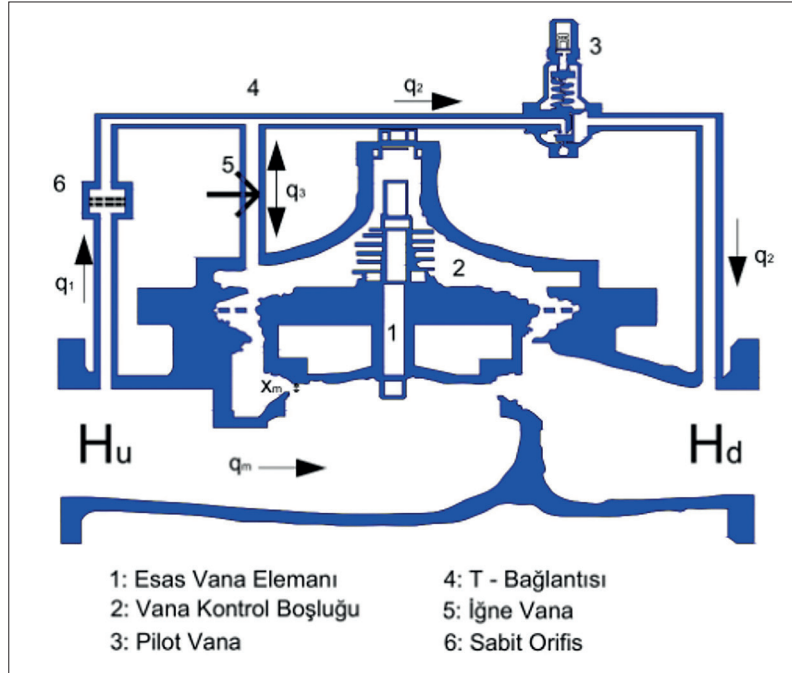
Farklı kaçak seviyelerinde kaybedilen suyun maliyeti aynı grafik üzerinde C-C doğrusu ile temsil edilmektedir. Burada maliyet, birim miktarda su üretmek için harcanan gücün, kimyasalların ve emeğin maliyetidir. D-D eğrisi ise toplam işletme maliyetidir, yani sızıntı kontrol maliyeti ile su üretim maliyetinin toplamıdır. Görüleceği üzere, çok düşük kaçak seviyelerine ulaşmak için gereken yüksek sızıntı tespit maliyeti nedeniyle D-D eğrisi, B-B doğrusuna yakın bölgede yüksek değerler almaktadır. D-D eğrisiyle gösterilen toplam maliyet, sağ tarafa doğru gittikçe azalmakta ve minimum değere ulaşmaktadır. Bu minimum değerden sağa doğru gidildikçe artan sızıntı seviyeleriyle birlikte su üretim maliyeti de arttığı için toplam maliyet tekrar yükselmektedir. Toplam maliyetin en düşük olduğu nokta, ekonomik sızıntı seviyesi olacaktır.

Basınç Yönetimi: İçme suyu dağıtım sistemlerinde su basıncını düşürerek, patlak ve sızıntı olasılığını azaltma faaliyetinin genel ismine basınç yönetimi adı verilmektedir. Basınç yönetimi, içme suyu dağıtım şebekelerinde su kayıplarını azaltmaya çalışırken göz önünde bulundurulması gereken en önemli yöntemlerden biridir (Hamilton ve Mckenzie, 2014). Boru hatlarındaki sızıntıların basınca bağlı olarak artmakta veya azalmakta olduğu bilinmektedir. Yüksek basınca bağlı olarak boru hatlarının arızalanmasıyla birlikte onarım işlemini gerçekleştirmek elbette elzemdir, fakat basınç yüksek olmaya devam ettikçe arızaların tekrerr etme ihtimali artar. Bu sebeple içme suyu dağıtım şebekelerindeki yüksek basınçları düşürerek basıncı yönetmek arızaların tekrarlanmasını önlemek açısından gereklidir.

Basınç yönetiminin gerçekleştirilmesinde en yaygın kullanılan cihaz Basınç Düşürücü Vana'lardır (Pressure Reducing Valve – PRV). PRV'nin şematik gösterimi Şekil 10'da verilmiştir (Prescott ve Ulanicki, 2003). Burada H_u ve H_d sırasıyla menba ve mansaptaki basınç yükseklikleridir. Basınç yönetme faaliyeti, pilot vananın açılıp kapanarak q_2 debisinin büyüklüğünün değiştirilmesiyle yürütülür. q_2 debisi, q_1 ve q_3 debilerinin toplamına eşittir.

Pilot vananın açılıp kapanmasıyla T – Bağlantısı'nın basıncı değişir. Bu basınç değişimine bağlı olarak q_3 debisinin yönü de değişir. H_d , PRV'nin çıkış ayarından küçükse pilot vana biraz açılır, q_3 debisi yukarı doğru yönelir, vana kontrol boşluğunun hacmi azalır ve esas vana elemanı yukarı hareket ederek PRV'de meydana gelmesi beklenen yük kaybını azaltır. Tam tersi olduğunda, yani H_d PRV'nin çıkış basıncı ayarından büyükse, pilot vana kısmen kapanır, q_3 debisi aşağı doğru yönelir, vana kontrol boşluğunun hacmi artar ve esas vana elemanı aşağı hareket ederek PRV'nin oluşturacağı yük kaybını artırır. Bu şekilde çalışan sistem sayesinde esas vana elemanının hareketine ve vana açıklığı (x_m)'na bağlı olarak, PRV'den geçen akımın yük kaybı, hedeflenen çıkış basıncına ulaşabilmek için sürekli güncellenebilecektir.

Şekil 10
PRV'nin Şematik Görünümü (Koşucu, 2022)



Pratikte 4 adet basınç yönetimi metodunun olduğu bilinmektedir. Bunlar (1) Sabit Çıkışlı Basınç Yönetimi, (2) Zaman Ayarlı Basınç Yönetimi, (3) Debi Ayarlı Basınç Yönetimi ve (4) Kritik Nokta Ayarlı Basınç Yönetimi metodlarıdır (Koşucu ve Demirel, 2022). Sabit Çıkışlı Basınç Yönetimi, en yaygın kullanılan metottur. Bu metotta PRV çıkış basıncı, zamanın ve debinin değişmesine rağmen sabit bir değer olarak belirlenir.

İdarî Kayıpların Kontrolü

İdarî kayıplar, su dağıtım şebekelerindeki aboneler tarafından tüketilen ancak kayda geçirilemeyen veya eksik geçirilen su miktarı olarak nitelenebilir. Su idarelerinin azaltmak için en çok çaba harcadığı kayıplar fizikî kayıplardır ancak idarî su kayıplarını minimize etmek de su idarelerinin gelir kalemlerinde hatırı sayılır artışlara yol açabilir. Akdeniz ve Muhammetoğlu (2022), Türkiye'de idarî su kaybı oranı %20'nin üzerinde seyreden su idarelerinin bulunduğunu ortaya koymuştur.

Bu idarelerin idarî su kayıplarını azaltması, gelirlerinin artmasını sağlayacaktır. İdarî su kayıplarının sebepleri, aşağıda verilmiştir (Thornton ve ark., 2008).

- Abone sayaçlarının düşük ölçüm hassasiyeti
- Sayaç okuma hataları
- Veri işleme ve faturalandırma hataları
- İzinsiz (kaçak) su tüketimi.

İdarî kayıpların kontrolü için alınacak tedbirler yukarıdaki sebeplerin ortadan kalkmasını veya azaltılmasını sağlayacaktır. Akdeniz ve Muhammetoğlu (2022), idarî su kayıplarının etkin bir şekilde kontrol edilebilmesi için 6 maddelik bir faaliyet listesi önermiştir. Bu 6 maddeyi şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Sayaç çaplarının uygun seçilmesi
2. Su tüketimi yüksek olan hastane, otel, avm, havuz vb. abonelerin uzaktan okunabilen sayaçlarla tüketim takibinin yapılması
3. Bütün abone sayaçlarının periyodik ve sistematik bir şekilde okunarak kontrol edilmesi
4. Sayaçların kurallara uygun şekilde monte edilerek ölçüm hatalarının engellenmesi
5. Paket su arıtma cihazı olan binalarda cihaz geri yıkama suyunun ölçülmesi
6. Eskimiş ve görevini ifa edemeyen abone sayaçlarının değiştirilmesi.

Bütün bunlara ilaveten abone sayaçlarını okuyan idare personelinin, idarî kayıpların kontrolünün sağlanması için eğitimler ve tecrübe aktarımı yoluyla, desteklenmesi de önem taşımaktadır. Ayrıca izinsiz su tüketimi olan bölgelerde abonelerin bilgi ve bilinç düzeyinin arttırılması ve şebeke suyunu izinsiz tüketenlere ağır müeyyideler uygulanması birer tedbir olarak düşünülebilir.

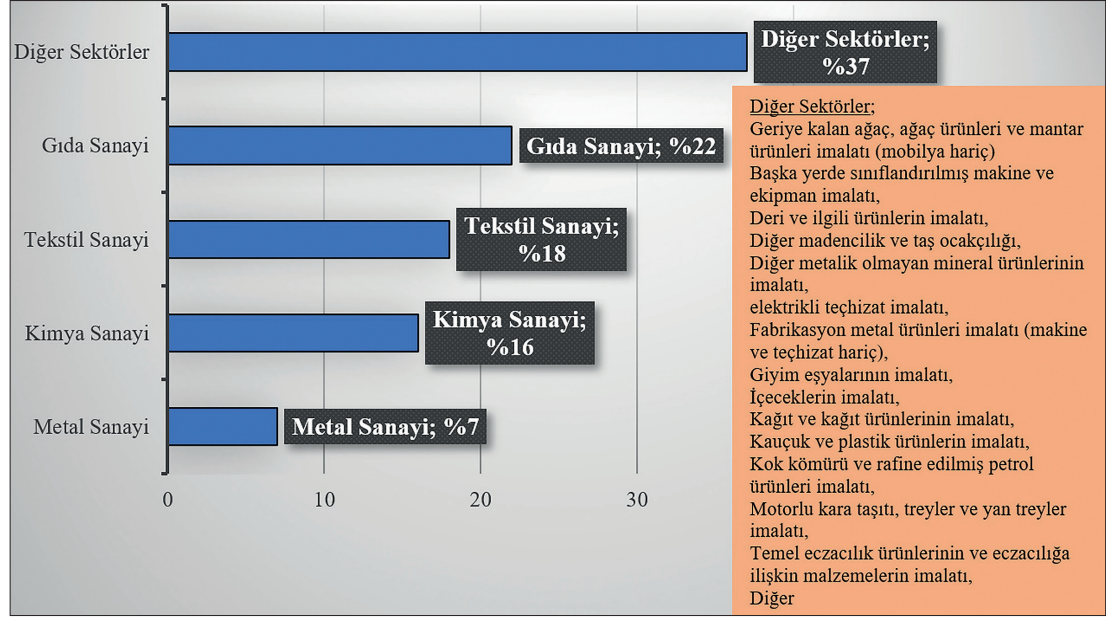
Sanayi Sektörü

Türkiye’de Sanayi Sektörlerinin Suya Bağımlılık Açısından Durumu

Türkiye’de endüstriyel su kullanımı verileri incelendiğinde en çok su kullanan sektör, %22’lik bir pay ile gıda sektörüdür. Gıda sektöründe su; soğutma, ısıtma, buhar üretimi, pastörizasyon dondurma gibi işlemlerde proses suyu amacıyla ve hatların yıkanması/durulanması gibi dezenfeksiyon amaçlı da kullanılmaktadır. Su kullanımının en fazla olduğu ikinci sektör ise tekstil sektörüdür. Toplam endüstriyel suyun %18’i tekstil sektöründe kullanılmaktadır (TOB, 2023). Endüstriyel su kullanımında üçüncü sırada yer alan sektör ise toplam endüstriyel suyun %16’sını kullanan kimya/kimyasalların ve kimyasal ürünlerin üretimi sektörüdür. Söz konusu üç sektörde kullanılan toplam su miktarı, endüstriyel amaçlı kullanılan toplam su miktarının %50’sinden fazlasını oluşturmaktadır. Su kullanım verilerine bakıldığında bu sektörler yakın diğer bir sektör ise, metal sanayi sektörüdür. Endüstriyel amaçlı kullanılan toplam suyun %7’si bu sektörde tüketilmektedir. Bahsi geçen dört sektör dışındaki diğer tüm sektörlerin su kullanımlarının toplamı, ülkemizde endüstriyel amaçlı kullanılan su miktarının %37’sine tekabül etmektedir (TOB, 2023). Ülke geneli en çok su kullanımına sahip 4 sektör ve diğerlerine ait toplam su kullanım dağılımları Şekil 11’de verilmektedir.

Şekil 11

Sektörlere Göre Kullanılan Su Miktarı Oranları (TOB, 2023)



SYGM Su Verimliliği Projesi

TOB, SYGM için io Çevre Çözümleri tarafından 2023 yılında tamamlanan proje *NACE Kodlarına Göre Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi*'dir. Söz konusu proje ile NACE kodlarını ele alarak su tüketiminin yoğun olduğu sanayi tesislerinde, su kullanım verimliliğinin iyileştirilmesi için bir yol haritasının oluşturulmasını amaçlanmıştır. Projede tesis ziyaretleri yapılarak endüstrideki farklı alt sektörlerin su kullanımları ve atıksu miktarları belirlenmiş, kullanılan su miktarının azaltılması ve atıksu oluşumunun minimize edilmesine yönelik Mevcut En İyi Teknikler (MET'ler) ortaya konulmuştur. TOB SYGM için 2017-2021 yılları arasında 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planı Kapsamında hazırlanan *Ekonomik Analiz ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi* (3 NHYP)'nde; Akarçay, Batı Akdeniz ve Yeşilirmak havzalarında endüstriyel su kullanım verimliliği kapsamlı olarak incelenmiştir. 3 NHYP'nin sonuçları da *NACE Kodlarına Göre Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi*'ne eklenmiştir (TOB, 2021b).

NACE Kodlarına Göre Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi kapsamında sektörlerdeki temsil edici nitelikteki tesislere saha ziyaretleri yapılmıştır. Söz konusu tesisler için su kaynakları, su kullanım noktaları, su kullanım miktarları, atıksu oluşum noktaları ve atıksu miktarları, su verimliliğine yönelik mevcut uygulamalar, su ve atıksu arıtma uygulamaları, proses bazlı su kullanımları, üretim kapasitesi ve ürün özellikleri gibi veriler toplanarak değerlendirmeler yapılmıştır. Tesis yetkilileri, teknik personel ve uzmanlara anket uygulaması yapılmış, su-atıksu kütle dengesi kurulmuş ve suların verimli kullanılması amacıyla MET listeleri hazırlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, endüstriyel su kullanım verimliliğini sağlamak üzere ülkemizde teknik ve ekonomik olarak uygulanabilecek Sektörel MET rehber dokümanları hazırlanmıştır (Su Verimliliği, 2023).

TOB NACE kodlarına göre Endüstriyel Su Verimliliği Projesi kapsamında yürütülen çalışma sonuçlarına göre su tüketiminde en büyük paya sahip olan sektörlerden Gıda, Tekstil, Kimya ve Metal sektörlerini temsilen seçilen 3'er tesisteki özgül su kullanımlarının genel olarak AB Sektörel Temiz Üretim Teknolojileri (MET) normlarında verilen Referans/Rehber (AB, 2023) değerlerin alt limitleri civarında veya altında kalmaktadır (TOB, 2024). Söz konusu endüstrilerde; iç tesisat revizyonu, tasarrufu/sensörlü musluk ve aparatlar ile gri su geri kazanımı ve yağmur hasadı benzeri veya sektöre özel MET uygulamalarıyla %20-90 arasında ek su tasarrufunun mümkün olabileceği ortaya konmuştur (TOB, 2024; Su Verimliliği, 2023; Öztürk ve ark., 2024).

İstanbul'da Arıtılmış Kentsel Atıksulardan Sulama ve/veya Sanayi Proses Suyu Geri kazanım İmkanları

İSKİ'nin Paşaköy AAT çıkışında, geri kazanım amacıyla kurulmuş 100.000 m³/gün kapasiteli bir 3. Kademe Arıtma Tesisi (ME + Kum Filtre + UV Dezenfeksiyon) bulunmaktadır. Bu tesiste üretilen yüksek kaliteli sular, Tuzla OSB'ler bölgesi ile sahildeki Liman Tesislerine servis edilebilir durumdadır. İSKİ'nin Ataköy AAT çıkışında da 20.000 m³/gün kapasiteli geri kazanım amacıyla kurulmuş bir ME + MBR (+ Klorlama) tesisi bulunmaktadır. Bu tesis çıkışı da Yenibosna Bölgesi'ndeki sanayiler için (mor/turuncu şebeke tesisi ile) proses suyu olarak kullanılabilir. Aynı şekilde Ambarlı AAT çıkışında da geri kazanım amacıyla kurulan 25.000 m³/gün kapasiteli bir ME + Harici UF (+Klorlama) tesisi mevcuttur. Bu tesisin çıkış suları da inşa edilecek mor/turuncu şebeke üzerinden Ambarlı Bölgesi'ndeki sanayi tesislerine ulaştırılabilecek durumdadır. Türkiye'de Su Kanalizasyon İdarelerince geri dönüşüm sularına (AAT çıkış suları) uygulanan satış tarifeleri Tablo 3'te verilmiştir (Öztürk ve ark., 2024).

Tablo 3

İzmit, İstanbul ve İzmir'in Su Satış Bedelleri (Öztürk ve ark., 2024)

Abone Türü	Şehirlere göre Su Bedelleri (TL/m ³)		
	İSU-İzmit	İSKİ-İstanbul	İZSU-İzmir
Mesken	(0-12 m ³ arası) 13,671	1.Kademe (Konut Başına 0-15 m ³ /ay) 15,82	(0-10 barajlar m ³ /ay) 22,09
İşyeri	(0-20 m ³ arası) 23,985	1.Kademe (0-40 m ³ /ay) 41,43	(0-10 barajlar m ³ /ay) 44,18
Toptan Hamsu		6,16	
Sanayi ve Ortak Arıtma Tesisi Olan OSB	63,209	-	44,18
Geri Kazanım Suyu	(Sanayi ve Ortak Arıtma Tesisi Olan OSB) 10,232	2,14	(Endüstriyel Amaçlı Kullanım) 5,76

Tablo 3'ten görüldüğü üzere, 3 büyük şehrin su kanalizasyon idarelerinde, ileri biyolojik arıtma sonrası asgari ME + Kum Filtre + UV/Klor Dezenfeksiyonu uygulanmış geri dönüşüm sularına uygulanan tarife 2,14~10,232 TL/m³ (0,07~0,34 \$/m³) aralığında değişmektedir. Bu illerde geri dönüşüm suları belirtilen bedelle geri dönüşüm tesislerinden alınarak ihtiyaç noktalarında endüstriyel veya sulama maksadıyla kullanılabilir. İSKİ'nin Paşaköy AAT'de üretilen 100.000 m³/gün miktarındaki geri dönüşüm suyunun, ayrı bir boru hattı/şebekesi ile (mor şebeke) Tuzla OSB'leri ve sahildeki Tersane bölgesine verilme imkânı da bulunmaktadır.

Tarım Sektörü

Daha önce bölümlerde belirtildiği üzere Türkiye'deki 57 milyar m³'lük yıllık kullanılabilir su miktarının %77'si (44 milyar m³'ü) tarımda sulama amacıyla kullanılmaktadır. Ülkemizdeki takriben 6,5 milyon ha'lık mevcut sulu tarım alanı itibarı ile brüt ortalama su kullanımı $44 \times 10^9 / 6,8 \times 10^6 \cong 6790 \text{ m}^3/\text{ha.yıl}$ değerine karşı gelmekle birlikte sulama altyapısı bulunan ancak özellikle arazi toplulaştırılmasının tam olarak yapılamayışına bağlı çok fazla sayıda küçük tarlaların neredeyse yarısında sulu tarım yapılmadığı düşünüldüğünde, bu miktarın $> 10.000 \text{ m}^3/\text{ha.yıl}$ civarında gerçekleştiği söylenebilir.

Bitki su ihtiyacı; iklim, bitki deseni, toprak yapısı, topografya ve sulama sistemi gibi çok sayıda parametreye bağlı olarak belirlenmektedir. Bitki brüt su ihtiyacının tespitinde özellikle tarla/parsel içi uygulama randımanı (verimi) kritik önemdedir. Bitkiler tarafından kullanılan su hacminin (V_e), sulanan parselde ulaştırılan/verilen su hacmine (V_p) oranı olarak tarif edilen tarla içi uygulama randımanı (E_f),

$$E_f (\%) = [V_e (\text{m}^3/\text{yıl}) / V_p (\text{m}^3/\text{yıl})] \times 100$$

eşitliği ile verilir.

Tarlaya uygulanan/verilen su miktarının ihtiyacına yeter miktarda bitkiye ulaşması kullanılan sulama teknolojisine bağlı olup çiftlik randımanı (%) ile ifade edilir. Çeşitli sulama yöntemlerinin çiftlik randımanları Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4

Farklı Sulama Yöntemlerinin Çiftlik Randımanları

Sulama Yöntemi	Çiftlik Randımanı (%)
<i>Yüzeysel sulama (salma sulaması)</i>	<i>50-60 (60)*</i>
<i>Yağmurlama sulaması</i>	<i>70-80 (75)*</i>
<i>Damla sulama</i>	<i>90-95 (95)*</i>
<i>*Tipik ortalama çiftlik randımanı</i>	

Tablo 4'teki tipik ortalama randıman/verim değerleri esas alınarak 1 ha'lık bir alandaki 10.000 m³/ha.yıl bitki su ihtiyacının karşılanabilmesi için parselde/tarlada uygulanması/verilmesi gereken su miktarları, çeşitli teknoloji seçenekleri için Tablo 5'teki gibi olur.

Tablo 5*Farklı Teknoloji Kullanım Seçenekleri için 10.000 m³/ha.yıl Bitki Su İhtiyacına Karşı Gelen Sulama Suyu Miktarları*

Sulama Yöntemi	Sulama Teknolojisi Kullanım Oranları (%)							
Yüzeysel Sulama	100	-	-	50	33	25	25	
Yağmurlama Sulama	-	100	-	25	33	50	25	
Damla Sulama	-	-	100	25	33	25	50	
Toplam Su miktarı (m³/ha.yıl)	16.667	13.333	10.526	14.291	13.374	13.471	12.763	

Tablo 5'teki verilere göre, örneğin %25 yüzeysel, %50 yağmurlama ve %25 damla sulama yapılan 1 ha'lık bir tarladaki, 10.000 m³/ha.yıl bitki su ihtiyacının karşılanabilmesi için 13.471 m³/ha.yıl sulama suyu (%100 yüzey sulamasına göre ~%20 daha az) verilmesi gerekecektir. Tablo 5'teki veriler, yağmurlama ve damla sulaması gibi modern kapalı (basınçlı) sulama teknolojileri kullanılarak sulama suyunun daha verimli ve etkin kullanılabileceğini göstermektedir. Toplam sulama suyu ihtiyacının tespitinde su kaynağı ile tarla arasındaki iletim kayıplarının da mutlaka dikkate alınması gerekecektir.

Havzadaki su potansiyeline uygun bitki deseni (suya göre tarım ilkesi) ve kapalı sulama teknolojileri ile daha etkin ve verimli sulama yapılarak sulama suyu ihtiyacında %20-30 (25)'e varan oranlarda su tasarrufu sağlanabilmektedir.

ABD'nin Kaliforniya eyaleti El Segundo'da kurulu Edward C. Little Su Geri dönüşüm/Yeniden Kullanım Tesis, 1995 yılından beri 5 farklı kullanım amacına uygun suyun üretildiği başarılı kanıtlanmış benzersiz bir uygulamadır (Walters ve ark., 2013). Bu tesiste Kaliforniya'nın kentsel atıksularının arıtıldığı Hyperion AAT'de saf oksijenle ikinci kademe biyolojik arıtma uygulanmış atıksuların belli bir kısmından, farklı kullanım amaçları için gerekli su kalitesini elde etmek üzere ilave 3. Kademe arıtma prosesleri uygulandıktan sonra, ikinci bir dağıtım şebekesi ile endüstriyel abonelere satılmaktadır. Ortalama 3. Kademe arıtılmış su üretim kapasitesi 132.500 m³/gün olan bu entegre geri dönüşüm tesisleri kompleksinde aşağıdaki miktar ve kalitelere geri dönüşüm suyu üretimi yapılmaktadır (Öztürk, ve ark., 2024).

Geri Dönüşüm Tesisleri ve şebeke ile birlikte toplam yatırım maliyeti 500 milyon \$'ı bulan bu proje ile, hanelerdeki temiz suyla sulama tarifesinin ~%60'ı civarındaki bir bedelle (0,45-0,60 \$/m³) kaliteli geri dönüşüm suyu sağlanmaktadır; kazan suyu satış bedeli ise 0,74-1,1 \$/m³ aralığındadır. Proje sayesinde Batı Kaliforniya'daki sanayi tesislerinin duraklığa bağlı su sıkıntısından etkilenmeleri önlenerek yerlerinde kalmaları sağlanmıştır. Kaliforniya Su İdaresi'nin, iklim dirençliliği için hedefi, bu proje ile bölge dışından sağlanan temiz su talebinin ~%50 oranında azaltılmasıdır.

Ekosistem Hizmetleri

Ekosistem hizmetleri genelde akarsu, göl ve göletler ile doğal/yapay sulak alanlardaki sucul hayatın korunması ve sürdürülebilirliği ile ilgili faaliyetleri kapsamaktadır. Dünyada en çok değişime ve tahribata uğramış ekosistemlerden biri akarsulardır. İnsan kaynaklı girişimler bu sistemlerde su kalitesinin azalmasına ve ekolojik habitatın bozulmasına sebep olmaktadır.

İklim değişikliği modellerinin öngördüğü yoğun kuraklık beklentileri, gelecekte havzalardaki aşırı yeraltı suyu kullanımlarının akiferlerdeki statik rezervlerin tükenmesine ve bu sebeple akarsu rejimlerinin değişmesine yol açacağını işaret etmektedir (Wu ve ark., 2020). Yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, 2050 yılına dek yeraltı suyu çekiminden etkilenen havzaların %42-79'unda, akarsu akışının ekolojik sınırlara ulaşması öngörülmektedir (Graaf ve ark., 2019). Tüm dünyada iklim değişikliği, kuraklık ve nüfus artışı gibi sebeplerle akarsuların kalitesi ve debisinin artırılmasına dönük tedbirlerin alınması kaçınılmaz bir ihtiyaç halini almıştır.

İklim değişikliği ve antropojenik su tüketimine karşı su miktarını koruma amacıyla akarsularda gerçekleştirilen çalışmalardan biri de arıtılmış atıksuların akarsulara deşarjıdır. Atıksuların tarım ve peyzaj sulaması maksadıyla kullanımının yaygınlaşması ile nehir ekosistemlerinde ekolojik ihtiyaç debisi olarak atıksuyun yeniden kullanımına dair örnekler artmaktadır. Mevsimsel değişkenlikler, atıksuyun nehre karışmadan önce geçirdiği aşamalar ve özellikle kurak dönemlerdeki nehrin akış geçmişisi gibi faktörler dikkate alınarak akarsular arıtılmış atıksular ile beslenebilmektedir. Buradaki temel amaç akarsuyun debisini sabit tutmak (düz bir hidrograf) değil, akarsuyun doğal akış rejimini değiştirmemek ve suya ihtiyaç duyan canlıları korumaktır (Luthy ve ark., 2015). Arıtılmış atıksuların akarsuya beslenmesiyle nehir taşkın yatağında bulunan canlıların korunması sayesinde canlı türlerinin devamlılığı sağlanır ve doğal akış durumu benzeştirilebilir (Bischel ve ark., 2013). Arıtılmış atıksuların akarsulara deşarjının; akarsuyun doğal akış şartlarına geri döndürülmesi, nesli tükenen türlerin devamlılığının sağlanması ve doğal koşullarda oluşmayacak yeni ekosistemler kurulması gibi faydaları olabilir (Wolfand ve ark., 2022). Kaliforniya'da bulunan doğal olarak kesikli akışa sahip Calera Deresi'nde, arıtılmış atıksuların ikame debisi olarak kullanılması ile sürekli akış hali oluşturulması ve bu durumun nesli tükenmekte olan ve nadir görülen türlerin artmasını sağlaması, söz konusu duruma örnek olarak gösterilebilir (Halaburka ve ark., 2013; Karpuzcu ve ark., 2024).

İleri biyolojik arıtma seviyesinde (besi maddesi giderimli aktif çamur sistemi (BNR) vb.) arıtma uygulanmış atıksuların yeniden kullanım/geri kazanım amaçlı ilave arıtma (Mikrofiltrasyon + Ozonlama + Granüler Aktif Karbon Filtrasyonu) ile öncelikli kirleticilerden de arıtıldıktan sonra, doğrudan ya da doğal ve/veya yapay sulak alanlar üzerinden, akarsulara çevresel akışı desteklemek üzere verilmesi; nehir göl ekosistemlerinin iklim değişikliği etkilerine karşı direncin arttırılması bakımından kritik önemdedir (Karpuzcu ve ark., 2024). Bu bağlamda, özellikle Baraj, HES ve Göletlerin mansabına gerekli çevresel akışın bırakılması ve sürekliliğin sağlanması uygulamadaki en önemli sorunlardan biri durumundadır. Havza temelli sektörel su tahsis planlamasında, söz konusu ekosistem hizmetleri su ihtiyaçlarının da küresel iklim değişikliği etkileri gözetilerek öncelikli olarak dikkate alınması büyük önem arz etmektedir.

Değerlendirme ve Öneriler

İklimle Bağlı Risk ve Tehlikeler

Atmosfer üzerindeki antropojenik etkiler, sanayi devrimi ile büyük oranda artmış ve yer yüzeyindeki ortalama sıcaklıklar yükselmiştir. IPCC'nin Ağustos 2021'de yayınladığı rapor incelendiğinde, dünya ortalama yüzey sıcaklığındaki artışın yaklaşık olarak 1,1°C'ye yükseldiği görülmektedir (IPCC, 2021). Dünya yüzeyindeki söz konusu sıcaklık artışının, buharlaşma ve yağış miktarının artmasına sebep olduğu görülmektedir ancak yağışlar ekstrem olaylar halinde meydana gelmekte olduğundan sel ve taşkın riski yükselmektedir.

Ekstrem iklim indisleri, literatürde aşırı hava olaylarının görülme sıklığı veya şiddetindeki değişimi tanımlamak için kullanılmaktadır. Tanımlanan bölge için belirli bir eşik değerin üzerindeki veya altındaki yağış ve sıcaklık değerlerinin ortalamadan farkı aşırı iklim olaylarını temsil etmektedir. Daha önce yapılmış olan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, genel itibariyle en çok çalışılan tekil tehlikelerin kuraklık ve şiddetli yağış olduğu görülmektedir. İklim indisleri ile kuraklık, şiddetli yağış ve sel, sıcak hava dalgası, şiddetli rüzgâr ve orman yangını tehlikeleri belirlenip değerlendirilebilmektedir.

Ortalama sıcaklık artışı için uzun dönemli sıcaklık değişimi analizleri gerçekleştirilmektedir. Heyelan, su stresi ve deniz seviyesi yükselmesi gibi tehlikeler için gerçeği temsil eden bilgi ve veriler küresel kaynaklardan toplanarak sonuçlar değerlendirilebilmektedir.

İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (OSİB, 2016a) kapsamında tüm Türkiye için 10 km çözünürlükte bölgesel iklim projeksiyonları elde edilmiştir. Söz konusu proje çıktıları iklim tehlikelerinin detaylarına dikkat çekmektedir. Söz konusu çalışma sonuçları incelendiğinde, ülkemiz için önemli olan iklim tehlikeleri Tablo 6'da verilmektedir. Tabloda gösterildiği üzere 9 iklim tehlikesinden 5'i (T2, T6, T7, T8 ve T9) su odaklıdır. Kalan 4 tehlike ise sıcaklık ve rüzgârdan kaynaklanmaktadır. Kuraklık, su ve gıda stresi küresel göç olaylarını tetikleyen en önemli tehlikeler arasında yer almaktadır.

Tablo 6
İklim Tehlikeleri

Tehlike Kodları	İklim Tehlikeleri
T1	Ortalama Sıcaklık Artışı
T2	Meteorolojik Kuraklık
T3	Şiddetli Rüzgârlar
T4	Sıcak Hava Dalgaları
T5	Orman Yangınları
T6	Şiddetli Yağışlar ve Sel
T7	Su stresi
T8	Heyelan
T9	Deniz suyu yükselmesi

Türkiye ve yakın çevresi ile ilgili olarak, son 10 yılda su havzaları ölçeğinde, yürütülen yüksek çözünürlüklü İklim Modellemesi ve Hidrolojik Modelleme çalışmaları ile, özellikle 2050-2100 döneminde, sıcaklıkların artacağı, yağışların azalacağı ve ülke toplam mavi su (akarsu akışları) ile yeşil su (toprak nemi) potansiyelinin, iyimser senaryolarla bile, %15-30'a varan oranlarda azalacağı öngörülmektedir (Tablo 1) (OSİB 2016a ve b; Öztürk ve ark., 2023; Şen, ve ark., 2024). Ayrıca deniz seviyesi yükselmesine bağlı sahil akiferlerinin tuzlanması, aşırı çekim sonucu mevcut akiferlerdeki statik rezervlerin kontrolsüz kullanımı ile sınır aşan havzalarda mansaba bırakılacak su miktarı ile ilgili hususlar da aynı kapsamda yönetilmesi gereken kritik sorunlardır. Bu durum İklim Değişikliği etkilerinin azaltımı ile gerekli uyum tedbirlerinde 4 temel sektörün her biri için suyun etkin, verimli ve yerinde kullanılarak kayıp/israfın önlenmesini zorunlu hale getirmektedir.

Sektörlere Özgü İklim Etkilerini Azaltım ve Uyum Önerileri

İçme Kullanma Suyu (Temini) Sektörü

Su sağlayan yüzeysel su kaynaklarında ortaya çıkması kaçınılmaz olan muhtemel su açığının giderilebilmesi/karşılanabilmesi için bilhassa büyükşehirlerde aşağıdaki seçenekler kullanılabilir:

Su Arzının Artırılması: İlave su kaynaklarının (varsa) planlanıp devreye alınması, mevcut depolama (baraj/gölet) kapasitelerinin artırılması.

Su Kayıp ve Kaçaklarının Azaltılması: Ülkemizde ortalama %30-35 aralığında değişen su şebekesindeki kayıplar; basınç denetimi, mikro bölgeleme, boru, yenileme vb. çözümlerle %10-15 aralığına çekilebilir. Söz konusu aralık dünya ölçeğinde makul limit olarak kabul edilmektedir. Bu şekilde kayıp kaçak azaltımı uygulaması ile mevcut su temin sistemi kapasitesinin ~%15- 20'sine karşı gelen miktarda ilave bir kaynak sağlanabilir, eldeki suyun daha etkin kullanılması ile en ucuz kaynak sağlanmış olur.

Daha Etkin Bir Talep Yönetimi: Bu kapsamda başlıca; evlerde tasarruflu armatür, sifon haznesi ve ev aletleri kullanımı, daha hassas sayaç kullanımı, tuvaletlerde gri su veya arıtılmış atıksu (mor şebeke) kullanımının teşviki, kentsel yeşil alan sulaması ve araç yıkamada arıtılmış atıksu kullanımı ile yeni geliştirilen/dönüştürülen bölgelerde ikili şebeke uygulamaları gibi seçenekler düşünülebilir. Bu sayede su talebinde %40'lara varan oranlarda azaltım sağlanabilmektedir.

Almanya'da 410 yataklı 4 yıldızlı bir otelde banyo, mutfak ve bulaşık sularının ayrılarak; mekanik elek + terfi istasyonu + batık MBR + arıtılmış su deposu ve terfi merkezi birimlerini içeren bir sistemde arıtıldıktan sonra gri su olarak WC, sifon suyu, çamaşır yıkama ve yeşil alan sulamasında kullanıldığı bir projede 4.861 €/yıl maliyetle, bina içi su tesisatı dönüşümü dahil ~4,5 yılda yatırımın geri kazanabildiği gösterilmiştir (Paris ve ark., 2007).

Kademeli Su Tarifesi Uygulaması: Medyan harcanabilir hane halkı gelirinin ~%2-2,5'ini aşmayan, tüketilen su miktarına göre artan kademeli ve sürdürülebilir bir su tarifesi uygulayarak kişi başına su tüketimi (özellikle orta ve düşük gelirli ailelerde) makul seviyelerde tutulabilir (Öztürk ve ark., 2020). Örneğin, kademeli tarife uygulanan İstanbul'da yıllık ortalama birim su tüketimi ~133 L/kişi.gün (4 kişilik bir hane için ~194 m³/yıl) seviyesinde tutulabilmektedir. Bu değer Avrupa Birliği (AB) büyükşehirlerindeki ortalamalar civarındadır.

Arıtılmış Atıksuların Geri Kazanımı: AAT'lerde ileri arıtma teknolojilerinin uygulanması neticesinde sulama suyu, sanayide kullanım suyu, tuvalet sifon suyu vb. gibi farklı alanlarda kullanılmak üzere su geri kazanımı mümkündür. AAT'lerden enerji, madde ve su geri kazanımının maksimum şekilde sağlanmasıyla AAT'ler atıksu rafinerilerine dönüştürülebilirler (Erşahin ve ark., 2022). Kentsel alanlardaki merkezi AAT çıkış sularına, gerektiğinde geri kazanım amaçlı ilave arıtma uygulayıp AKM, patojen mikroorganizmalar ve öncelikli kirleticileri de giderildikten sonra, ayrı (ikinci) şebeke üzerinden, yeşil alan sulaması, WC sifon suyu, araç yıkama, endüstriyel soğutma ve proses suyu olarak yeniden kullanımı ile içme suyu talebinde %30-40, endüstriyel proses/soğutma suyu talebinde ise %50-70 oranlarında tasarruf sağlanabilir. İçilebilir kalitede (A kalite) arıtılmış içme suyunun WC sifon, araç yıkama, yeşil alan sulama ve endüstriyel ihtiyaçlarda ikinci kalite (arıtılmış atıksu) yerine (B kalite su) kullanılması gerçek anlamda bir israf göstergesidir.

Su Arıtma Tesislerine Yeni Prosesler İlavesi: Küresel iklim değişikliği etkileri dolayısıyla özellikle yüzeysel kaynaklardan su temin edilen su arıtma tesisi (SAT) performansları ile çıkış suyu kalitesinde bozulma/kötüleşme (özellikle besi maddesi ve öncelikli kirletici artışı ile alg kaynaklı tat/koku problemi) beklenmektedir. Bu bağlamda mevcut tesislerin ek proseslerle (ozon veya perokson prosesi + toz ya da granüler aktif karbon uygulamaları, membran prosesleri ekleme vb.) desteklenmesi hatta bazı yerlerde deniz suyundan içme suyu temini seçeneğine gidilmesi gerekebilecektir.

Sanayi Sektörü

İklim değişikliği problemine yönelik azaltım ve uyum faaliyetlerinin sanayiciler tarafından dikkate alınması uygulamaların minimum sorunla gerçekleştirilmesi için büyük önem arz etmektedir. Su Verimliliği Seferberliği kapsamında Türkiye’de endüstriyel faaliyetler için su kullanımında verimliliğinin artırılması ve verimlilik tedbirlerinin yaygınlaştırılmasıyla sanayi sektöründe %50’ye varan oranlarda su geri kazanımı amaçlanmaktadır (Su Verimliliği, 2023).

Su Verimliliği Seferberliği bağlamında 2023-2033 yıllarını içeren Su Verimliliği ve Strateji Belgesi (Su Verimliliği, 2023), endüstriyel su verimliliği adına öne çıkan uyum süreci politika belgesidir. Bu belgede su kullanan tüm sektörlerde önümüzdeki 10 yıllık süreç için amaçlar belirtilmiş ve karşılaşılan sorunlara ayrıntılı olarak değinilmiştir.

Bahsi geçen uyum süreci politikaları haricinde Sanayi Sektörü’nde su kullanımı odaklı iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına yönelik planlama tavsiyeleri, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesinin Uyum Politikaları bölümünde de bulunmaktadır (OSİB, 2016a). Bu bağlamda diğer ülkelerde incelenen sektörlerin kapsamı değerlendirilmiş olup ülkemiz için Tablo 7’deki 12 ana sektörün seçilmesinin uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Tablo 7

Uyum Faaliyetlerinin Sıralanabildiği ve Sektörel Analizlerin Yürütülebileceği Sektör Ayırmaları

1) Sağlık	7) Denizel Ortam ve Balıkçılık
2) Tarım, Gıda Güvenliği, Orman ve Biyoçeşitlilik	8) Turizm
3) Su Kaynakları	9) Sanayi–Ticaret ve Enerji
4) Altyapı (Bina, Ulaşım ve Enerji)	10) Araştırma ve Geliştirme
5) Üst Yapılar (Kentsel ve Havza Planlama, Bina ve Yerleşimler)	11) Bilgilendirme, Eğitim ve Öğretim
6) Kıyı Alanları	12) Finansman ve Sigorta

Tablo 7’de belirtilen sektörlerin seçiminde Türkiye’nin coğrafi özellikleri, konumu, çevresel sorunları, iklimsel özellikleri, arazi kullanımı, kentleşme düzeyi, teknik ve ekonomik gelişmişlik seviyesinin yanında, sosyo-ekonomik yapısı ile finansal gelişmişlik durumu da göz önünde bulundurulmuştur. Analizlere konu olan 9. Sektör Sanayi-Ticaret ve Enerji Sektörü’dür (OSİB, 2016a).

Sanayi sektöründe İklim Değişikliği'ne uyum faaliyetleri kapsamında alınacak başlıca tedbirler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sanayi üretim süreçlerinde, AB Temiz Üretim Protokollerinin esas alınarak özgül su tüketiminin, öncelikle tesis içinde gerekli tedbirler alınmak suretiyle, mevcut en iyi teknoloji (MET) limitleriyle uyumlaştırılması;
- Özellikle yeraltı suyu kullanan suya bağımlı tekil endüstriler ve OSB'lerde, mevcut endüstriyel AAT ve/veya yakındaki kentsel AAT çıkış sularına entegre edilecek ek proseslerle, proses soğutma suyu talebinin > %50 oranında bu tür sulardan sağlanması;
- Geniş oturumlu ve çatı alanlı sanayi tesisleri ve OSB'lerde, Güneş Enerjisi üretimi ile entegre Yağmur Hasadı ve Gri Su Geri kazanımı uygulamalarının teşvik edilerek ham içme suyu talebinin düşürülmesi;
- Büyük OSB ve Kentsel AAT arıtma tesislerinin çıkış sularının, endüstride proses/soğutma WC sifon ve sulama suyu olarak kullanımını sağlayacak ilave arıtma ve su dağıtım şebekesi kurulum ve işletimi ile ilgili uygulanabilir yatırım ve işletme seçeneklerinin (Yap İşlet Devret, Yap İşlet vb.) teşviki mümkündür.
- Bu kapsamda, OSB Yönetimleri, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Belediyelerin katılımıyla, dünyadaki iyi uygulamalar da dikkate alınarak, sürdürülebilir hizmet sağlama yapılanmaları oluşturulabilir.
- Proses/Soğutma suyu olarak, arıtılmış atıksu kullanılarak temiz su ayak izini küçülten tekil endüstri ve OSB'lere AAT'de ucuz enerji teşviki uygulanması.
- Türkiye'de bazı alt sektörler (Gıda, İlaç vb.) hariç genel itibarı ile özellikle suya bağımlı alt sektörlerde, proses ve soğutma suyu olarak >%50 oranında geri kazanım amaçlı arıtılmış endüstriyel ve/veya kentsel atıksu kullanımının mümkün olduğu düşünülmektedir.

Tarım Sektörü

OSİB (TOB) Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından yürütülen "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi" kapsamında tarım sektörü için önem arz eden en önemli 3 uyum faaliyeti; *İklim değişikliğine uygun ürün deseniyle üretim, verimli kapalı sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması ve organik (ekolojik) tarımın teşviki* olarak belirlenmiş bulunmaktadır (OSİB, 2016b).

- "Suya göre Tarım" ilkesinin hayata geçirilmesi için tarım/su havzalarındaki bitki deseni; ilgili havzanın su potansiyeli ve tarıma tahsis edilebilecek su miktarı ile uyumlu olmak durumundadır. Bu bağlamda <300 mm/yıl yağış alan su fakiri havzalarda; mısır, şeker pancarı, yonca vb. yüksek su isteyen ürünlerin üretimi sınırlandırılıp katma değeri yüksek ve damla sulamaya uygun bitki desenine geçilerek çok su tüketen bitkilerin üretimi olabildiğince GAP projesine kaydırılmalıdır.
- Daha önce de belirtildiği üzere, zirai sulamada kapalı sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması, sulama suyu talebini çok büyük ölçüde azaltılmaktadır. Türkiye'nin 8,5 milyon ha'lık sulanabilir tarım arazi varlığı bütününde > %70-75 oranında kapalı sulamaya geçip bitki ürün deseni, iklim ve havza su potansiyeli gözetilerek, iyi yönetilebildiği takdirde; sulama sektörünün halen %77 olan su kullanımının 10 puanlık düşüşle %67 (hatta %65) seviyesine çekilebileceği düşünülmektedir. *Bunun başarılabilmesi için ürün destek mekanizmalarının yere özgü ürün deseni ile uyumlulaştırılması, kapalı sistem sulama şebekesi yatırımlarına düşük faizli kredi temini büyük ölçekli mekanize tarım işletmelerinin teşviki ve sulama suyunun mutlaka sayaçla ölçülerek makul tarifelerle ücretlendirilmesi gibi teknik ve ekonomik araçların etkin şekilde kullanılması gerekmektedir.*

- İklim, toprak yapısı ve üretim imkanlarının müsait olduğu, bilhassa büyük tüketim merkezlerine yakın ve/veya bağlantı yolları üzerindeki yerleşimlerde; organik/ekolojik tarımın eko turizmle de desteklenerek geliştirilmesi ve teşviki büyük önem taşımaktadır. Türkiye'nin organik tarım potansiyeli çok büyük olmakla birlikte henüz bu potansiyelin çok azından gerektiği gibi yararlanılabildiği düşünülmektedir. Bu kapsamda özellikle Adapazarı (Sakarya) Düzce organik tarım koridorunun çok büyük potansiyeli bulunmaktadır.
- Tarımda dolaylı su israfıyla ilgili çok önemli bir diğer sorun da gıda ürünleri israfıdır. UNEP 2024 Gıda İsrafı Endeksi Raporu verilerine göre, Dünya'da üretilen gıdanın %13'ü hasat (tarla) – satış noktası arasında, %19'u ise perakende (%12), gıda hizmeti (%28) ve haneler (%60) düzeyinde kaybedilmektedir. *Bu şekilde tarla – sofraya gıda kaybı %32 (~1/3)'ye ulaşmaktadır. Gıda kaybı aynı zamanda bu gıdanın üretiminde kullanılan suyun da kaybı/ israfı demektir. Gıda kaybı ve israfı dolayısıyla çöpe giden gıda atıklarının vahşi ve düzenli atık depolama alanlarında kontrolsüz olarak çürümesi sonucu atmosfere depo gazı ile salınan CH_4 + CO_2 miktarı, küresel sera gazı emisyonunun ~ %10'u olarak tahmin edilmektedir (UNEP, 2024).*
- Sınıraşan havzalarda mansaba bırakılacak su miktarının, iklim değişikliği etkileri dikkate alınarak, gözden geçirilmesi; mansaptaki ülkelere kapalı sulama ile katma değeri yüksek (damla sulamaya uygun) ürünlere geçiş konularında uzman ve teknoloji desteği sağlanmalıdır.
- Su potansiyelinin etkin ve verimli kullanımındaki çok önemli hususlardan biri de tarım ürünlerinde gömülü suyun (sanal su) bileşenleri (mavi, yeşil ve gri su) ile havza su potansiyeli arasındaki ilişkinin sürdürülebilir kılınmasıdır. Bu bağlamda, havza su potansiyelinin; iklim, bitki deseni ve su ayak izi bileşenleri gözetilerek optimize edilmesi mavi su ayak izi yüksek bitkilerin havzalar arası dağılımında dikkatli olunması kritik önemdedir.

Ekosistem Hizmetleri Sektörü

Ekosistem Hizmetleri Sektörü'nde, İklim Değişikliği Etkileri'ne bağlı olarak maruz kalınan ve giderek şiddeti artacak tehlike, Baraj, Gölet ve küçük HES tesislerinden mansaba yeterli miktarda, mevsimlik doğal akış rejimiyle uyumlu, çevresel akış (ekolojik ihtiyaç debisi) bırakılmayıp, Akarsu, göl ve sulak alanlardaki sucül ekosistemin korunup sürdürülebilirliğinin sağlanması bakımından her geçen gün daha da önemli hale gelen bu sorunun, çok iyi seviyede arıtılmış kentsel ve endüstriyel atıksu deşarjlarıyla ikame debi sağlanarak önemli ölçüde aşılabileceği düşünülmektedir (Karpuzcu ve ark., 2024). Bu bağlamda, *Nehir Havzası Yönetim Planları'nda, ekosistem servisleri sektörü için tahsis edilen su miktarının korunması ile ilgili teknik, idari, hukuki ve ekonomik araçların etkinleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu husus biyoçeşitliliğin korunması bakımından da kritik önemdedir.*

Kaynaklar / References

- Akdeniz, T. ve Muhammetoğlu, H. (2022). Türkiye’de kentsel su dağıtım şebekelerinde idari su kayıplarının değerlendirilmesi. *İTÜ Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(1), 1–6.
- Bischel, H. N., Lawrence, J. E., Halaburka, B. J., Plumlee, M. H., Bawazir, A. S., King, J. P., ... Luthy, R. G. (2013). Renewing urban streams with recycled water for streamflow augmentation: Hydrologic, water quality, and ecosystem services management. *Environmental Engineering Science*, 30(8), 455-479. <https://doi.org/10.1089/ees.2012.0201>
- Coşkun Dilcan, Ç., Çapar, C., Korkmaz, A., İritiş, Ö., Karaaslan, Y. ve Selek, B. (2018). İçme suyu şebekelerinde görülen su kayıplarının dünyada ve ülkemizdeki durumu. *Anahtar Dergisi*, 354, 10–18.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB). (2021). Türkiye’de iklim değişikliğine uyum eyleminin güçlendirilmesi projesi, TR2017 ESOP MI A3 04, Türkiye’de iklim değişikliğine uyum çalışmaları. Ankara, s. 283. https://iklimeuyum.org/dokumanlar/Turkiyede_Iklim_Degisikligine_Uyum_Calismalari.pdf Erişim Tarihi: 1 Mayıs 2024.
- Çevre ve Şehircilik İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB). (2018). Sıfır atık, çevresel göstergeler: Su kullanımı. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/su-kullanimi-i-85738> Erişim Tarihi: 1 Mayıs 2024.
- Erşahin, M. E., Güven, H. ve Öztürk, İ. (2022). *Atıksu Arıtma Tesisinden Atıksu Rafinerisine*. M. Bulut ve C. Korkut (Eds). *Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir Hayat* (s. 385-410). Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.
- Graaf, I. E. M. de, Gleeson, T., van Beek, L. P. H. R., Sutanudjaja, E. H. ve Bierkens, M. F. P. (2019). Environmental flow limits to global groundwater pumping. *Nature*, 574(7776), 90-94. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1594-4>
- Hakyemez, C. (2019). Su: Yeni Elmas, TSKB Tematik Bakış. https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/TSKBBAkis_SUYeniElmas_Subat2019.pdf adresinden alındı. Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Halaburka, B. J., Lawrence, J. E., Bischel, H. N., Hsiao, J., Plumlee, M. H., Resh, V. H., ... Luthy, R. G. (2013). Economic and ecological costs and benefits of streamflow augmentation using recycled water in a California coastal stream. *Environmental Science & Technology*, 47(19), 10735-10743. <https://doi.org/10.1021/es305011z>
- Hamilton, S. ve McKenzie, R. (2014). *Water Management and Water Loss*. IWA Publishing.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.
- İSKİ. (2024), *Standart Su Dengesi Formu 2023*, <https://iski.istanbul/kurumsal/stratejik-yonetim/su-kayiplari-yillik-raporlari/> Erişim Tarihi: 23.04.2024.
- Karpuzcu, M. E., Doğan, F. N. ve Öztürk İ. (2024). Arıtılmış Atıksuların Çevresel Akış için İkame Amaçlı Kullanımı: Tampon Bölge olarak Yapay Sulak Alanların Rolü, *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(1), 15-22.

- Kıran, S. (2022). Sürdürülebilir Su Kayıpları Yönetimi - İstanbul. 6. Su Kayıpları Forumu ve Sergisi.
- Koşucu, M. M. (2022). *Su Dağıtım Şebekelerinde En Uygun Basınç Yönetimi Metodunun Belirlenmesi*. [Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Koşucu, M. M. ve Demirel, M. C. (2022). Smart pressure management extension for EPANET: source code enhancement with a dynamic pressure reducing valve model. *Journal of Hydroinformatics*, 24(3), 642–658. <https://doi.org/10.2166/hydro.2022.172>
- Lambert, A. O., Brown, T. G., Takizawa, M. ve Weimer, D. (1999). A review of performance indicators for real losses from water supply systems. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, 48(6), 227–237. <https://doi.org/10.2166/aqua.1999.0025>
- Luthy, R. G., Sedlak, D. L., Plumlee, M. H., Austin, D. ve Resh, V. H. (2015). Wastewater-effluent-dominated streams as ecosystem-management tools in a drier climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(9), 477–485. <https://doi.org/10.1890/150038>.
- McKenzie, R., Seago, C. ve Lamberger, R. (2007). Benchmarking of Losses from Potable Water Reticulation Systems - Results from IWA Task Team. In V. Ciomos, E. Demetrescu, S. Lacatasu ve R. Horac Bubuianu (Eds.), *IWA International Specialized Conference Water Loss 2007* (s. 161–175). IWA Specialist Groups.
- Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A. (2017). İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Ofwat. (2022). Leakage in the water industry. https://www.ofwat.gov.uk/leakage-in-the-water-industry/#_ftn1 Erişim Tarihi: 23 Nisan 2024.
- OSİB (2016a). İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri Projesi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- OSİB (2016b). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi, Proje Nihai Raporu Ek 2 – İklim Değişikliği Projeksiyonları, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Ozturk, I., Gurel M. and Erturk A. (2013). Effects of Climate Change on Water Resources in Turkey, AASSA Regional Workshop, 19-22 August 2013, Barnaul, Russia.
- Ozturk, I., Uyak, V., Cakmakci, M. ve Akca, L. (2007). Dimension of Water Loss Through Distribution System and Reduction Methods in Turkey. In *International Congress on River Management*. Antalya.
- Öztürk, İ., Kınacı, C., Ateş Genceli, E., Özgün, H., Cüceloğlu, G., Çiçekalan, B. ve Özababalı Sabuncu, A. (2020). *Çevre Ekonomisi Tam Maliyet Esaslı Tarife Hesabı (el kitabı)*. TBB Yayınları.
- Öztürk, İ., Cüceloğlu, G. ve Deneri, E.Z. (2023). Yerel Yönetimlerin Su Planlamasında İklim Değişiminin Rolü. M. E. Aydın ve A. D. Şahin (Eds.), *İklim Değişimi Çerçevesinde Su Kaynaklarının Mevcut Durumu ve Geleceği*. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. <https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-56-6.ch09>.
- Öztürk, İ., Tanık, A. G., Germirli Babuna, F., Şen, Ö. L., İnsel, G., Akca, L., Erşahin, M. E., Cüceloğlu, G., Türken, T., Deneri, E. Z., Övez, S. S. ve Delibaş, C. (2024). *Türkiye ve İstanbul Özelinde Su-Atıksu Yönetimi ve Politikaları Projesi, Sanayi Odaklı İklim Duyarlı Bütüncül Su-Atıksu Yönetimi Nihai Raporu*. İstanbul Sanayi Odası (İSO).

- Paris, S., Bischof, F. ve Huber, H. (2007). *Reuse of Treated Wastewater*. Proocceedings of 10th German Japanese Workshop in Berlin, October 2006.
- Prescott, S. L. ve Ulanicki, B. (2003). Dynamic Modeling of Pressure Reducing Valves. *Journal of Hydraulic Engineering*, 129(10), 804–812. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2003\)129:10\(804\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2003)129:10(804))
- Roland Berger GmbH. (2023). *Water sobriety, alternative sources and circular models*. Brüksel.
- Sen, O. L. (2013). A holistic view of climate change and its impacts in Turkey. *Mercator-IPC Fellowship Report*. https://www.researchgate.net/profile/Omer-Sen/publication/360081804_A_Holistic_View_of_Climate_Change_and_its_Impacts_in_Turkey/links/62613418bca601538b5c7be1/A-Holistic-View-of-Climate-Change-and-its-Impacts-in-Turkey.pdf adresinden alınmıştır. Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Su Verimliliği (2023). Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2020-2033), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Verimliliği Seferberliği, Ankara, 80 s.
- SUEN. (2022). Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdareleri Arasında Mukayeseli Performans Değerlendirmesi. Türkiye Su Enstitüsü.
- Şen, Ö.L., Cüceloğlu, G., Öztürk, İ. ve Deneri, E.Z. (2024). *Türkiye ve İstanbul Özelinde Su-Atıksu Yönetimi ve Politikaları Projesi, İklim Değişikliğinin Türkiye ve İstanbul'un Su Kaynaklarına Etkisi*. İstanbul Sanayi Odası (İSO).
- TAGEM (2021). Tarımsal sulama sektör politika belgesi (2021-2025). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politika Geliştirme Genel Müdürlüğü (TAGEM), Ar-ge İnovasyon.
- TBMM (2021). Küresel İklim Değişikliğinin etkilerinin en aza İndirilmesi, Kuraklıkla Mücadele ve Su Kaynaklarının Verimli Kullanılması için alınması gereken Tedbirlerin belirlenmesi amacıyla kurulan Meclis Araştırma Komisyonu Raporu, Sıra Sayısı: 300, Yasama Dönemi: 27, Yasama Yılı:5 Kanunlar ve Kararlar Başkanlığı, TBMM. http://www.tbmm.gov.tr/develop/owa/sirasayi_sd.sorgu_baslangic
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) (2020). İklim Değişikliği ve Uyum, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı, (s. 220).
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) (2021a). Tarım Sektöründe Su Verimliliğine İlişkin Metodolojik Rehber.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) (2021b). 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Destek Projesi (NHYP) AB Teknik Yardım Projesi, Técnica y Proyectos S.A. (TYPESA) danışmanlığında, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü için.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB). (2023). Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı, 2023 – 2033; <https://www.suverimliliği.gov.tr/yayinlar/#endustriyel-su-verimliliği> adresinden alınmıştır. Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) (2024). NACE Kodlarına göre Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi Kimya, Metal, Tekstil, Gıda Sektörleri Sunumları, Su Verimliliği Seferberliği Sanayi-Su Buluşması, 2 Şubat 2024, Kocaeli Kongre Merkezi.

- Thornton, J., Sturm, R. ve Kunkel, G. (2008). *Water Loss Control* (2nd ed.). McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1036/0071499180>
- UN (2019). UN World Water Development Report 2021: Valuing Water. UN-Water. <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/en/download-report>
- UNEP (2024). Food Waste Index Report, https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/45230/food_waste_index_report_2024.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- URL-1. <https://www.suverimliligi.gov.tr/> adresinden alınmıştır. Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Walters, J., Oelker, G. ve Lazarova, V. (2013). Producing designer recycled water tailored to customer needs, *Milestones in Water Reuse*. IWA Publishing.
- Wolfand, J. M., Taniguchi-Quan, K. T., Abdi, R., Gallo, E., Irving, K., Philippus, D., Rogers, J. B., Stein, E. D. ve Hogue, T. S. (2022). Balancing water reuse and ecological support goals in an effluent-dominated river. *Journal of Hydrology X*, 15, 100124. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2022.100124>
- Wu, W.-Y., Lo, M.-H., Wada, Y., Famiglietti, J. S., Reager, J. T., Yeh, P. J.-F., Ducharne, A. ve Yang, Z.-L. (2020). Divergent effects of climate change on future groundwater availability in key mid-latitude aquifers. *Nature Communications*, 11(1), 3710. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17581-y>.

Yazarlar Hakkında / About Authors

Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK | TÜBA Şeref Üyesi | İstanbul Teknik Üniversitesi
ozturkiz[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-8274-5326

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) İnşaat Fakültesi'nden 1976 yılında mezun oldu. 1978 yılında İTÜ Çevre Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda asistan olarak göreve başladı. İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nden, 1979 yılında Yüksek İnşaat ve Çevre Mühendisliği ve 1982 yılında Doktora derecelerini aldı. 1982-1984 yılları arasında İngiltere Newcastle Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde doktora sonrası araştırmalarda bulundu. 1994 yılında TÜBİTAK Bilimsel Araştırma ve Teşvik ödülüne layık görüldü, ardından aynı yıl İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Profesörlük kadrosuna atandı. Su ve atıksu arıtımı, bütünleşik su havzaları yönetimi, entegre katı atık yönetimi ve iklim değişiminin su kaynaklarına etkileri alanlarında uluslararası düzeyde uzmanlığı olan Öztürk'ün, ağırlıklı olarak uluslararası olmak üzere 350'den fazla bilimsel yayını, 17 kitabı ve çok sayıda araştırma/uygulama projesi raporu bulunmaktadır. Öztürk, Türkiye Bilimler Akademisi şeref üyesi ve İTÜ Yönetim Kurulu üyesidir. Bir dönem TÜBİTAK KAMAG GYK ve TÜBİTAK Bilim Kurulu üyelikleri de yapan Öztürk, 2015-2020 döneminde İSKİ Yönetim Kurulu üyeliği görevi yapmıştır.

Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK | TÜBA Honorary Member | Istanbul Technical University
ozturkiz[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-8274-5326

He is graduated Istanbul Technical University (ITU) Civil Engineering Faculty in 1976. Afterwards, he attended ITU Environmental Sciences and Technology Division in 1978 as an Assistant. He received Environmental and Civil Engineering M.Sc. degrees in 1979, and Ph.D. degree in 1982 at ITU Environmental Engineering Department. During 1982-1984, he completed post-doctoral studies at the Newcastle University Environmental Engineering Department in UK. He achieved TR TUBİTAK's Scientific Research and Encouragement award in 1994, then he was enrolled as a Professor in ITU Environmental Engineering Department. He has international expertise in the fields of water and wastewater treatment, integrated watershed management, integrated solid waste management, effects of climate change on water resources, anaerobic digestion, and industrial pollution control. He withholds more than 350 scientific publications, 17 books, and many research/implementation Project reports mainly with international reputation. Öztürk is an honorary member of the Turkish Academy of Sciences (TÜBA), a member of International Water Association (IWA), and a member of ITU Administrative Committee. Prof. Öztürk, who was a member of TÜBİTAK KAMAG (Public Research Group), and a member of Science Board of TUBİTAK for a while, was a member of İSKİ Board of Management between 2015-2020.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Melih KOŞUCU | İstanbul Teknik Üniversitesi
koşucu[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-5907-6964

Pertevniyal Lisesi'nden 2007'de, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2012'de mezun oldu. Askerlik görevini yerine getirmesinin ardından 2014'te İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. İTÜ İnşaat Mühendisliği'ne bağlı olan Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Lisansüstü Programı'ndan 2016'da yüksek lisans, 2022'de doktora derecelerini aldı. 2019'da su kayıplarıyla mücadele edilmesinde önde gelen yöntemlerden olan gerçek zamanlı basınç yönetiminin hidrolik modelini kurarak 1. Su Yönetimi Ödülü'nü almaya layık görüldü. Mayıs 2023 itibarıyla İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaya başlayan Koşucu, su dağıtım sistemlerinin hidroliği, basınç yönetimi, fizikî su kayıplarının kontrolü, hidrolik modelleme ve baraj hidromekaniki konularında çalışmalar yürütmektedir. Halen lisans düzeyinde Akışkanlar Mekaniği, Hidrolik, Su Kaynakları ve Barajlar derslerini vermektedir.

Asst. Prof. Dr. Mehmet Melih KOŞUCU | Istanbul Technical University
koşucu[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-5907-6964

He graduated from Pertevniyal High School in 2007 and Istanbul Technical University (ITU) Faculty of Civil Engineering, Department of Civil Engineering in 2012. After completing his military service, he started working as a research assistant at ITU Civil Engineering Department in 2014. He received his master's degree in 2016 and his PhD degree in 2022 from the Hydraulic and Water Resources Engineering Graduate Program, which is affiliated to ITU Civil Engineering. In 2019, he was awarded the 1st Water Management Award by establishing the hydraulic model of real-time pressure management, one of the leading methods to combat water losses. Koşucu, who started to work as a faculty member at ITU Civil Engineering Department as of May 2023, conducts studies on hydraulics of water distribution systems, pressure management, control of physical water losses, hydraulic modeling and dam hydromechanics. He is currently teaching Fluid Mechanics, Hydraulics, Water Resources and Dams courses at undergraduate level.

Arş. Gör. Elif Zeynep DENERİ | İstanbul Teknik Üniversitesi
deneri[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7190-737X

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2017 yılında mezun oldu. İTÜ Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi programında eğitim gördü ve "Demiryollarından Kaynaklanan Çevresel Gürültünün İncelenmesi ve Değerlendirilmesi: Marmaray Örneği" başlıklı yüksek lisans tezini 2022 yılında tamamladı. 2022'nin şubat ayından bu yana İTÜ Çevre Mühendisliği Birimi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta ve İTÜ Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi programında doktora eğitimine devam etmektedir.

Res. Asst. Elif Zeynep DENERİ | Istanbul Technical University
deneri[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7190-737X

She graduated from Istanbul Technical University (ITU) Environmental Engineering Department in 2017. She was educated in ITU Environmental Sciences, Engineering and Management program and completed her master's thesis titled "Investigation and Assessment of Environmental Noise arising from Railways: The case of Marmaray" in 2022. She has been working as a Research Assistant at ITU Environmental Engineering Department since February 2022 and continues her doctorate education in ITU Environmental Sciences, Engineering and Management program.

KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA VE SU GÜVENCESİ ÜZERİNE OLUMSUZ ETKİLERİ VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

**NEGATIVE EFFECTS OF GLOBAL WARMING
AND CLIMATE CHANGE ON SUSTAINABLE
FOOD AND WATER SECURITY AND
PRECAUTIONS TO BE TAKEN**

Mustafa YILDIZ

Atıf Künyesi: Yıldız, M. (2024). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Sürdürülebilir Gıda ve Su Güvençesi Üzerine Olumsuz Etkileri ve Alınması Gereken Önlemler. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafi* (S. 73-88) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

KÜRESEL ISINMA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA VE SU GÜVENESİ ÜZERİNE OLUMSUZ ETKİLERİ VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

Dr. Mustafa YILDIZ

İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

Özet

Çalışmamız da küresel ısınmanın olumsuz etkileri ile başlayan gıda ve su güvenesizliği ortaya çıkaran zincirleme reaksiyonun oluşma sebepleri ve sonuçlarının sürdürülebilir gıda ve su güvenliği üzerindeki etkileri kapsamlı bir literatür taraması ile ele alınmıştır. Tüm gıda ve su sistemini tehdit eden bu sürecin insanlığın geleceğinde yaratacağı olası etkiler irdelenmiştir. Doğal kaynakların aşırı tüketimi ve fosil yakıt kullanımının hızla devam etmesi durumunda küresel ısınma ve sonuçlarının günlük yaşamımızı artan bir şekilde olumsuz olarak etkileye devam edecektir. Küresel ısınma gıda ve su güvenesi üzerine etkileri yanında insanlığı tehdit edecek tedavisi zor yeni bakteriyel ve viral hastalıkların ortaya çıkmasına neden olacaktır. İnsanlık yeni pandemilerle karşılaşacaktır. Doğal dengenin sağlanmasında önemli bir yeri olan kutup buzullarının erimesi birçok tarımsal alanın ve yerleşim yerlerinin sular altında kalmasına neden olacaktır. Küresel ölçekte göçlerin olması ve dünya barışının bozulması küresel ısınmanın olası sonuçları olarak sıralanabilir. Bu sürecin durdurulması ve sürdürülebilir bir gelecek için güvence sağlanmasında alınması gereken küresel ve yerel önlemler açıklanmıştır. İnsanlığın geleceğini direkt olarak etkileyen ve etkileyecek olan bu sürecin oluşturacağı risk ve tehditler bilimsel bir çerçevede değerlendirilerek, küresel geleceğimizi yönetmek, gelecek nesiller için yaşanabilir bir dünya, sürdürülebilir gıda ve su güvenesi sağlamak için farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler

Küresel Isınma, İklim Değişikliği, Gıda ve Su Güvenesi

NEGATIVE EFFECTS OF GLOBAL WARMING AND CLIMATE CHANGE ON SUSTAINABLE FOOD AND WATER SECURITY AND PRECAUTIONS TO BE TAKEN

Dr. Mustafa YILDIZ

Istanbul Sabahattin Zaim University

Abstract

In this study, the reasons and consequences of the chain reaction that started with the negative effects of global warming and resulted in food and water insecurity, and its effects on sustainable food and water security were discussed with a comprehensive literature review. The possible effects of this process, which threatens the entire food and water system, on the future of humanity were examined. If the excessive consumption of natural resources and the use of fossil fuels continue rapidly, global warming and its consequences will continue to increasingly negatively affect our daily lives. In addition to the effects of global warming on food and water security, it is possible that new bacteria and viral diseases that are difficult to treat and will threaten humanity may emerge. Humanity may encounter new pandemics. The melting of polar ice caps, which play an important role in ensuring the natural balance, may cause many agricultural areas and settlements to be flooded. Global migrations can also be listed as possible consequences of global warming. Attention is drawn to the local and global measures that need to be taken to stop this process and provide assurance for a sustainable future. The risks that this process will create, which will affect the future of humanity, will be evaluated within a scientific framework, and it is aimed to raise awareness to manage our global future and to ensure a livable world, sustainable food and water security for future generations.

Keywords

Global Warming, Climatic Change, Food and Water Security

Giriş

Gıda, insanın günlük yaşamını sürdürebilmesi için vazgeçilmez ve ertelenemez en önemli ihtiyaçlarından biridir. İnsanlığın var oluşundan beri gıda ihtiyacının karşılanması her zaman birinci öncelik olmuştur. İlk dönem insanlık gıda ihtiyaçlarını avcılık ve toplayıcılık yaparak karşılamışlardır. Bu yaşam biçimi tarımın keşfedilmesine kadar sürmüştür. Tarımın keşfedilmesi ile birlikte insanlığın sosyo-ekonomik ve kültürel yaşamda büyük bir değişim ve gelişim meydana gelmiştir. Bu nedenle tarımın keşfedilmesi insanlık tarihinde en büyük dönüşümlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu gelişim ve değişim süreci büyük bir hızda günümüzde de farklı fazlarda devam etmektedir. Bu süreç 'de insanlık ihtiyaçlarını karşılamak için yaşadığı çevreyi etkin bir şekilde değiştirme gücüne ulaşmış ve uygarlık kurma ve bir arada yaşama kültürünü geliştirmiştir. Bu nedenle gıda insanlık tarihi boyunca sadece bir ihtiyacın karşılanmasının ötesinde kültür ve medeniyet kavramları ile iç içe olan sosyal bir olgu olarak kabul edilmektedir.

21. yy ilk çeyreğini tamamlamak üzere olduğumuz bu süreç de insanlık her alanda yaşadığı gelişmişlik düzeyine rağmen gıdaya erişim, yoksulluk, gıda güvenliği ve beslenme gibi temel sorunları çözememiştir. Aksine insanlık bugün yaşanan ve gelecekte çok daha şiddetli şekilde yaşanacağı öngörülen gıda ve su güvencesi ve güvenliği sorununun birinci derece sorumlusu durumundadır. Bu nedenle günümüzde gıda - temiz su güvencesi ve güvenliği en büyük küresel sorun olarak dünya gündeminde birinci sırada yer almaktadır (Demirtaş ve Rozelin, 2020). FAO (Dünya Gıda ve Tarım Örgütü)' verilerine göre 820 milyondan fazla insanın günlük ihtiyacı olan gıdaya erişemediği belirtilmektedir. Ayrıca dünyada orta derecede gıda güvensizliğinden etkilenen ve açlık çeken insanlar hesaplandığında, yaklaşık 2 milyarın üzerinde insanın güvenilir, besleyici ve yeterli düzeyde günlük gıdaya düzenli bir şekilde erişiminin olmadığı tahmin edilmektedir (Tataroğlu, 2017; Anon, 2018). Yapılan tahminlere göre 2050 yılında dünya nüfusunun 10 milyar'a ulaşması beklenirken artan dünya nüfusunun gıda güvencesinin sağlanması için dünya gıda üretiminin yüzde 60 oranında artması gerektiğine dikkat çekiliyor. (Siqueira ve ark., 2001). Dünya nüfusunun artması ve tarımsal üretimde meydana gelecek azalma gıda güvenliği konusunda insanlığı zor bir sürecin beklediğini göstermektedir. Bununla birlikte nüfus ve gelir düzeylerinde meydana gelecek artışlar, tüketim alışkanlıklarındaki değişikliklerle birleştğinde, gelecek yıllarda gıda ve suya olan talebi artıracaktır (Öztürk ve ark., 2022).

Küresel Isınma ve Nedenleri

İnsan -Doğa ilişkisi incelendiğinde ortaya çıkan tüm ekolojik sorunların temelinde doğal kaynakların insan tarafından aşırı tüketimi sonucu sürdürülebilir doğal dengesinin bozulması gerçeği yatmaktadır. Bununla birlikte yoğun bir şekilde fosil yakıt kullanımı, nüfus artışı, kentleşme, tarım alanlarının başka amaçlar için kullanılması gibi faktörlerde bu süreci hızlandırmaktadır. Özellikle 20 yüzyılın ikinci yarısından itibaren bu faktörlere bağlı olarak sera gazlarının (Kloroflorokarbonlar (CFC'ler), su buharı, CO₂, CH₄, NO₂) atmosferde aşırı birikmesi dünyanın sıcaklığının yükselmesine neden olmaktadır. (Ethem ve Özçağ 2004; Türkeş, 2007; Erdoğan ve ark., 2008; Yıldız, 2014a).

Sera gazları, güneşten gelen radyasyonun yansımısını önlemesi ve ısıyı soğurması sonucu dünya üzerinde sıcak bir örtü oluşturması ile dünyanın aşırı ısınmasına yol açmaktadır. Bunun sonucunda dünyadaki yaşamın sürdüğü ekosistemlerin bütüncül yapısını tehdit eden, bitki ve hayvan türlerinin yok olmasına neden olan, insan yaşamını etkileyen aşırı sıcaklık, yangın, susuzluk, kuraklık gibi diğer meteorolojik afetlerin artmasına neden olan bir olgudur (Özmen, 2009). Küresel ısınma olarak tanımlanan bu olgu, karada ve suda yaşayan tüm canlı yaşam döngüsünü tehdit eden zincirleme reaksiyonun başlangıcını oluşturmaktadır. Bu zincirleme reaksiyonun sonunda gıda ve su güvencesizliği ortaya çıkmaktadır.

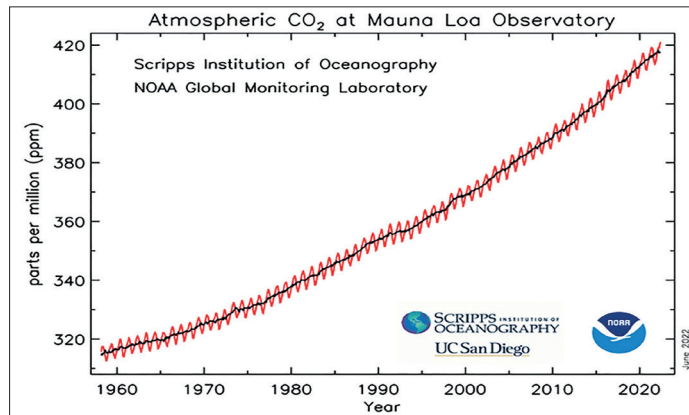
Küresel Isınma → İklim Değişikliği → Gıda ve Su güvencesizliği

Küresel ısınmaya bağlı olarak, meydana gelen aşırı yağışlar ve hava olayları gibi diğer parametrelerinin uzun süre değişmesi de “iklim değişikliği” olarak ifade edilmektedir (Doğan, 2005; Yıldız, 2014a). Yapılan çalışmalarda atmosferde yıllar içerisinde biriken CO₂ konsantrasyonu ile dünyanın sıcaklık artışı arasında doğrusal bir korelasyonun olduğu tespit edilmiştir (Tıraşçı ve Erdoğan, 2021). Karbondioksit molekülleri güneş den gelen ışınlar ile etkileşime girmezler. Ancak bu ışınların dünya ile etkileşip kızılötesi ışınlar olarak geri yansıdığına CO₂ ve diğer sera gazları ile etkileşime girerler. Bu etkileşimi belirleyen parametreler, kızılötesi ışınların dalga boyu, molekülün geometrisi ve kompozisyonudur. CO₂ ve CH₄ molekülleri diğer sera gazlarına göre geometrik yapıları (3 atomdan oluşmuştur) farklı olduğu için daha geniş bir dalga boyu aralığında güneş ışınlarını soğurma kabiliyetleri vardır. Bu ışınların en önemlilerinden biri de kızıl ötesi ışınlardır. Oksijen ve azot, atmosfere de kızılötesi ışınları ile etkileşmez.

Son 50 yılda atmosferde biriken CO₂ gazı miktarı hızla artmış buna bağlı olarak da dünyanın sıcaklığında artma meydana gelmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2 de görüleceği gibi CO₂ artışın paralel olarak dünyanın sıcaklığında aynı dönemde artma meydana gelmiştir. Atmosferde insan aktivitesi sonucu biriken CO₂ ve buna bağlı olarak küresel ısınmaya etkinin sektörlere göre dağılımı değerlendirildiğinde enerji sektörü % 49 ile ilk sıra yer alırken sırasıyla sanayi üretimi %24, ormansızlaşma %14, tarımsal üretim %13 olduğu görülmektedir (Özmen, 2009). Atmosferdeki karbondioksit oranı 1880 yılından bu güne yüzde 43 artarak rekor seviyeye ulaştı. İnsan faaliyetleri, fosil yakıtların aşırı kullanımı, üretim ile tüketimin artması, atmosferdeki sera gazı oranını artırmaya devam ediyor (Toros, 2021).

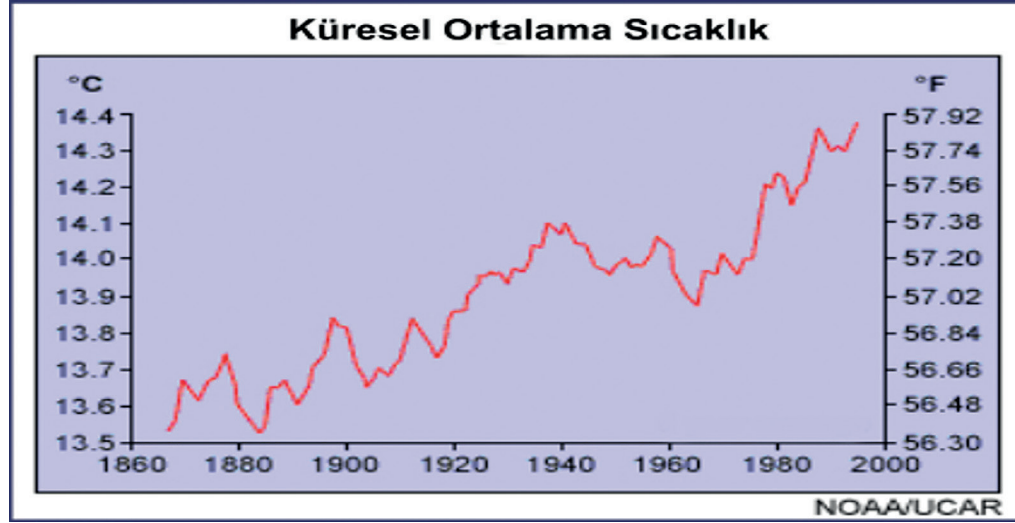
Şekil 1

Yıllara göre atmosferde biriken sera gazı konsantrasyonu (Aytekin, 2022)

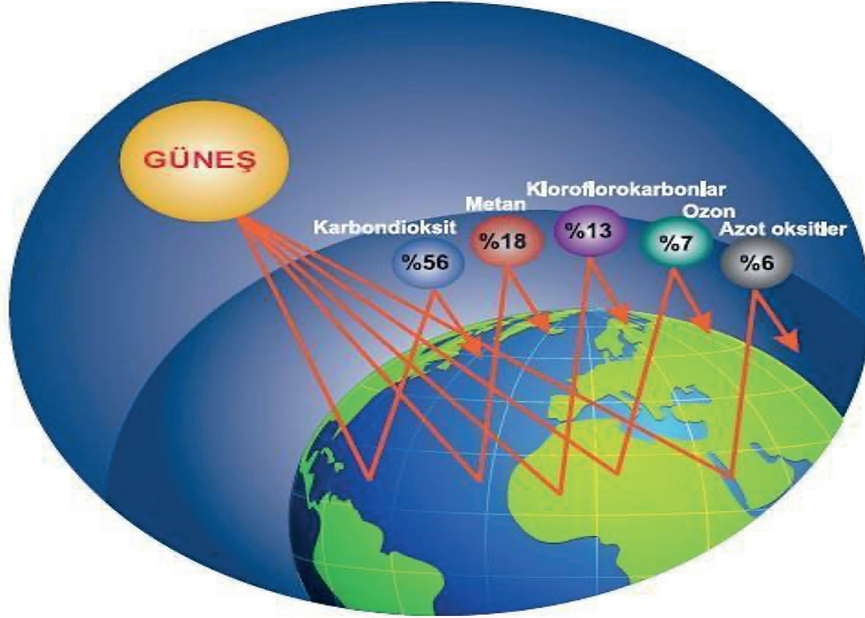


Şekil 2

Dünyada yıllara göre sıcaklık artışı (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)



Küresel ısınma olgusu, milyonlarca yıldan beri dünyada görülen iklimsel değişim olaylarından farklı özellikler göstermektedir. Her şeyden önce bu olgu doğanın doğal döngüsü içerisinde gerçekleşen bir olay değildir. Tamamen insan aktivitesi sonucu meydana gelen ve birbirini etkileyerek şiddetini artıran olaylar zincirleme reaksiyonlardır (Kadıoğlu, 2001; Yıldız, 2014a; Anon, 2021b). Bu zincirleme reaksiyonlar sonunda ciddi bir gıda ve su güvencesizliği ortaya çıkarmaktadır. Bun nedenle Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) sürdürülebilir gıda ve su güvencesini sağlamak için küresel ısınmayı kısa vadede azaltmak ve uzun vadede durdurmak için küresel ölçekte kararlar alınmaktadır. Bu kapsamda alınan kararlar; 2030 yılında sera gazı emisyonunu % 45 azaltılması ve 2050 yılında sıfır emisyon hedefi konulmuştur. Buna bağlı olarak dünya sıcaklık artışının kritik eşik olarak 2030 yılına kadar 1,5 0C derecenin aşılmaması hedefi konulmuştur (IPCC, 2018). Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin ekonomik boyutu üzerinde yapılan çalışmalarda önlemler alınmadığı takdirde 2025 yılına kadar küresel ölçekte yıllık 1,7 trilyon dolar zarar oluşturacağı, 2075 yılına kadar ekonomik kayıpların yaklaşık 30 trilyon dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle küresel ısınma ve iklim değişikliği ile etkili bir mücadele edilmesi gerektiği bu yönde yapılacak çalışmaların maliyetinin küresel ısınmanın meydana getireceği ekonomik kayıplarından çok daha düşük olacağı belirtilmektedir (IPCC, 2021). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) son raporunda: 52 ülkeden 103 gönüllü uzmanın iki yıllık çalışmayla ortaya koyduğu çalışmaya göre: Küresel ısınma kritik eşik olarak belirlenen 1,5 0C dereceyi geçmeye her zamankinden daha yakın olması ve en iyi senaryoda dahi önümüzdeki on yılda bu eşiğin aşılabacağı düşünülmektedir. Bu eşiğin aşılması durumunda küresel gıda sistemi büyük ölçüde tehdit altında kalacağı belirtilmektedir (Öztürk, 2016; Ezeroğlu, 2021).

Şekil 3*Küresel Isınmanın Oluşum Mekanizması (Ozkul, 2021)**Sera etkisi oluşturan gazlar ve etki yüzdeleri*

Küresel ortalama yüzey (kara ve okyanus) sıcaklığı verileri, 1901-2012 döneminde yaklaşık 0.9°C'lik bir artış göstermiştir. Bu dönem boyunca yerkürenin hemen hemen tüm yüzeyi ısınmıştır (Anon, 2013). Bu süre içerisinde dünyanın değişik bölgelerinde ekstrem sıcaklıklarda yaygın ölçüde değişiklikler olduğu belirtilmiştir. Bu konuda yapılan modelleme çalışmalarında sera gazı salınımının bugünkü şeklinde devam etmesi durumunda küresel ısınmanın artacağı buna bağlı olarak iklim değişikliğinin çok daha yaygın olarak ortaya çıkacağı ve dünyanın birçok bölgesini etkileyeceği ön görülmektedir (Anon, 2021b). Küresel ortalama sıcaklıktaki her bir derece artışın, küresel ortalama arazi verimlerini buğdayda % 6, mısırdan %7,4, pirinçte %3,2 ve soya fasulyesinde %3 azaltacağı tahmin edilmektedir. Yapılan simülasyon çalışmalarına göre 3°C'lik sıcaklık artışı için %25-50 seviyesinde verim kaybı olacağı tahmin edilmektedir (Anon, 2014). Küresel ısınma ve devamında ortaya çıkan iklim değişikliği tarımsal, hayvansal ve su ürünleri dahil tüm gıda üretim zincirini olumsuz etkilemektedir. Artan sıcaklık derecesine bağlı olarak denizlerde karbondioksit konsantrasyonunda meydana gelen artış denizlerin daha asidik hale gelmesine neden olmakta, bu durum da denizlerdeki birçok canlı türünün yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına neden olacaktır (Korkmaz, 2007; Doğan ve ark., 2010; Tataroğlu, 2017). Ayrıca sıcaklıklardaki artış hidrolojik döngüyle beraber yağışların mevsimsel dağılımında ve şiddetinde değişikliklere neden olması sonucu su kaynaklarını ve su kalitesini de olumsuz etkileyeceği belirtilmiştir (Doğan ve ark., 2010; Stagl ve ark., 2014; Demirtaş ve Rozelin 2020). Küresel ısınma dünya ekosistemi üzerinde olası olumsuz etkileri şu şekilde sıralanmaktadır (Özmen, 2009; Öztürk, 2016; Anon, 2021b; Reyhan ve Reyhan 2016; Türker, 2020; Doğan ve ark., 2010; Demir, 2009):

- İklim değişikliği
- Kuraklık ve çölleşme
- Buzulların erimesi ve deniz suyu seviyelerinin yükselmesi
- Deniz suyu sıcaklığının artmasına bağlı olarak su ürünlerinde azalmaların olması.
- Buharlaşmanın artması sonucu dünya atmosferinin nem oranının da artış.
- Yağış rejiminin değişmesi ile seller, su baskınları ve toprak kaymaları gibi doğal afetlerin artması,
- İçme ve kullanılabilir temiz su yetersizliğinin ortaya çıkması ile buna bağlı oluşacak hijyen – sanitasyon sorunu ve salgın hastalıklarda artış.
- Sıcaklık ve nem artışına bağlı olarak mutasyona uğramış bakteri, virüs gibi mikroorganizmaların neden olacağı tedavisi zor hastalıkların meydana gelmesi.
- Daha sık yaşanacak ekstrem sıcaklıkların başta insan olmak üzere tüm canlı yaşamını olumsuz etkilemesi.
- Kuzey- güney arasındaki ekonomik gelişmişlik farkının artması.
- Canlı Fizyoloji ve davranışları üzerine olumsuz etkilerinin olması.
- İklim değişikliği ile göçlerinin ortaya çıkması ve sosyo-ekonomik sorunlar ve dünya barışının tehlikeye düşmesi gibi büyük sorunların ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Küresel Isınma – İklim değişikliği ve Gıda – Su Güvencesi

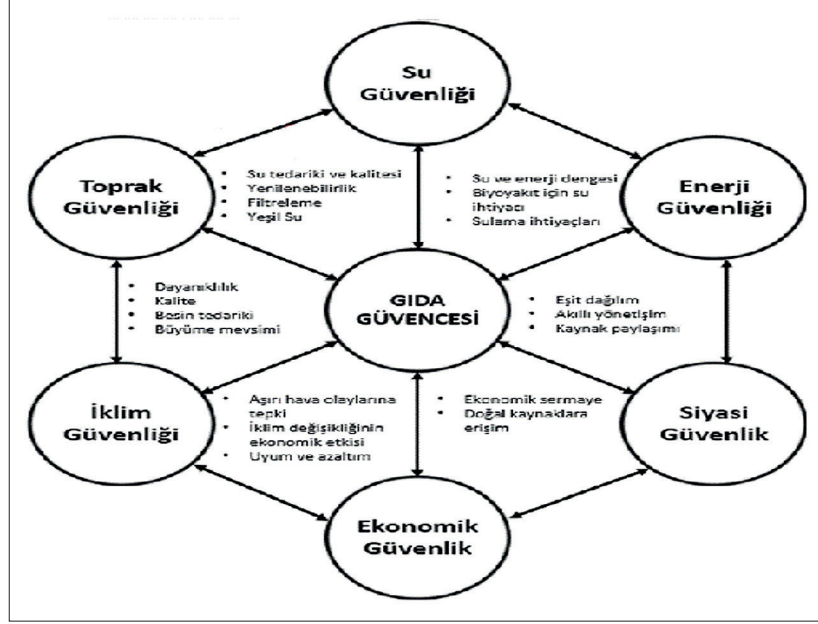
Küresel ısınma ve iklim değişikliği su kaynakları üzerinde de ciddi olumsuz etkiler yapmaktadır. Bu olumsuzluklar içilebilir suların azalmasına, kirlenmesine ve zaman içerisinde kullanılamayacak duruma gelmesi şeklinde ifade edilebilir. Gelecekte artan nüfusun su ve gıda ihtiyacını karşılanmasında çok ciddi sorunların oluşacağı öngörülmektedir. Ayrıca gıda üretiminin en önemli girdisinin su olduğu dikkate alındığında su ve gıda güvencesi arasındaki yakın ilişki daha net olarak anlaşılabılır. Bununla birlikte bir canlının günlük su ihtiyacı dikkate alındığında su güvencesinin olması hayati önemde bir konudur. Dünya yüzeyinde 1,4 milyar m³'lük su rezervinin sadece %1 kullanıma uygun tatlı su kaynağı niteliğindedir. Halen dünyada su tüketiminin %70 tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Bu gıda güvencesinde ve güvenliğinde suyun ne kadar kritik öneme sahip olduğunun göstermektedir (Yılmaz, 2015). Küresel ısınma ve iklim değişikliğindeki hızlı artışların meydana gelmesi bitkisel, hayvansal ve diğer canlıların adaptasyon sürecine fırsat vermeyecek hızda gelişmesi sonucu tüm gıda üretimi zincirini olumsuz etkilemektedir (Doğan ve Tüzer, 2011; Yıldız, 2014b).

Son yıllarda gıda güvencesi farklı güvenlik kavramları ile birlikte ele alınmaktadır. Bu kavramların gıda güvencesi ile olan ilişkisi aşağıdaki Şekil 4.'te görülmektedir (Yıldız ve Arslan, 2018). Gelecekte gıda ve su güvencesinin değerlendirilmesinde küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramların dışında diğer kavramların da çok tartışılacağı bir döneme doğru gidilmektedir.

Günümüzün en önemli sorunlarının başında gelen gıda ve su güvencesi ülkelere göre değişiklik göstermekle beraber farklı şiddette günlük yaşamımız içerisinde hayatımızın bir parçası olmaya devam etmektedir. FAO tarafından 2014, 2015 ve 2016 yıllarında yaklaşık 150 ülkede toplanan veriler, dünyadaki on kişiden yaklaşık birinin (% 9,3) güçlü bir gıda güvencesinden yoksun yaşadığını bunun 690 milyon kişiye denk geldiğini ortaya koymaktadır (Yıldız, 2014a; Koca ve Somuncu, 2021; Ezeroğlu, 2021).

Şekil 4

Gıda Güvencesi ve Diğer Güvenlik Parametreleri Arasındaki İlişki (Yıldız ve Arslan, 2018)



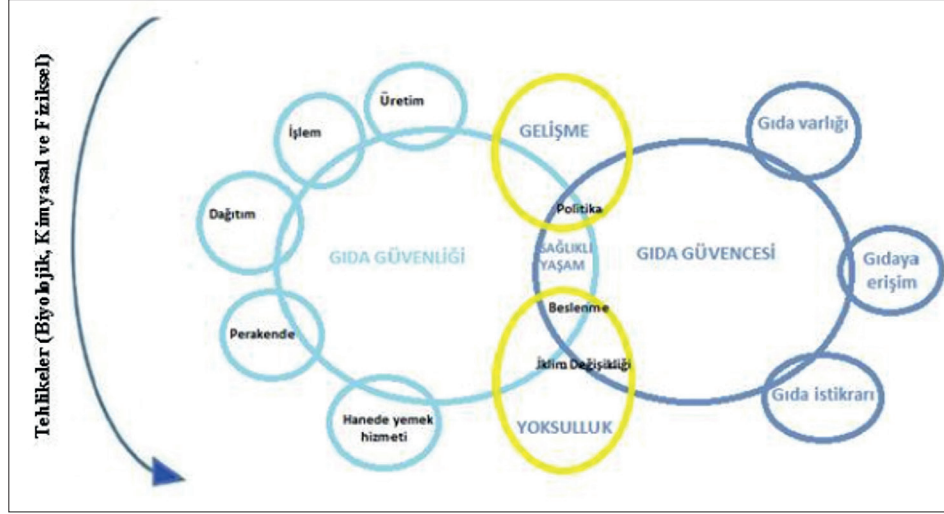
Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), **Gıda güvencesi (Food Security)**: Tüm insanların her zaman aktif ve sağlıklı bir yaşam için gerekli olan besin ihtiyaçlarını ve gıda önceliklerini karşılayabilmek amacıyla yeterli, sağlıklı, güvenilir ve besleyici gıdaya fiziksel ve ekonomik bakımdan sürdürülebilir bir şekilde erişmek olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca bunun bir evrensel insan hakkı olduğunu belirtilmektedir. Buna göre gıda güvencesinin sağlanabilmesi dört ana başlık altında toplanmıştır. Bunlardan birinin olmaması durumunda gıda güvencesinden bahsedilmesi mümkün olmamaktadır.

1. **Bulunabilirlik:** Yeterli miktarda uygun kaliteli gıdanın yerel üretim veya ithalat ile mevcut olması.
2. **Erişilebilirlik:** Bireylerin besleyici gıdaya ulaşılabilmesi için yeterli satın alma gücüne sahip olunması.
3. **Yararlanma:** Yeterli beslenme, temiz su, hijyen ve sağlık hizmetleri ile tüm fizyolojik ihtiyaçların karşılandığı sağlıklı beslenme durumudur
4. **Sürdürülebilirlik (İstikrar):** Gıda güvencesinin olması için nüfus, hane veya bireyin her zaman yeterli miktarda gıdaya ulaşabilmesi durumu olarak tanımlanmaktadır (Anon, 2020).

Gıda Güvenliği (Food Safety): Gıda'nın tarladan sofraya gelene kadar geçireceği tüm evrelerde (hasat, işleme, taşıma, depolama, dağıtım ve hazırlık) fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak insan sağlığına zarar verebilecek her türlü tehlikenin önlenmesi için alınan tedbirlerin tümünü ifade etmektedir. Şekil 5 de görüleceği gibi gıda güvencesi kavramı gıdanın varlığını, gıda güvenliği kavramı ise var olan gıdanın tüketiciye ulaşana kadar geçirdiği süreçte güvenliğini sağlama esasını oluşturmaktadır.

Şekil 5

Gıda Güvenliği ve Gıda Güvençesi Arasındaki İlişki (Yıldız ve Arslan, 2018).



Küresel Isınmaya Karşı Alınması Gereken Önlemler

Küresel sıcaklığın artması ile tarımsal üretimde kuraklığın daha fazla hissedileceği bir döneme girilmektedir. Bu nedenle su, orman, toprak gibi kaynaklarının korunması ve yeni bir modelle yönetilmesi gelecek için önem taşımaktadır. Sürdürülebilir gıda ve su güvenliğinin sağlanması için sera gazı etkisini azaltacak önlemlerin kurumsal olarak dünya ölçeğinde alınarak dünya gıda arz güvenliğinin sağlanması gerekir. Gıdanın sürdürülebilirliği, tarımın devamlılığına bağlı bir sürece dayanmaktadır. Bu durumda sürdürülebilir tarım için uzun dönemde doğal kaynakların korunmasının yanı sıra çevreye zarar vermeyen yeni tarım teknolojilerin kullanıldığı bir tarımsal yapının oluşturulması gerekir. Sürdürülebilir tarımsal üretim içerisinde güvenli gıda üretimi, su, toprak ve çevre gibi kaynakların korunması ile mümkün olacaktır (Akalın, 2014; Eryılmaz ve Kılıç, 2018; Karaali, 2018). Bunun için kısa, orta ve uzun vade de küresel düzeyde ve ülke düzeyinde alınması gereken önlemler şöyle sıralanmaktadır (Akalın, 2014; Eryılmaz ve Kılıç, 2018; İclal, 2019; Karapınar ve ark., 2020).

- Ulusal ve uluslararası gıda üretim sistemi küresel ısınmayı etkilemeyecek şekilde dönüştürülmelidir.
- Gıda sanayiinde lineer ekonomiden döngüsel ekonomiye dönüştürülecek şekilde hazırlanmalıdır.
- Toprak ve su gibi sınırlı kaynaklar korunmalı ve tarımsal alanların tarım dışı kullanımı önlenmelidir.
- Alternatif enerji kaynakları geliştirilerek fosil yakıtların kullanımı azaltılmalıdır.
- Tüm iş süreçleri gözden geçirilerek daha verimli ve etkin kullanım sağlayacak, çevreyi olumsuz etkileyen faktörleri en aza indireyecek önlemler uygulamaya konulmalıdır.
- Kurumsal ve bireysel olarak herkesin duyarlı olmasını sağlayacak eğitim programları uygulamaya konulmalı, insanoğlunun dünyaya bakış açısı değiştirilmelidir.
- Bitkisel üretimlerin gıda dışında kullanılması önlenmelidir.

- Tarladan -sofraya gıda zincirinde kayıpları minimize edecek yeni modeller geliştirilmelidir.
- Kuraklığa dayanıklı yeni bitkisel gıda kaynakları geliştirilmeli, sanayileşme sürdürülebilir gıda güvenliğini tehdit eden bir yapıdan destekleyecek ve çeşitlendirecek bir yapıya dönüştürülmelidir.
- Doğal dengenin korunması, yeşil alanların artırılması, doğal kaynakların korunması tarım ve hayvancılık politikalarının iyileştirilerek kentlere göçün azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi konular geçici önlemlerden öte yaşam tarzı haline getirilmelidir.
- Gıda arz güvenliğinin sağlanması için ürün çeşitlendirmesi, entegre tarım-su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarına daha fazla yatırım yapılmalıdır.
- Su yönetimi ve tarımsal üretimde su kullanma teknolojileri iyileştirilmelidir.
- Entegre su kaynakları yönetimi gibi ekosistem tabanlı yaklaşımlar önlem stratejilerine dahil edilmelidir.
- Toprak ve su kaynakları ürün çeşitliliğine göre planlanmalıdır.
- Sürdürülebilir bir çevre ve gıda – su güvencesini destekleyecek yapı zeka ve nanoteknolojik uygulamalar devreye alınmalıdır.
- Doğa temelli onarıcı tarım, organik tarım ve diğer doğa-dostu tarımsal üretim yöntemleri devreye alınmalıdır.
- Topraksız tarım uygulamaları ürün bazında başlatılmalıdır.
- Dikey tarım (Sky Green) üretim çalışmaları başlatılmalıdır
- Su ihtiyacı az olan ve yüksek sıcaklığa dayanıklı tohum ıslah çalışmaları yapılmalıdır.

Sonuç

Doğal kaynakların kullanımı ve tüketimi, yenilenme hızından çok daha hızlı bir şekilde harcanması durumunda insanlık adına hiçbir şeyin sürdürülebilir olmasından bahsetmemiz mümkün değildir. Küresel ısınmanın ve sonuçlarının önlenmesi ve sınırlı kaynakların daha verimli kullanılması, tüm tarım ve gıda sistemlerinin kendini dönüştürmesi kaynak açısından daha verimli hale gelmesi için çevresel etkilerin kesintisiz bir şekilde olumlu yönde geliştirilmesi gereklidir. Bu nedenle sürdürülebilir gıda sistemleri; toplum ve gelecek nesiller için gıda- su güvencesi ve gıda güvenliği sağlarken, doğal kaynakları koruyup zenginleştiren, ekonomik ve toplumsal refahı teşvik eden gıda sistemleri geliştirilmelidir. Sürdürülebilir tarımsal üretim ve gıda güvencesi, yeterli gıda üretiminin sağlanmasının yanı sıra beslenme değerine sahip güvenilir gıdaya erişimi de kapsayan bir süreçtir. Bunun için toprak, su, tohum, ürün ve üretim yönetimi, tarımsal zararlılarla mücadele, lojistik, gıda kayıpları, beslenme ve tüketim alışkanlıkları dahil konunun tüm bileşenlerinin değerlendirildiği bütünsel bir yaklaşım ile ele alınmalıdır.

Kaynaklar / References

- Anon, (2013). İklim Değişikliğinin Fiziksel Bilim Temeli. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 5. Değerlendirme Raporu. <https://www.wwf.org.tr>.
- Anon, (2018). Küresel Açlık Sorunu çözülebilir mi?. www.dw.com/turkish adresinden 15 Mayıs 2024 tarihinde alınmıştır.
- Anon, (2021a). *FAO Food Price Index*. <http://www.fao.org> adresinden 15 Mayıs 2024 tarihinde alınmıştır.
- Anon, (2021b). Food Security Information (FSIN) Network. Global Report on Food Crises. Joint Analysis for Better Decisions . 2021. Page 2. Global Report, sayfa 307, <https://www.fsinplatform.org/resources>. fsin-secretariat@wfp.org.
- Aytekin, D. (2022). Atmosferdeki karbondioksit oranı rekor kırdı: Sanayi öncesi dönemden yüzde 50 daha fazla arttı. <https://www.yesilist.com> adresinden 15 Mayıs 2024 tarihinde alınmıştır.
- Akalın, M (2014). İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkileri: Bu etkileri gidermeye yönelik uyum ve azaltım stratejileri. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7, 351-377.
- Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 37-54.
- Demirtaş, M. ve Aydın, R. (2020). 21 yüzyıl en büyük Tehdit: Küresel iklim Değişikliği, *Ecological Life Sciences (NWSAELS)*, 15(4), 163-179.
- Doğan, S. (2005). Türkiye'nin Küresel İklim Değişikliğinde Rolü ve Önleyici Küresel Çabaya Katılım Girişimleri, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 6(2), 57-73.
- Doğan, S. ve Tüzer, M. (2011). Küresel İklim Değişikliği ve potansiyel etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 21-34.
- Doğan, S., Özçelik, O., Dolu, Ö. ve Erman, O. (2010). Küresel ısınma ve biyolojik çeşitlilik. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3, 63-87.
- Etem, K ve ÖZÇAĞ, M. (2004). *Sürdürülebilir Kalkınma ve iklim değişikliği: Uygulanabilecek İktisadi araçların analizi*. Kırkızistan- Türkiye Manas Üniversitesi, 1. Maliye Konferansı, Geçiş Ekonomilerinde Mali Politikalar, 11-15 Mayıs.
- Erdoğan, N., Düzgüneş, M. ve Balık, I.(2008). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *E.Ü. Su ürünleri Dergisi* 25(1), 89-94.
- Ezeroğlu, E. B. (2021). Sürdürülebilirlik ve Gıda Güvenliği: Türkiye ve İİT Üye Ülkelerinin Karşılaştırmalı Analizi, No:20.
- Eryılmaz, G. A. ve Kılıç, O. (2018). Türkiye'de Sürdürülebilir Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4), 624-631.
- İclal, A. (2019). Su, Toprak ve İklim Değişikliğinin Güvenli Gıdanın Sürdürülebilirliği Üzerine Etkileri ve Bazı Tespitler. *Rahva Journal of Technical and Social Studies*, 1(1), 13-23.
- IPCC. (2018). Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments. <https://www.ipcc>.
- Kadioğlu, M. (2001). Küresel iklim Değişimi ve Türkiye. <https://eskisakarya.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/3937.pdf>.

- Karaali, A. (2018). Gıda-guvenligi-ve-guvenirligi. <https://aktasdis.com/blog/2018/10/12/artemis-karaali-ile-soylesi>.
- Koca, R ve Somuncu, M. (2021) Gıda Güvencesi Konusunda Türkiye için Bir değerlendirme, *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 8(2), 1-11.
- Korkmaz, K. (2007). Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi, *Alatarım*, 6(2), 43-49.
- Karapınar B., Özertan, G., Tanaka T., An N. ve Turp M. T. (2020). İklim değişikliği etkisi altında tarımsal ürün arzının sürdürülebilirliği. Yayın No: *TÜSİAD- T/2020-03/616*.
- Ozkul, S. (2021). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. DEÜ iklimde Farkındalık Projesi. <https://greencampus.deu.edu.tr>.
- Özmen, T. (2009). Sera Gazı- Küresel ısınma ve Kyoto Protokolü. <https://www.imo.org.tr> adresinden 15 Mayıs, 2024 tarihinde alınmıştır.
- Reyhan, A. ve Reyhan, H. (2016). Küresel ısınmanın nedenleri, sonuçları, çözümleri üzerine yeni değerlendirmeler. *Memleket siyaset yönetim (MSY)*, 11(26), 1-24.
- Sayan, S. (2020). Analysis Food Security Governance in the OIC, *Good Governance for Ensuring Food Security and Nutrition in the OIC Member Countries*. (s. 78).
- Siqueira, O. J. F., Steinmetz, W. S., Salles, L. A. B. ve Fernandes, J. M. (2001). Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura Brasileira e Estratégias Adaptativas Para Algumas Culturas. In: *Mudanças Climáticas Globais E A Agropecuaria Brasileira*, 1., Jaguariuna, Proceedings. *Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente*, (p. 33-64).
- Stagl, J., Mayr, E., Koch, H., Hattermann, F. F. ve Huang, S. (2014). Effects of Climate Change on the Hydrological Cycle in Central and Eastern Europe. S. Rannow ve M. Neubert (Eds.), *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change. Advances in Global Change Research*, 58.
- Tataroğlu, İ. S. (2017). İklim Değişirken Gıda Güvenliği, *Apelasyon*, Nisan, 41.
- Tıraşçı. S. ve Erdoğan. U. (2021). *The Impact of Global Warming on Agriculture. Journal of Agriculture Food, Enviromental and Animal Sciences*, 2(1).
- Toros, H. (2021). Atmosferdeki Karbondioksit miktarı arttı. *Temiz Enerji Haber portalı*. <https://www.temizenerji.org> adresinden Mayıs 2024 tarihinde alınmıştır.
- Türkeş, M. (2020). Türkiye iklim değişikliğinin tarımsal üretim ve gıda güvenliğine etkileri: Bilimsel bir değerlendirme. *Aegean Geographical Journal*, 29(1), 125-149.
- Türkeş, M. (2007). *Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler*. 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK. 11 - 13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul.
- Öztürk, H. B. ve Atay, Ü., Turgut, K. (2022). *9. International Conference On Agriculture, Animal Sciences Andural Development*, (s. 330-358).
- Yıldız, D. ve Arslan. E. (2018). Değişen Güvenlik Paradigmasında Gıda Güvencesinin Artan Önemi. *World Water Diplomacy and Science News*.
- Yıldız, M. (2014a). Küresel Isınma ve Gıda Güvenliği. *BTSO (Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Dergisi)*.
- Yıldız, M. (2014b). Küresel ısınma: Gıda Güvenliğinde Tehdit Unsuru. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 77, 36-36.
- Yılmaz, A. (2015). Küresel ısınma dünya su rezervleri üzerine etkileri. *Kent Akademisi: Kent Kültürü ve Yönetimi Elektronik Dergisi*, 8(2).

Yazar Hakkında / About Author

Dr. Mustafa YILDIZ | İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi
m.yildiz[at]izu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-8232-5655

İlk ve orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı. Lisans eğitimini Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknoloji Bölümünde, Yüksek Lisans İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni Anabilim dalında, Doktora çalışması İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İşleme Teknolojileri Anabilim dalında tamamlamıştır. Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Gıda Enstitüsünde Bitkisel yağlar ve gıda endüstrisinde kullanılan yağlar ve margarinler konusunda araştırma uzmanı olarak çalıştı. Özel sektörde Ar- Ge koordinatörü, Fabrika müdürü, Genel Müdür olarak çikolata, şekerleme, fındık ve fındık ürünleri, süt ve süt ürünleri sektörlerinde çalıştı. Bu sektörlerde ürün geliştirme ve yatırımlar konusu uzmanlık alanıdır. Ulusal ve uluslararası dergilerde yayınlanmış makaleleri vardır. Sempozyum ve kongrelere sunulmuş birçok bildirisi bulunmaktadır. 2013 – 2018 yılları arasında Bursa Sanayi ve Ticaret Odası Gıda Tarım ve Hayvancılık Konsey Başkanlığı yapmıştır. Bu görev kapsamında iki uluslararası kongre düzenleme kurulu başkanlığı yapmıştır. Ayrıca 110 okulda 35000 öğrenci için (İlköğretim okullarında 6,7,8 sınıf) “Güvenilir Gıda Tüketelim İsrafi Önleyelim” temalı eğitim projesini yürütmüştür. 2018 yılından beri İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde Dr. Öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

Dr. Mustafa YILDIZ | İstanbul Sabahattin Zaim University
m.yildiz[at]izu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-8232-5655

He completed his primary and secondary education in Trabzon. He completed his undergraduate education at Uludağ University, Faculty of Agriculture, Department of Food Science and Technology, his master's degree at Istanbul University, Institute of Health Sciences, Department of Food Hygiene, and his doctorate at Istanbul University, Institute of Science, Department of Processing Technologies. He worked as a research specialist on vegetable oils and oils and margarines used in the food industry at Tübitak Marmara Research Centre Food Institute. Also, worked as an R&D coordinator, factory manager, and general manager in the private sector in the chocolate, confectionery, hazelnut and hazelnut products, milk and dairy products sectors. His area of expertise in these sectors is product development and investments. He has articles published in national and international journals. He has many papers presented at symposiums and congresses. He served as the President of the Bursa Chamber of Industry and Commerce, Food, Agriculture and Livestock Council between 2013 and 2018. Within the scope of this duty, served as the president of two international congress organization committees. He also carried out the education project titled “Let's Consume Safe Food and Prevent Waste” for 35,000 students in 110 schools (6th, 7th, and 8th grades in primary schools). He has been working as an assistant professor at the Department of Food Engineering at Istanbul Sabahattin Zaim University since 2018.

**GIDA VE SU İSRAFI'NIN
SOSYOEKONOMİK BOYUTU
- İSLAMÎ PERSPEKTİFTEN BİR ANALİZ -**

**SOCIOECONOMIC DIMENSION OF
FOOD AND WATER WASTE
- AN ANALYSIS FROM ISLAMIC PERSPECTIVE -**

Abdulmuttalip ARPA

Atıf Künyesi: Arpa, A. (2024). Gıda ve Su İsrafı'nın Sosyoekonomik Boyutu (İslamî Perspektiften Bir Analiz). K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafı* (s. 89-104) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

GIDA VE SU İSRAFI'NIN SOSYOEKONOMİK BOYUTU - İSLAMÎ PERSPEKTİFTEN BİR ANALİZ -

Prof. Dr. Abdulmuttalip ARPA
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

Özet

Bu çalışmanın amacı, gıda/su kıtlığını ve israfını sosyoekonomik boyutlar ile ilişkilendirerek incelemek ve israfın engellenmesine dair çeşitli öneriler sunmaktır. Yaşadığımız dünyada bir yanda yetersiz beslenme ve açlık ile mücadelede bulunurken diğer tarafta ise her geçen gün artan gıda ve su israfı söz konusu olmaktadır. Her türlü eylemde aşırılığı ifade eden israf kavramı bireysel ve toplumsal yaşamda hayatı zorlaştıran bir olgudur. Bu nedenle de İslam dini insanları israf noktasında uyarmakta, israfa karşın itidalli ve iktisadî davranmaya teşvik etmektedir. Bu meyanda Kur'ân-ı Kerîm'de pek çok ayette israf kavramı, israf ile eş ve zıt anlamlı kavramlar kullanılarak bireylerin konuya dikkati çekilmektedir. İsfaf; inanç, davranışsal ve üretim-tüketim boyutu gibi birçok alanın içinde kendine yer bulabilmektedir. İsfafın en yaygın yaşandığı alanlardan biri gıda ve su başta olmak üzere üretim ve tüketim noktasıdır. Dünyada herkes için yeterli miktarda gıda üretilmesine rağmen paylaşımında yaşanan sorunlar yüzünden maalesef hala pek çok insanın yeterince gıdaya ulaşımı mümkün olamamaktadır. Bu sorunun önüne geçmenin en önemli adımlarından birisi de israfın engellenmesinden geçmektedir. İsfafın engellenebilmesi için öncelikli olarak israfa neden olan sorunlar tespit edilmelidir. Söz konusu sorunlardan bazıları; yeri dünyevileşme ile doldurulmak istenen inanç boşluğu, pazarlama/reklam destekli tüketim anlayışı ve sosyal medya tarafından fonlanan moda endüstrisi gibi maddeler sayılabilir. Ayrıca israfın önüne geçebilmek için onun yıkıcı etkilerinin farkına varılması da önemli bir adımı oluşturmaktadır. Hülâsa, israfı mücadelede bireysel, toplumsal, ulusal ve küresel çalışmaların birlikte, koordineli olarak sürdürülmesi sorunun çözümü için bir hayli önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler

İklim Değişimi, Gıda İsrafı, Su İsrafı, İslamî Yaklaşım, İsfafı Mücadele

SOCIOECONOMIC DIMENSION OF FOOD AND WATER WASTE - AN ANALYSIS FROM ISLAMIC PERSPECTIVE -

Prof. Dr. Abdulmuttalip ARPA
Istanbul Sabahattin Zaim University

Abstract

The aim of this study is to examine food & water scarcity and waste in relation to socioeconomic dimensions. It also tries to offers variou suggestions to prevent waste. In the world we live in; on the one hand, we are struggling with malnutrition and hunger, while on the other hand, there is increasing food and water waste. The concept of waste, which expresses excess in all kinds of actions, is a phenomenon that makes life difficult in individual and social life. The religion of Islam, on the other hand, warns people about waste and encourages them to act moderately and economically against the waste. In this sense, in many verses of the Holy Qur'ân, people's attention is drawn to the subject by using the concept of waste and its synonyms and antonyms. Waste; it can find a place in many areas such as belief, behavioral and production-consumption dimensions. One of the areas where waste is most common is the point of production and consumption, especially food and water. Although there is enough food for everyone in the world, unfortunately many people still do not have access to food due to inefficient use and not fair sharing. The most important step to prevent this problem is to prevent waste. In order to prevent waste, the problems that cause waste must first be identified. Some of the identified problems are as follows: The belief gap that is intended to be filled by secularization; advertising-supported consumption; issues like the fashion industry being funded by social media. In addition, to prevent waste, awareness of its destructive effects is another important step. In short, coordinated individual, social, local and global efforts will be effective to combat wastage.

Keywords

Climate Change, Food Waste, Water Waste, Islamic Approach, Fight Against Waste

Giriş

İslam dini aşırılıklara karşı çıkmakta, inananlara ibadetten insani ilişkilere kadar yaşamın her alanında itidal çağrısında bulunmakta, aksi durumlarda bulunanları da uyarma ve cezalandırma yoluna gitmektedir. (Akalin, 2013, X/53; Akalin, 2016, s. 21, 57) Toplumsal yaşamda sosyal adalet ve yardımlaşmanın önüne geçen engellerden biri olan israf konusunda da inananlara yol göstermektedir. Bu minvalde belirlenen bazı ilkeler israfın yol açabileceği yıkıcı etkilerin önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır. İsrafın her türlü özelliği de gıda israfı, İslam ekonomisi için büyük bir endişe kaynağı olmaktadır. Çünkü İslam, kaynakları verimli kullanmayı, toplumu dengeli ve adaletli şekilde imar etmeyi ve de bireyler arası yardımlaşmayı vurgulamaktadır. Bu itibarla bakıldığında israfın İslam ekonomisinin temel prensipleri ile uyumsuz olduğu görülmektedir. Kur'an-ı Kerim'de bu meyanda pek çok ayette farklı kavram ve uygulamalarla çeşitli alanlarda israfa dikkat çekilmektedir.

Günümüz dünyasında bireyler yalnızca fizyolojik ihtiyaçlarını gidermek amacıyla değil isteklerinin onu yönlendirdiği yapay ihtiyaçlarını da gidermek için tüketimde bulunmaktadır. Tüketen bireydeki bilgi eksikliği, tüketim toplumun bireyi maruz bıraktığı aşırı tüketme talebi, gösterişçi tüketim stilleri gibi etmenler ile bireyler daha büyük oranlarda tüketime yönlendirilmekte ve bu nedenle de israfa neden olunmaktadır. İsraf, sebebiyet verdiği neticeleri açısından yalnızca bireysel etkileri bulunan bir alan değildir. Toplumun ve kültürlerin değerlerini sarstığı gibi ekonomik ve ekolojik dengelere de zarar vermektedir. Bu nedenle de İslam, birtakım buyrukları üzerinden konuyla ilgili ciddi uyarılarda bulunmakta ve çözüm önerileri sunmaktadır. İslam'ın çözüm önerileri dikkate alınarak israf sorunun önüne geçilmesiyle hem bireylerde bulunan bencillik, açgözlülük ve hırs gibi kötü ahlaki özellikler izale edilmekte hem de toplumsal adalet, yardımlaşma ve dayanışma oluşturularak bunların sürdürülmesi sağlanmaktadır.

İsraf Kavramı ve Çeşitleri

İsraf Kavramı

Sözlükte “gaflet, haddi aşma, cehalet ve hata” gibi manaları bulunan ve Arapça “serafe” kökünden türeyen israf (Kallek, 2001, s. 23/178) kavramı genellikle harcama/infak anlamında yaygınlık kazansa da özünde insanın her tür davranışındaki sınırı aşmayı ifade etmektedir (İsfahani, 2010, s. 493). Nitekim Türk Dil Kurumu'na (TDK) göre israf, “gereksiz yere para, zaman, emek vb. şeylerini harcama, savurganlık” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2024).

Ayette “Onlar, harcadıklarında ne israf ne de cimrilik edenlerdir. Onların harcamaları, bu ikisi arası dengeli bir harcamadır” (Kur'an 25/67) buyrulduğu üzere israf iki sivrili bulunan bir kavramdır. Bu bağlamda israftan arındırılan kazanç ve harcama helal çizgileri içinde yapılmakta, her ikisinde de Allah rızasının gözetildiği görülmektedir.

İsraf pek çok alanın içerisinde kendine yer bulan ve insanlar için sınırlar çizen bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple Kur'an-ı Kerim'de gerek kullanım şekli gerekse de kullanım yeri olarak israf ile yakın ve eş anlamlı bazı kavramları bulmak mümkündür. Haddi aşmak anlamında adv ve itida kavramı (Kur'an 2/90, 178, 194, 229-231, 5/77-78, 94, 106-107, 7/55, 9/10), aşırıya gitmek anlamında tuğyân kavramı (Kur'an 20/81), sınır tanımamak anlamında bağy kavramı

(Kur'an 49/9), bunlarla birlikte yine ifrat, tefrit (Kur'an 6/31, 18/28, 16/62), fesad (Kur'an 26/151-152), zulüm (Kur'an 2/51, 140, 114, 165, 229-230, 3/17, 7/162, 46/10), guluv (Kur'an 4/171), isyan, aseyân ve isyiyyen (Kur'an 2/60, 7/74, 11/85, 26/183, 29/36), tebzîr (Kur'an 17/26) gibi kavramlar da israfın barındığı sınır tanımamazlıkla eş anlamlı kullanılmıştır (Karaarslan, 2013, s. 10). İsrâf hangi alanda varlık gösterirse gösterebilir ana manası aşırılık ve haddi aşmadır. Bu nedenle de burada eş anlamlı olarak sayılan kavramlar aynı israf gibi aşırılığı ifade eden kavramlardır.

İsrâf kavramının zıttı denildiğinde daha çok itidal, orta yol, adalet ve ölçülülük gibi kavramlar söz konusu olabilmektedir. Kur'an-ı Kerim'de israf karşısı olarak kullanılan adl (Kur'an 2/282, 4/3, 5/95, 45/9, 65/2), kıst (Çağrı, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi "Kıst", 2022, s. 25/502), vasat (Kur'an 2/143), istikamet (Kur'an 11/112), hakk (Kur'an 7/89), hudûd, vezn/mizan (Kur'an 55/7) ve rüşd (Kur'an 2/256) kelimeleri de bu manaları karşılayacak niteliktedir (Karaarslan, 2013, s. 22).

Kur'an-ı Kerim, insanlara hem bu dünyada hem de ahirette yol gösterici bir hidayet rehberidir. Dünya yaşamının eğlencesine aldanmamayı, Allah rızasını kazanmayı, kötülüklerden korunarak iyiliği kazanmayı öğütleyen Kur'an, bireyin harcama ve tüketimi noktasında da sınırlar çizmekte, lüks ve gösterişe sapmadan israfı önlemeye çalışmaktadır. Diğer konularda olduğu gibi harcama konusunda da çizilen hududu aşanlar *müsrif* olarak isimlendirilmekte ve bu kimseler için çeşitli uyarılar gündeme gelmektedir. Bu yönüyle bakıldığında israf, Müslüman bireyin dikkatli davranmasını ve tedbirde bulunmasını gerektiren bir mevzudur.

İsrâf Çeşitleri

Üretim ve Tüketim Sürecinde İsrâf

İnsan ruh ve bedenden oluşan bir varlıktır. Ruhânî yaşamı için çeşitli ihtiyaçları bulunabildiği gibi fizikî yapısının devamı için de yemek ve içmek gibi eylemlerde bulunmaktadır. İslam'ın her konuda ölçüsü olduğu gibi bu konuda da insanlara öğütleri birer ölçüdür. Yiyecek ve içeceklerinde meşru sınır; rızık ziyan etmemek, meşru sınırı aşan ölçüde yememek, haram olan yiyecek ve içecekleri yememek (ölüm tehlikesi gibi mevzularda helal çizgisi genişleyebilmektedir), ölüm pahasına yemek yemeyi reddetmemek ve de helal bir rızık kendisi için haram kılmamak sayılmaktadır. Tüm bu sınırların dışına çıkmak kişiyi iki aşırı uca götüreceği için israf sayılmaktadır (Yeniçeri, 1996, s. 84).

Gıda israfı veya kaybı, insanların tüketimi için üretimi gerçekleştirilen ürünlerin tarladan sofraya yolculuğunda kalite ve miktar yönünden kayba uğraması demektir. Gıda israfı, gıdanın üretilmesi, hasat sonrası harmanlanması ve depolanarak saklanması, işlenmesi, satışı ya da tüketimi esnasında pek çok nedenden dolayı meydana gelebilir. Yapılan araştırmalarda gıda israfının % 56'sının gelişmiş ülkelere geriye kalan % 44'lük kısmın ise geliştirmekte olan ülkelere ait olduğu saptanmıştır. Bu sonucu doğuran en temel gerekçe gelişmiş ülkelerin sahip olduğu gelir artışının neden olduğu tüketimsel artıştır (Dölekoğlu, 2017, s. 179-186). Geliştirmekte olan ülkelerde gıda kayıpları daha çok üretim, saklama, işleme, dağıtım ve pazarlama aşamalarındaki altyapı eksikliğinden, gelişmiş ülkelerde ise perakende ve tüketim aşamalarındaki gıda israfından kaynaklanmaktadır (Türkiye İsrâfı Önleme Vakfı [TİSVA], 2024).

Dünya üzerindeki tüm insanlara yetecek miktarda gıda bulunmasına rağmen halen milyonlarca insanın gıdaya ulaşımı sağlanamamaktadır. Bu sonucu doğuran neden gıda üretiminde artış değil aksine aşırı üretime rağmen yapılan israftır denilebilir. Daha vahim

sonuçlar ile karşılaşmamak için acilen bireysel ve toplumsal tedbirlerin alınması gerekmektedir. Aksi halde israfın neden olabileceği iklim, su, çevre, toprak ve biyoçeşitlilik alanları da risk altına girebilecektir. Yapılan araştırmalara göre dünyada her gün 9 kişiden 1'i aç uyumakta ve 25.000'den fazla çocuk açlık ve yetersiz beslenme yüzünden hayatını kaybetmektedir. Her yıl israf edilen tonlarca gıda, açlık çeken insanların ihtiyacını fazlasıyla karşılayabilir. 2019'dan 2022'ye kadar yetersiz beslenen insan sayısı 150 milyon kadar artmış durumdadır. Günümüzde küresel ölçekte kaybedilen veya israf edilen yiyeceklerin yalnızca dörtte biri kurtarılabilse, dünyadaki 957 milyon aç insan doyurulabilecektir. Gıda kayıpları, sosyal ve ekonomik doğrudan etkileri kadar doğal kaynakların şiddetli biçimde tükenmesine ve olumsuz çevresel etkiye de yol açmaktadır. 2050 yılında yaklaşık olarak beslenecek 10 milyar insanın olacağı hesaplanmaktadır. Bu sebeple, küresel gıda üretiminin artırılması ve adil dağılımının sağlanması konusu, üzerinde uzlaşılan küresel bir meseledir. Bununla birlikte gıda üretiminin artırılması toprağın verimliliği, erozyon, temiz su kaynakları ve biyoçeşitlilik üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir (TİSVA, 2024).

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından hazırlanan 2021 Gıda İsrafı Endeksi Raporuna göre, dünya genelinde her yıl 931 milyon ton gıda israf edilmektedir. Rapora göre, Türkiye'de her yıl 7,7 milyon tondan fazla gıda israf edilirken, Türkiye'de her yıl kişi başına 93 kilogram yiyecek de çöpe atılmaktadır. Bu miktar, küresel çapta perakende satış noktaları, evler ve restoranlarda tüketime hazır gıdanın % 17'sinin doğrudan çöpe gitmesi anlamına gelmektedir. Gıda israfının % 61'i evsel atık olarak israf edilirken, % 26'sı hizmet sektöründe, % 13'ü ise perakende sektöründe ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin dünya genelinde kişi başına en çok gıda israfının yapıldığı 10 ülke arasında 3.sırada yer aldığı görülmektedir (TİSVA, 2024).

Gıda israfına yol açan bireysel sebepler arasında ihtiyaç fazlası satın alma, kötü hazırlama süreci, uygun olmayan muhafaza koşullarında saklama, normal dışına taşan porsiyon fazlalığı, birçok çeşidin aynı anda sunulması sayılabilir. Meselenin toplumsal sebeplerine bakıldığında ise, markalar arası rekabet yarışı, raf ömrü dolmasına rağmen çöpe gidişi önlenemeyen gıda atıkları, gıdanın insan sağlığını tehdit eden katkı maddeleri ile doldurulması gibi nedenler sayılabilir. Bunları önleyebilmek için bireysel ve toplumsal farkındalık ilk adımı oluşturmaktadır. Ayrıca devlet destekli projelerin varlığı da büyük öneme sahiptir. Örneğin tüketim tarihi yaklaşan ürünlerin daha uygun fiyatla ihtiyaç sahiplerine ulaştırılması, eldeki gıda atıklarının gübre ve enerjiye dönüştürülmesi önemli israfı önleme çalışmaları arasında sayılabilir.

Gıda israfında aslan payı ekmeğe ait iken, içecek israfında karşımıza yaşam kaynağı olan su çıkmaktadır. 21.yy'da artan su talebine karşılık dünyanın karşılaştığı küresel ısınma ve yanlış su tüketiminden dolayı kullanılabilir su kaynakları sürekli olarak azalmaktadır. Kişi başına günlük asgari tüketilmesi gereken su miktarı 25 litre iken Türkiye'de günlük tüketim 217 litredir. Türkiye su zengini bir ülke değil iken günlük tüketimin bu kadar fazla olmasının 2050 yılı itibarıyla su krizine sebep olacağı düşünülmektedir (Nas, 2022, s. 29). Kur'an'da, "Ey Âdemoğulları! Her mescitte ziynetinizi takının (güzel ve temiz giyinin). Yiyeceğin için fakat israf etmeyin. Çünkü O, israf edenleri sevmez" (Kur'an 7/31) buyrulurken özellikle yeme ve içmede yapılan israf konusunda Müslümanlar uyarılmaktadır.

Su, ikame edilemeyen, canlılar için en önemli doğal kaynaktır. Özellikle son 20 yıl içinde artan dünya nüfusu ve bunun sonucu artan su talebi, küresel bir su krizini gündeme getirmiştir. Dünya nüfusu 19'uncu yüzyıla oranla beş kat artmasına rağmen su kaynaklarının kullanımının 10 kat arttığı belirlenmiştir.

Zira bir insanın biyolojik ve yaşamsal asgari su tüketimi 25 litredir ancak, çağdaş yaşamın bir günlük ortalama su tüketim standardı 150 litre olarak kabul edilmektedir. Dünya ülkelerinde değişken olan bu miktar, Türkiye’de kişi başına günlük 217 litredir. Dünya Doğal Kaynaklar Enstitüsü’nün (WRI) su kıtlığına dair hazırladığı rapora göre, 2040 yılına kadar su stresi yaşanması beklenen bölgeler üzerine araştırma yapılmıştır; Türkiye’nin su stresi seviyesi 2010’da 3,32 puan iken 153 ülke içinde 41. sırada yer almaktadır. Türkiye’nin su stresi seviyesinin 2040 yılına gelindiğinde 4,27 olacağı öngörülmektedir. Böylece Türkiye’nin su stresi seviyesi “yüksek”ten “çok yüksek”e çıkacaktır ve Türkiye 161 ülke içinde su stresinin en yoğun yaşandığı 27. ülke olacaktır (TİSVA, 2024).

Davranışsal Boyutta İsfraf

Tutum, hareket, muamele gibi anlamlara gelen davranış, dışarıdan gözlemlenebilen tepkilerin toplamını ya da organizmanın uyaranlara karşı vermiş olduğu tüm tepkileri ifade etmektedir (TDK, 2024). İnsanın yapmış olduğu davranışlar, kendinde ya da çevresinde meydana gelen olayları anlamlandırmak, açıklamak, yorumlamak ve de denetim altına alabilmek için tepkide bulunmasıdır. İnsanın davranışta bulunmasının ana gayesi Allah’ın rızasını ve hoşnutluğunu kazanabilmeye çalışmasıdır. O’nun rızasını kazanabilmek için de emredilen davranışlarda bulunmak ve yasaklanan davranışlardan kaçınmak gerekmektedir. Ayrıca insanın kendine ve topluma karşı da yapması gereken bazı sorumlulukları bulunmaktadır ki israf bu konuların başında gelmektedir.

Davranışsal boyutta israf ilk olarak insanın doğrudan kendi veya bir başkasının yaşamı üzerindeki tasarruf hakkında görülebilmektedir. İslam, insan hakları söz konusu olduğunda da son derece dengeli hareket etmektedir. Yaşam hakkı ırk, din, mezhep, statü farkı olmaksızın her bireyin en temel hakkıdır bu nedenle de ne kişilerin ne de grupların bu hususa haksız yere müdahalede bulunma yetkisi bulunmamaktadır (Demirci, Kur’an’a Göre Temel Hak ve Özgürlükler, 2006, s. 80). Kur’an insana yaşam hakkı tanınmamasını israf olarak değerlendirmektedir (Kur’an 5/32-33).

İkinci olarak kişinin dünyevi yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan mal ve mülk konuları da bu başlık altına eklenebilmektedir. Kişi çeşitli mal ve mülkleri edinme ve de bunları kullanabilme hakkına sahiptir ancak bu husus elde etme ve kullanım noktasında sınırsızlığa izin anlamına gelmemelidir. Zira bireye ona verilen bu malları meşru yerlerde kullanma ve meşru olmayan yerlerde ise kullanmama sorumluluğuna sahiptir. Bu sorumluluğu yerine getirmemek ise malın kullanımı noktasında israf olarak değerlendirilmektedir (Kur’an 25/67).

İnsanın kullanımına verilen en büyük nimetlerden biri de zamandır. Kişi zamanını israfa düşmeden verimli bir şekilde kullanmalı ve bunu da yaparken rabbinin rızasını gözeterek yapmalıdır. Yine insanın davranış boyutunda israfa düşebileceği durumlardan biri de ahlak konusundadır. Kişi davranışlarında, yaşadığı duygularında ve gösterdiği tavırlarında iktisatlı olup israftan kaçınmaya gayret göstermelidir.

Bireyin israfa girdiği alanların başında gelen giyim kuşam konusunda da İslam itidal çağrısında bulunmaktadır. Bu konudaki en önemli ölçütlerden biri elbisenin temiz olması iken günümüzde pek çok kıyafet giyilmediği için kirletilmeden doğrudan çöpe atılmaktadır. Giysi çöplerinin kritik boyutlara ulaşmasına karşın pek çok insan soğuktan korunabilmek için dahi giysiye ulaşmada sıkıntı çekebilmektedir.

İnanç Boyutunda İsrâf

Yüce Allah, yarattığı insanlardan bazı şeylere inanmalarını istemiştir ki bunların başında Allah'a, meleklerine, kitaplarına, peygamberlerine, ahiret gününe, kadere, hayır ve şerrin Allah'tan geldiğine inanmanın sayıldığı iman esasları ve bazı tâlî inanç konuları (cennet, cehennem, sırat, mizan vb.) sayılmaktadır. Tüm bu esaslara meşru çizgi dışına çıkılarak inanma ya da bu esasları inkâr etme gibi aşırılıklar itikâd noktasında israf olarak değerlendirilebilmektedir. İnançta israf konusunun Kur'an'da ele alınış biçimi bir bütünlük ve birbiriyle ilişki şeklindedir. Yani bir âyette Allah'a inkâra vurgu yapılırken aynı ayet peygambere, âyetlere ve Kur'an'a iman da işlemektedir (Kur'an 40/28, 35). Bu nedenle de bu başlık altında tüm konulara ayet ile örnekler verip mevzuu tek tek açıklamaktan ziyade bir örnek üzerinden genel durumu yansıtmak daha makul olacaktır.

“Ey kavmim! Bu ne hâl? Ben sizi kurtuluşa çağırıyorum, siz ise beni ateşe çağırıyorsunuz. Siz beni Allah'ı inkâr etmeye ve hakkında hiçbir bilgin olmayan şeyleri O'na ortak koşmaya çağırıyorsunuz. Ben ise sizi mutlak güç sahibine, çok bağışlayana (Allah'a) çağırıyorum. Şüphe yok ki sizin beni tapmaya çağırduğunuz şeyin ne dünya ne de ahiret konusunda hiçbir çağırısı yoktur. Kuşkusuz dönüşümüz Allah'adır. Şüphesiz, aşırı gidenler cehennemliklerin ta kendileridir” (Kur'an 40/41-43). Âyette de belirtildiği üzere Allah'a inanmayan kişiler “müsrif” olarak isimlendirilmiştir. İman konusunda haddi aşarak israfa girmek için inkârdan vazgeçmek ve iman ederek inanmak gerekmektedir. Bu iman ise Allah'ın kullarından istediği seviyede olmalıdır. Bu örnekte olduğu gibi diğer inanç mevzularında da aynı hassasiyeti göstermesi Müslüman kimselerden beklenmektedir. Zira herhangi birinde yapılacak israf kişinin imanını tehlikeye atabilecektir.

Süreç Açısından İsrafın Sosyoekonomik Boyutu

İsrafın Temel Sebepleri

Günümüz insanının esas davranış şekillerinden biri halini alan israf her ne kadar arttırılarak normalleştirilmeye çalışılsa da hem dinî hem de dünyevî kayıpları beraberinde getirmektedir. Bu kayıpları azaltarak ortadan kaldırılabilmeyen en önemli adımı sorunun kaynağına inmek, nedenlerini tanıyarak onları ortadan kaldırmaya çalışmak olmalıdır. İnsanları israf yapmaya iten sebepler arasında kişide oluşan inanç boşluğu ve bu boşluğu dünyevileşerek doldurmaya çalışması, pazarlama ve reklam destekli tüketim anlayışı ve de sosyal medya tarafından da fonlanan moda endüstrisi sayılabilir (Nas, 2022, s. 22).

Dünyevileşme, “dünyanın dinden ve dinî düşüncenin dünyayı anlamlandırmasından arındırılması” (Yıldırım, 2018, s. 46-54) olarak tanımlanmaktadır. İnsanın bireysel ve toplumsal alanda yönelim gösterdiği bu dünyevileşme hareketi kendisinin dünya ve ahiret yaşamını önemli ölçüde etkileyen eylemlerden biridir. Zira bu duygunun artışı bireyde bir müddet sonra ölüm duygusunu unutması ve dünya yaşamına aşırı bağlanmasına neden olmaktadır. Maddi birikiminin kendisini ölümsüz yaptığı düşüncesi etrafını sarınca da imanî konularda inkâr mevzu bahis olmaktadır. Böylelikle de birey itikadî anlamda israfın içine girmekten kendini alıkoyamamaktadır.

Bu duygunun neden olduğu bir diğer israf çeşidi de amelî israftır. İslam'da belirli bir miktarın üzerinde birikimi bulunanların sahip olduklarının bereketi için zekât, infak, sadaka gibi emirler bulunmaktadır. Ancak dünyevileşmenin bulunduğu bireylerde israf ve lüks tüketim arzusu bulunmaktadır.

Modern toplumun profilini çizdiği tüketici birey rolü gereği aşırı ve sınırsız tüketim düşkünlüğü ile toplumsal tabakaların (ekonomik sınıflandırma) arasındaki makası genişletmektedir. Mülkün Allah'a ait olduğu gerçeğinden kopan birey kendisini mutlak mülk sahibi ilan etmekte ve inançsal boşluğun girdabına sürüklenmektedir.

İsrafın bir diğer nedeni olarak sayılan pazarlama ve reklam destekli tüketim anlayışı, sanayi inkılabı sonrası hayata giren hızlı ve seri üretimin günümüz dünyasına yansıyan boyutudur. Burada mantık son derece düz oluşturulmuştur; daha fazla seri üretim için daha fazla seri tüketim gerekli görülmektedir. Bu anlayış beraberinde bazı zorunlulukları insan hayatına sokmuştur ki bunlardan en önemlisi şüphesiz tüketim sahasına insanları çekebilecek bir pazarlama ve reklam stratejisidir. Üretilen yeni ürünlerin insanlara bildirilmesinde hatta ihtiyaç duyulmasa bile satımının gerçekleştirilmesi için ikna gücünün devreye sokulmasında pazarlar ve reklamlar önemli paya sahiptir. Bireyin özünden koparılarak dışardan görüldüğü hali ile değerli olduğu anlayışının kazandırılması reklamların insan yaşamına en önemli etkilerindendir. Zira insanlar artık belli ürünleri kullanırsa, belli markaları yerse ya da belli yerlerde bulunursa toplum için önemli kabul edilir hale gelmektedir. Toplumda hâkim olan bu anlayış maalesef ki pek çok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. Zira insanın reklamdaki ürüne sahip olabilmek pahasına vaz geçtiği değerleri ve asıl ihtiyaçları hem bireysel hem de toplumsal zorluklara sebep olmaktadır. Bunun en gerçekçi kanıtı ise toplumda bir araç olması gereken tüketimin amaca dönüştürülmesi sayılabilir.

İsrafa neden olan bir diğer husus da yukarıda da belirttiğimiz üzere sosyal medya tarafından da fonlanan moda endüstrisidir. Günümüzde tüketimin her çeşidi sosyal statünün bir kanıtlayıcısı kabul edilmektedir ki bu nedenle de birey daimî bir tüketime maruz bırakılmaktadır. Satın alınan pek çok ürün iş görürlüğünü yitirdiği için değil de -sözde- demode olduğu için değersizleştirilmektedir. Kişi demode olduğunda ya da demodeliği kabul ettiğinde toplumun büyük kitlesi tarafından dışlanmaktadır aksi şekilde davrandığında ise yani modaya uyduğunda mükemmelliğinin zirvesinde olan toplumun göz ardı edilemez bir parçası olduğunu düşünmektedir. Ancak hakikat elbette ki böyle olmamakta kişi bu anlayışı ile dünya ve ahiret yaşamına ciddi zararlar vermektedir.

Sonuç olarak bakıldığında israfın ekonomik sebepler, yönetsel problemler ve teknolojik sorunlar gibi daha pek çok nedeni sayılabilir ancak burada en mühim olan nokta sebebin bizzat insanın kendisinden yani nihai tüketiciden kaynaklandığında yatmaktadır. İnsan Allah'ın ona koyduğu sınırlar içinde yaşamayı öğrendiğinde ne karşımızda her gün atılan milyonlarca ekmek, ne insan nüfusunu katlayan giysi yığınları ne de işlevselliğini yitirmese de kullanımı sonlandırılan teknolojik çöpler oluşabilir. Bu sebeple de denilebilir ki insan davranışları ve alışkanlıkları gıda israfı başta olmak üzere israfın tüm çeşitlerinde önemli bir konuma sahiptir. Tüm bunların sebebi insan olduğu gibi bu israfa dur diyebilecek de bizzat insanın kendisidir. Aksi halde israf nedeniyle yok edilen ürünlerin ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan zararları ciddi boyutlarda olacaktır.

İsrafın Yol Açtığı Olumsuzluklar

İsraf hem bireysel hem de toplumsal boyutta zarar ve ziyanı olan bir sorundur. Genel manada israfın zararlarını maddi ve manevi açılardan sıralamak mümkündür. Allah insanlara sayısız nimet ve imkanlar sunmuştur. Bunun karşılığında da insanlardan bu imkân ve nimetleri yerli yerince kullanmasını istemiş ancak bunu yaparken de insana seçim hakkı tanımıştır. İnsan

kendi öz benliğini alarak sorumluluk duygusu taşımalıdır aksi halde yaptığı aşırılıklar nedeniyle sorguya çekilecek ve bir karşılık alacaktır. Dünya yaşamının dengesi gereği insan sorumluluklarını yerine getirmek için yeme-içme, maddi kazanç sağlama gibi mükellefiyetlere tabi tutulmuştur. Burada belirlenen ölçü ifrat ve tefrite düşmeden itidalli ve iktisatlı bir harcamadır.

İtidal ve iktisat merkezli bir yaşam öncelenmediğinde ise başrol israfa verilmektedir ki bu durum tüm insanlığı zarara uğratabilecek boyuttadır. Bu zararlardan ekonomik açıdan bazıları olarak insanın alın teri ile ürettiği emeklerinin heba edilmesi, doğal ve yapay kaynakların boşa harcanması, verimin düşürülmesi, büyük oranda fakirleşme sayılabilmektedir. Yine toplumsal zararlar noktasında, adaletsizlik, dayanışma ruhunun azalması, kıskançlık ve toplumsal vicdanî yaralanma sıralanabilir.

Ayrıca gıda israfı, dünya genelinde besin dağılım dengesini etkileyen ve bu nedenle de yetersiz beslenme ve açlık gibi kitlesel sorunlara neden olmaktadır. Yine gıda israfı, üretici, tüketici, ikisi arasında alışverişi sağlayan nakliyeciler ve diğer tüm bireyleri de ekonomik açıdan kayıplara iten önemli bir gerçekliktir (Kurt, 2022, s. 72).

İsrafa Mücadele Sürecinde Metodik Yaklaşım

İsraf günümüz dünyasının en göz ardı edilemez gerçeklerinden biri halini almıştır. Fazlalık ve azlık noktasında iki aşırı ucu temsil eden bu kavram önlem alınmadığı takdirde ciddi düzeyde bir yok oluşu beraberinde getirecektir. Bu sorunun çözümü noktasında hem bireysel hem de toplumsal manada imkanlar dahilinde çaba göstermek gerekmektedir. Zira israf hangi pencereden bakılırsa bakılınsın konusu veya objesi ne olursa olsun öznesi olan insana normal dışı ve dengesiz bir yaşam faaliyeti vaat etmektedir. Bu nedenle de birey hem ruhen hem de bedenlen normallliğini yitirecek ve maalesef dünya yaşamı hem kendisi hem de çevresi için olumsuz bir hale dönüşecektir. İsrafın durdurularak önlenmesi için maddi, manevi, psikolojik ve de ahlaki; çok yönlü ve daimî bir eğitimin sürdürülmesi gerekmektedir (Kayhan, 2006, s. 149-195). Bu noktada israfa karşı alınabilecek önlemler bireysel, toplumsal, küresel ve devlet düzeyinde düzenlenmelidir.

İslam'a göre herhangi bir konuda değişim ve gelişim için gerekli olan en temel özellik, bireyin öz farkındalık kazanması, bilgi düzeyini arttırmasıdır. Günümüz dünyasında bilgiye ve bilginin her türlüüne ulaşım çok daha pratik bir hal almıştır. Ancak buna rağmen çağımızda sosyal problemler başta olmak üzere yaşanan tüm sıkıntıların en önemli nedeni sahip olunan bilginin teoriden pratiğe aktarılamamasıdır. Pratiğe geçiş önemli bir olaydır zira öncesinde sağlam bir bilgi birikimi ardından da düzeyi farklılaşabilen değişim gerekmektedir. İsraf sorununun çözümü noktasında Hadimî'nin sunduğu çözüm önerileri bizi destekler niteliktedir. O, israf hastalığına yönelik oluşturulacak ilacın üç boyutuna dikkat çekmiştir; ilmî, amelî ve teorik. İlmi boyutu Kur'an'da bahsi geçen ve israfa girmeleri nedeniyle çeşitli şekillerde cezalandırılan kişi veya kişileri düşünmek, tefekküre dalmak, israfa ve onun neden olduğu kaosa karşı cephe alınmaya kadar hatırayı canlı tutmak için fikren ve zikren mücadele etmektir. Amelî boyut ise kişinin kendini tutumlu bir birey olmaya alıştırmasıdır. Bu noktada yakın çevreden destek almak önemlidir. Zira kişinin nefis muhasebesi bazı zamanlarda çok daha zorlayıcı olabilmektedir. Üçüncü boyutta ise teorik bilginin israfın sökülüp atılabilecek tedbirleri kişiye kazandırmasıdır (Hâdimî, 2015, s. 126).

İsrafa karşı alınacak en önemli tedbirlerden bir diğeri de iktisattır. Sözlükte “aşırılıktan uzak orta yolda olmak, doğru yolda olmak, bir şeye yönelmek” anlamlarına gelen bu kavram fikhî bir terim olarak, harcamalarda israf ve cimrilikten korunup, gereken yerde gerektiği kadar harcama yapma anlamına gelmektedir. Yüce Allah, harcama ve tüketim konusunda iktisatlı davranmaya ve sonucu düşünmeden bilgisiz ve şuarsuzca harcama yapmaktan kaçınmaya çağırmaktadır (Karaman ve Karagöz, 2006, s. 270). Ayrıca israf noktasında toplumsal hassasiyetin sağlanması için infak ve îsar gibi İslam’ın övdüğü davranışlar arttırılabilir. Yine oruç ibadeti de nefis muhasebesi yapmak ve otokontrol için önemli bir çözüm yöntemi olabilmektedir. Bu ve benzeri çözüm önerileri ile hem bireysel hem de toplumsal manada israfa dair bilinçlenme arttırılarak tedbirler alınabilmektedir.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından çevreyi korumak için gıda israfının önüne geçilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Geçmiş yıllara ait hazırlanan raporlarda, yanlış hasat ve harmanlama uygulamaları, altyapı eksiklikleri, salgın hastalıklar ve iklim şartları gibi faktörlerin küresel anlamda gıda israfını tetiklediği ifade edilmiştir. Gıda ürünlerinin hasat edilmesinden market raflarına ulaşmasına kadar olan tedarik zincirindeki kayıplara odaklanan çalışmada farklı bölge ve ürünlerde yeni metotlar ve daha iyi hesaplamalarla kayıpların önüne geçilebileceği tespit edilmiştir (TİSVA, 2024). Raporun da vurguladığı üzere israf pek çok alanda kitlesel bir boyuta ulaşmış durumdadır. Bireysel ve toplumsal çabaların yanında küresel boyutta da bazı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Netice itibarıyla israfa mücadele için alınabilecek önlemler şu şekilde kısımlandırılabilir:

Kişisel Tasarruf Tedbirleri

- Sebze- meyve yıkarken fazla su harcamamak
- Dolaba konulan yiyecek ve içeceklerin giriş sırasına uygun şekilde tüketilmesinin sağlanması
- Elleri yıkarken, dişleri fırçalarken, duş alırken kullanılan su miktarını yeterli seviyede harcamak
- Bulaşık ve çamaşır makinelerini dolduktan sonra çalıştırmak
- Eldeki fazla yiyeceği ihtiyaç sahipleri ile paylaşmak
- Elektrikli aletler alırken ve kullanırken tasarruflu olanlarını tercih etmek
- Damlayan muslukların tamir edilmesi vb. kayıp kaçakları önlemek
- Yeterli porsiyon miktarını ayarlamak ve fazlasını almamak
- Yağmur suyunu kullanmak
- Aile bireylerini ve çocukları eğitmek

Toplumsal Bilinç Oluşturma

- Mümkün olduğunca elde bulaşık ve çamaşır yıkamamak
- İhtiyacı kadarını almak ve kullanmak
- Satın alınan ürünün etiketini okumak, tüketim tarihine bakmak ve saklama koşullarını araştırmak
- Tek kullanımlık ürünlerin azaltılması
- İhtiyaç dışını doğrudan çöpe atmadan önce varsa ihtiyaç sahiplerine ulaştırmak
- Okullarda ve aile içinde örneklik oluşturma çalışmaları yapmak, eğitmek
- Arta kalan yiyecek ve içeceklerin paketlenerek sonraki öğüne aktarımının sağlanması
- Geri dönüşümün yaygınlaştırılması

Yasal Tedbir ve Önlemler

- a. Kamu kurum ve kuruluşları başta olmak üzere tüm yapılarda akıllı muslukların kullanımının yaygınlaştırılması
- b. Atık yağların temiz suyu kirletmemesi ve geri dönüşümleri için yerleşim yerlerine dönüşüm cihazlarının konulması
- c. Kamu ve özel kurumlarda israfa yönelik denetleme çalışmalarının yapılması ve raporların hazırlanması talebi
- d. Toplu tüketim yerlerinde cezai işlem uygulanması
- e. Son tüketim tarihi yaklaşan ürünlerin daha uygun fiyatla satılması çalışmalarının desteklenmesi
- f. Çalışma saatlerinin daha aza çekilerek iş ve sosyal yaşam dengesinin kurulması
- g. Tarım ve hayvancılıkta akıllı uygulamaların yaygınlaştırılması
- h. Tasarrufa uygun okul müfredatı oluşturulması ve eğitim verilmesi

Küresel Bazda Yapılması Gerekenler

- a. Gıda ve su başta olmak üzere israf sorununa ve çözümüne dair eğitim, öğretim ve bilinçlenme/ bilinçlendirme çalışmalarının artırılması
- b. Küresel açlık ve susuzluk sorunlarına akılcı çözümlerin üretilmesi
- c. Dünya genelinde yapılan israfi azaltma girişimlerinin desteklenerek eş güdümlü çalışmaların sürdürülmesi
- d. Yapılması planlanan strateji ve politikaların medya iletişim araçları ile duyurulmasının kolaylaştırılması
- e. Özel ve kamu alanlarındaki projelere ekonomik yatırımın desteklenmesi
- f. Sivil toplum örgütlerinin aktif rollerin artırılması
- g. İsfraf konusunda bireysel ve toplumsal motivasyonun sağlanması

Bu ve benzeri pek çok çalışma ile dünyada hızla artan ve daha ölümcül bir hale gelen israfın önlenmesi sağlanabilir.

Sonuç

Allah insanı yaratmış, onu yeryüzünde sevk ve idare edici kılarak akıl ve irade sahibi yapmıştır. İnsana verilen bu akıl ve irade dolayısıyla onun Allah'ın emirlerine uyma ve yasakları ihlal etmeme sorumluluğu bulunmaktadır. Ancak insan, nefis taşıması sebebiyle ve imtihan sırrının bir yansıması olarak zaman zaman Allah'ın koyduğu sınırlara riayet edememekte ve aşırılıklara kaçmaktadır. Haddi aşma ve aşırılığa kaçma ise bir israftır. Her ne kadar israf denince toplumda özellikle birkaç konu anlaşılrsa da sözlük anlamı itibari ile israf kavramının alanı çok daha geniştir.

Allah dünyayı ve insanı bir denge ile yaratmıştır. Hemen her alanda olduğu gibi tüketim noktasında da istenen dengenin sağlanması ve aşırılıklardan kaçınılmasıdır. Günümüz dünyasında karşılaşılan, talebi ölçü almayan aşırılığı önceleyen üretim stratejisiyle tüketimi ekonominin en önemli etkeni görmek İslam'a aykırıdır denilebilir. Çünkü İslam iktisadında üretim tüketimi artırmaya yönelik bir araç değildir. İslam'da üretimin temel amacı ihtiyaçtır ve İslam iktisadı bir ihtiyaç ekonomisi kabul edilmektedir. Özellikle gıda ve su tüketimi başta olmak üzere her alanda yapılan aşırı üretim ve tüketim dünyayı kaosa sürüklemektedir.

İsraf konusunda bilincin arttırılması ve gerekli tedbirlerin alınması son derece önemlidir. Ayrıca satın almadan önce gerçek bir ihtiyaç olup olmadığının belirlenmesi, emanet şuuruyla ihtiyaç duyulanın ödünç alınması, eş değere sahip olanların takası, geri dönüşüm ya da kendi elinle ihtiyacın kadarını üretme gibi alternatif yöntemler de israfı engelleme noktasında yardımcı olabileceği kanaatindeyiz.

“Allah’ın sana verdiği şeylerde ahiret yurdunu ara. Dünyadan da nasibini unutma. Allah’ın sana iyilik yaptığı gibi sen de iyilik yap ve yeryüzünde bozgunculuk isteme. Çünkü Allah, bozguncuları sevmez” (Kur’ân 28/77). Bizlerin yaşam alanını oluşturan bu dünya ahiretin bir tarlası sayılmıştır. Daha yaşanılabilir bir dünya ve gelecek nesillerin hakkı için israfı önlememiz gerekmektedir.

Kaynaklar / References

- Akalın, A. (2013). İslam Hukuku Açısından Suçun Unsurları. *Şarkiyat*, 50-72.
- Akalın, A. (2016). *İslam Hukukunda Devlete İsyan Suçu*. Fecr Yayınları.
- Altuntaş, H. ve Şahin , M. (2008). *Kur'an-ı Kerim Meali*. Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları.
- Çağrııcı, M. (1998). *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi "Adalet"* (Cilt 1). Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Çağrııcı, M. (2022). *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi "Kıst"* (Cilt 25). Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Demirci, M. (2006). *Kur'an'a Göre Temel Hak ve Özgürlükler*. Ensar Neşriyat.
- Demirci, M. (2006). *Kur'an'a Göre Temel Hak ve Özgürlükler*. Ensar Neşriyat.
- Dölekoğlu, C. Ö. (2017). Gıda Kayıpları İsrâf ve Toplumsal Çabalar. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 179-186.
- Hâdimî, E. M. (2015). *Tarikat-i Muhammediye Şerhi: Berika Çev* (Cilt 4). Kahraman Yayınları.
- İsfahani, R. (2010). *Müfredat*. (A. Güneş ve M. Yolcu, Çev.) Çıra Yayınları.
- Kallek, C. (2001). *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi "İsrâf"* (Cilt 23). Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Karaarslan, H. İ. (2013). *Kur'an'ı Kerim'de İsrâf Kavramı*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Karaman, F. ve Karagöz, İ. (2006). *Dini Kavramlar Sözlüğü*. Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları.
- Kayhan, V. (2006). Kur'an'a Göre İsrâf ve İktisat. *Din Bilimleri Akademik Araştırma dergisi*, 6(3), 149-195.
- Kurt, Z. (2022). *İsrafla Mücadelede Yeşil Yönetim ve Yeşil Örgütsel Davranış: Mersin'de Yeşil Etiketli İşletmelerde Araştırma*. Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Nas, E. M. (2022). *Satın Alma Hiyerarşisini İslam İktisadındaki Yansıması: Harcamada İsrâfı Azaltmanın Bir Yöntemi*. Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- TDK (2024, Nisan 12). *Türk Dil Kurumu*. Türk Dil Kurumu : <https://sozluk.gov.tr> adresinden alındı
- TİSVA (2024, Mayıs 02). *2023 Yılı İsrâf Raporu*. <https://israf.org/>: http://www.tgmp.net/eyayin/israf_raporu_2023.html adresinden alındı
- Yeniçeri, C. (1996). *İslam Açısından Tüketim ve Tüketicinin Korunması ve Ev İdaresi*. Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Vakfı Yayınları.
- Yıldırım, A. (2018). Dünyevileşme Kavramı Üzerine. *Avrasya Terim Dergisi*, 6(2), 46-54.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Abdulmuttalip ARPA | İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi
muttalip.arpa[at]izu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0771-436X

1973 Bingöl doğumlu Prof. ARPA, Lisans eğitimini Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesinde 1998; Yüksek Lisans eğitimini İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde 2002; Doktorasını ise eğitimini Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde Temel İslam Bilimleri Tefsir Anabilim Dalında 2009'da tamamladı. Özel sektör ve birkaç kamu kurumunda bir süre çalıştıktan sonra akademik çalışma hayatına Şırnak Üniversitesi İlahiyat Fakültesi (2009-2013) de başlayan ARPA, halihazırda İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi İslami İlimler Fakültesinde devam etmektedir. Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi kurulum aşamasında Rektör Danışmanı olarak görev yaptı. (2020-23). ARPA, Akademik çalışmalarının çoğunluğunu Kur'an'ın ana konuları, dili ve üslubu çerçevesinde sürdürürken, aktüel konularda da yabancı (Arap) basında yazılı ve görsel düzeyde yorum yapmakta ve yazılar yazmaktadır. Ayrıca yurtdışındaki bazı üniversitelerin akademik çalışmalarına hakemlik yapmakta ve ünvan terfilerinde jüri görevini üstlenmektedir.

Prof. Dr. Abdulmuttalip ARPA | İstanbul Sabahattin Zaim University
muttalip.arpa[at]izu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0771-436X

Born in 1973 in Bingöl, Prof. ARPA completed his Bachelor's degree at Marmara University Faculty of Theology in 1998, his Master's degree at Istanbul University Institute of Social Sciences in 2002 and his PhD at Necmettin Erbakan University Institute of Social Sciences, Department of Basic Islamic Sciences Tafsir in 2009. After working in the private sector and a few public institutions for a while, ARPA started his academic career at Şırnak University Faculty of Theology (2009-2013) and is currently working at İstanbul Sabahattin Zaim University Faculty of Islamic Sciences. He served as Rector Advisor during the establishment phase of Gaziantep Islamic Science and Technology University (2020-23). While ARPA continues most of his academic studies within the framework of the main topics, language and style of the Qur'an, he also comments and writes on current issues in the foreign (Arabic) press at the written and visual level. He also serves as a referee for the academic studies of some universities abroad and acts as a jury for title promotions.

**AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ
KULLANIMININ GIDA VE SU
TASARRUFU ÜZERİNE ETKİLERİ**

**EFFECTS OF USE OF SMART AGRICULTURE
TECHNOLOGIES ON
FOOD AND WATER SAVING**

Ufuk TÜRKER

Atıf Künyesi: Türker, U. (2024). Akıllı Tarım Teknolojileri Kullanımının Gıda ve Su Tasarrufu Üzerine Etkileri. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafi* (s. 105-122) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ KULLANIMININ GIDA VE SU TASARRUFU ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Ufuk TÜRKER

Ankara Üniversitesi

Özet

Tarımda sürdürülebilirliği artırmak ve daha etkili tarım yöntemlerini kullanmak için tarım teknolojilerinin veriye dayalı yönetim stratejileri içerisinde kullanılması ekonomik ve çevresel yönden etkin bir tarım yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle daha etkili tarım yöntemlerini ve tarım teknolojilerini kullanmak için başta hassas tarım olmak üzere, akıllı tarım teknolojileri çerçevesinde büyük veri, yapay zeka (YZ), robotlar, dikey tarım, Nesnelerin İnterneti (IoT), blok zincir, dijital ikiz, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi yeni gelişen teknolojilerin dijitalleşme ve otomasyon süreçleriyle daha çok tarıma entegrasyonu tarım sektöründe ve üreticilerin tarımsal işlerini kolaylaştırmakta ve daha etkin kararlar almalarına olanak sağlamaktadır. Bu yolla hem su ve benzeri girdi tasarrufu, hem de verimlilik arttırılabilmektedir. Ekilebilir arazilerde mahsullerin verimli bir şekilde yetiştirilmesi ve muhafaza edilmesi için veriye dayalı bir strateji ve karar alma desteği sağlayarak çiftçilerin ellerindeki kaynakların en etkin bir şekilde kullanmaları mümkün hale gelmektedir. Günümüzde tedarik zinciri boyunca günlük operasyonlarda büyük miktarda veri ortaya çıkarken aynı zamanda büyük veri teknolojilerinin yardımıyla bu tür bilgiler herhangi bir ürünün performansını ve üretimini iyileştirmek için kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, üretimi optimum düzeylerde iyileştiren akıllı tarım teknolojilerinin tarımda kullanımının, üretimin farklı aşamalarında bu teknolojilerin gıda ve su tasarrufu üzerindeki etkileri açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler

Akıllı Tarım, Hassas Tarım, Sürdürülebilir Tarım, Dijital Tarım Teknolojileri

AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ KULLANIMININ GIDA VE SU TASARRUFU ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Ufuk TÜRKER
Ankara University

Abstract

In order to increase sustainability in agriculture and use more effective agricultural methods, the use of agricultural technologies within data-based management strategies enables economically and environmentally effective agriculture. For this reason, in order to use more effective agricultural methods and agricultural technologies, new developing technologies such as big data, AI, robots, vertical farming, Internet of Things (IoT), block chain, digital twins, virtual and augmented reality, digitalization and digitalization within the framework of smart agricultural technologies, especially precision agriculture. Integration into agriculture with automation processes makes things easier in the agricultural sector and in the lives of producers and allows them to make more effective decisions. In this way, both water and similar input savings and efficiency can be increased. It enables farmers to use their resources in the most effective way by providing a data-based strategy and decision-making support for growing and preserving crops efficiently on arable land. Nowadays, large amounts of data emerge in daily operations throughout the supply chain, and with the help of big data technologies, such information can be used to improve the performance and production of any product. In this study, the effects of the use of smart agricultural technologies in agriculture, which improve production at optimum levels, on food and water saving are explained.

Keywords

*Smart Agriculture, Precision Farming, Sustainable Agriculture,
Digital Agricultural Technologies*

Giriş

Diğer ekonomik faaliyetler gibi tarım da dijital devrimden giderek daha fazla etkilenmektedir. Dijital Tarım, tarımın karlılığını ve sürdürülebilirliğini artırmak için hesaplama ve bilgi teknolojilerinin kullanılmasını ifade etmektedir. Bu, genel olarak “*tarımsal girdileri ihtiyaçlarla tam olarak eşleştirmek için ileri teknolojilerin kullanılması*” olarak tanımlanan ve tarihsel olarak öncelikle bitkisel üretimi hedefleyen daha yerleşik bir kavram olan Hassas Tarım için yeni bir yöndür. Dijital Tarım (DT), Dördüncü Sanayi Devrimi olarak adlandırılan içinde bulunduğumuz dönemin bir parçası olarak, yüksek düzeyde birbirine bağlı ve veri yoğunluklu hesaplama teknolojilerinin her yerde bulunması yoluyla yeni fırsatlar sunmaktadır. Akıllı tarım, çiftlik kaynaklarının genelleştirilmiş yönetiminden yüksek düzeyde optimize edilmiş, bireyselleştirilmiş, gerçek zamanlı, hiper bağlantılı ve veri odaklı yönetime geçişi yansıtmaları bakımından tüm mahsul ve hayvancılık sistemleri için geçerlidir. Akıllı tarım ve teknolojilerinden yararlanmanın sonuçları daha karlı ve sürdürülebilir üretim sistemleridir.

Tarım, artan dünya nüfusu nedeniyle sürekli büyüyen tarımsal gıda talebini karşılamak ve gıda güvenliğini sağlamak için önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde tarım, küresel tatlı su kullanımının % 70’ini ve arazi kullanımının % 34’ünü oluşturmakta ve doğal kaynaklarımız üzerinde sürdürülemez bir baskı oluşturmaktadır (Lee, 2018). Tarım, küresel sera gazı salınımlarının % 24’ünden sorumludur. Dünyanın bazı bölgelerinde, toprak erozyonu ve çölleşme arazi verimliliğini % 50’ye varan oranda azaltmıştır. Artan tohum fiyatları ve ücretler, salgın hastalık ve bitkisel hastalıklar, ticaret savaşları, ani seller, sıcak hava dalgaları ve diğer hava durumu değişiklikleri, tarımı olumsuz etkilemektedir. Tedarik zincirinde artan taleplerin ve artan iş gücü kıtlığı nedeniyle dijitalleşmeyi, makine otomasyonundan yararlanmayı sağlayan ve temassız ticareti mümkün kılan araçların önemini ve kritik bir ihtiyaç olduğunu çiftçiler ve şirketler görmüşlerdir. Robotlar, sıcaklık ve nem algılayıcıları, havadan görüntülerin kullanımı gibi ileri teknolojilerin benimsenmesi her yerde yaygınlaştıkça, yeni nesil tarımsal operasyonları çiftlikleri daha üretken ve karlı olmaları için güçlendiren, daha azıyla daha fazlasını yapmanın önünü açan bir süreci de başlatmıştır (Miller ve ark., 2017). Bu noktada akıllı tarım kapsamındaki dijital teknolojiler, çiftçilerin danışmanlarıyla iletişim halinde kalmalarına yardımcı olabilmekte ve dünyayı sayısız şekilde yeniden şekillendirmektedir. Günümüzde geleneksel yöntemlerin ötesine geçilmesi ve Tarım 4.0 olarak bilinen akıllı tarım uygulamalarına geçişle tarladan çatala kadarki tüm tedarik zincirine olumlu iyileştirme sağlamak mümkün hale gelmiştir. Bu durum yeni nesil teknolojilerden yararlanan dijital teknolojileri kullanan ve daha akıllı, daha verimli, çevreye duyarlı bir tarım sektörüne doğru ilerleyen dördüncü tarım devrimini temsil etmektedir. Akıllı tarım, tarım sektörünün değer zinciri boyunca uygulanan kablolu iletişim teknolojileri aracılığıyla nesnelerin interneti (IoT) ve makine öğrenimi gibi veri analitiğinin yayılması sayesinde gelişmiş bir yönetim modelidir. Bu evrim, bulut bilişim, büyük veri, robotik ve yapay zeka (YZ) gibi yenilikçi teknolojilerin entegrasyonu ile tarımı büyük ölçüde şekillendirerek dönüştürmeye başlamıştır (Wolfert ve ark., 2017).

Tedarik zinciri, karşılaştığı yinelenen zorlukların üstesinden gelmek için sürekli olarak uyum sağlamak zorundadır. Tarımsal alanda ileriye dönük bir bakış açısı sunan Dijital Tarım Teknolojilerinin benimsenmesi, bu dönüştürücü sürecin öne çıkan bir yönü olarak ortaya çıkmıştır. Dijital tarım teknolojileri genel olarak akıllı hassas tarım, uzaktan algılama ve veri analitiği gibi bir dizi teknolojiyi kapsamaktadır.

Geleneksel tarım uygulamalarında devrim yaratmak için çeşitli dijital araçları ve platformları birleştiren entegre bir yaklaşım sunarak diğer teknolojilerden farklılık gösterirler; oysa akıllı tarım genellikle IoT ve bağlantı çözümlerinin uygulanmasına atıfta bulunur ve hassas tarım özellikle çiftlik girdilerinin hassas yönetimine odaklanır. Bu gelişmeler hep birlikte bilinçli karar almayı ve kaynak kullanımını optimize etmeyi kolaylaştırmaktadır.

Akıllı tarım bulut bilişim, büyük veri, blockzincir ve kriptografinin (Chen ve ark., 2020; Lin ve ark., 2017; Wolfert ve ark., 2017) yanı sıra derin öğrenme (Castro ve ark., 2020; Kamilaris and Prenafeta-Boldu, 2020; Liakos ve ark., 2020), Nesnelerin İnterneti (IoT) (Werdouw ve ark., 2019), mobil uygulamalar ve dijital platformlar (Michels ve ark., 2019; Michels ve ark., 2020) ve yapay zeka (Ampatzidis ve ark., 2020) gibi geniş bir teknoloji yelpazesini kapsamaktadır. Akıllı tarım tabanlı yönetim araçları iletişim, bilgi ve mekansal analiz araçlarını içerir. Bu teknolojiler, çiftçilerin üretim sistemlerinin hem operasyonel hem de stratejik yönlerini verimli bir şekilde planlamasına, izlemesine ve yönetmesine olanak tanımaktadır. Saha sensörleri, uzaktan algılama ve İHA gömülü uzak sensörler, küresel konumlandırma sistemleri, telemetri ve otomasyon gibi yerleşik teknolojilerin ötesinde, akıllı tarım aynı zamanda İnternet ve bağlantının entegrasyonu ile karakterize edilmektedir. Bu ilerlemeler yalnızca kritik üretim öncesi ve sonrası kararları desteklemekle kalmamakta, aynı zamanda üretim sistemlerinde daha fazla sürdürülebilirliği teşvik ederek, kısa gıda tedarik zincirlerine fayda sağlayan farklılaştırılmış pazarlara erişim imkanı ortaya çıkarmaktadır (Saiz-Rubio ve Rovira-M'as, 2020).

Akıllı tarım kapsamındaki teknolojilerin entegrasyonu, özellikle Avrupa Yeşil Anlaşması ve onun "Tarladan Sofraya Stratejisi" kapsamındaki küresel sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği hedefleriyle uyumlu olan bu girişimler, gıda sisteminin sürdürülebilirliğe doğru radikal bir şekilde dönüştürülmesini, kimyasal pestisit ve gübrelerin azaltılması ve organik tarımın 2030 yılına kadar genişletilmesi için iddialı hedefler koymayı amaçlamaktadır (Anonim, 2019). Akıllı tarım kablosuz iletişim teknolojileri ile aslında hassas tarımın bir devamı olarak ortaya çıkmıştır. Hassas tarım, uzaktan algılama ve veri analitiği gibi yenilikleri kapsayan akıllı tarım teknolojileri bu dönüşümün ön saflarında yer almakta ve ekonomik karlılığı çevre yönetimiyle uyumlu hale getirmenin yollarını sunmaktadır (Cisternas ve ark., 2020). Ayrıca bu teknolojiler hassas kaynak uygulamasına, verimli mahsul izleme ve veriye dayalı yönetime olanak tanıyarak tarımsal verimliliğin optimize edilmesinde ve ekolojik ayak izlerinin azaltılmasında önemli avantajlar sunmaktadır (Fountas ve ark., 2020; Clapp ve Ruper, 2020; Karunathilake ve ark., 2023).

Akıllı tarımın öncüsü olarak görülen Hassas tarım yetiştirilen ürünlerin verimi artırma hedefinin yanında verimden ödün vermeden tarımsal girdileri en etkin şekilde kullanılması yoluyla önemli tasarruflara imkan sağlayan uygulamaları içermektedir. Tarımı daha etkin hale getiren uygulamalarda karşılıklı olarak etkileşim halinde olan birçok bileşenler vardır. Bu bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkileri şekil 1'de verilmiştir (Türker, 2017).

HT uygulamaları, çiftçilerin girdilerini 4 D kuralıyla yani doğru kaynakların, doğru zamanda, doğru yerde, doğru oranda, doğru kaynakla uygulanmasına olanak tanımaktadır. Özellikle girdinin tüm tarlada eşit olarak uygulanmasından ziyade, bitkiler için optimum dozlar uygulanırken girdi etkinliği arttırılmakta ve böylece atmosfere olan salınımların azaltılarak maliyetlerin düşürülmesi ve verimin arttırılması amaçlanmaktadır. HT, çiftçilere, ürün rotasyonu veya örtü bitkileri gibi geleneksel tekniklerle ve teknolojiler ile yaptıkları uygulamalarda gerçekleştirilen her eylemden veri toplanarak ve bu verilerin analizi ile birlikte değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Şekil 1

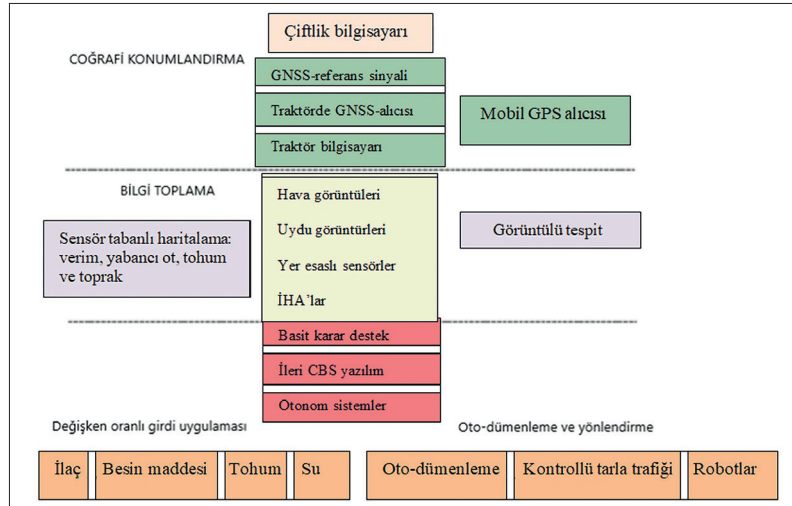
Hassas Tarım (HT) Sisteminin Bileşenleri Ve Etkileşimleri (Türker, 2021)



Bu sayede, çiftçiler için hem anlık hem de gelecekteki kararların doğru yönlendirilmesi mümkün olmaktadır. Hangi tarlada hangi tohum çeşidi ekilecek ve birim alana tohum adedi veya tam olarak hangi miktarda gübre veya kimyasal maddeye ihtiyaç olduğu netleştirilebilmektedir. Çiftçide, çiftlikte yapılması gerekenler hakkında bir fikir oluştuğunda, HT'a uygun makinelerin kullanıldığı uygulama planı harekete geçirilir. Örneğin, çiftçilerin operasyonlarında etkin bir şekilde çalışmalarını sağlayacak makinenin otomatik olarak kontrol edilmesi, makinenin arazi dışında kalan bölümlerinin otomatik olarak kapatılması ve arazi içi ihtiyaçlarını karşılayacak değişken dozlarda girdi kontrolünün yapılabilmesi sayesinde etkin uygulamalar gerçekleştirilir dahası fazla yorulmadan eller serbest şekilde traktörün kontrolünü otomatik dümenleme sistemi ile sağlayabilirler. . Bu yenilikçi HT uygulamaları sayesinde her büyüme mevsiminde çiftçilerin işgücü ve girdi maliyetleri azalmakta, su, gübre, tohum ve ilaç gibi girdilerden önemli tasarruflar yapılabilmektedir. HT'ın her araziye göre çözümü farklıdır. Yani HT tüm tarımsal üretim yapılan arazilere tek tip yaklaşıma uygun bir çözüm değildir. Komşu çiftçi için işe yarayan şey başka arazi özelliklerine sahip bir çiftçi için uygun olmayabilir. Her bir işletme ve işletmenin sahip olduğu özellikleri dikkate alarak işe yarayan çözümler uygulamak, HT'ı çiftçi şartlarında etkili kullanmanın en akılcı yolu olarak görülmektedir. . Akıllı hassas tarımda kullanılan teknolojilerin ve tarımda kullanım alanlarının kapsamlı bir sınıflandırması şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2

Akıllı Hassas Tarımda Kullanılan Teknolojilerin ve Tarımda Kullanım Alanlarının Kapsamlı Bir Sınıflandırması (Balafoutis ve ark., 2017)



Akıllı Tarım Teknolojilerini de Kayıt, Yönlendirme, Değişken oranlarda uygulama, robotik sistemler ile akıllı makineler ve Çiftlik yönetim bilgi sistemleri olmak üzere 5 kategoride ele alabiliriz.

Kayıt ve Haritalama Teknolojileri (KHT): Verim ve toprak haritalaması, Gerçek Zamanlı Konum Sistemleri ve izleme mekanizmalarını kullanarak mahsul ortamında (toprak, mahsul, mikro iklim) mevcut olanları izlemeye ve haritalamaya yönelik sistemlerle karakterize edilen bu sistemler, teknolojiler, gerçek zamanlı saha verileri ile uygulanabilir tarım stratejileri arasında bir köprü oluşturur (Raj ve ark., 2022). Çeşitli saha metriklerini takip ederek ayrıntılı saha planlarının geliştirilmesini kolaylaştırır ve böylece tarımsal operasyonları verimli, hedefe yönelik ve çevre dostu yönlerle yönlendirir.

Rehberlik/Kontrollü Trafik Tarımı (KTT) Teknolojileri: Bu teknolojiler, tarlalar arasında rastgele araç hareketinin olumsuz etkisini elimine eden ve kontrollü tarla trafiği ile optimum girdi yönetimini sağlayan yenilikler içermektedir (Hamza ve Anderson, 2005). KTT, tüm araç hareketlerini önceden belirlenmiş şeritlere lokalize ederek üretkenliği, sürdürülebilirliği ve kârlılığı birleştirerek toprağın korunmasını ve mahsul büyümesi için uygun bir ortam sağlamaktadır (Chamen, 2015).

Değişken Oran Teknolojileri (DOT): DOT, çiftçilerin kaynakları hassas bir şekilde yönetmesine olanak tanır. Bireysel mahsul ihtiyaçlarına uygun olarak gübrelerin, böcek ilaçlarının ve sulamanın özelleştirilmiş dağıtımının önünü açıyor. Bu teknoloji, aynı zamanda kaynak yönetimini, mahsul verimini ve kârlılığı desteklerken aynı zamanda çiftçilik uygulamalarının çevresel ayak izini azaltma potansiyeline sahiptir (Fabiani ve ark., 2020).

Robotik Sistemler veya Akıllı Makineler (ROSAM): Yapay Zeka (AI), gelişmiş Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT), Makineden Makineye (M2M) iletişim, gibi yeni nesil teknolojiler tarımın dijital dönüşümüne işaret etmektedir (Shaikh ve ark., 2022). Dronlardan makine öğrenimi algoritmaları ve robotik sistemler ve bir dizi teknolojik araçların tarımda ekimden hasata kullanılmaları teknoloji ve tarımın birliğini temsil ederek mevcut ve gelecekteki tarımsal paradigmaların gelişimine rehberlik etmektedir.

Çiftlik Yönetim Bilgi Sistemleri (ÇYBS): Temel kayıt tutma sistemleri, günümüzün ÇYBS platformları ve bunların sonucunda ortaya çıkan Karar Destek Sistemleri (DSS) ve kalite Yönetim Sistemleri (KYS) gibi ürünler, gelişmiş bütünsel platformlara dönüşmüştür. Modern tarımsal ÇYBS, çok sayıda nesnelerin interneti (IoT) bileşeninden (algılama cihazları ve bulut hizmetleri gibi) gelen veri akışlarını senkronize ederek, veri odaklı kararları ve verimli kaynak yönetimini mümkün kılarak otomatik veri işlemeye olanak tanımaktadır (Fountas ve ark., 2020).

ÇYBS'de mahsul izleme, tüm çiftlik yönetimi, sadece hassas tarım için özel yazılımlar ve özel uygulamalar için özel yazılımlar (sulama planlaması, doğru hava tahminleri) mevcuttur. HT'a yönelik Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları, hassas çiftlik planları, arazi ve verim haritaları oluşturmak için kullanılabilir. Bu durum, herbisitler ve gübreler gibi çeşitli kimyasal girdilerin daha hassas bir şekilde uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Tablo 1'de farklı amaçlar için sunulan yazılım örnekleri bulunmaktadır. Bazı yazılımlar, hassas tarım uygulamaları, envanterler, ödeme planı için satış, planlama ve raporlama için tarlalarda tüm çiftlik yönetimine odaklanmakta ve çok amaçlıdır. Diğer yazılımlar, belirli hastalıkları veya zararlıları tahmin etmek, yalnızca sulama veya mera yönetimi gibi belirli uygulamalara ayrılmıştır. Tablo 1'in amacı, piyasada mevcut olan yazılım ve işlevlerindeki çeşitliliği göstermektir (Fountas ve ark., 2015).

Akıllı Tarımda Tasarrufa Etkili Teknolojiler

Akıllı tarımı mümkün kılan teknolojiler çok sayıda ve çeşitlidir. Bu teknolojiler geleneksel hassas tarım araçlarının yanı sıra henüz geliştirilmemiş hesaplamalı ve algılama araçlarını da içermektedir. Üretim verimliliği, birden fazla teknolojiyle (şu anda çoğunlukla bağımsız olarak değerlendirilen) ilişkili verilerin entegrasyonundan ve saha ekipmanı, ahır, ofis ve bulut arasında gerçek zamanlı veri/bilgi aktarımından elde edilebilmektedir. Yetersiz veri analitiği ve telematik (dijital bilgilerin uzun mesafeli aktarımı) şu anda bu teknolojilerin potansiyel faydalarını kısıtlamaktadır.

Günümüzde mevcut olan temel Akıllı araçlar arasında sensörler, kontrolörler ve hesaplamalı karar araçları gibi kesişen teknolojiler yer almaktadır. Sahaya özgü tarımsal girdi uygulamaları ve faaliyetler aynı zamanda coğrafi konum belirleme, iletişim (hücresel, geniş bant ve diğerleri), coğrafi bilgi sistemleri (GIS), verim monitörleri, hassas toprak örnekleme, yakın ve uzaktan algılama, insansız hava araçları, değişken oranlı gibi teknolojilerle de mümkün kılınmaktadır. Bu teknolojiler yanında otomatik yönlendirme, rehberlik ve robotik gibi teknolojilerde sahada daha fazla görülmektedir. Bitkisel üretimin yanında hayvancılığa özel teknolojiler arasında radyo frekansı ile tanımlama, otomatik sağım sistemleri ve elektronik yemleme sistemleri de yer almaktadır.

Akıllı tarımın içerdiği yeni nesil teknolojiler oldukça geniş bir yelpaze sunmaktadır. Bu yeni nesil araçlar teknolojiler, çiftçilere tarımsal operasyonlarını daha verimli, çevreye duyarlı sürdürülebilir ve ekonomik tarım yapma imkanı sağlamaktadır.

Akıllı Tarımda Kullanılan Başlıca Teknolojiler

1. **Yeni Nesil Sensör Teknolojileri:** İklim parametreleri ve toprak özelliklerine yönelik, elektriksel iletkenlik, nem, organik madde ve pH seviyeleri temassız olarak direk ölçen sensörler, çiftçilere daha bilinçli kararlar alma imkanı sunmaktadır. Bitki sağlığı ve gelişimini takip ederek sulama ve gübreleme gibi işlemleri optimize etmeye ve sulama kararlarını etkili kılmaya imkan vermektedirler.
2. **Yakın ve Uzaktan Algılama Teknolojileri:** Uydu ve drone tabanlı görüntüleme sistemleri, tarım arazilerini yüksek çözünürlüklü olarak izleme olanağı sağlamaktadır. Bu sayede hastalıklar, zararlılar veya su eksikliği gibi sorunlar önceden tespit edilebilir.
3. **Makine Öğrenmesi ve Yapay Zeka (YZ) Teknolojileri:** Nesnelerin interneti tabanlı veriler sayesinde veri analitiği yoluyla geliştirilen Yapay zeka algoritmaları, büyük veri setlerini analiz ederek çiftçilere geleceğe karar desteği sağlama ileriye dönük tahminlerde bulunma, optimizasyon yapma ve riskleri önceden görme ve erken önlem alma imkanı vermektedir.
4. **Otomasyon ve Robot Teknolojileri:** Tarımsal üretimin yapıldığı açık ve kapalı alanlar için robotlar, toprak işleme, ekim, sulama, hasat gibi birçok görevi yerine getirebilmektedir. Bu sayede, tekrarlanan zorlu işlemler kolayca yerine getirilirken insan gücünden de tasarruf sağlanarak çiftçinin verimliliği artmaktadır.
5. **Görüntü İşleme Teknolojileri:** Tarlalarda yabancı otların hızlı tespit ve teşhisi yapılabilmektedir. Yetiştirilen ürünlerin gelişimi ve sağlıklı büyüme durumları erken tespit edilerek hastalıkları tespit etmek mümkün olmakta özellikle bu amaçlarla kullanılan görüntü işleme sistemleri, saha denetimlerine kıyasla daha hızlı ve hassas sonuçlar elde etmeyi sağlamaktadır.

6. **Akıllı Sulama Yönetimine Yönelik Teknolojiler:** Tarımsal üretimde çiftçiler suyu ne zaman ve ne kadar kullanmaları gerektiği hususunda doğru kararlar alamamaktadırlar. Geleneksel sulama yöntemleri çiftçilere bu konuda bir destek sağlamamaktadır. Suyun etkin kullanımı ile ürün verimliliği artırmak için üreticiler akıllı sulama sistemlerini ve teknolojilerini entegre etmelidir. Geleneksel sulama sistemlerinde görülen sorunlar, yetersiz, zamansız ve aşırı su kullanımından dolayı su ve besin maddesi kayıpları, toprak tuzlanması ve dengesiz sulama nedeniyle verim kaybı olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıllı sulama yönetimi ri, işte bu problemlerin önüne geçmek, su kaynaklarını korumak, su kullanımını optimize etmek gibi bazı önemli tarımsal zorlukların aşılmasını sağlamaktadır. Bu sistemde sensörler ve otomatik kontrol sistemleri beraberindekarar destek yazılımları ile birlikte kullanılarak sulama işlemleri etkin bir şekilde yönetilmekte ve kullanılan su miktarı optimize edilmektedir. Bu sistemler sayesinde su tasarrufu yanında bitkilerin ihtiyacına göre su verilmesi ile ayrıca çiftçilere, üreticilere pazarın durumuna göre erken ya da geç pazara çıkışa imkanı tanınmaktadır. Bu sayede pazarda ürünün en iyi fiyatla satılması imkanı yaratılmış olur. Nesnelerin interneti ve sensör ağları gibi yeni nesil sulama teknolojileri, akıllı sulama sistemlerinin kullanımını pratikleştirmiş ve yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu entegre teknolojilerin akıllı kullanımı ile bitkilerin ihtiyaçlarına uygun suyun yönetimi gereksiz sulama ve su kayıplarının önüne geçmeyi sağlamaktadır. Sadece toprağı sulamak değil aynı zamanda bitkilerin büyüme süreçleri yakın ve uzaktan algılama teknolojileri ile izlenerek su ihtiyaçlarına göre sulama programları oluşturulabilmekte ve etkin kararlar verilebilmektedir. Bu sayede;

- Kurulan otomasyon ile iş gücü tasarrufu
- Sulamadaki insan kaynaklı hataların en aza indirilmesi
- Sulama zamanı, aralıkları ve verilecek optimum su miktarları ile verim artışının elde edilmesi
- Suyun yanında gübrenin optimum kullanımı yoluyla tasarruf sağlanması
- Toprak tuzlanması ve erozyon riskinin azaltılması mümkün olmaktadır.

Görüldüğü gibi akıllı sulama yönetimi ve bu yönetim altında eş zamanlı kullanılan teknolojiler sayesinde, üretim ve üretimde kullanılan kaynakların sürdürülebilirliğini artırmak, daha verimli kullanmak ve çiftçilere ekimden hasata kadar daha kontrollü bir üretim süreci sağlamak mümkün hale gelmektedir.

Bu yeni nesil teknolojilerin bir karar destek sistemiyle birlikte kullanılması, üreticilere daha etkin bir karar alma yeteneği kazandırmakta ve tarımın daha ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır.

Akıllı Tarım Teknolojilerinin Benimsenmesi, Tarım Sektöründe Gıda ve Su Tasarrufunda Önemli İlerlemelere Yol Açmıştır. Bu Yöndeki Bazı Önemli Etkiler Aşağıda Verilmiştir:

Hassas Sulama ve Su Yönetimi

Nesnelerin interneti (IoT) özellikli sensörler ve drone'lar gibi akıllı tarım teknolojileri, çiftçilerin toprak nem seviyelerini ve mahsulün su gereksinimlerini gerçek zamanlı olarak hassas bir şekilde izlemesini kolaylaştırmaktadır. Bu, sulama programlarını optimize etmelerine ve doğru miktarda suyu doğrudan bitkilerin köklerine vermelerine olanak tanıyarak suyun optimum kullanımı yoluyla israfın önemli ölçüde azaltılmasına yardımcı olurlar. Çiftçiler, sensörlerden, hava durumu tahminlerinden ve geçmiş verilerden elde edilen veriye dayalı bilgilerden yararlanarak su kullanımı hakkında bilinçli kararlar alabilir.

Belirli alanlara su dağıtımını hedefleyen, akışı ve buharlaşmayı en aza indiren damla sulama gibi stratejiler uygulayabilirler. Ayrıca akıllı teknolojiler, sulama sistemlerindeki sızıntıların ve su kayıplarının tespit edilmesini sağlayarak, zamanında onarım ve koruma çalışmalarını kolaylaştırmaktadır.

Mahsul İzleme ve Yönetimi

Akıllı tarım platformları, mahsulün sağlığını ve büyüme modellerini izlemek için uydu görüntülerini, drone'ları ve IoT cihazlarını kullanır. Çiftçiler, stresin, hastalıkların veya besin eksikliğinin erken belirtilerini tespit ederek sorunları anında çözmek için proaktif önlemler alabilir ve bu da su ve gübre gibi daha az girdiyle daha yüksek verim elde edilmesini sağlayabilir.

Veriye Dayalı Tarım Uygulamaları

Veri analitiği ve makine öğrenimi algoritmalarının entegrasyonu, çiftçilerin kaynak tahsisini ve mahsul planlamasını optimize etmesine olanak tanımaktadır. Geçmiş eğilimleri ve çevresel değişkenleri analiz ederek ekim programlarında ince ayar yapabilir, kuraklığa dayanıklı ürün çeşitlerini seçebilir ve sulama stratejilerini dinamik olarak ayarlayabilir, böylece su verimliliği artar ve israf azaltmak mümkün olabilmektedir.

Koruyucu Toprak İşleme

Akıllı tarım teknolojileri, toprak işlemez veya azaltılmış toprak işleme gibi koruyucu toprak işleme uygulamalarının benimsenmesini kolaylaştırır. Bu yöntemler toprak nemini korumaya, toprakların su tutmasını artırmaya ve erozyonu en aza indirmeye yardımcı olarak sonuçta sulama ihtiyacını azaltarak su kaynaklarını korumaktadır.

Uzaktan İzleme ve Kontrol

Mobil uygulamaların ve bulut tabanlı platformların yaygınlaşmasıyla çiftçiler sulama sistemlerini, pompaları ve diğer ekipmanları her yerden uzaktan izleyebilir ve kontrol edebilir. Bu yetenek, değişen koşullara anında yanıt vermelerini ve su kullanımını verimli bir şekilde optimize etmelerini sağlamaktadır.

Sürdürülebilir Tarım

Akıllı tarım teknolojileri, daha sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik ederek uzun vadeli çevre korumasına katkıda bulunur. Azalan su kullanımı yalnızca bu değerli kaynağı korumakla kalmaz, aynı zamanda tarımsal akıntılardan kaynaklanan su kirliliği riskini de en aza indirerek hem tarımsal hem de tarım dışı amaçlar için su kalitesini koruyucu yönde rol oynamaktadır.

Akıllı Tarımın Tarımsal Değer Zinciri Üzerinde Etkisi

Genel olarak, akıllı tarım teknolojilerinin tarım faaliyetlerine entegrasyonu, daha verimli kaynak yönetimi uygulamalarını teşvik ederek ve tarımın çevresel etkilerini azaltarak gıda ve su güvenliğini artırma konusunda büyük umut vaat etmektedir. Burada akıllı tarım, üreticilere etkin teknolojik araçlar ile bir dizi avantaj sunarak diğer geleneksel tarım metotlarından farklılaşmaktadır. Akıllı tarım teknolojileri, tarımsal değer zincirinin çeşitli yönlerinde iyileştirmeler sağlayarak gıda üretimi üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Bu avantajların ve etkilerin bazıları aşağıda sıralanmıştır:

Artan Verimlilik ve ürün kalitesi: Akıllı tarım teknolojileri nesnelerin interneti (IoT), sensörler, veri analizi ve yapay zeka kullanarak bitki ihtiyaçlarını daha iyi anlamaya yardımcı olurken ekim, sulama, gübreleme ve zararlı kontrolü gibi çeşitli tarımsal süreçleri optimize etmektedir. Çiftçiler, veri analitiğini, IoT sensörlerini ve otomasyonu kullanarak operasyonel verimliliği artırabilir ve bu da birim alan başına daha yüksek verim elde edilmesini sağlamaktadır. rn kalitesinde iyileştirme sağlayacak sensör destekli uzak ve yakın izleme ve kontrol, ürün verimi ve kalitesini artırarak daha pazara hitap eden standartlara uygun ürün elde edilmesini sağlamaktadır.

Masrafların Azalması: Akıllı tarım, 4D kuralı ile doğru yer kaynak, zaman ve miktarlarda tarımsal girdileri (gübre, kimyasal ilaç ve vb.) gibi girdilerin kullanımını optimize ederken çiftçilere maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Özellikle hassas tarım, su, gübre ve pestisit gibi girdilerin mahsullerin özel ihtiyaçlarına göre hassasiyetle uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Bu hedefe yönelik yaklaşımlar, israfı en aza indirir ve girdilerin etkinliğini en üst düzeye çıkararak üretkenliğin artmasına ve çevresel etkinin azalmasına neden olmaktadır.

Mahsul İzleme ve Yönetimi: Akıllı sensörler, drone'lar ve uydu görüntüleri mahsul sağlığı, büyümesi ve evre koşulları hakkında gerçek zamanlı bilgiler sağlar. Çiftçiler stresin, hastalıkların veya besin eksikliğinin erken belirtilerini tespit edip zamanında düzeltici önlemler alabilir, böylece ürün kayıplarını en aza indirebilir ve genel verimliliği artırabilmektedir.

Optimize Edilmiş Kaynak Yönetimi: Akıllı tarım teknolojilerinin kolaylaştırdığı veriye dayalı karar alma, çiftçilerin su, enerji ve arazi gibi kaynakların kullanımını optimize etmesine yardımcı olur. Çiftçiler, geçmiş verileri, hava tahminlerini ve toprak koşullarını analiz ederek ürün seçimi, ekim programları ve sulama stratejileri hakkında bilinçli seçimler yapabilir, böylece daha verimli kaynak tahsisi ve daha yüksek verim elde edilebilir.

Risklerin Azaltılması ve evre dostu tarım: Akıllı tarım teknolojileri, çiftçilerin olumsuz hava koşulları, zararlı böcekler ve hastalıklar gibi tarımla ilişkili çeşitli riskleri azaltmasına yardımcı olur. Erken uyarı sistemleri ve tahmine dayalı analitikler, çiftçilerin potansiyel tehditleri öngörmesine ve bunlara yanıt vermesine olanak tanır, böylece ürün kayıplarını en aza indirir ve daha istikrarlı bir gıda tedariki sağlar. Akıllı tarım, yeşil mutabakat kapsamında çevreye dost uygulamalardan kaynaklanan salınımları azaltıcı şekilde doğal kaynakları daha etkili bir şekilde kullanmayı hedeflemektedir. Üreticilere su ve enerji tasarrufu ile ekonomik ve çevreye daha duyarlı bir tarım yapma imkanı vermektedir. Akıllı tarım, geleneksel tarımın zor müdahale ettiği faktörleri ortadan kaldırarak, örneğin topraksız tarım gibi yeni ve etkili tarım faaliyetlerini ve buna benzer alternatif üretimi teşvik etmektedir.

Detaylı Kayıtlar ve Anlık Veriler: Veri odaklı tarıma geçişi mümkün kılan akıllı tarım yalaşımlarında kullanılan bilgi sistemleri, çiftçilere detaylı kayıtlar ve anlık veriler sağlamaktadır. Detaylı dijital kayıtlar veriye dayalı olarak üreticilerin karar alma süreçlerini destekler ve maliyet hesaplamalarını gerçekçi bir şekilde yapmayı sağlar. Akıllı tarım, sensörler ve izleme sistemleri aracılığıyla ürünün korunmasını ve takibini kolaylaştırmaktadır.

Yetiştirme Sezonlarının Uzatılması: Hidroponik, akuaponik ve dikey tarım gibi kontrollü evre tarımı (CEA) teknolojileri, dış hava koşullarından bağımsız olarak yıl boyunca taze meyve ve sebze üretimine olanak tanır. Akıllı tarım teknolojileri, iç mekanda en uygun yetiştirme koşullarını sağlayarak, yetiştirme sezonlarını uzatır ve genel gıda üretim kapasitesini artırmaktadır.

Küçük Çiftçilerin Güçlendirilmesi: Akıllı tarım teknolojileri, bilgiye, pazarlara ve finansal hizmetlere erişim sağlayarak küçük ölçekli çiftçileri güçlendirme potansiyeline sahiptir. Mobil uygulamalar, SMS tabanlı hizmetler ve dijital platformlar, küçük çiftçilerin piyasa fiyatlarına, hava durumu tahminlerine ve tarımsal tavsiyelere erişmelerini sağlayarak bilinçli kararlar almalarına ve üretkenliklerini ve gelirlerini artırmalarına yardımcı olmaktadır.

Genel olarak akıllı tarım teknolojileri, gıda üretiminin artırılmasında, gıda güvenliğinin iyileştirilmesinde ve sürdürülebilir kaynak ve tarım uygulamalarının teşvik edilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Çiftçiler, veri ve teknolojinin gücünden yararlanarak daha az kaynakla daha fazla gıda üretebilir ve aynı zamanda olumsuz çevresel etkileri en aza indirebilir. Bu avantajlar, çiftçilere ekonomik bir şekilde üretimlerini sürdürmeyi, verimli ve çevreye duyarlı bir tarım yöntemi yapabilmelerini iklim kaynaklı etkilere karşı daha sürdürülebilir imkanlar sunarak tarım sektöründe önemli bir dönüşüm sağlayabilmektedir.

Dünyada Akıllı Tarım Teknolojilerinin Kullanımının Gıda ve Su Tasarrufu Üzerine Ekonomik Etkileri

Ekonomik açıdan akıllı tarım teknolojileri, çeşitli tarımsal uygulamalarda, verim çıktıları ve girdi maliyeti tasarruflarını doğrudan etkileyen önemli faydalar göstermiştir. Spesifik olarak Kayıt ve haritalama teknolojilerinin kullanımı, farklı mahsullerde %9,7 ile %62,6 arasında değişen potansiyel bir verim artışı göstererek bunların mahsul üretim verimliliğini artırmadaki etkinliğini göstermiştir. Ayrıca, kontrollü tarla trafiği teknolojilerindeki ilerlemeler %70'e varan verim artışlarıyla ilişkilendirilmiştir ve bu da optimize edilmiş tarla operasyonlarının mahsul verimliliği üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir. Girdi maliyeti tasarrufu açısından değişken oranlı teknolojiler (DOT), gübre ve pestisit kullanımında önemli azalmalara yol açmıştır. Araştırmalar %59,6'ya kadar gübre tasarrufu ve %8 ila %80 arasında pestisit tasarrufu olduğunu bildirmektedir. Bu azalmalar çiftçilerin işletme maliyetlerini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda daha hedefli ve verimli kaynak kullanımına da katkıda bulunabilmektedir. Ek olarak, akıllı makineler ve otonom sistemlerin belirli görevlerde işçilik süresinde %97'ye kadar azalma ve optimize edilmiş makine kullanımı sayesinde %22,15 ila %49,14 arasında yakıt tasarrufu sağlamasıyla iş gücü ve yakıt tasarrufunu kolaylaştırdığı görülmektedir. ÇYBS'nin uygulanması, daha iyi karar alma ve kaynak tahsisi sağlayarak ekonomik verimliliği daha da artırmış, çeşitli vaka çalışmalarında su tüketiminde %60'a kadar ve gübre kullanımında %50-70 oranında azalmaya yol açmıştır. Bu sistemler tarımsal girdilerin stratejik yönetimini destekleyerek su, gübre ve pestisit kullanımını optimize ederek aşırı kullanımı azaltmakta ve maliyetleri en aza indirmektedir.

Değerlendirme ve Öneriler

Bugün dünyada yapılan gübre uygulamalarının %40'ı gereğinden fazla gübreleme ile yitirilmektedir. %15-20 arası yetersiz gübrelemeden dolayı verim kayıplarına yol açmaktadır. Hassas tarımla su tüketimi %50 azaltılabilmektedir (Türker, 2017). Hassas tarım uygulamalarıyla 2050 yılına kadar verimlerde %70 artışların olabileceği ön görülmektedir. İlaçlama ve tohum gibi girdiler içinde benzer şeyleri söyleyebiliriz. Bu nedenlerle hassas tarım günümüz tarımsal üretiminde stratejik hale gelmiştir. Doğru sentez için, çok sayıda veriye bakmak ve çiftçiler için karlılığı, verimi ve diğer faktörleri etkileyen çok sayıda faktörü analiz etmek gerekiyor, ve burada denklem gitgide daha zorlu hale gelmekte bu nedenle bu bilgilerle başa çıkma becerimiz kritik önem taşımaktadır.

Bu da teknolojinin sağlayabileceği bir unsurdur. Potansiyel faydalarla birlikte, hassas tarıma olan ilginin, artık kullanılan teknolojilerin daha da ilerletilmesi ve bunların yerel tarım sistemlerine tanıtılması için kurulan birçok araştırma merkezi ile dünyayı etkisi altına aldığı görülmektedir. Hassas tarım inovasyonu devam etmekte ve giderek daha fazla çiftlikler mevcut teknoloji ve uygulamaları benimsemektedir. Tarımda önemli etkiler yaratacak olan önemli bir gelişme alanı, yapay zekanın (YZ) kullanımı ve yaygınlaşması olacaktır. YZ, çiftçilerin düzenli olarak yapmaları gereken karmaşık kararları bir türlü kopyalayamayacak olsa da, bu kararları kolaylaştırmak için çok iyi bir şekilde kullanılabilir. Bugünün çiftçileri zengin veriye erişebiliyor. Bundan 5 yıl öncesinde 18 ay gibi bir sürede elde edilen veri miktarı günümüzde 2 ay gibi bir sürede elde edilebilmektedir. İşte burada YZ youyla bu yüksek miktardaki, veriyi kısa bir sürede analiz etme ve en iyi hareket tarzını önermek için kullanma yeteneği belirleyici olacaktır. . Bu devasa bilgi havuzu daha sonra ürünler için en uygun hasat zamanının tahmin edilmesi, zararlıların ve hastalığın ortaya çıkmasından önce meydana gelen hasatalıkların tahmin edilmesi ve hasattan önce verim rekolte tahminleri sunabilecek dolayısıyla saha içi envanter yönetimi daha etkin kılmakta kullanılabilir. .

Akıllı hassas tarımda en büyük getirinin ilaçlama ve gübrelemeden sağlanabileceği yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur. İlaçlamada % 90'lara varan tasarruflar yapılabilmektedir (Talepbour ve ark., 2015). Bu önemli miktarlarda tasarruf ve çevrenin en etkili korunması anlamına gelmektedir. Benzer şekilde değişken gübre uygulaması ve yönetimi, gübre tüketimini azaltırken verimi anlamlı şekilde artırma potansiyeline sahiptir. Günümüzde belirli tarla ürünlerinde gübre uygulama oranları, her bir çiftlikte neredeyse aynıdır. Akıllı hassas tarıma dayalı değişken gübre uygulamaları ile gübreden % 15-20 tasarruf ve % 4 verimde artışları gerçekçi görülmektedir (Revich, 2016). Bu gerçekçi rakamlar, akıllı tarımın geniş tabanlı olarak benimsenmesiyle küresel olarak çiftçilere 200 milyar \$ 'a kadar değer sağlayabileceğine işaret etmektedir. Bu rakamı Türkiye tarımına yansıtırsak % 2'lik bir yansımayla 4 milyar USD olarak bir değer ortaya çıkarmaktadır. Bu teknolojilerden bazıları hali hazırda prototip olarak yerli olarak üretilmekle birlikte makinalara yönelik proje bazlı çalışmalar devam etmektedir. Ancak genel anlamda bu teknolojileri yerli olarak üretme düzeyimiz henüz istenen seviyeye gelmiş değildir. Bu noktada bilgi ve iletişim teknolojileri firmaları ile tarıma dayalı sanayimiz iş birliğinde dışa bağımlılığı ortadan kaldıracak ve rakip ürünlerle rekabet edecek seviyede yerli üretim için, mevcut teknik bilgi ve beceri üzerine elektronik bileşenlerden oluşan donanım ve yazılım geliştirme çalışmalarına ağırlık verilmelidir. Sonuç olarak, hassas tarımda kullanılan tarım makineleri, ekipman ve teknoloji maliyetleri düştükçe, hassas tarım uygulamalarının daha fazla çiftçinin kullanımına açılacağı ve tarıma yapacağı katkılarının artacağı ön görülmektedir.

Kaynaklar / References

- Ampatzidis, Y., Partel, V. ve Costa, L. (2020). Agrovie: cloud-based application to process, analyze and visualize UAV-collected data for precision agriculture applications utilizing artificial intelligence. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105457.
- Anonymus/Anonim (2019). Farm to Fork Strategy - EC, 2019. Retrieved from <https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy>.
- Balafoutis, A., Bert, B., Fountas, S., Vangeyte, J. ve Soto, I. (2017). Precision Agriculture Technologies for a Sustainable Future: Current Trends and Perspectives. *Sustainability*, 9(8), 1339.
- Bongiovanni, R. J. ve Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Precision agriculture and sustainability. *Journal on Advances in Precision Agriculture*, 5, 359–387.
- Castro, W., Marcato, J. C., Polidoro, L. P., Osco, W., Gonçalves, L. R. ve Matsubara, E. (2020). Deep learning applied to phenotyping of biomass in forages with UAV-based RGB imagery. *Sensors* 20(17), 4802.
- Chamen, T. (2015). Controlled traffic farming—from worldwide research to adoption in Europe and its future prospects. *Acta Technologica Agriculturae*, 18(3), 64–73.
- Chen, Y. ve Li, C. (2020). Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: origin, theory and application. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122071.
- Cisternas, I., Velásquez, I., Caro, A. ve Rodríguez, A. (2020). Systematic literature review of implementations of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105626.
- Clapp, J. ve Ruder, S. L. (2020). Precision technologies for agriculture: digital farming, geneedited crops, and the politics of sustainability. *Global Environmental Politics*, 20(3), 49–69.
- Fabiani, S., Vanino, S., Napoli, R., Zajiček, A., Duffkov, R., Evangelou, E. ve Nino, P. (2020). Assessment of the economic and environmental sustainability of Variable Rate Technology (VRT) application in different wheat intensive European agricultural areas. A Water energy food nexus approach. *Environmental Science & Policy*, 114, 366–376.
- Fountas, S., Carli, G., Sørensen, C. G., Tsiropoulos, Z., Cavalaris, C., Vatsanidou, A. ve Tisserye, A. B. (2015). Farm management information systems: current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 115, 40–50.
- Fountas, S., Espejo-Garcia, B., Kasimati, A., Mylonas, N. ve Darra, N. (2020). The future of digital agriculture: technologies and opportunities. *IT Professional*, 22(1), 24–28.
- Hamza, M. A. ve Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, 82(2), 121–145.
- Kamilaris, A. ve Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90.
- Karunathilake, E. M., Le, A. T., Heo, S., Chung, Y. S. ve Mansoor, S. (2023). The path to smart farming: Innovations and opportunities in precision agriculture. *Agriculture*, 13(8), 1593.
- Lee, J. (2018). AgTech trends in 2019: Precision Agriculture, and Millennial Farmers. *G2 Crowd learning Hub*, 3.

- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S. ve Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674.
- Lin, P., Petway, J. R., Anthony, J., Mukhtar, H., Liao, S. W., Chou, C. F. ve Ho, Y. F. (2017). Blockchain: the evolutionary next step for ICT e-agriculture. *Environments*, 4(3), 50.
- Michels, M., Bonke, V. ve Musshoff, O. (2019). Musshoff, Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 9422–9434.
- Michels, M., Bonke, V. ve Musshoff, O. (2020). Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection. *Precision Agriculture*, 21, 1209–1226.
- Miller, N., Griffin, T. W., Bergtold, J., Sharda, A. ve Ciampitti, I. (2017). Adoption of precision agriculture technology bundles on kansas farms. Paper prepared for presentation at the *Southern Agricultural Economics Association (SAEA) Annual Meeting*. Mobile, Alabama, February, 4–7, 2017.
- Raj, E. F., Appadurai, M. ve Athiappan, K. (2022). Precision farming in modern agriculture. Smart Agriculture Automation Using Advanced Technologies: *Data Analytics and Machine Learning, Cloud Architecture, Automation and IoT, Springer, Technologies'e Singapore*, 2022, (s. 61–87).
- Revich, S. (2016). Profiles in innovation for precision agriculture. *Equity research report*. Goldman Sachs.
- Saiz-Rubio, V. F. ve Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 10(2), 207.
- Shaikh, T. A., Rasool, T. ve Lone, F. R. (2022). Towards leveraging the role of machine learning and artificial intelligence in precision agriculture and smart farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107119.
- Talepbour, B., Türker, U. ve Yegül, U. (2015). The Role of Precision Agriculture in the promotion of Food Security. *International Journal of Agricultural and Food Research-Science target*, 4(1), 1-23.
- Türker, U. (2021). Hassas tarım uygulamaları. B. Pakdemirli, H.Ö. Sivritepe, Z. Bayraktar, Z. Takmaz (Eds.), *Pandemi Sonrası Yeni Nesil Tarım* (s. 1-23) içinde. Son Çağ Akademi. 1. Baskı: Mart 2021. ISBN: 978-625-7333-72-6. Yayın No: 1086.
- Türker, U. (2017). Hassas Tarımın Verimlilik üzerine etkileri.6.Ulusal verimlilik Kongresi. 7 Aralık 2017, Ankara.
- Verdouw, C., Sundmaeker, H., Tekinerdogan, B., Conzon, D. ve Montanaro, T. (2019). Architecture framework of IoT-based food and farm systems: a multiple case study, *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104939.
- Wolfert, L. G., Verdouw, C. ve Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Ufuk TÜRKER | Ankara Üniversitesi | [uturker\[at\]agri.ankara.edu.tr](mailto:uturker[at]agri.ankara.edu.tr)
ORCID: 0000-0002-7527-7376**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünden 1988 yılında mezun oldu. 1992 yılında Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisansını tamamlamıştır. 1994 yılında İngiltere'nin Cranfield Üniversitesinde Hassas Tarım Teknolojileri konusunda Avrupa da ilk doktora tez konusunu almış ve 1998 yılında doktorasını İngiltere'de tamamlamıştır. 2005 ve 2007 yıllarında Belçika ve Almanya da biçerdöverlerde verim haritalama ve optik sensörlerle değişken oranlı gübre uygulamaları üzerine workshop ve eğitimlere katılmıştır. 2009 yılında Belçika'da ERANET-ICT-Agri kapsamında desteklenen Hassas Tarım projeleri değerlendirme komisyonunda yer almıştır. Hassas tarım konusunda gerek yurt içinde, gerekse yurtdışında birçok projede yer almıştır. Türker'in Ulusal ve uluslararası akademik dergilerde ve konferanslarda yayınlanmış çok sayıda makaleleri ve araştırmaları bulunmaktadır. Hassas tarım alanında, 2019 yılında Türk Patent Enstitüsünden alınmış bir adet patenti bulunmaktadır. Türker 2019 ve 2021 yılları arası FAO'nun Türkiye için E-Tarım stratejisi geliştirme projesinde ülke danışmanı 2021 ve 2022 yılları arası Dünya bankası projelerinde yer almıştır.

**Prof. Dr. Ufuk TÜRKER | Ankara University | [uturker\[at\]agri.ankara.edu.tr](mailto:uturker[at]agri.ankara.edu.tr)
ORCID: 0000-0002-7527-7376**

He graduated from Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering in 1988. He completed his master's degree at Ankara University, Institute of Science and Technology in 1992. In 1994, he received the first doctoral thesis topic in Europe on Precision Agriculture Technologies at Cranfield University, England, and completed his doctorate in England in 1998. He attended workshops and trainings on yield mapping from combine harvester and variable rate fertilizer applications with optical sensors between 2005 and 2007 in Belgium and Germany. In 2009, he took part in the evaluation commission of Precision Agriculture projects supported within the scope of ERANET-ICT-Agri in Belgium. He has taken part in many projects on precision agriculture both at home and abroad. Türker has many articles and research published in national and international academic journals and conferences. He has one patent in the field of precision agriculture, which was obtained from the Turkish Patent Institute in 2019. Türker was a country consultant in FAO's E-Agriculture strategy development project for Türkiye between 2019 and 2021. He took part in World Bank projects between 2021 and 2022.

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE
ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASINDA
İNOVATİF ÇÖZÜMLER**

**INOVATIVE SOLUTIONS TO
REDUCE CLIMATE CHANGE AND
ENVIRONMENTAL POLLUTION**

Mehmet Emin AYDIN

Senar AYDIN

Atıf Künyesi: Aydın, M. E. ve Aydın, S. (2024). İklim Değişikliği ve Çevre Kirliliğinin Azaltılmasında İnovatif Çözümler. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafi* (s. 123-158) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASINDA İNOVATİF ÇÖZÜMLER

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN

TÜBA Asli Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi

Prof. Dr. Senar AYDIN

TÜBA Genç Akademi Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi

Özet

İklim değişikliği ve çevre kirliliği, günümüzde insanlığın karşı karşıya olduğu en önemli çevre sorunlarından biridir. Bu iki olgu, ekosistemler, insan sağlığı ve küresel ekonomi üzerinde derin ve kalıcı etkiler oluşturmaktadır. Sera gazlarının atmosferde birikmesiyle meydana gelen iklim değişikliği ile oluşan küresel ısınma sonucunda, dünya genelinde hava olaylarında ve iklim de büyük değişikliklere neden olmaktadır. Yükselen küresel sıcaklıklar, aşırı hava olayları ve kötüleşen hava ve su kalitesi, insan sağlığı, biyolojik çeşitlilik ve ekonomik istikrar için önemli riskler oluşturmaktadır. Çevre kirliliği, hava, su ve toprağın zararlı maddelerle kirlenmesi sonucu ortaya çıkan olumsuz etkiler bütünüdür. Bu makalede, iklim değişikliği, iklim değişikliğinin etkileri ve iklim değişikliğine dair kanıt ve modeller, çevre kirliliği ve iklim değişikliği arasındaki ilişki ele alınmıştır. Yenilenebilir enerji ve bu alandaki teknolojik yenilikler, karbon yakalama ve depolama teknolojileri, yeşil bina teknolojileri, ulaşımda yenilikler, sürdürülebilir tarım, sanayi uygulamaları, arazi kullanımı, atık yönetimi ve geri dönüşüm teknolojileri, kirlilik kontrol teknolojileri, çevre dostu politikalar ve uluslararası anlaşmalar kapsamında iklim değişikliğini ve çevre kirliliğini azaltmaya yönelik stratejilere ilişkin bir genel değerlendirme yapılmıştır. İklim değişikliği ve çevre kirliliğinin ele alınması, teknolojik yenilik, politika desteği ve toplumsal katılımı birleştiren bir yaklaşım gerektirmektedir. Sera gazı emisyonlarını ve çevre kirliliğini inovatif çözümlerle azaltmak, iklim değişikliğini hafifletecek, hava, su ve toprak kalitesini iyileştirecek ve ekosistemleri koruyacaktır. Bu çevresel faydalar halk sağlığına, biyolojik çeşitliliğin korunmasına ve iklim dayanıklılığına katkıda bulunacaktır. Daha temiz teknolojilere ve uygulamalara geçiş, ilk maliyetler içerse de uzun vadede ekonomik bakımdan da faydalar sağlayacaktır. Ülkeler bu stratejileri benimseyerek iklim değişikliğini ve etkilerini azaltacak, halk sağlığını iyileştirecek ve ekonomik büyümeyi teşvik ederek herkes için daha sürdürülebilir ve dayanıklı bir gelecek oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler

Çevre Kirliliği, İklim Değişikliği, Küresel Isınma, İnovatif Çözümler

INNOVATIVE SOLUTIONS TO REDUCE CLIMATE CHANGE AND ENVIRONMENTAL POLLUTION

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN

TÜBA Principle Member, Necmettin Erbakan University

Prof. Dr. Senar AYDIN

TÜBA Young Academy Member, Necmettin Erbakan University

Abstract

Climate change and environmental pollution are the most serious environmental problems facing humanity today. These two phenomena have profound and lasting effects on ecosystems, human health and the global economy. Climate change, as a result of global warming due to the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere, is causing major changes in weather and climate patterns around the world. Rising global temperatures, extreme weather events and deteriorating air and water quality pose significant risks to human health, biodiversity and economic stability. On the other hand, environmental pollution is the adverse effects resulting from the contamination of air, water and soil with harmful substances. This article discusses climate change, the effects of climate change and evidence and models on climate change, the relationship between environmental pollution and climate change. A comprehensive general assessment has been made regarding renewable energy and technological innovations in these areas, carbon capture and storage technologies, green building technologies, transportation innovations, sustainable agriculture, industrial practices, and land use, waste management and recycling technologies, pollution control technologies, environmentally friendly policies and various strategies to reduce climate change and environmental pollution within the scope of international agreements. Addressing climate change and pollution requires a comprehensive approach that combines technological innovation, policy support, and community engagement. Reducing greenhouse gas emissions and pollution through innovative solutions can mitigate climate change, improve air, water, and soil quality, and protect ecosystems. These environmental benefits contribute to public health, biodiversity conservation, and climate resilience. While the transition to cleaner technologies and practices involves upfront costs, it will also yield long-term economic benefits. By adopting these strategies, countries can mitigate climate change, improve public health, and spur economic growth, creating a more sustainable and resilient future for all.

Keywords

Environmental Pollution, Climate Change, Global Warming, Innovative Solutions

Giriş

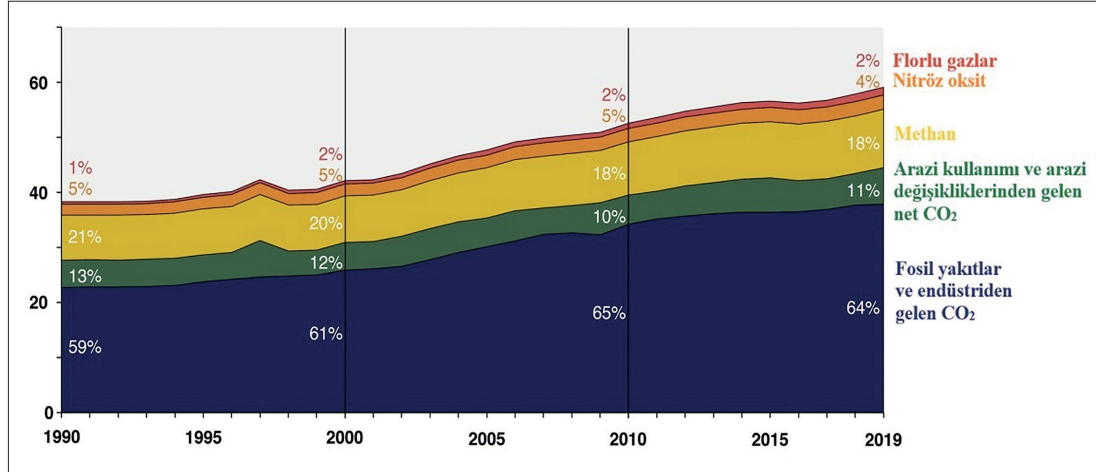
İklim değişikliği ve çevre kirliliği, ekosistemler, insan sağlığı ve küresel ekonomi için önemli tehditler oluşturmaktadır. Geçtiğimiz yüzyıldaki hızlı sanayileşme ve kentleşme, sera gazı emisyonlarının artmasına büyük ölçüde katkıda bulunmuş ve küresel ısınmaya ve ciddi çevresel bozulmaya yol açmıştır. Öncelikle fosil yakıt yakma ve ormansızlaşma gibi insan faaliyetleri nedeniyle atmosferdeki sera gazlarının artan konsantrasyonu, küresel sıcaklıklarda artışa yol açarak şiddetli hava olaylarına, deniz seviyesinin yükselmesine ve biyolojik çeşitlilik kaybına neden olmuştur. Aynı zamanda, hava, su ve toprak kirliliğiyle kendini gösteren çevre kirliliği, halk sağlığı ve ekosistemler için önemli bir tehdit oluşturmaktadır (IPCC, 2021). 1900 yılından bu yana yaşanan küresel değişimler dünya nüfusunun beş kat artmasına, su çekiminin altı kat artmasına, tarım alanlarının iki katına çıkmasına, mera alanlarının yaklaşık %75 azalmasına, tropik ormanların kapladığı alanların yaklaşık %25 azalmasına, barajlar tarafından karalardan gelen akışın %40'nın tutulmasına neden olmuştur. Gerçekler ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine bakılacak olursa bugün bir milyar çiftçi fakirlik sınıfındadır. Bir milyar insan ise açlık sınırında yaşamakta, elektriğe ve temiz içme suyuna erişememekte ve uygun olmayan şartlarda yaşamakta veya evsizdir. İki milyar kişi yetersiz beslenme problemi yaşamakta ve yeterli sanitasyona sahip değildir. İnsanlığın en az üçte biri kalkınmanın nimetlerinden faydalanamamaktadır. Bu sorunların ele alınması konusundaki aciliyet iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek için sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve çevre kirliliğini en aza indirmeyi amaçlayan yenilikçi çözümlerin geliştirilmesini gerektirmiştir. Bu çalışmada iklim değişikliği ve çevre kirliliğinin azaltılmasına yönelik yenilenebilir enerji çözümleri, sürdürülebilir tarım uygulamaları, yeşil teknolojiler ve destekleyici politika çerçeveleri incelenerek, daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir geleceğe yol açabilecek stratejilere ilişkin inovatif çözümler sunulmaktadır.

İklim Değişikliği

İklim değişikliği, belirli bir bölgenin veya dünya genelinin uzun vadeli hava durumu (sıcaklık, yağış, rüzgâr) ve iklim desenlerindeki değişiklikleri ifade eder. Bu değişiklikler, doğal süreçler veya insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkabilir. Ancak, son yüzyılda gözlemlenen hızlı iklim değişikliği büyük ölçüde insan faaliyetlerine, özellikle fosil yakıtların yakılması ve ormansızlaşma gibi süreçlere bağlanmaktadır. Bu faaliyetler, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarının artmasına neden olarak küresel ısınmayı tetiklemektedir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), küresel ortalama sıcaklığın, öncelikle antropojenik sera gazı emisyonları nedeniyle sanayi öncesi dönemden bu yana yaklaşık 1.1 °C arttığını bildirmektedir (IPCC, 2021). Tarım ve kentsel gelişim için ormanların yok edilmesi gibi faaliyetler de Dünya'nın karbondioksiti (CO₂) tutma kapasitesini azaltmaktadır.

Sera gazları, atmosferde ısıyı tutarak dünyanın yüzeyinin ısınmasına neden olan gazlardır. En yaygın sera gazları arasında karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azot oksitler (N₂O) ve florlu gazlar bulunur. Küresel antropojenik sera gazı emisyonları Şekil 1'de verilmiştir. Bu gazlar, güneşten gelen kısa dalga radyasyonu geçirirken, yeryüzünden yayılan uzun dalga radyasyonu hapseder ve böylece atmosferin ısınmasına yol açar. Bu olgu, sera etkisi olarak bilinir. Küresel ısınma, sera gazlarının atmosferde birikmesiyle dünya yüzey sıcaklıklarının artması anlamına gelir. Sanayi Devrimi'nden bu yana, fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğalgaz) yoğun bir şekilde kullanılması, atmosfere büyük miktarda CO₂ salınmasına neden olmuştur. Bu durum, dünyanın ortalama yüzey sıcaklığında nispi bir artışa yol açmıştır. Endüstriyel işlemlerde gerçekleştirilen üretim ve kimyasal işlemler sera gazları da dahil olmak üzere çeşitli kirleticiler yayar (GCP, 2023).

Şekil 1

Küresel Net Antropojenik Sera Gazı Emisyonları (Gt CO₂-e)

İklim Değişikliğinin Etkileri

İklim değişikliği, dünyanın çeşitli bölgelerinde farklı şekillerde hissedilmektedir. İklim değişikliği biyolojik çeşitlilik kaybına neden olmaktadır. Değişen iklim bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanlarını değiştirir, tür göçüne, uyum zorluklarına ve bazı türlerin neslinin tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalmasına neden olur. Özellikle kutup bölgelerinde buzulların erimesi, bu bölgelerde yaşayan türlerin habitatlarının kaybolmasına yol açmaktadır. Ayrıca, eriyen buzullar deniz seviyesinin yükselmesine katkıda bulunarak kıyı topluluklarını ve ekosistemleri tehdit etmektedir. Deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı bölgelerinde yaşayan milyonlarca insanın yerinden olma riskini artırmakta ve tuzlu suyun içme suyu kaynaklarına karışmasına neden olmaktadır. Küresel ısınma, aşırı hava olaylarının sıklığını ve şiddetini artırmaktadır. Örneğin, daha yoğun ve sık görülen sıcak hava dalgaları, orman yangınları, kasırgalar ve seller, iklim değişikliğinin doğrudan sonuçları arasında yer almaktadır. Bu olaylar hem doğal çevreyi hem de insan topluluklarını ciddi şekilde etkilemektedir (IPCC, 2022).

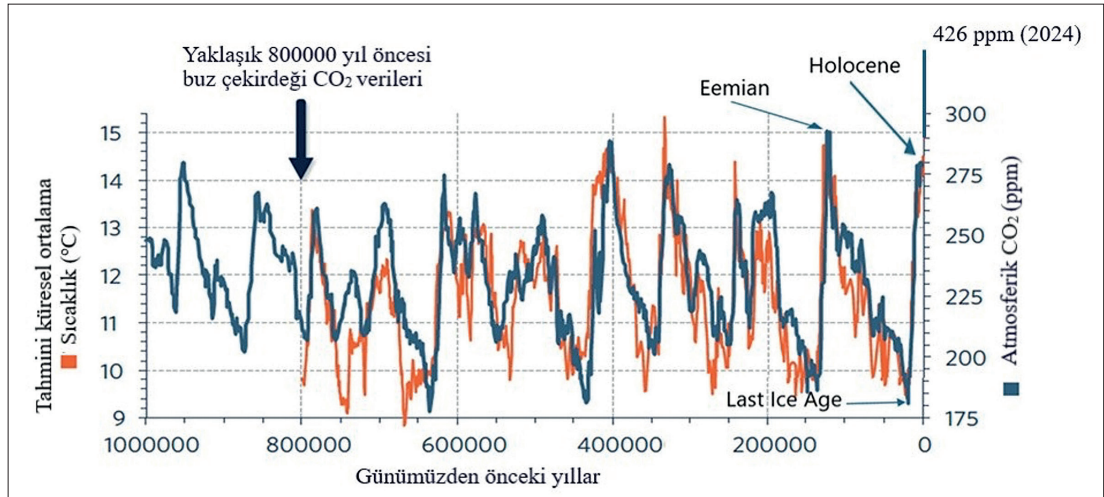
İklim Değişikliğine Dair Bilimsel Kanıtlar ve Modeller

İklim değişikliği çalışmaları, Jean-Baptiste Fourier ve Svante Arrhenius gibi bilim insanlarının Dünya'nın enerji dengesini ve CO₂'nin atmosferik ısınmadaki rolünü keşfetmeye başladığı 19. yüzyılın başlarına dayanır. İklim değişikliği doğal bir olgu olsa da 20. yüzyılın sonlarında, teknoloji ve veri toplama yöntemlerindeki gelişmeler ile elde edilen bilimsel kanıtlar iklim dinamikleri hakkındaki anlayışı önemli ölçüde geliştirmiştir ve insan faaliyetlerinin son yüzyılda gözlemlenen hızlı değişikliklerin birincil sebebi olduğunu ortaya koymuştur. İklim değişikliğinin göstergeleri sıcaklık değişiklikleri, deniz seviyesinin yükselmesi, okyanus asitlenmesi, aşırı hava olayları olarak sıralanabilir. İklim değişikliğinin doğrudan göstergelerinden biri küresel yüzey sıcaklıklarındaki artıştır. IPCC'ye göre, küresel ortalama sıcaklık 19. yüzyılın sonlarından bu yana yaklaşık 1.1 °C artmış olup, ısınmanın çoğu son 35 yılda gerçekleşmiştir (IPCC, 2021).

Şekil 2’de, geçmiş 800.000 yıldaki CO₂ ve sıcaklık değişimlerini gösteren grafik verilmiştir. Bu şekil Dünya’nın iklim geçmişini ve sera gazı konsantrasyonları ile küresel sıcaklıklar arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu kayıtlar, iklim sisteminin doğal değişkenliğini ve sera gazları ile küresel sıcaklıklar arasındaki ilişkiyi anlamak için çok önemlidir. Şekil 2’de hem CO₂ konsantrasyonlarında hem de sıcaklıkta buzul ve buzul arası dönemlerdeki döngüsel dalgalanmalar görülmektedir. Yaklaşık olarak her 100,000 yılda bir gerçekleşen bu döngüler, büyük ölçüde Milankovitch döngüleri olarak bilinen Dünya yörüngesindeki ve eksenel eğimindeki değişikliklerden kaynaklandığı kabul edilmektedir. CO₂ seviyeleri ile küresel sıcaklıklar arasında güçlü bir korelasyon vardır. Yüksek CO₂ konsantrasyonlarının olduğu dönemler daha sıcak buzul arası dönemlere karşılık gelirken, düşük CO₂ seviyeleri daha soğuk buzul dönemleriyle ilişkilidir. Bu korelasyon, artan CO₂ seviyelerinin atmosferde daha fazla ısıyı hapsederek küresel ısınmaya yol açtığı sera etkisini göstermektedir. Geçtiğimiz 800,000 yılın çoğunda, CO₂ konsantrasyonları 180 ppm (buzul dönemlerinde) ile 280 ppm (buzullar arası dönemlerde) arasında değişmiştir. Bu seviyeler, insan faaliyetlerinin CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde artırmaya başladığı Sanayi Devrimi’ne kadar aynı aralıkta kalmıştır. Sanayi sonrası dönemde, 19. yüzyılın sonlarından bu yana, atmosferik CO₂ seviyeleri fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma ve diğer antropojenik faaliyetler nedeniyle önemli ölçüde artmıştır. Mevcut CO₂ seviyeleri, son 800,000 yılda gözlemlenen doğal aralığı çok aşarak 410 ppm’i aşmıştır (Petit ve ark., 1999).

Şekil 2

Geçmiş 800,000 Yılda CO₂ ve Sıcaklık Değişimi

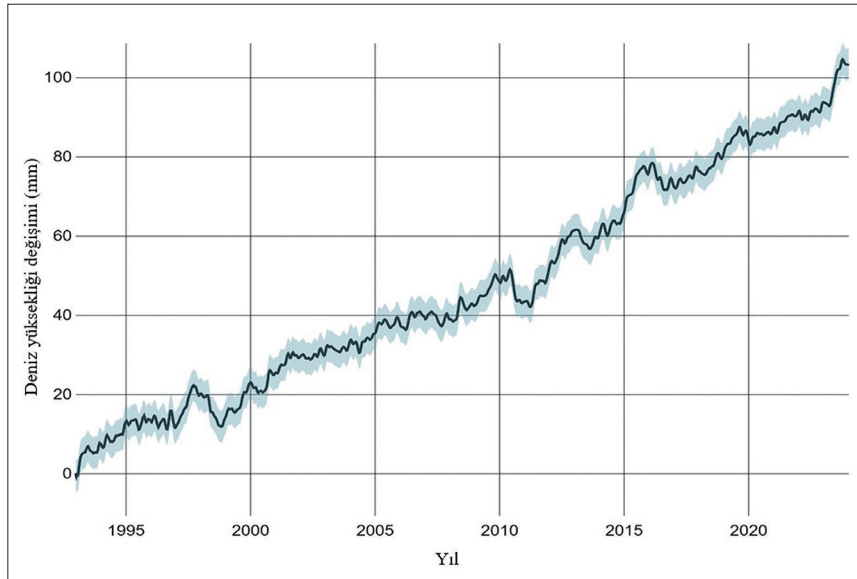


Yükselen deniz seviyeleri, iklim değişikliğinin bir diğer kritik göstergesidir. Bu artış, öncelikle deniz suyunun ısındıkça termal genişlemesi ve buzulların erimesinden kaynaklanmaktadır. IPCC, küresel ortalama deniz seviyesinin 20. yüzyılın başından bu yana yaklaşık 20 cm arttığını bildirmektedir. Okyanusların fazla atmosferik CO₂'i tutması, özellikle mercanlar ve yumuşakçalar gibi kalsiyum karbonat kabuklu veya iskeletli organizmalar olmak üzere deniz yaşamını olumsuz etkileyen okyanus asitlenmesine yol açmaktadır. Okyanus asitlenmesi, sanayi öncesi dönemden bu yana yüzey okyanus pH'ının 0.1 birim azaldığı devam eden bir süreçtir.

İklim değişikliğinin, sıcak hava dalgaları, kasırgalar, kuraklıklar ve yoğun yağışlar dahil olmak üzere aşırı hava olaylarının sıklığını ve yoğunluğunu artırdığına dair kanıtlar bulunmaktadır. Bu olaylar ekosistemler, insan sağlığı ve altyapı için önemli riskler oluşturmaktadır. Şekil 3’de uydular tarafından gözlemlenen 1993’ten bu yana küresel deniz seviyesindeki değişim gösterilmektedir. Deniz seviyesindeki artış, esas olarak küresel ısınmayla ilgili eriyen buzullardan gelen su ve ısındıkça deniz suyunun genişlemesi sebebiyle oluşmaktadır (NASA, 2024).

Şekil 3

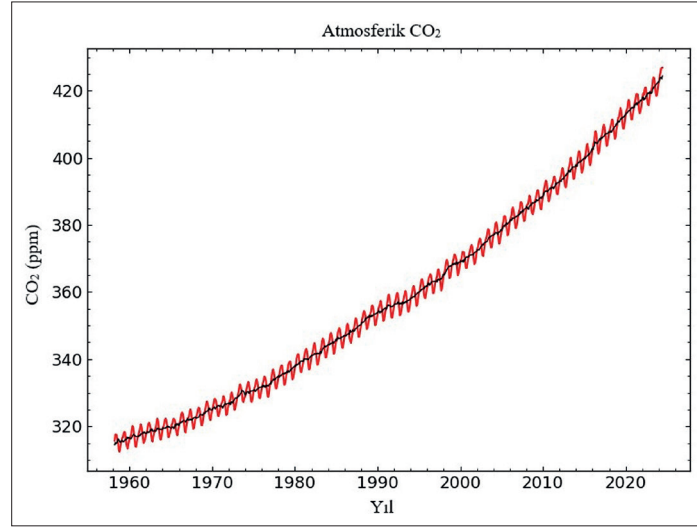
1993 Yılından Bu Yana Deniz Seviyesindeki Değişim



Atmosferik CO₂ konsantrasyonları, yüzey sıcaklık kayıtları ve buz çekirdeği ölçümleri de iklim değişikliğinin diğer göstergeleridir. Atmosferik CO₂ konsantrasyonlarının doğrudan ölçümleri 1950’lerin sonlarından beri, özellikle Hawaii’deki Mauna Loa Gözlemevi’nde gerçekleştirilmektedir. Bu ölçümler, CO₂ seviyelerinin 1958’de yaklaşık 315 ppm iken günümüzde 420 ppm’nin üzerine çıkmasıyla belirgin bir artış eğilimi göstermektedir. Yüzey sıcaklığı kayıtları hava istasyonlarından, uydu gözlemlerinden ve okyanus şamandıralarından elde edilmektedir. Bu veriler, küresel ortalama sıcaklıklardaki artışı doğrulayan, geçen yüzyıldan bu yana tutarlı bir ısınma eğilimi göstermektedir. Kutuplardaki buz tabakalarından alınmış buz çekirdekleri, geçmiş atmosferik bileşim ve iklim koşulları hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Buz çekirdeklerindeki sıkışmış hava kabarcıkları analiz edilerek, yüz binlerce yıl boyunca CO₂ seviyeleri ve sıcaklık değişimleri belirlenebilmektedir. Şekil 4’de Mauna Loa Gözlem istasyonu aylık ortalama CO₂ değerleri görülmektedir. Mart 1958’de C. David Keeling tarafından Mauna Loa Gözlem istasyonunda CO₂ ölçümleri başlatılmıştır. Mauna Loa verileri kuzey subtropiklerde 3,400 m yükseklikte ölçülmektedir (Keeling, 1976). Nisan 2024’de Mauna Loa gözlem istasyonu CO₂ seviyesi 426 ppm’dir.

Şekil 4

Mauna Loa Gözlem İstasyonu Aylık Ortalama CO₂ Değerleri

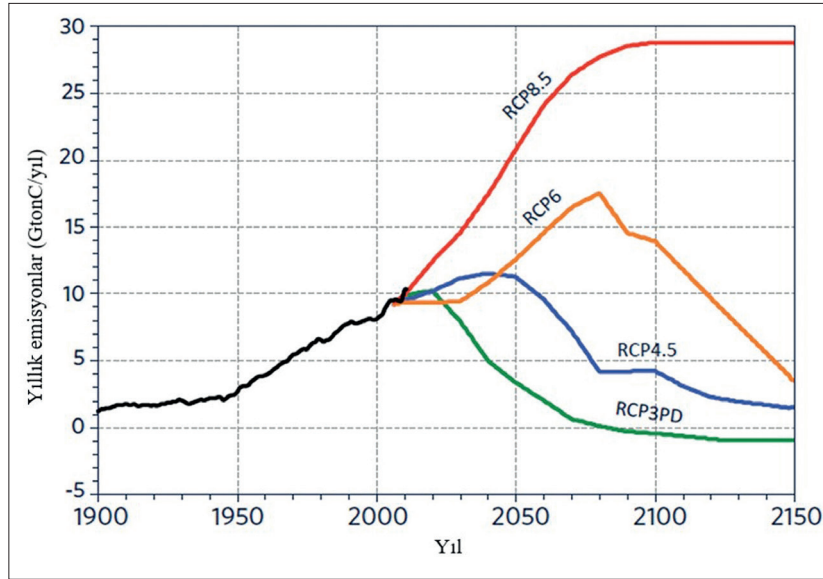


Ağaç halkaları, sediment çekirdekleri, polen analizleri iklim geçmişi ile ilgili gösterge veriler sunmaktadır. Ağaç halkalarının incelenmesi olan dendrokronoloji, geçmiş iklim koşullarına ilişkin fikirler sağlamaktadır. Ağaç halkası genişliği ve yoğunluğu çevresel koşullara göre değişir ve yüzyıllar boyunca sıcaklık ve yağış tahminlerinin yapılmasını mümkün kılar. Göllerden, okyanuslardan ve diğer su kütlelerinden çıkarılan sediment çekirdekleri, tarihi iklim koşullarını yansıtan birikmiş malzeme katmanlarından oluşur. Bu katmanların bileşimi ve özellikleri analiz edilerek geçmiş iklim değişiklikleri yeniden yapılandırılabilir ve diğer veri kaynaklarıyla ilişkilendirilebilir. Sediment katmanlarında korunan polen taneleri, geçmiş bitki örtüsü ve iklim koşulları hakkında bilgi sağlamaktadır. Polen türleri ve bolluğu incelenerek sıcaklık ve yağış modellerinin yanı sıra ekosistem bileşimindeki değişiklikler çıkarılabilmektedir.

Küresel iklim modelleri, bölgesel iklim modelleri ve dünya sistemi modelleri iklim değişikliğini tahmin etmek için kullanılan modellerdir. Küresel iklim modelleri Dünya'nın iklim sistemini simüle eden karmaşık matematiksel modellerdir. Gelecekteki iklim değişikliklerini tahmin etmek için atmosferik dinamikler, okyanus sirkülasyonu ve kara yüzeyi etkileşimleri dahil olmak üzere çeşitli fiziksel süreçleri içermektedirler. Bu modeller farklı sera gazı emisyon senaryoları altında sıcaklık artışlarını, deniz seviyesindeki artışı ve yağış desenlerindeki değişiklikleri tahmin etmede kullanılmaktadır. Bölgesel iklim modelleri belirli bölgeler için daha yüksek çözünürlüklü simülasyonlar sunarak yerel ölçekte iklim etkilerinin daha ayrıntılı projeksiyonlarını sağlamaktadır. Bölgesel iklim modelleri iklim değişikliğinin belirli alanlar üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek ve bölgesel adaptasyon stratejilerini belirlemek için önemlidir. Dünya sistem modellerine iklim sistemi ve ekosistemler arasındaki etkileşimleri anlamak için karbon ve azot döngüleri gibi biyojeokimyasal döngüler dahil edilerek küresel iklim modelleri genişletilmiştir. Dünya sistemi modelleri karbon depolarındaki değişiklikleri, geri bildirim mekanizmalarını ve Dünya sisteminin iklim değişikliğine genel tepkisini tahmin etmeye yardımcı olmaktadır.

Temsili konsantrasyon senaryoları (Representative Concentration Pathways, RCP) IPCC'nin 2014'teki Beşinci Değerlendirme Raporunda (AR5) yer alan sera gazı konsantrasyon yörüngeleridir. Farklı sera gazı emisyonu seviyelerinin küresel sıcaklık ve iklim sistemleri üzerindeki etkisini modellemek ve tahmin etmek için kullanılmaktadır. Her biri 2100 yılına kadar farklı sera gazı konsantrasyon yörüngelerini ve ısınımsal zorlama seviyelerini temsil eden dört ana RCP senaryosu verilmektedir (Şekil 5). Bunlar: RCP3 düşük sera gazı emisyonlarına ve 2100'den önce ısınımsal zorlamada 3 W/m²'lik bir zirveye yol açan önemli azaltma çabalarını ve ardından bir düşüşü varsaymaktadır. RCP4.5 bir dizi iklim politikası ve teknolojinin uygulanması yoluyla, 2100 yılına kadar ısınımsal zorlamanın 4.5 W/m²'de sabitlenmesini varsayar. RCP6.0 2100 yılına kadar ısınımsal zorlamanın 6.0 W/m²'de sabitleneceğini ve emisyonların yüzyılın ortalarında zirve yapacağını tahmin edildiği senaryodur. RCP8.5 2100 yılına kadar radyasyon zorlamasının 8.5 W/m²'ye ulaşacağı ve yüzyıl boyunca artmaya devam edeceği herhangi bir önlem alınmadığı durumu ve yüksek bir sera gazı emisyon yörüngesini temsil etmektedir (IPCC, 2014).

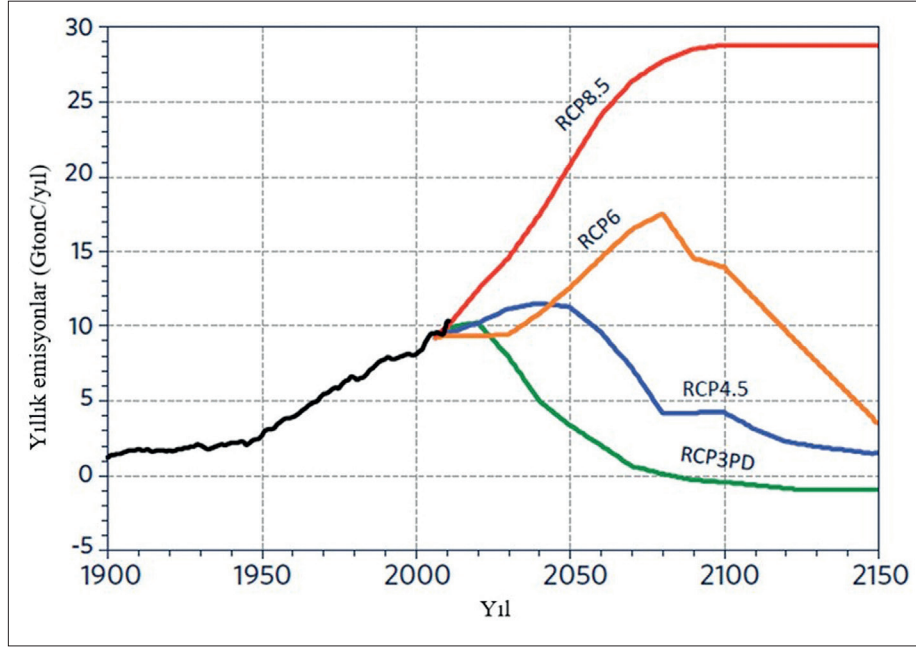
Şekil 5
IPCC RCP Senaryoları



Şekil 6'da RCP Senaryolarına göre tahmin edilen yıllık emisyon değerleri görülmektedir. RCP 8.5, her yıl emisyon artışının devam ettiği ve 2100'den sonra da atmosfere verilen 30 GtonC'un devam etmesi durumudur. Önümüzdeki birkaç yüz yıl boyunca CO₂ emisyonunun yükselmeye devam ettiği, emisyon azaltımının yapılmadığı durumu temsil eden senaryoyu göstermektedir. RCP 6, senaryosu takip edilirse 2100'den sonra atmosferdeki CO₂ seviyesinin 700 ppm'i geçeceği tahmin edilmektedir. RCP 4.5 senaryosu için, 2100'den sonra atmosferdeki CO₂ yaklaşık 540 ppm seviyesinde stabilize olur. Bu sanayi öncesi dönem atmosferdeki CO₂ seviyesinin yaklaşık iki katıdır. RCP 3-PD senaryosuna uyulursa CO₂'nin yakın gelecekte düşmeye başlaması ve emisyonların 2100'e kadar sıfır olması beklenmektedir (IPCC, 2014).

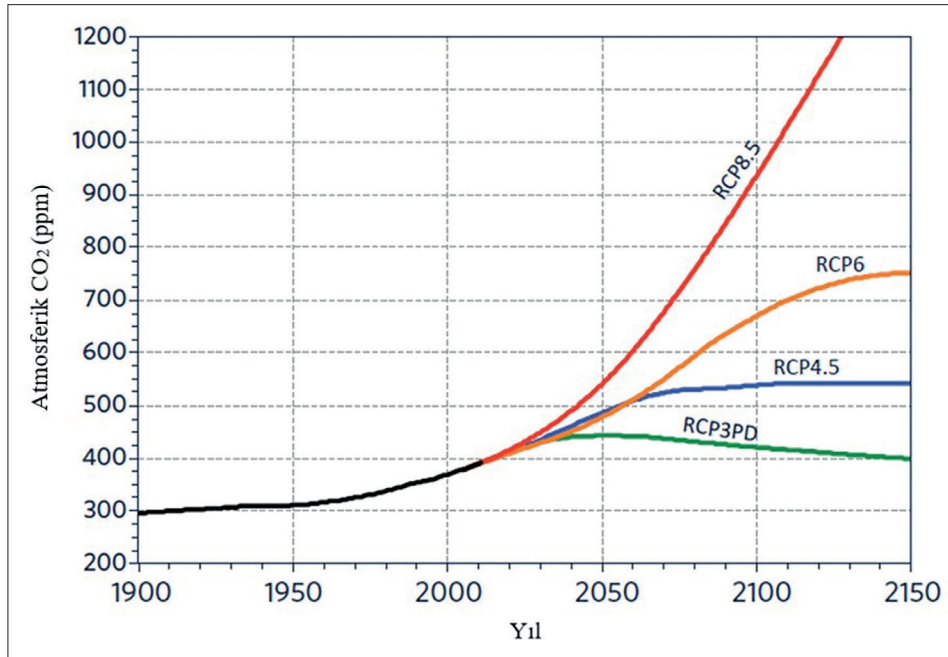
Şekil 6

RCP Senaryolarına Göre Tahmini Yıllık Emisyon Değerleri



Şekil 7

RCP Senaryolarına Göre Tahmini Atmosfer CO₂ Seviyeleri

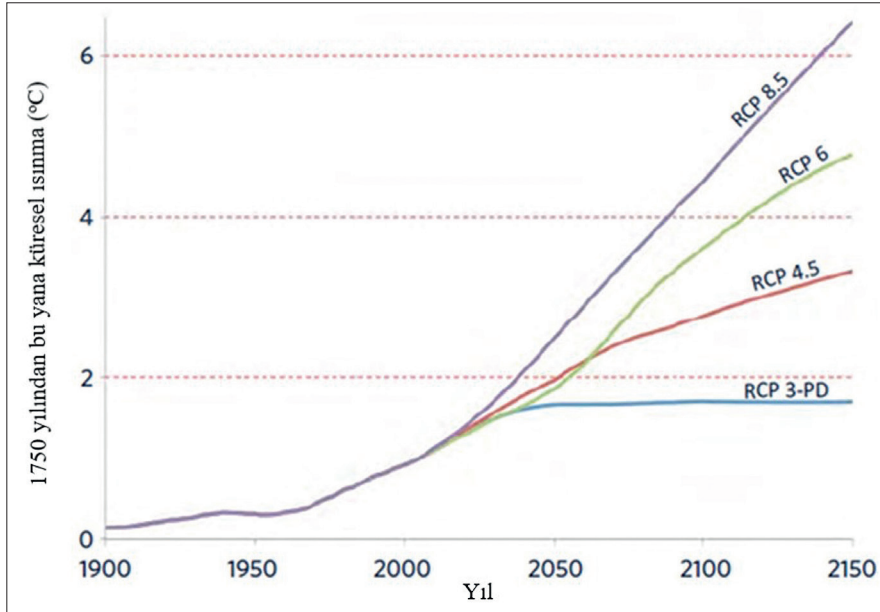


RCP 8.5 senaryosunda, (önlem alınmadığı durum) CO₂ seviyesi 2100 de 950 ppm olur. Küresel sıcaklık 4-6 °C yükselir. Daha güçlü emisyon azaltmaya gidilmezse, 2100'e kadar CO₂ Sanayi öncesi seviyenin üç katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Stabilizasyon senaryolarına göre atmosferik CO₂ seviyesini sanayi öncesi seviyenin iki katının altında tutmak için, emisyonların önümüzdeki yıllar içinde bir pik seviyeye getirilmesi ve 2050'ye kadar 1990 seviyelerinin %80'inin altına indirilmesi gerekmektedir (Şekil 7) (IPCC, 2014).

Sera gazları CO₂'ye ilaveten CH₄, N₂O, O₃ gazları ve su buharını içermektedir. Genel olarak diğer sera gazları da CO₂ eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. CH₄, N₂O, O₃ ve diğer sera gazlarındaki artışları hesaba katarsak, net ısınsal zorlama, CO₂ eşdeğerinin değeri yaklaşık 485 ppm'dir. Sülfat ve diğer aerosollerin etkisi, -60 ppm (-0.8 W/m²) CO₂ eşdeğeridir. -60 ppm'i 485 ppm'den çıkarırsak 425 ppm yaklaşık gerçek CO₂ değeridir. Başka bir deyişle, toplam antropojenik zorlama yerine, yalnızca atmosferik CO₂'yi dikkate almak mümkündür. Dört zorlama senaryosu için küresel ortalama sıcaklık seviyeleri Şekil 8'de verilmiştir. Bu senaryolardan sadece, RCP 3-PD'nin sanayi öncesine göre ortalama sıcaklık artışını 2 °C'nin altında tutacağı tahmin edilmektedir. Sıcaklıklar 2 °C'den daha çok artarsa, tehlikeli iklim değişikliği seviyesine ulaşılacağı kabul edilmektedir (IPCC, 2014).

Şekil 8

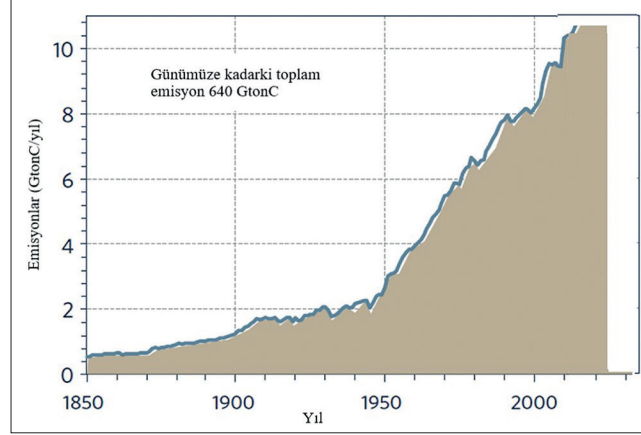
RCP Senaryolarına Göre Tahmini Küresel Ortalama Sıcaklık Seviyeleri



Kümülatif C emisyonu ve sıcaklık değişimi arasında bir ilişki kurulabilmektedir. Atmosfere salınan her 1000 GtonC emisyonu için yaklaşık 1.8 °C sıcaklık artışı olacağı kabul edilmektedir. 2 °C'lik artış, yaklaşık 1,100 GtonC emisyonunun karşılığı gelir (Matthews ve Zickfeld, 2012). 1850'den beri atmosfere verilen kümülatif C emisyonu Şekil 9'da verilmiştir. 1850'den beri yaklaşık 640 GtonC atmosfere verilmiştir. 2 °C'lik ortalama sıcaklık artışının altında kalmak için kalan emisyon: 1100-640=460 Yaklaşık 460 GtonC emisyon kotası kalmıştır.

Şekil 9

Sanayi Öncesiinden Günümüze Atmosfere Verilen Kümülatif C Miktarı

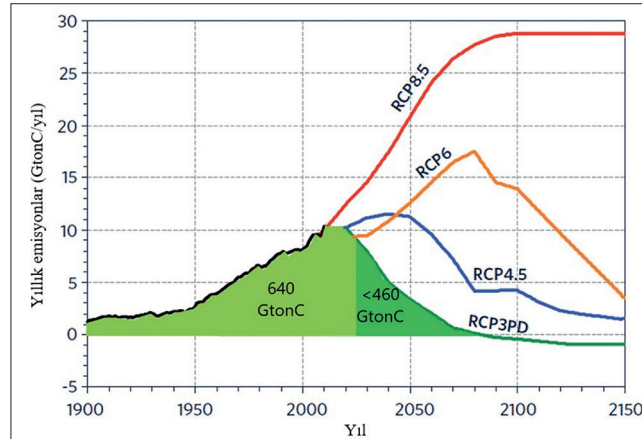


Kalan karbon bütçesi, küresel ısınmayı Paris Anlaşması tarafından belirlenen 2.0 °C sınırı altında tutabilecek CO₂ emisyonu miktarını ifade etmektedir. Bu sınır içinde kalmak, kümülatif CO₂ emisyonlarının sıkı bir şekilde kontrol edilmesini gerektirmektedir.

4 temsili konsantrasyon yolu (RCP) için yıllık emisyon eğrileri göz önüne alınırsa sadece RCP 3-PD yolu takip edilirse, 460 GtonC kümülatif toplam emisyon Şekil 10'da yeşil eğrinin altında kalan kısımdır. Bu durumda ortalama küresel ısınmanın 2.0 °C'nin altında kalması için tahmin edilen kümülatif C emisyonu aşılmamaktadır. RCP senaryoları, farklı sera gazı emisyon yörüngelerinin küresel ısınma üzerindeki gelecekteki potansiyel etkilerini anlamak için bir çerçeve sağlamaktadır. 2.0 °C ısınma sınırının içinde kalmak için kalan karbon bütçesinin acil ve sürdürülebilir azaltma yoluna gidilmelidir. Ekonominin tüm sektörlerinde CO₂ ve diğer sera gazı emisyonlarında hızlı ve önemli azaltmalar yapılması gerekmektedir. Buna yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, enerji verimliliğinin artırılması, ormansızlaşmanın azaltılması ve karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin kullanılması dahildir.

Şekil 10

RCP 3 Senaryosu Tahmini C seviyesi



IPCC Değerlendirme Raporları, iklim durumunun kapsamlı değerlendirmeleridir ve politika yapıcılara bilimsel bilgiler sağlamaktadır. Bu raporlar, çok sayıda çalışmadan elde edilen bulguları sentezleyerek fikir birliğine dayalı projeksiyonlar ve öneriler sunmaktadır. En son rapor olan AR6, küresel ısınmayı sanayi öncesi seviyelere göre 1.5 °C artışın altında sınırlamak için sera gazı emisyonlarında önemli ve sürdürülebilir azalmalara acil ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır.

NASA Goddard Uzay Çalışmaları Enstitüsü (GISS) ModelE atmosferik, okyanus ve kara süreçlerini simüle eden yaygın olarak kullanılan bir küresel iklim modelidir. Geçmiş, şimdiki ve gelecekteki iklim değişikliklerini değerlendirmek için çok sayıda çalışmada kullanılmış ve iklim dinamikleri anlayışımıza önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Eşleştirilmiş model karşılaştırma projesi (CMIP) iklim modellerini karşılaştırmak ve değerlendirmek için çeşitli iklim modelleme gruplarını bir araya getiren uluslararası bir iş birliği çerçevesidir. CMIP5 ve CMIP6 gibi CMIP fazları, model doğruluğunu ve güvenilirliğini artıran standartlaştırılmış simülasyonlar sunarak daha sağlam iklim projeksiyonlarının geliştirilmesini desteklemektedir. İklim değişikliğine ilişkin bilimsel kanıt ve model tahminleri mevcut durumu ve etkilerini azaltmak, bunlara uyum sağlamak için acil eyleme geçilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çevre Kirliliği

Çevre kirliliği, kirleticilerin doğal ortama girmesi ve ekosistemler ile insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmasıdır. Hava, su ve toprağın insan faaliyetleri sonucunda zararlı maddelerle kirlenmesidir. Bu kirlilik türleri, insan sağlığı ve ekosistemler üzerinde olumsuz etkilere sebep olur. Çevre kirliliğinin kaynakları endüstriyel faaliyetler, tarımsal uygulamalar ve kentleşme olarak sıralanabilir. Fabrikalar ve üretim tesisleri havaya, suya ve toprağa kirleticilerle maddeler salmaktadır. Tarım faaliyetleri sırasında kullanılan gübre, pestisit ve herbisit su ve toprak kirliliğine yol açmaktadır. Kentsel gelişme, ulaşım ve yerleşim faaliyetlerinden kaynaklanan atık üretimi ve kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Çevre kirliliği, genel olarak hava kirliliği, su kirliliği ve toprak kirliliği olarak incelenebilir. Endüstriyel süreçlerden, araçlardan ve konut ısınmasından kaynaklanan emisyonlar hava kalitesinin bozulmasına sebep olur. Hava kirliliği, atmosferde zararlı maddelerin birikmesi sonucu oluşur. Bu maddeler arasında partikül madde (PM), sülfür dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO) ve uçucu organik bileşikler (VOC) bulunur. Hava kirliliği, solunum yolu hastalıkları, kalp hastalıkları ve kanser gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açar. Ayrıca, asit yağmurları ve ozon tabakasının incilmesi gibi sorunlara da neden olur. Tarım alanlarından gelen sular, endüstriyel deşarjlar ve uygunsuz atık bertarafından kaynaklanan kirleticiler su kütlelerini kirliletmektedir. Su kirliliği, su kaynaklarının zararlı maddelerle kirlenmesi sonucu oluşur. Sanayi atıkları, tarımsal kimyasallar ve evsel atıklar, su kirliliğinin başlıca kaynaklarıdır. Su kirliliği, içme suyu kaynaklarının tükenmesine, su ekosistemlerinin bozulmasına ve su kaynaklı hastalıkların artmasına yol açar. Toprak kirliliği, zararlı kimyasalların toprakta birikmesi sonucu meydana gelir. Pestisitler, ağır metaller ve endüstriyel atıklar toprakları kirlilerek bitki ve hayvan yaşamını etkiler ve gıda güvenliğine tehdit oluşturur. Son yıllarda yaşamımıza giren bir diğer kirlilik türü ise plastik kirliliği olup çevreye atılan plastik atıkların birikmesi sonucu oluşmaktadır. Plastik atıklar, doğada uzun yıllar bozulmadan kalır ve su kaynaklarına, topraklara ve doğal yaşama zarar vermektedir. Mikroplastikler 5 mm'den küçük plastik parçacıklarıdır ve su kaynaklarına karışarak balıklar ve diğer su canlıları tarafından tüketilir. Bu durum, gıda zinciri yoluyla insan sağlığını da tehdit etmektedir (Aydın ve ark., 2024).

İklim Değişikliği ve Çevre Kirliliği Arasındaki İlişki

İklim değişikliğinin çevre kirliliğini etkilemesi hava ve su kirliliğinin etkilerini artırmak yönündedir. Örneğin, sıcaklıkların artması, hava kirliliğinin artmasına, ayrıca, aşırı hava olayları (sel, kuraklık vb.), atık yönetimi sistemlerini zorlayarak çevre kirliliğine sebep olur. Çevre kirliliği iklim değişikliğini doğrudan etkileyebilir. Özellikle, sera gazı emisyonları iklim değişikliğinin başlıca nedenlerindendir. Karbon dioksit, metan ve diğer sera gazları, fosil yakıtların yakılması, tarım faaliyetleri ve endüstriyel süreçler sonucunda atmosfere salınır. Bu gazlar, küresel ısınmaya, iklim değişikliğine sebep olmaktadır. İklim değişikliği ve çevre kirliliğiyle mücadele, küresel ve yerel ölçekte işbirliği gerektirir. Bu sorunların çözümü için çeşitli stratejiler ve politikalar geliştirilmiştir. İklim değişikliği ve çevre kirliliğiyle mücadelede, uluslararası işbirliği ve ulusal politikalar büyük önem taşımaktadır. Küresel ölçekte, Paris Anlaşması gibi uluslararası anlaşmalar, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğiyle mücadele edilmesi için kritik öneme sahiptir. Yerel ölçekte ise, ülkeler kendi emisyon hedeflerini belirleyerek ve çevre koruma yasalarını güçlendirerek bu mücadeleye katkıda bulunmalıdır.

Yenilenebilir Enerjideki Teknolojik Gelişmeler

Fosil yakıtlar (kömür, petrol ve doğal gaz) bir asırdan uzun süredir küresel enerji tedarikinin temel taşı olmuştur. Sanayileşmeyi, ulaşımı ve ekonomik büyümeyi önemli bir çevresel maliyet ile desteklemişlerdir. Fosil yakıtların yanması, iklim değişikliğine neden olan en büyük antropojenik CO₂ emisyon kaynağıdır. Ayrıca, insan sağlığına ve ekosistemlere zarar veren SO₂, NO_x ve PM gibi kirlenitçiler de fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Çevresel dezavantajlarına rağmen, fosil yakıtlar yerleşik altyapıları, yüksek enerji yoğunlukları ve enerji güvenliğindeki rolleri nedeniyle ekonomik olarak önemli olmaya devam etmektedir. Fosil yakıtlardan uzaklaşmak, yeni altyapı yatırımları, fosil yakıt sektöründe olası iş kayıpları ve fosil yakıt üretimine bağımlı bölgelerde ekonomik değişimler de dahil olmak üzere önemli ekonomik maliyetler getirmektedir.

Fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş hem iklim değişikliğiyle hem de çevre kirliliğiyle mücadelede önemli bir adımdır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları, sera gazı emisyonlarını azaltarak küresel ısınmayı yavaşlatır ve hava kirliliğini azaltır. Teknolojik ilerlemeler ve azalan maliyetler, bu enerji kaynaklarının benimsenmesini hızlandırmış ve fosil yakıtların yerini alma potansiyellerini artırmıştır. Sürdürülebilir ve düşük karbonlu bir geleceğe ulaşmak için yenilenebilir enerji teknolojilerine sürekli yatırım ve yenilik yapılması gerekmektedir. Güneş, rüzgâr ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları, sera gazı emisyonlarına katkıda bulunan fosil yakıtlara sürdürülebilir alternatiflerdir.

Güneş Enerjisindeki Teknolojik Gelişmeler

Güneş enerjisi, elektrik ve ısı üretmek için güneşin gücünden yararlanır. Güneş enerjisi için küresel potansiyel çok büyüktür ve dünyanın enerji ihtiyaçlarını defalarca karşılama kapasitesine sahiptir. Orta Doğu, Afrika ve Asya'nın bazı bölgeleri gibi yüksek güneş ışınımına sahip bölgeler muazzam bir kullanılmamış potansiyele sahiptir. Küresel güneş enerjisi için teorik potansiyelin yılda 1,500 petawatt-saat (PWh) üzerinde olduğu tahmin edilmektedir ve bu değer 2020'de yaklaşık 170 PWh olan küresel enerji tüketimini çok aşmaktadır.

Küresel emisyonlar üzerindeki etkisine bakıldığında güneş enerjisi tam olarak kullanılırsa, Paris Anlaşması'nda belirtilen küresel sıcaklık artışını 2 °C'nin altına sınırlama hedefine ulaşılabilir. Tablo 1'de çeşitli bölgelerdeki güneş potansiyeli ve mevcut enerji tüketiminin bir karşılaştırması verilmiştir (IRENA, 2020).

Tablo 1

Güneş Potansiyeli ve Enerji Tüketiminin Karşılaştırılması

Bölge	Güneş Potansiyeli (PWh/yıl)	Enerji Tüketimi (PWh/yıl)
Orta Doğu	250	10
Afrika	300	12
Asya	500	60
Avrupa	100	30
Kuzey Amerika	200	40
Güney Amerika	150	10

Fotovoltaik (PV) teknolojisindeki gelişmeler, güneş enerjisini daha verimli ve uygun maliyetli hale getirerek yaygın olarak benimsenmesini sağlamıştır. Güneş teknolojisindeki son gelişmeler arasında, monokristalin ve polikristalin silikon kullananlar gibi yüksek verimli güneş panellerinin geliştirilmesi yer almaktadır. Her iki yüzeyinden güneş ışığı yakalayan paneller ve ince film güneş hücreleri gibi yenilikler, verimliliği daha da artırmış ve maliyetleri düşürmüştür. Ayrıca, güneş izleme sistemleri ve enerji depolama çözümlerindeki gelişmeler, güneş enerjisi sistemlerinin güvenilirliğini ve performansını artırmıştır (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2023).

Birçok ülke, güneş enerjisini ulusal şebekelerine başarıyla entegre etmiştir. Örneğin, Almanya'nın Energiewende girişimi, ülkenin güneş kapasitesini önemli ölçüde artırarak, onu yenilenebilir enerjide küresel bir lider haline getirmiştir. Benzer şekilde, Hindistan'ın Ulusal Güneş Misyonu kapsamında, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak için 2022 yılına kadar 100 GW güneş kapasitesine ulaşılması hedeflenmektedir (Agora Energiewende, 2023).

Güneş enerjisinin karbon azaltımı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'na (IRENA) göre, güneş enerjisi üretimi 2050 yılına kadar yılda 4.9 Gton CO₂ emisyonunu önleyebilir. Bu azalma, yaklaşık bir milyar arabanın yollardan çekilmesine eşdeğerdir. Güneş enerjisi, iklim değişikliğinin birincil itici gücü olan karbon emisyonlarını azaltmada önemli bir rol oynayacak olan enerji türüdür. Fosil yakıt bazlı enerji kaynaklarının güneş enerjisiyle değiştirilmesiyle sera gazı emisyonlarında önemli azalmalar sağlanacağı bilinmektedir (IRENA, 2020).

Almanya'nın enerji dönüşümü girişimi güneş enerjisinin ulusal bir enerji stratejisine başarılı bir şekilde entegre edilmesine örnektir. Girişim, nükleer enerjiyi ve fosil yakıtları aşamalı olarak ortadan kaldırmayı ve bunların yerine güneş enerjisi de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarını koymayı amaçlamaktadır. 2023 itibarıyla Almanya, 2005'teki 1.5 GW'a göre önemli

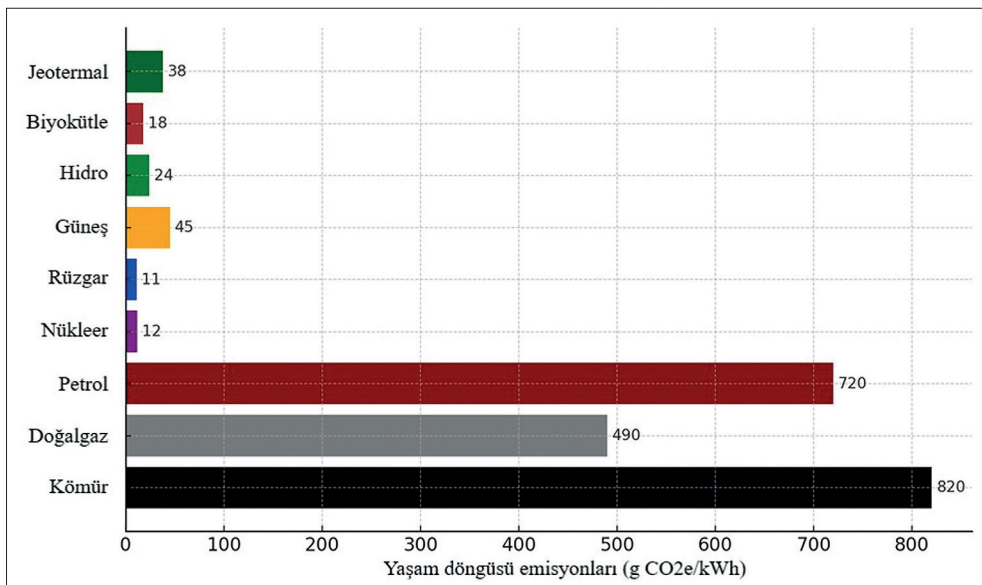
bir artışla 58 GW'ın üzerinde güneş kapasitesi kurmuştur. Güneş enerjisinin yaygınlaşması CO₂ emisyonlarında önemli bir azalmaya katkıda bulunmuştur. 2010 ile 2020 yılları arasında Almanya'nın güneş enerjisi kurulumları yaklaşık 150 milyon ton CO₂ emisyonunu önlemiştir (IRENA, 2020; BMWi, 2023).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) konut ve ticari güneş sistemleri için %26 vergi kredisi sağlayan Güneş Enerjisi Yatırım Vergisi Kredisi aracılığıyla güneş enerjisinin benimsenmesini teşvik etmiştir. Güneş Enerjisi Yatırım Vergisi Kredisi 2023 yılı sonuna kadar 110 GW'a ulaşan güneş kapasitesinin artırılmasında önemli bir rol oynamıştır. ABD'deki güneş enerjisi kurulumları önemli CO₂ emisyonu azalmalarına yol açmış ve ülkenin güneş enerjisi kapasitesinin 2030 yılına kadar 1 milyar tondan fazla CO₂ emisyonunu önleyeceği tahmin edilmektedir (United States Energy ve Employment Report, 2023).

Güneş enerjisi sistemlerinin yaşam döngüsü emisyon analizi incelenirse güneş enerjisi sistemleri çalışırken sıfır emisyon üretirken, üretim, taşıma, kurulum, bakım ve devre dışı bırakma dahil olmak üzere yaşam döngüleriyle ilişkili emisyonlar vardır. Güneş enerjisi sistemlerinin üretim emisyonlarına bakılacak olursa fotovoltaik panellerin üretimi enerji yoğun süreçleri içerir. Ancak, üretim teknolojisindeki gelişmeler ve fabrikalarda yenilenebilir enerjinin kullanımı bu emisyonları azaltmıştır. Yaşam döngüsü emisyonlarına rağmen, güneş enerjisi sistemleri fosil yakıt bazlı güç üretimine kıyasla önemli ölçüde daha düşük bir karbon ayak izine sahiptir. Güneş PV için yaşam döngüsü emisyonları, kömür (820 g CO₂e/kWh) ve doğal gaz (490 g CO₂e/kWh) ile karşılaştırıldığında kilovatsaat başına 20 ila 70 gram CO₂ eşdeğeri (g CO₂e/kWh) arasındadır. Şekil 11'de farklı enerji kaynaklarının yaşam döngüsü emisyonları verilmiştir. Bu şekil farklı enerji kaynakları arasındaki emisyonlardaki farklılıkları göstermekte, yenilenebilir ve nükleer enerjiden kaynaklanan emisyonların fosil yakıtlara kıyasla ne kadar küçük olduğu görülmektedir (IPCC, 2011).

Şekil 11

Çeşitli Enerji Kaynaklarının Yaşam Döngüsü Emisyonları (g CO₂e/kWh)



Rüzgâr Enerjisindeki Teknolojik Gelişmeler

Rüzgâr türbinleri kinetik enerjiyi mekanik güce dönüştürür ve bu da elektrik enerjisine dönüştürülür. Teknolojik gelişmeler rüzgâr enerjisini daha verimli ve uygun maliyetli hale getirmiştir. Rüzgâr enerjisindeki teknolojik iyileşmeler sonucunda daha büyük ve daha verimli türbinler elde edilmektedir. Açık deniz rüzgâr çiftliklerinde yüzen türbinler deniz tabanına sabitlenerek ve rüzgâr hızlarının daha yüksek olduğu daha derin sulara kurulabilmektedir. 150 metreyi aşan rotor çaplarına sahip daha büyük modern türbinler daha fazla rüzgâr enerjisi yakalayarak güç çıkışını artırmaktadır. Türbin kanatlarında kompozit malzemelerin kullanılması dayanıklılığı artırmakta ve bakım maliyetlerini düşürmektedir. Yüzen rüzgâr türbinleri ve geliştirilmiş şebeke entegrasyon teknolojileri gibi yenilikler, rüzgâr enerjisi dağıtımının potansiyelini genişletmiştir. Rüzgâr türbinlerinin verimliliği önemli ölçüde artmış olup, bazı bölgelerde kapasite faktörleri artık %50'yi aşmıştır. Rüzgârdan elde edilen elektrik maliyeti önemli ölçüde azalmış ve geleneksel enerji kaynaklarıyla rekabet edebilir hale gelmiştir. Özellikle açık deniz rüzgâr enerjisinde, önemli maliyet düşüşleri görülmüştür (Musial vd, 2020).

Danimarka, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin gibi ülkeler rüzgâr enerjisine önemli yatırımlar yapmıştır. 2023 itibarıyla küresel rüzgâr enerjisi kapasitesi, Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'dan önemli katkılarla 840 GW'ın üzerine çıkmıştır. Danimarka elektriğinin neredeyse %50'sini rüzgâr gücünden elde etmektedir (Danish Energy Agency, 2023). ABD, özellikle Ortadoğu'da geniş rüzgâr kaynaklarına sahipken, Çin kurulu rüzgâr kapasitesinde dünyada lider konumdadır (IEA, 2023).

Hidroelektrik Enerjideki Teknolojik Gelişmeler

Akan suyun enerjisinden yararlanılarak üretilen hidroelektrik enerji, yıllardır güvenilir bir yenilenebilir enerji kaynağı olmuştur. Hidroelektrik türleri büyük ölçekli barajlar, nehir akış sistemleri ve küçük ölçekli hidroelektrik projelerinden olabilir. Hidroelektrik enerji, küresel yenilenebilir enerji kapasitesinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır ve küresel elektrik üretiminin %16'sından fazlasını oluşturur ve 2023'te 1,300 GW toplam kurulu kapasiteye ulaşmıştır (IEA, 2023). Çin dünyanın en büyük hidroelektrik kapasitesine sahiptir. Çin'deki Three Gorges Barajı ve Brezilya-Paraguay sınırındaki Itaipu Barajı gibi büyük hidroelektrik projeleri, büyük ölçekli enerji üretimi potansiyelini göstermektedir. Three Gorges Barajı yılda yaklaşık 100 TWh elektrik üretmekte ve bu da milyonlarca eve güç sağlamaktadır. Büyük ölçekli hidroelektrik projeleri iyi kurulmuş olsa da, küçük ve mikro hidroelektrik sistemleri, özellikle uzak ve kırsal alanlarda enerji sağlama yetenekleri nedeniyle dikkat çekmektedir. Türbin teknolojisindeki yenilikler ve pompalı depolama hidroelektrik sistemlerinin geliştirilmesi, hidroelektrik enerjinin potansiyelini daha da artırmaktadır (WCD, 2000).

Hidroelektrik enerji, faydalarına rağmen, habitat bozulması ve yerel toplulukların yerinden edilmesi gibi çevresel zorluklar da oluşturmaktadır. Modern yaklaşımlar, ekolojik etkileri en aza indirmeye ve toplum katılımını artırmaya odaklanarak sürdürülebilir hidroelektrik santrali gelişimini sağlamaktadır. Küçük ölçekli hidroelektrik sistemlerinde nehir akışı sistemleri büyük barajlar olmadan elektrik üreterek çevresel bozulmayı azaltır. Önceden üretilmiş modern türbin sistemleri uzak yerlere hızla konuşlandırılabilir ve yetersiz hizmet alan bölgelere sürdürülebilir enerji sağlayabilir. Pompalı depolama hidroelektrik sistemlerinde değişken hızlı pompa ve türbinler daha fazla operasyonel esneklik sunarak enerji depolama ve salınımını optimize ederler. Su depolamak için yeraltı rezervuarlarının kullanılması arazi kullanımını ve görsel etkiyi en aza indirir.

Jeotermal Enerjideki Teknolojik Gelişmeler

Jeotermal enerji, elektrik üretmek veya doğrudan ısıtma sağlamak için Dünya'nın iç kısmından gelen ısıyı kullanır. Küçük bir arazi ayak izine sahip güvenilir ve tutarlı bir enerji kaynağıdır, ancak coğrafi olarak kullanılabilirliği sınırlıdır. Gelişmiş jeotermal sistemler teknolojisi, doğal hidrotermal kaynakları olmayan bölgelerde jeotermal enerji üretimine olanak tanıyan su sirkülasyonu ile sıcak zeminin ısının kazanılması yolu kullanılabilir. Gelgit akıntısı jeneratörleri su altı türbinleri, elektrik üretmek için gelgit akımlarının kinetik enerjisinden yararlanırlar. Gelgit lagünleri yüksek gelgit suyunu yakalar ve düşük gelgit sırasında türbinler aracılığıyla serbest bırakarak elektrik üretirler.

Enerji Depolama ve Şebeke Yenilikleri

Enerji Depolama

Etkili enerji depolama ve şebeke yönetimi, yenilenebilir enerjiyi elektrik şebekesine entegre etmek ve güvenilir enerji tedarikini sağlamak için çok önemlidir. Piller, daha sonra kullanılmak üzere elektrik enerjisini depolar, arz ve talebi dengelemeye ve şebeke kararlılığını iyileştirmeye yardımcı olur. Lityum iyon piller yüksek enerji yoğunluğu ve verimliliği nedeniyle taşınabilir elektronik cihazlarda, elektrikli araçlarda ve şebeke depolamada yaygın olarak kullanılır. Malzeme bilimindeki gelişmeler, lityum iyon pillerin enerji yoğunluğunu artırarak bunları şebeke depolama ve elektrikli araçlar için daha verimli hale getirmiştir. Pil kimyasındaki yenilikler, lityum iyon pillerin ömrünü uzatmış ve sık sık değiştirme ihtiyacını azaltmıştır. Katı hal pilleri ve akış pilleri gibi pil teknolojisindeki gelişmeler daha yüksek kapasiteler, daha uzun ömürler ve gelişmiş güvenlik özellikleri sağlamaktadır. Katı hal piller, sıvı elektrolitlere kıyasla sızıntıya ve termal kaçaklara daha az eğilimli olan katı elektrolitler kullanır. Bu piller daha yüksek enerji kapasitesi ve daha hızlı şarj süreleri sunarak şebeke depolama ve taşıma uygulamaları için idealdir. Akış pilleri, büyük depolama ihtiyaçlarını karşılamak için kolay ölçeklenebilirlik sağlayan harici tanklarda bulunan sıvı elektrolitlerde enerji depolar. Bu piller çok sayıda şarj-deşarj döngüsüne dayanabilir ve bu da onları uzun vadeli enerji depolama için uygun hale getirmektedir (Weber ve ark., 2011).

Tesla'nın Powerwall'u, güneş enerjisini depolayan ve kesintiler sırasında yedek güç sağlayan bir ev pil sistemidir. Powerwall, konut güneş sistemlerinin benimsenmesini artırmış ve enerji bağımsızlığına katkıda bulunmuştur. Powerwall, güneş enerjisini depolayarak fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır ve hane halkı karbon ayak izlerini düşürür (IEA, 2023).

Pompalı hidro depolama, elektriği depolamak ve üretmek için farklı yüksekliklerde iki su rezervuarı kullanan büyük ölçekli bir enerji depolama teknolojisidir. Düşük elektrik talebi zamanlarında, su alt rezervuardan üst rezervuara pompalanır. Talep yüksek olduğunda, su alt rezervuara geri bırakılarak elektrik üretilir. Pompalı hidro, küresel enerji depolama kapasitesinin %95'inden fazlasını oluşturur ve toplam kurulu kapasitesi yaklaşık 160 GW'tır. ABD, Virginia'da bulunan Bath County Pompalı Depolama İstasyonu, dünyanın en büyük pompalı hidro depolama tesislerinden biridir. Tesisin kapasitesi 3 GW'dır ve 24 GWh'ye kadar elektrik depolayabilir. Bath County, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesine yardımcı olan kritik şebeke dengeleme hizmetlerine sahiptir (DOE, 2021).

Şebeke Yönetimi ve Akıllı Şebekeler

Gelişmiş ölçüm altyapısı sistemleri enerji tüketimi hakkında gerçek zamanlı veri sağlayarak kamu hizmetlerinin şebeke operasyonlarını optimize etmesini ve enerji israfını azaltmasını sağlar. Akıllı sayaçlar tüketicilerin enerji kullarımlarını izlemelerine ve maliyetleri ve çevresel etkiyi azaltmak için alışkanlıklarını ayarlamalarına olanak tanır. Mikro şebekeler, ana şebekeyle bağımsız olarak veya birlikte çalışabilen, dayanıklılığı artıran ve iletim kayıplarını azaltan yerelleştirilmiş enerji sistemleridir. Sanal enerji santralleri güvenilir güç ve şebeke hizmetleri sağlamak için güneş panelleri ve pil depolama gibi dağıtılmış enerji kaynaklarını bir araya getirir. Talep yanıt programları, tüketicileri enerji kullarımlarını düşük yoğunluklu zamanlara kaydırmaya teşvik ederek şebeke üzerindeki yükü azaltır ve daha fazla yenilenebilir enerji entegre eder. Akıllı ev cihazları ve otomatik sistemler, enerji tüketimini gerçek zamanlı şebeke koşullarına göre ayarlayarak enerji tüketimini optimize edebilir (Siano, 2014).

Karbon Yakalama ve Depolama Teknolojileri

Karbon yakalama ve depolama (CCS), endüstriyel süreçlerden ve güç üretiminden kaynaklanan CO₂ emisyonlarını yakalayan ve atmosfere girmesini önleyen bir teknolojidir. Yakalanan CO₂ daha sonra jeolojik oluşumlara taşınır ve yer altına depolanır. CCS üç ana adımdan oluşur. Bunlar yakalama, taşıma ve CO₂'nin depolanması veya kullanımıdır. Bu teknolojiler, karbon gidermenin zor olduğu sektörlerden kaynaklanan emisyonları azaltmak için kritik öneme sahiptir. Yakalamada CO₂, yanma sonrası, yanma öncesi ve oksijenli yakıt yanması gibi teknolojiler kullanılarak bir elektrik santrali veya endüstriyel tesis gibi emisyon kaynağında yakalanır. Yanma sonrası yakalamada CO₂, aminler gibi kimyasal çözücüler kullanılarak baca gazlarından yakalanır. Yanma öncesi yakalama yakıt, CO₂ ve hidrojen karışımı üretmek için gazlaştırılır ve CO₂ yanmadan önce yakalanır. Oksi-yakıt yanmasında yanma saf oksijende gerçekleşir ve yüksek CO₂ konsantrasyonlu bir baca gazı üreterek yakalamayı basitleştirir. Taşımada yakalanan CO₂ sıkıştırılır ve boru hatları, gemiler veya kamyonlar aracılığıyla depolama alanlarına taşınır. Depolamada CO₂ tükenmiş petrol ve gaz sahaları, derin tuzlu su yatakları veya çıkarılamaz kömür damarları gibi derin jeolojik oluşumlara enjekte edilir ve burada kalıcı olarak depolanır.

CCS, elektrik üretimi, çimento üretimi, çelik imalatı ve kimyasal işleme dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde uygulanabilir. CCS'nin faydaları şu şekilde sıralanabilir. CCS, endüstriyel kaynaklardan gelen CO₂ emisyonlarının %90'ına kadarını yakalayabilir ve karbon ayak izini önemli ölçüde azaltabilir. CCS, CO₂'nin atmosfere girmesini önleyerek iklim değişikliğini azaltma ve uluslararası iklim hedeflerine ulaşma yönündeki küresel çabalara katkıda bulunur.

2014 yılında başlayan Boundary Dam CCS Projesi, enerji santrallerinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarını azaltmayı amaçlayan önemli girişimlerden biridir. Kanada, Saskatchewan'daki Boundary Dam CCS Projesi, enerji sektöründe dünyanın ilk ticari ölçekli CCS projelerinden biridir. Projenin birincil amacı, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için kömürle çalışan enerji santralinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarını yakalamak ve depolamaktır. Kömür yanmasıyla oluşan baca gazından CO₂'yi tutmak için amin çözücüler kullanan yanma sonrası yakalama teknolojisini kullanır. Projede, Boundary Dam kömür yakıtlı güç santralinin CCS teknolojisiyle yenilenerek yılda yaklaşık 1 milyon ton CO₂ yakalanmıştır.

Yakalanan CO₂ yakındaki petrol sahalarında petrol geri kazanımı için kullanılarak ek gelir elde edilir ve proje maliyetlerinin bir kısmı telafi edilir. Proje, tesisin CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azaltarak Kanada'nın iklim hedeflerine katkıda bulunmuştur (UN, 2024).

Equinor tarafından işletilen Kuzey Denizi'ndeki Sleipner CO₂ Depolama Projesi, dünyanın ilk açık deniz CCS projesidir. Proje, 1996'dan beri doğal gaz üretiminden CO₂ yakalayıp depolamakta, derin tuzlu bir akifer olan Utsira Formasyonuna enjekte etmektedir. Proje, açık deniz CO₂ depolamasının uzun vadeli uygulanabilirliğini ve güvenliğini göstererek 20 milyon tondan fazla CO₂'yi başarıyla depolamıştır. Sleipner, CCS teknolojilerinin küresel olarak anlaşılması ve uygulanmasına veri ve deneyim sağlamıştır (MIT, 2024).

CCS büyük bir potansiyele sahip olsa da yaygın bir şekilde benimsenmesi için birkaç zorluğun ele alınması gerekmektedir. CO₂'yi yakalama, taşıma ve depolama maliyeti yüksek olduğundan CCS'ye politika desteği veya karbon fiyatlandırma mekanizmaları olmadan ekonomik olarak zorluk getirmektedir. CO₂ taşıma ve depolama için altyapıyı geliştirmek önemli yatırım gerektirmektedir. CCS projelerinin başarılı bir şekilde uygulanması için net düzenlemeler ve kamuoyu kabulü çok önemlidir. Devam eden araştırma ve geliştirme, maliyetleri düşürmeyi ve CCS teknolojilerinin verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Hükümet politikaları, karbon fiyatlandırması ve teşvikler, CCS uygulamasını teşvik etmek ve ekonomik olarak uygulanabilir hale getirmek için önemlidir. CCS'nin yenilenebilir enerji kaynaklarıyla birleştirilmesi negatif emisyonlara ulaşarak iklim hedeflerine daha fazla katkıda bulunabilir.

Yeşil Bina Teknolojileri

Yeşil bina teknolojileri, enerji verimliliği, sürdürülebilir malzemeler ve akıllı tasarım yoluyla binaların çevresel etkisini azaltmayı hedeflemektedir. Enerji verimli bina tasarımı, enerji tüketimini azaltmak için yalıtım, yüksek performanslı pencereler ve enerji verimli HVAC sistemleri gibi özellikleri bir araya getirir. Pasif güneş tasarımı ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını azaltmak için bina yönelimini, termal kütle ve doğal havalandırmayı kullanır. Binalar kışın doğal ışığı ve ısıyı en üst düzeye çıkarırken yazın aşırı ısınmayı en aza indirmek için tasarlanır. Beton ve tuğla gibi yüksek termal kütleli malzemeler ısıyı depolar ve serbest bırakır, iç mekân sıcaklıklarını dengeler. Yeşil çatılar yalıtım sağlar, kentsel ısı adası etkilerini azaltır ve yağmur suyu yönetimini iyileştirir. Dikey yüzeylerde yetiştirilen bitkiler hava kalitesini iyileştirir, yalıtım sağlar ve estetiği artırır.

Binalarda yenilenebilir enerji entegrasyonu uygulamalarında bina entegre güneş fotovoltaik panelleri, çatı kiremitleri ve cepheler gibi bina malzemelerine entegre edilerek yerinde elektrik üretilmektedir. Güneş kolektörleri, geleneksel enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltarak evsel kullanım için su ısıtmada kullanılmaktadır. Akıllı bina teknolojileri bina otomasyon sistemleri doluluk ve çevre koşullarına göre aydınlatma, HVAC ve diğer sistemleri kontrol ederek enerji kullanımını optimize eder. Düşük akışlı tasarımlara sahip musluklar, duşlar ve tuvaletler, performanstan ödün vermeden su tüketimini azaltır. Yağmur suyu hasat sistemleri sulama ve tuvalet sifonu gibi içilebilir olmayan kullanımlar için yağmur suyu toplar ve depolar. ABD'de Seattle'daki Bullitt Center, dünyanın en yeşil ticari binalarından biri olarak kabul edilmektedir. Binada güneş panelleri, yağmur suyu toplama sistemi ve kompost tuvaletler bulunur ve net sıfır enerji ve su kullanımı elde edilmiştir. Bullitt Center, sürdürülebilir kentsel gelişim için bir model görevi görmektedir ve çok sayıda yeşil bina sertifikası almıştır (Bullitt Foundation, 2023).

Sürdürülebilir yapı malzemeleri, geleneksel malzemelere kıyasla daha düşük bir çevresel etkiye sahiptir. Bunlara geri dönüştürülmüş, yenilenebilir ve düşük emisyonlu seçenekler dahildir. Bambu döşeme, dolap ve yapısal elemanlar için kullanılan, hızla büyüyen, yenilenebilir bir kaynaktır. Geri dönüştürülmüş malzemelerden üretilen çelik, bakır kaynaklara olan ihtiyacı azaltır ve karbon emisyonlarını düşürür. Düşük VOC boyalar iç mekân hava kalitesini iyileştirir ve sağlık risklerini azaltan düşük seviyede uçucu organik bileşikler (VOC) içerir.

Ulaştırma Yenilikleri

Ulaştırma sektörü sera gazı emisyonlarına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Çevresel etkisini azaltmak için yenilikçi teknolojiler ve uygulamalar gereklidir. Son yıllardaki bu alandaki en önemli gelişme elektrikli araçlar ve altyapıda gerçekleşmiştir. Lityum iyon pillerindeki gelişmeler elektrikli araçların menzilini artırmış ve maliyetini düşürmüştür. Hızlı şarj ağlarının ve teknolojisinin yaygınlaşması elektrikli araçları yaygınlaştırmaktadır. Yakıt hücreli araçlar elektrik üretmek için hidrojen kullanır ve yan ürün olarak yalnızca su buharı yayar. Elektroliz ve yenilenebilir hidrojen üretimindeki gelişmeler hidrojenin karbon ayak izini azaltmıştır. Sürdürülebilir havacılık alanında elektrikli ve hibrit uçaklar tasarlanmaktadır. Elektrikli uçaklar emisyonları ve gürültü kirliliğini azaltarak kısa mesafeli uçuşlar için alternatif oluşturabilir. Nakliyede sürdürülebilir gelişmeler rüzgâr destekli tahrik sistemleri ve yelkenler aracılığıyla rüzgâr gücünden yararlanmak nakliyede yakıt tüketimini azaltır. Biyoyakıt ve LNG gibi alternatif deniz yakıtlarının kullanımı, nakliye sektörünün çevresel etkisini azaltmaktadır.

Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları ve Arazi Kullanımı

Sürdürülebilir Tarım Uygulamalarında Yenilikler

Sürdürülebilir tarım ve arazi kullanımı uygulamaları, gıda güvencesini sağlamak, doğal kaynakları korumak, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve çevresel etkileri en aza indirmek için olmazsa olmazdır. Korumacı tarım, asgari toprak bozulmasını, toprak örtüsünün korunmasını ve ürün rotasyonunu esas alan uygulamalarıdır. Bu uygulamalar toprak sağlığını iyileştirir, biyolojik çeşitliliği artırır ve sera gazı emisyonlarını azaltır. Toprak işlemeden tarım, toprak erozyonunu azaltır, toprak nemini korur ve karbon depolamaya katkı sağlar. Çiftçiler, toprak işlemeden kaçınarak toprakta depolanan karbonun salınmasını önleyebilir ve böylece CO₂ emisyonlarını azaltabilir. Örtü bitkileri ekimi, toprağı erozyondan korumaya yardımcı olur, toprak verimliliğini artırır ve yabancı otları bastırır. Örtü bitkileri ayrıca toprağı organik madde ekleyerek karbon depolamaya da katkıda bulunur. Mahsul rotasyonu zararlı ve hastalık oluşumunu önler, toprak yapısını iyileştirir ve biyolojik çeşitliliği artırır aynı zamanda kimyasal gübre ve pestisit ihtiyacını azaltır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde, özellikle Ortabatı'da, koruma tarımı yaygın olarak benimsenmiştir. USDA'ya göre, ABD ekili alanlarının %30'undan fazlası sıfır toprak işleme uygulamalarını kullanmaktadır. Çalışmalar, sıfır toprak işleme tarımının geleneksel işlemeye kıyasla toprak organik karbon seviyelerini %15-30 oranında iyileştirdiğini göstermiştir. Koruma tarımı uygulayan çiftçiler, zamanla girdi maliyetlerinin azaldığını ve verimin arttığını bildirmektedir. Sürdürülebilir tarım uygulamalarında yeniliklere bakacak olursak mahsul sağlığını izlemek, sulama işlemini optimize etmek ve pestisit kullanımını azaltmak için GPS

teknolojisi ve İHA'lar kullanılmaktadır. Toprak sensörleri, toprak nemi, besin seviyeleri ve pH hakkında gerçek zamanlı veri sağlayarak hassas gübre kullanımına imkân sağlamaktadır. Kompost, gübre ve biyokömür kullanımı toprak verimliliğini artırarak sentetik gübrelerle olan ihtiyacı azaltmaktadır. Uzaktan algılama, ürün sağlığı, toprak nemi ve arazi kullanımındaki değişiklikler hakkında ayrıntılı veri sağlamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisi, verimli çiftlik yönetimi ve karar alma süreçlerine destek olmaktadır (Longley ve ark., 2011). Otomatik sulama, gübreleme ve haşere kontrol sistemleri kaynak kullanımını azaltarak üretkenliği artırmaktadır.

Tarımsal Ormancılık ve Karbon Tutulması

Tarımsal ormancılık, ağaçları ve çalıları tarımsal alanlara entegre ederek gelişmiş biyolojik çeşitlilik, iyileştirilmiş toprak sağlığı ve artan karbon tutulması gibi birden fazla fayda sağlar. Silvopasture hayvan otlatmak için ağaçları meralarla birleştirmektir. Bu uygulama hayvan refahını iyileştirir, mera verimliliğini artırır ve kereste ve meyveden ek gelir sağlanmasını sağlamaktadır. Mahsullerin yanına ağaç veya çalı sıraları dikmek rüzgâr erozyonunu azaltır, mikro iklim koşullarını iyileştirir, biyolojik çeşitliliği artırır, su tutulmasını iyileştirir, toprak yapısını iyileştirir, mahsul verimini artırır ve karbonu hapseder. Ağaçları, yem bitkilerini ve hayvanları tek bir sistemde birleştirmek verimliliği ve çevresel sürdürülebilirliği artırır (Jose, 2009). Kenya'da tarımsal ormancılık iklim açısından akıllı bir tarım uygulaması olarak teşvik edilmiştir. Yeşil Kuşak Hareketi gibi projeler ağaçları çiftçilik sistemlerine başarıyla entegre etmiştir. Tarımsal ormancılık uygulamaları, çeşitli türler için yaşam alanları sağlayarak yerel biyoçeşitliliği artırmıştır. Tarımsal ormancılık projelerine katılan çiftçiler, artan ürün verimleri ve ağaç ürünlerinden elde edilen ek gelir sağlamaktadır. Tarım uygulamalarında toprakta karbon tutulması sağlanabilir. Toprak işlemeyi azaltmak toprak bozulmasını en aza indirerek karbon depolamasını ve toprak sağlığını iyileştirmektedir (Lal, 2004). Nadas dönemlerinde örtü bitkileri ekmek, topraktaki organik maddeyi artırarak karbonu tutmaktadır. Piroliz yoluyla organik atıklardan üretilen karbonca zengin biyokömür, uzun süreler boyunca topraktaki karbonu tutmaktadır. Toprağa biyokömür eklemek, su tutulmasını, besin bulunabilirliğini ve mikrobiyal aktiviteyi iyileştirmektedir (Glaser ve ark., 2002).

Entegre Zararlı Yönetimi

Entegre zararlı yönetimi zararlıları sürdürülebilir bir şekilde yönetmek için biyolojik, kültürel, fiziksel ve kimyasal araçları bir araya getirmektir. Entegre zararlı yönetimi uzun vadeli önlemeye odaklanmakta çevre ve sağlık risklerini en aza indirmektedir. Entegre zararlı yönetiminde biyolojik kontrol zararlı popülasyonlarını kontrol etmek için doğal yırtıcıları ve parazitleri kullanmaktır. Bu, kimyasal pestisitlere olan bağımlılığı azaltmakta ve ekosistem dengesini iyileştirmektedir. Kültürel uygulamalar ise zararlı yaşam döngülerini bozmak için ürün rotasyonu, ara ekim ve uygun sanitasyon uygulamalarıdır. Bu uygulamalar zararlı yaşam alanını azaltır ve ürün dayanıklılığını artırır. Mekanik ve fiziksel kontrol yöntemleri ise zararlıları yönetmek için bariyerler, tuzaklar ve elle çıkarma kullanımınıdır. Bu yöntemler küçük ölçekli çiftçilikte etkilidir ve kimyasal kullanımını azaltmaktadır. Hindistan'da, pestisit kullanımını azaltmak ve ürün verimini artırmak için çeşitli eyaletlerde entegre zararlı yönetimi uygulanmıştır. Entegre zararlı yönetimi benimsenmesi kimyasal pestisit kullanımında %50-70 oranında azalmaya yol açmıştır. Çiftçiler pestisit satın alımlarının azalmasından maliyet tasarrufu ve daha yüksek verimlerden elde edilen gelirin arttığını bildirmektedir.

Organik Tarım

Organik tarım, toprak sağlığını iyileştirmek, kirliliği azaltmak ve sağlıklı gıda üretmek için doğal girdilerin ve süreçlerin kullanımınıdır. Sentetik kimyasallar ve genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO'lar) kullanılmamaktadır. Toprak verimliliğini iyileştirmek için kompost, yeşil gübre ve ürün rotasyonları kullanmak toprak yapısını ve besin bulunabilirliğini artırmaktadır. Zararlıları ve hastalıkları doğal olarak yönetmek için biyolojik kontrol, ürün çeşitliliği ve dirençli çeşitler kullanılır. Açık alanlara, doğal diyetlere ve insancıl muameleye erişim sağlayarak yüksek hayvan refahı standartları sağlanır. Avrupa Birliği'nin organik sertifikasyon için katı düzenlemeler koymasıyla Avrupa organik tarımda lider olmuştur. Organik çiftlikler, geleneksel çiftliklere kıyasla daha yüksek toprak organik maddesine ve biyoçeşitliliğe sahiptir. Avrupa'daki organik pazar önemli ölçüde büyümüş ve organik ürünler için yüksek fiyatlar sağlamıştır (European Commission, 2023).

Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm Teknolojileri

Etkili atık yönetimi teknolojileri, çevre kirliliğini en aza indirmek, kaynakları korumak ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için kritik öneme sahiptir.

Geri Dönüşüm Teknolojileri

Geri dönüşüm, atık malzemeleri yeni ürünlere dönüştürme, hammadde tüketimini azaltma ve sera gazı emisyonlarını düşürme sürecidir. Verimli atık yönetimi ve geri dönüşüm teknolojileri, çevre kirliliğini azaltmak ve kaynakları korumak için çok önemlidir. Atığın geri dönüştürülmesinde mekanik, kimyasal ve biyolojik geri dönüşüm yöntemleri kullanılabilir. Mekanik geri dönüşüm, geri dönüştürülmüş ürünler üretmek için atık malzemelerin fiziksel olarak işlenmesinden oluşmaktadır. Bu genellikle plastik, metal ve kâğıt gibi malzemelere uygulanır. Plastikler sınıflandırılır, temizlenir, parçalanır, eritilir ve yeni ürünlere dönüştürülür. Optik sınıflandırma ve robotik gibi gelişmiş teknolojiler geri dönüştürülmüş plastiklerin verimliliğini ve saflığını artırmaktadır. Gelişmiş ayırma teknikleri, elektronik atıklardan ve endüstriyel hurdalardan değerli metallerin geri kazanılmasını sağlamaktadır. Metaller mıknatıslar ve girdap akımları kullanılarak sınıflandırılır, ardından eritilir ve yeni ürünler yapılır. Bu işlem son derece verimlidir ve alüminyum gibi metaller sonsuz şekilde geri dönüştürülebilir. Kâğıt hamur haline getirilir, temizlenir, mürekkebi giderilir ve yeni kâğıt ürünlerine dönüştürülür. Geri dönüştürülmüş kâğıdın kalitesi atık kâğıdın kalitesine ve geri dönüşüm sürecine bağlıdır. Kimyasal geri dönüşüm, polimerleri monomerlere veya diğer temel kimyasallara ayırarak yeni plastiklere yeniden polimerize edilerek veya kimyasal hammadde olarak kullanılabilir. Bu işlem, mekanik olarak geri dönüştürülmesi zor olan plastikler için özellikle yararlıdır. Depolimerizasyon yöntemi polimerleri tekrar monomerlere dönüştürerek yeni plastikler üretmek için kullanılabilir (Ragaert ve ark., 2017). Örneğin, polietilen tereftalat (PET) depolimerize edilerek yeni PET üretilir. Piroлиз yöntemi ise plastik atıkları termal olarak yağ ve gazı ayrıştırarak yeni plastikler üretilmekte veya enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Biyolojik geri dönüşümde organik atıkları parçalamak için mikroorganizmalar ve enzimler kompost ve biyogaz üretmek için kullanılmaktadır. Mikroremediasyon, ağır metaller ve hidrokarbonlar gibi çevresel kirlleticileri parçalamak ve detoksifiye etmek için mantarlar ve mikroorganizmalar kullanılmaktadır.

Atıktan Enerjiye Teknolojileri

Atıktan enerjiye teknolojileri, geri dönüştürülemeyen atıkları elektrik, ısı veya yakıt biçiminde kullanılabilir enerjiye dönüştürür. Yakma, elektrik ve ısı üretmek için atıkların yüksek sıcaklıklarda yakılmasıdır. Modern yakma tesisleri, emisyonları en aza indirmek için gelişmiş kirlilik kontrol teknolojileriyle donatılmıştır. Atıkların yakılmasıyla oluşan ısı, elektrik üretmek için türbinleri çalıştıran buhar üretmek için kullanılır. Yakma, atık hacmini %90'a kadar azaltır, ancak düzgün bir şekilde yönetilmezse zararlı emisyonlara neden olabilir. İsveç, evsel atıkların %50'sinden fazlasının enerji geri kazanımı için yakıldığı atıktan enerjiye alanında küresel bir liderdir. İsveç atıktan enerjiye tesisleri, 250.000 eve güç sağlamak ve 950.000 eve bölgesel ısıtma sağlamak için yeterli elektrik üretmektedir. Ülke, evsel atıkların %1'inden azının çöp sahalarında son bulmasıyla, çöp sahası atıklarını etkili bir şekilde azaltmıştır.

Anaerobik çürütme, oksijen yokluğunda organik atıkları parçalayarak biyogaz (metan ve karbondioksit) ve stabilize madde (besin açısından zengin bir gübre) üretme işlemidir. Üretilen biyogaz, elektrik, ısı üretmek veya araç yakıtı olarak kullanılmak üzere biyometana yükseltilebilir. Stabilize madde, gübre olarak kullanılır, besinleri toprağa geri döndürür ve kimyasal gübre ihtiyacını azaltır. Anaerobik çürütme çöp sahalarından gelen metan emisyonunun azalmasına katkı sağlamaktadır. Almanya, tarımsal atık, gıda atığı ve kanalizasyon çamurunu yönetmek için anaerobik çürütmeyi yaygın olarak kullanmaktadır. Almanya'da 9.500'den fazla biyogaz tesisi bulunmaktadır ve 10 GW elektrik üretmeye yetecek kadar biyogaz üretmektedir. Almanya'daki anaerobik çürütme, stabilize atıkların kullanımıyla sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ve toprak sağlığının iyileştirilmesine yardımcı olmuştur.

Kompostlama

Kompostlama, değerli bir toprak iyileştiricisi olan kompost üretmek için organik atıkların aerobik ayrışmasıdır. Aerobik kompostlama, organik atıkların oksijen varlığında mikroorganizmalar tarafından parçalanmasını ve kompost ve CO₂ üretilmesi işlemidir. Atıklar, mikrobiyal aktivite için optimum koşulları sağlamak üzere parçalanır, karıştırılır ve havalandırılır. Üretilen kompost, besin ve organik madde açısından zengindir ve toprak verimliliğini ve yapısını artırmaktadır. Solucan gübresi, organik atıkları ayrıştırmak için solucanları kullanır ve besin açısından oldukça zengin olan solucan gübresi ve solucan döküntüleri üretmektedir. Organik atık, solucanlara verilir ve solucanlar tarafından sindirilir ve solucan döküntüleri olarak dışarı atılır. Solucan gübresi, toprak sağlığını ve bitki büyümesini iyileştiren iyi bir organik gübredir. Hindistan, tarımsal atık ve kentsel organik atıkları yönetmek için kompostlama ve solucan gübresi kullanımını teşvik etmektedir. Pune ve Bangalore gibi şehirler, belediye organik atıklarını yönetmek için büyük ölçekli kompostlama programları uygulamıştır. Çiftçiler, toprak verimliliğini artırmak ve kimyasal gübrelere olan bağımlılığı azaltmak için kompost ve solucan gübresi kullanmaktadır (ISWA, 2023).

Atık Depolama Teknolojileri

Modern depolama teknolojileri, emisyonları azaltarak, sızıntı suyunu yöneterek ve enerjiyi geri kazanarak atık bertarafının çevresel etkisini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Deponi gazı geri kazanımı, depolama alanlarında organik atıkların anaerobik ayrışmasıyla üretilen metanın yakalanması ve enerji üretmek için kullanılması işlemleridir. Metan gazını toplamak için depolama alanına borular ve kuyular yerleştirilir. Yakalanan metan, sera gazı emisyonlarını azaltarak ve

yenilenebilir bir enerji kaynağı sağlayarak elektrik veya ısı üretmek için kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, ülke genelinde depolama gazı geri kazanım projeleri uygulayarak yenilenebilir enerji üretimine ve emisyon azaltımına katkıda bulunmuştur. ABD’de 500’den fazla depolama gazı projesi bulunmaktadır ve bu projeler yaklaşık 700,000 eve yetecek kadar elektrik üretmektedir. Depolama gazı geri kazanımı, depolama alanlarından kaynaklanan metan emisyonlarını yaklaşık %30 oranında azaltmıştır (ISWA, 2023).

Kirlilik Kontrol Teknolojileri

Hava Kirliliği Kontrol Yenilikleri

Dikey Ormanlar

Hava kirliliğini temizlemek için son yıllarda dikey ormanlar kullanılmaktadır. Dikey ormanlar, bitki örtüsünü yüksek binalara dahil ederek kentsel kirliliğe karşı mücadele eden yenilikçi mimari yapılarıdır. “Yeşil gökdelenler” olarak da bilinen dikey ormanlar, ağaçlar, çalılar ve çeşitli bitki türleriyle dolu birbirine bağlı saksılara sahiptir. Bu binalar, doğanın ormanlarını taklit edecek şekilde tasarlanarak insanlar ve çevre arasında simbiyotik bir ilişki oluşturur. Dikey ormanlara simgesel bir örnek, İtalya’nın Milano kentindeki Bosco Verticale’dir. Bu yapı, 20,000 bitki, 700 ağaç ve çeşitli çalılarla kaplı, 44 katlı iki kuleden oluşur. Güneş panelleri, jeotermal ısıtma ve gri su sulama sistemini bir araya getirerek büyük ölçüde kendi kendine yeterli olacak şekilde tasarlanmıştır. Dikey ormanlar, partikül madde ve VOC’ler gibi zararlı kirleticileri tutan doğal hava filtreleri görevi görür. Bu, kentsel hava kalitesini önemli ölçüde iyileştirir. Bitki örtüsü CO₂’yi emer ve oksijen üretir, bu da daha temiz havaya katkıda bulunur. Solunum yolu hastalıkları riskini azaltabilir ve yaşam kalitesini iyileştirebilir. Yeşillik, sakinleri gürültü kirliliğinden korur. Kuşlar, böcekler ve diğer türler bu yapılarda yaşam alanı bulur. Şehir içinde biyoçeşitliliği teşvik ederek daha sağlıklı bir ekosistem oluştururlar. Okullar ve eğitim kurumları dikey ormanları öğretim aracı olarak kullanabilirler. Öğrenciler ekoloji, sürdürülebilirlik ve yeşil alanların önemini öğrenirler. Dikey ormanlar, doğayı ve mimariyi harmanlayarak kentsel yaşama daha yeşil ve sağlıklı bir yaklaşımı temsil etmektedir. Yeşilliklerle dolu binalar genellikle alıcılar ve kiracılar için daha çekicidir. Dikey ormanlar emlak değerlerini artırarak geliştiricilere ve yatırımcılara fayda sağlar. Milano’daki Bosco Verticale gibi simgesel yapılar turist ve ziyaretçileri çekmekte, yerel işletmeleri, otelleri ve restoranları canlandırmaktadır. İyileştirilmiş hava kalitesi daha iyi ve sağlıklı yaşam alanı oluşmasını sağlar. Yeşillik doğal yalıtım sağlayarak ısıtma ve soğutma masraflarının azaltılmasını sağlar. Ayrıca kentsel ısı adası etkisini hafifleterek enerji talebini düşürür. Özetle, dikey ormanlar çevresel, sosyal ve ekonomik faydaların bir karışımını sunarak şehirler için akıllı bir yatırım oluşturur (Vertical Forest, 2024, a,b).

Dumansız Kule

Havadan ince partikül maddeleri temizleyen ve yerel hava kalitesini iyileştiren büyük bir hava temizleyicisidir. Dumansız kule (smog free tower) Daan Roosegaarde ve ekibi tarafından tasarlanan yenilikçi bir çözümdür. Kentsel hava kirliliğini ele alan dünyanın ilk smog vakum temizleyicisi olarak hizmet vermektedir. 7 metre yüksekliğindeki kule, havayı temizlemek için patentli pozitif iyonizasyon teknolojisini kullanır. Çevresindeki kirli havayı çeker. Kulenin içinde, partikül madde filtrelenir ve geriye temiz havayı bırakmaktadır. Dumansız kuleler daha temiz hava için yerel bir çözüm sağlamak amacıyla parklar gibi halka açık alanlara yerleştirilmektedir (Smog Free Tower, 2024).

Kirliliği Emen Sokak Mobilyaları

Hava kirliliğiyle mücadele etmek için tasarlanmış, Fransa, Toulouse'daki yapay ağaçlar gibi yenilikçi kentsel yapılardır. Toulouse'daki bir girişim, mikro alg içeren hava temizleyicileri denemektedir. Bu yapılar bitkiler gibi CO₂'yi alıp, oksijen salarak havayı etkili bir şekilde yenilemektedir. Bu tür yapay ağaçlardan biri, 100 normal ağaç kadar karbon yakalayabilir. Diğer bir örnek ise İngiltere, Londra'daki CityTree'dir. Green City Solutions tarafından tasarlanan CityTree, canlı bir duvarı entegre banklarla birleştiren 1,600 saksı yosun ve bitkiden oluşmakta, ince parçacıkları yakalamakta, havayı 275 ağaç kadar etkili bir şekilde temizlemektedir (Street furniture, 2024).

Su Kirliliği Kontrol Yenilikleri

Su kirliliği ekosistemler, insan sağlığı ve biyolojik çeşitlilik için önemli tehditler oluşturmaktadır. Teknoloji ve sürdürülebilir uygulamalardaki gelişmeler daha temiz ve sağlıklı bir gelecek için umut olmaktadır.

Akıllı Su Yönetim Uygulamaları: Entegre su yönetim sistemi uygulaması kullanıcıların su tüketimini verimli bir şekilde izlemesini ve yönetmesini sağlar. Gerçek zamanlı hava durumuna dayalı sulama planlaması, sızıntı tespit sistemleri ve kişiselleştirilmiş tüketim takibi özellikleri vardır. Akıllı cihazlar kullanarak bireyler kolektif su koruma çabalarına katkıda bulunurlar.

Yağmur Suyu Hasat Sistemleri: İçilebilir olmayan kullanımlar için yağmur suyu toplamak, tatlı su kaynaklarına olan bağımlılığı azaltır. Çatı toplama sistemleri yağmur suyunu depolama tanklarına yönlendirir ve daha sonra sulama, tuvalet sifonu veya endüstriyel işlemler için kullanılabilir.

Yeşil Altyapı: Yeşil çatılar, geçirgen kaldırımlar ve bitki örtülü su kanalları uygulamak, yağmur suyu akışını yönetmeye yardımcı olur. Bu doğal sistemler kirlleticileri emer ve su kütlelerine ulaşmasını önler.

Gelişmiş Sızıntı Tespiti: Yapay zeka destekli sızıntı tespit sistemleri arızaları belirler ve su israfını önler. Sızıntıları vakit kaybetmeden önleyerek su kayıplarını ve gereksiz tüketimi azaltır.

Atıksu Arıtma Yenilikleri

Verimli ve merkezi olmayan atıksu arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi, kirleticilerin deşarjdan önce uzaklaştırılmasını sağlar. Örnekler arasında inşa edilmiş sulak alanlar ve membran biyoreaktörler gösterilebilir. Membran filtrasyon (ters ozmoz ve ultrafiltrasyon) uygulamaları son yıllarda atıksu arıtımında yaygın kullanılmaktadır. Ters ozmoz membranları bütün kirleticileri sudan uzaklaştırır. Ultrafiltrasyon sudan bakteri, virüs ve diğer patojenleri uzaklaştırmak için ince gözenekli membranlar kullanır. İleri oksidasyon işlemlerinde UV ışığı ve fotokatalizörler, sudaki organik kirleticileri parçalayarak giderir. Ozon, mikroorganizmalar ve organik bileşikler de dahil olmak üzere kirleticileri okside eder ve sudan uzaklaştırır.

Toprak Kirliliği Kontrol Yenilikleri

Toprak kirliliği önemli çevresel ve sağlık riskleri oluşturur. Toprak kalitesini korumak için etkili stratejiler uygulamak çok önemlidir. Bazı yenilikçi yaklaşımlar aşağıda verilmiştir.

Örtü bitkileri (canlı kökler) yetiştirmek, toprak erozyonunu önlemeye, toprak yapısını iyileştirmeye ve besin maddesi akışını azaltmaya yardımcı olur. Optimum besin maddesi uygulaması doğru kaynak, doğru oran, doğru zaman ve doğru yer olarak tanımlanan 4R yaklaşımı ile besin maddesi kullanımındaki hassasiyet, tarım alanlarından gelen kirliliği en aza indirir.

Sürdürülebilir arazi kullanım planlamasında topluluk katılımı ve mevzuat geliştirme önemlidir. Yerel topluluklar arazi ve toprak yönetimi kararlarına dahil edilmelidir. Sorumlu arazi kullanımını uygulamak ve kirlenmeyi önlemek için toprak kirliliği kontrol yasaları iyileştirilmelidir. Toprak kirliliğini önlemek için yeni arazi kullanımları sıkı onay süreçleri ile kontrol edilmelidir. Yerinde iyileştirme yöntemi kazı yapmadan toprağı işlemektir. Bu teknikler arasında fitoremediasyon, biyoremediasyon ve kimyasal oksidasyon bulunur. Hiperakümülatör bitkiler kirlenmiş topraklardan ağır metalleri emebilir ve yoğunlaştırabilir, bu da temizliği kolaylaştırır. Rhizoremediasyon tekniğinde bitki kökleri ve ilişkili mikroplar, topraktaki organik kirleticileri parçalar. Mikrobiyal bozunma yönteminde mikroorganizmalar, petrol hidrokarbonları ve pestisitler gibi organik kirleticileri daha az zararlı maddelere parçalar. Biyolojik artırma yönteminde kirlenmiş alanlara belirli mikrop türlerinin eklenmesiyle kirleticilerin ayrışması artırılır.

Politika ve Ekonomik Hususlar

İklim değişikliğini ve çevre kirliliğini azaltmak için yenilikçi çözümlerin benimsenmesini sağlamak için etkili politikalar ve ekonomik teşvikler önemlidir.

Politika Çerçevesi

Dünya çapında, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve çevre kirliliğini azaltmak için çeşitli politikalar uygulanmaktadır. Bu politikalar düzenleyici yaklaşımlar, piyasa tabanlı mekanizmalar ve gönüllü girişimler olarak kategorize edilebilir.

Düzenleyici yaklaşımlar, emisyonları kontrol etmek ve atıkları yönetmek için zorunlu standartlar ve düzenlemeler belirlemektir. Yasal mevzuatlarla, endüstrilerin yayabileceği kirletici emisyon miktarlarına standartlar belirlenir. Örneğin, Avrupa Birliği'nin Endüstriyel Emisyonlar Direktifi, endüstriyel tesisler için katı emisyon sınırları belirlemektedir. Avrupa Birliği'nin Atık Çerçeve Direktifi gibi politikalar, geri dönüşüm hedefleri ve depolama alanı azaltma önlemleri dahil olmak üzere atık yönetimi uygulamaları zorunludur. Avrupa Birliği, iklim değişikliği ve kirlilikle mücadele için düzenleyici politikaların uygulanmasında öncü olmuştur. AB Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) 31 ülkede 11,000'den fazla elektrik santrali ve endüstriyel tesisin emisyonlarını sınırlayan dünyanın en büyük karbon pazarıdır. Döngüsel Ekonomi Eylem Planı geri dönüşümü artırma, atığı azaltma ve sürdürülebilir ürün tasarımı teşvik etme gibi önlemler vardır.

Piyasa tabanlı mekanizmalar, işletmeleri ve bireyleri çevresel etkilerini azaltmaya teşvik etmek için ekonomik teşvikler kullanır. Karbon vergileri ve sınır ticaret sistemleri gibi karbon fiyatlandırma mekanizmaları, karbon emisyonlarına bir fiyat koyarak emisyon azaltımlarını teşvik etmektedir. Hükümetler, yenilenebilir enerji projeleri, enerji verimliliği iyileştirmeleri ve temiz teknolojilerin yaygınlaşması için finansal teşvikler sağlamaktadır.

Gönüllü girişimler, düzenleyici gerekliliklerin ötesinde çevresel hedeflere bağlı kalan işletmelerin ve kuruluşların aldığı önlemlerdir. Birçok şirket, net sıfır emisyona ulaşmak veya plastik kullanımını azaltmak gibi kendi kurumsal sürdürülebilirlik programlarını belirlemektedir. Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik gibi sertifika programları binaları çevresel performansları açısından sertifikalandırmaktadır.

Ekonomik Teşvikler

Ekonomik teşvikler, temiz teknolojilerin ve sürdürülebilir uygulamaların yaygınlaşmasını sağlamak için sübvansiyonlar, hibeler, vergi indirimleri ve finansman seçenekleri şeklinde olabilir. Hükümetler, yenilenebilir enerjinin, enerji verimliliğinin ve temiz teknolojilerin benimsenmesini teşvik etmek için finansal destek sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji sübvansiyonları başlangıç maliyetlerini düşürmek ve yaygınlaşmasını teşvik etmek için güneş, rüzgâr ve diğer yenilenebilir enerji projelerine finansal destek verilebilir. Araştırma ve geliştirme hibeleri temiz teknolojide inovasyon için fon, enerji depolama, karbon yakalama ve sürdürülebilir malzemeler gibi alanlardaki gelişmeler desteklenebilir.

Örneğin Almanya'nın Yenilenebilir Enerji Yasası (EEG), besleme tarifeleri ve diğer finansal teşvikler aracılığıyla yenilenebilir enerjiyi teşvik etmede etkili olmuştur. EEG, yenilenebilir enerji üreticilerine sabit ödemeler garanti ederek uzun vadeli finansal istikrar sağlamaktadır. Almanya'nın yenilenebilir enerji kapasitesi önemli ölçüde artmış olup, yenilenebilir enerji ülkenin elektrik üretiminin %40'ından fazlasını oluşturmaktadır.

Vergi teşvikleri, sürdürülebilir uygulamalara yatırım yapan işletmeler ve bireyler üzerindeki mali yükü azaltır. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji projelerine yapılan yatırımlar için vergi kredileri sağlanabilir. Üretilen yenilenebilir enerji miktarına göre vergi kredileri sunulabilir. Örneğin ABD, yenilenebilir enerjiyi ve enerji verimliliğini teşvik etmek için çeşitli federal vergi teşvikleri uygulamıştır. Güneş Yatırım Vergi Kredis (ITC): Güneş kurulumları için %26 güneş yatırım vergi kredisi sağlamaktadır. Rüzgâr enerjisi üretimi için kademeli olarak kaldırılan vergi kredileri sağlanmaktadır.

Kamu-Özel Sektör Ortaklıkları

Sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için kamu ve özel sektörün güçlü yönlerini bir araya getiren bir yöntemdir. Kamu-özel sektör ortaklıkları büyük ölçekli sürdürülebilir projeleri uygulamak için hükümetler, işletmeler ve sivil toplum kuruluşları (STK'lar) arasındaki iş birliğidir. Hükümetler ve özel şirketler, rüzgâr çiftlikleri ve güneş enerjisi santralleri gibi yenilenebilir enerji altyapısının geliştirilmesinde iş birliği yapabilir.

Yeşil İklim Fonu (GCF), gelişmekte olan ülkelerdeki iklim projeleri için kamu ve özel yatırımları destekleyerek finansman sağlayan küresel bir girişimdir. GCF, iklim değişikliği azaltma ve uyum projelerini desteklemek için hibe, kredi ve garantiler sağlamaktadır. Fon, projeler için 10 milyar doların üzerinde onay vererek ek özel sektör yatırımı çekmiştir.

Sürdürülebilirlik Politikalarının Ekonomik Etkisi

Sürdürülebilirlik politikaları ve ekonomik teşvikler, iş yaratma, ekonomik büyüme ve maliyet tasarrufu gibi önemli ekonomik etkilere sahiptir. Yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve sürdürülebilir uygulamalara yapılan yatırımlar, çeşitli sektörlerde yeni iş alanları oluşturur. Yenilenebilir enerji sektörü, imalat, kurulum ve bakımda dünya çapında milyonlarca kişiyi istihdam etmektedir. Enerji verimliliği programları, inşaat, yenileme ve enerji denetiminde iş imkanları oluşmasına sebep olmaktadır.

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), yenilenebilir enerji sektörünün 2019 yılında küresel olarak 11.5 milyon kişiyi istihdam ettiğini ve en büyük işverenlerin güneş fotovoltaik ve rüzgâr enerjisi olduğunu bildirmektedir. Sürdürülebilirlik politikaları, inovasyonu teşvik ederek, yatırımları çekerek ve yeni pazarlar oluşturarak ekonomik büyümeyi yönlendirebilir. Temiz teknoloji ve yenilenebilir enerjiyi teşvik eden politikalar yatırımları çeker ve inovasyonu teşvik eder. Sürdürülebilir bir ekonomiye geçiş, yeşil ürünler ve hizmetler için yeni pazarlar oluşturur. Çin, 2020 yılında yenilenebilir enerjiye 100 milyar dolardan fazla yatırım yaparak diğer tüm ülkelerden daha fazla yatırım yapmıştır. Çin'in yenilenebilir enerjiye yaptığı agresif yatırım, ekonomik büyümeyi yönlendirmiş ve ülkeyi sektörde küresel bir lider konumuna getirmiştir. Yenilenebilir enerji sektörü, Çin'in GSYİH'sine ve ihracatına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (CNREC, 2023).

Enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması ve temiz teknolojilerin benimsenmesi, işletmeler ve konutlar için önemli maliyet tasarrufları sağlayarak enerji faturalarını düşürür. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin azalan maliyeti, bunları fosil yakıtlarla maliyet açısından giderek daha rekabetçi hale getirmektedir. Ticari binalarda enerji verimliliği, önemli maliyet ve enerji tasarrufları sağlamaktadır. ABD Enerji Bakanlığı'nın Daha İyi Binalar Girişimi gibi programlar ticari binalarda enerji verimliliği yenilemelerini teşvik ederek yılda ortalama %2 enerji tasarrufu elde etmişlerdir.

Sonuçlar ve Öneriler

Gelecek nesiller için yaşanabilir bir dünya bırakmak adına, bireyler, topluluklar, hükümetler ve uluslararası örgütlerin bu mücadeleye katkıda bulunması gerekmektedir. İklim değişikliği ve çevre kirliliğine karşı mücadele, yenilenebilir enerji çözümleri, sürdürülebilir tarım uygulamaları, yeşil teknoloji yenilikleri ve destekleyici politika ve ekonomik çerçeveleri entegre eden çok yönlü bir yaklaşım gerektirir. Güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji çözümleri karbon emisyonlarını azaltmada önemli bir potansiyel göstermiştir; tek başına güneş enerjisi, 2050 yılına kadar yılda 4.9 milyar tona kadar CO₂'yi potansiyel olarak önleyebilir. Sürdürülebilir tarım uygulamalarında hassas tarım, tarımsal ormancılık ve organik çiftçilik gibi teknikler, toprak sağlığını iyileştirip kimyasal girdileri azaltırken verimi artırmaktadır. Yeşil teknoloji ve inovasyon alanında elektrikli araçlar, akıllı şebekeler ve yeşil yapı malzemeleri gibi teknolojiler emisyonları önemli ölçüde azaltmakta ve enerji verimliliğini artırmaktadır. CCS teknolojileri, hala gelişmekte olsa da Norveç'in Sleipner projesi gibi projeler 1996'dan beri yılda 1 milyon ton CO₂'yi başarıyla depolayarak endüstriyel kaynaklardan gelen CO₂ emisyonlarının %90'ını yakalama potansiyeline sahiptir. AB Emisyon Ticareti Sistemi (ETS) ve Britanya Kolombiya'sının karbon vergisi gibi etkili politikalar, ekonomik istikrarı ve büyümeyi teşvik ederken emisyonları azaltmada etkili olduğunu kanıtlamıştır. Yeşil İklim Fonu (GCF) gibi kamu-özel sektör ortaklıkları, gelişmekte olan ülkelerdeki iklim projeleri için önemli miktarda fon aktararak sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için hem kamu hem de özel yatırımları harekete geçirmektedir.

Gelecekteki eylemler için politika çerçeveleri güçlendirilmelidir. Hükümetler daha iddialı emisyon azaltma hedefleri benimsemeli ve uyumu sağlamak için katı düzenleyici önlemler uygulamalıdır. Karbon fiyatlandırma mekanizmalarının genişletilmesi ve yenilenebilir enerji projeleri için daha fazla fon sağlanması gerekmektedir. Teknolojik yeniliğe teşvikler artırılmalıdır. CCS, enerji depolama ve yeşil hidrojen gibi yeni teknolojiler için araştırma ve geliştirmeye yatırım önceliklendirilmelidir.

Kamu-özel sektör ortaklıkları yenilikçi çözümlerin dağıtımını hızlandırabilir ve etkilerini artırabilir. Uluslararası işbirliği artırılmalı, ülkeler küresel çevresel zorlukları ele almak için en iyi uygulamaları, teknolojileri ve fon mekanizmalarını paylaşma konusunda işbirliği yapmalıdır. Paris Anlaşması gibi uluslararası anlaşmalar ve çerçeveler, kolektif eylemi sağlamak için güçlendirilmelidir. Kamu farkındalığı ve katılımı artırılmalıdır. Kamu farkındalığı kampanyaları, vatandaşları sürdürülebilir uygulamaların faydaları ve çevresel ayak izlerini azaltmanın önemi konusunda eğitebilir. Enerji tasarruflu cihazlar ve elektrikli araçlar için vergi indirimleri gibi bireysel eylemler için teşvikler, davranış değişikliğini yönlendirebilir.

Yenilikçi çevre teknolojilerinin benimsenmesi, sürdürülebilirliği sağlamak ve iklim değişikliğini azaltmak için önemlidir. Bu teknolojilerin sürekli araştırılması, geliştirilmesi ve uygulanması, daha sürdürülebilir bir gelecek için önemli rol oynayacaktır. Yenilenebilir enerji, enerji depolama, kirlilik kontrolü ve sürdürülebilir tarımdaki gelişmelerden yararlanarak çevresel zorluklar ele alınmalı ve küresel sürdürülebilirlik sağlanmalıdır.

Kaynaklar / References

- Agora Energiewende. (2023). The German Energiewende: Current Status and Future Challenges. <https://www.agora-energiewende.org/> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Aydın, S., Ulvi, M., Ulvi, A. ve Aydın, M. E. (2024). Yüzeysel Sularda Mikroplastikler, İlintili PAH'lar ve Risk Değerlendirmesi. *Mikroplastikler, Endokrin Bozucular ve Çevresel Etkileri*, M. E. Aydın ve M. Tayanç (Eds.), Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. ISBN: 978-625-8352-95-5.
- Bullitt Foundation. (2023). Bullitt Center: The Greenest Commercial Building. <https://bullittcenter.org/> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- China National Renewable Energy Center (CNREC). (2023). China Renewable Energy Development Report.
- Danish Energy Agency. (2023). Wind Energy in Denmark. <https://greenpowerdenmark.dk/kalender/wind-energy-denmark-2023> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- European Commission. (2023). Organic Farming in the EU. https://agriculture.ec.europa.eu/news/organic-farming-eu-decade-growth-2023-01-18_en adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (2023). Photovoltaics Report. <https://www.ise.fraunhofer.de/en.html> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). (2023). The Energy of the Future: Fourth “Energy Transition” Monitoring Report-Summary.
- Glaser, B., Lehmann, J. ve Zech, W. (2002). Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in the Tropics with Charcoal – A Review. *Biology and Fertility of Soils*, 35, 219-230.
- Global Carbon Project (GCP). (2023). Global Carbon Budget 2023, <https://www.globalcarbonproject.org/> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2011). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/2011/06/28/special-report-on-renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation-srren/> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.), Geneva, Switzerland.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.

- International Energy Agency (IEA). (2023). *Renewable Energy Market Update: Outlook for 2023 and 2024*, <https://www.iea.org/reports/renewables-2023> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). *Renewable Capacity Statistics 2020*, ISBN: 978-92-9260-239-0. <https://www.irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- International Solid Waste Association (ISWA). (2023). *Global Waste Management Outlook*. <https://www.iswa.org/blog/global-waste-management-outlook-2024-launch-at-unea6/?v=ebe021079e5a> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Jose, S. (2009). Agroforestry for Ecosystem Services and Environmental Benefits: An Overview. *Agroforestry Systems*, 76, 1-10.
- Keeling, C. D., Bacastow, R. B., Bainbridge, A. E., Ekdahl, C. A., Guenther, P. R. ve Waterman, L. S.(1976). Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii, *Tellus*, 28, 538-551
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. ve Rhind, D. W. (2011). *Geographic Information Systems and Science*. Wiley.
- Matthews, H. D. ve Zickfeld, K.. (2012). Climate response to zeroed emissions of greenhouse gases and aerosols. *Nature Climate Change*, 2, 338-341.
- Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2024). *Carbon capture & sequestration technologies*. <https://sequestration.mit.edu/tools/projects/sleipner.html> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Musial, W. ve Ram, B. (2020). *Large Scale Offshore Wind Power in the United States: An Assessment of Potential*. National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- NASA (2024). Sea Level Change – Observations from Space, <https://sealevel.nasa.gov/> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Petit, J. R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N. I., Barnola, J. M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V. M., Legrand, M., Lipenkov, V. Y., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E. ve Stievenard, M. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399, 429-436.
- Ragaert, K., Delva, L. ve Van Geem, K. (2017). Mechanical and Chemical Recycling of Solid Plastic Waste. *Waste Management*, 69, 24-58.
- Siano, P. (2014). Demand Response and Smart Grids – A Survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 461-478.
- Smog Free Tower. (2024). *Smog Free Tower | Smog Free Project | Studio Roosegaarde*. <https://www.studio Roosegaarde.net/project/smog-free-tower> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Street furniture. (2024). The new street furniture cleaning up urban air. *Inquirer Technology*. <https://technology.inquirer.net/104807/the-new-street-furniture-cleaning-up-urban-air> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.

- U.S. Department of Energy (DOE). (2021). Pumped Hydro Storage: Technology and Trends.
- U.S. Energy Information Administration (EIA). (2023). Solar Photovoltaic (PV) Capacity and Generation. <https://www.eia.gov/todayinenergy/index.php?tg=%20solar> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- United Nations (UN). (2024). Climate Change, Boundary Dam Carbon Capture and Storage Project – Canada. <https://unfccc.int/climate-action/momentum-for-change/activity-database/boundary-dam-carbon-capture-and-storage-project> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- United States Department of Energy. (2023). Energy & employment report. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-06/2023%20USEER%20REPORT-v2.pdf> adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Vertical Forest. (2024a). *Vertical forests: A solution for urban pollution*. ecoadvice.org adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Vertical Forest (2024b). *Vertical forests in urban areas: Combating air pollution with architectural innovations*. businessner.com adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.
- Weber, A., Mench, M. M., Meyers, J. P., Ross, J. P., Ross, P. N., Gostick, J. ve Liu, Q. (2011). Redox Flow Batteries: A Review. *Journal of Applied Electrochemistry*, 41, 1137-1164.
- World Commission on Dams (WCD). (2000). *Dams and development: A new framework for decision-making*. https://awsassets.panda.org/downloads/wcd_dams_final_report.pdf adresinden 05.08.2024 tarihinde alınmıştır.

Yazarlar Hakkında / About Authors

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN | Necmettin Erbakan Üniversitesi
meaydin[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6665-198X

Mehmet Emin Aydın, Selçuk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden 1985 yılında mezun oldu. 1993 yılında İngiltere, Loughborough Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde suların arıtımı alanında doktorasını tamamladı. Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne 1997 yılında Doçent 2003 yılında Profesör olarak atandı. 2012 yılında Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne Profesör olarak atandı. Halen 2018 yılından beri aynı üniversitenin İnşaat Mühendisliği Bölümünde Profesör olarak çalışmaktadır. Araştırma alanı Su Temini, atıksuların uzaklaştırılması, su kirliliği, su arıtma, PAH, PCB, pestisitler, kalıcı organik kirleticiler, ekotoksikoloji alanlarını kapsamaktadır. Prof. Dr. Aydın'ın Uluslararası hakemli dergilerde ve sempozyum kitaplarında 235 makalesi, Ulusal sempozyumlarda 82 bildirisi, 14 kitap bölümü ve 10 kitap editörlüğü veya ortak editörlüğü vardır.

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN | Necmettin Erbakan University
meaydin[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6665-198X

Mehmet Emin Aydın has studied Civil engineering at Selçuk University in Konya, Türkiye (1980-1985) and received his PhD in 1993 in the field of drinking water treatment at Civil Engineering Department of Loughborough University of Technology in England. He is appointed as Assoc. Prof. Dr. in Environmental Engineering of Selçuk University in 1997. Since 2003, he is full Professor in Environmental Engineering initially at Selçuk University and then since 2012 in Necmettin Erbakan University in Konya, Türkiye. He is working as full Professor in Civil Engineering Department of Necmettin Erbakan University since 2018. His teaching and research cover water supply, wastewater disposal, water pollution, water and wastewater treatment, ecotoxicology, PAHs, PCBs, pesticides, pharmaceuticals and illicit drugs in environment. Prof. Dr. Aydın published 235 papers in international peer-reviewed journals and proceedings volumes; 82 presentations in National symposiums; 14 international book chapters, 10 book editorships and co-editorships.

Prof. Dr. Senar AYDIN | Necmettin Erbakan Üniversitesi
sozcan[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0960-480X

Senar Aydın, Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünden 1999 yılında mezun olmuş, 2007 yılında aynı bölümde Çevrede PAH, PCB, pestisitler gibi mikrokirleticilerin analizi konusunda doktorasını tamamlamıştır. 2000 yılından itibaren Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta olduğu aynı bölümde 2010 yılında Yardımcı Doçent olarak atanmıştır. Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne 2012 yılında Doçent olarak, 2017 yılında Profesör olarak atanmıştır. Ders verdiği ve araştırma yaptığı alanlar temel işlemler, temel işlemler laboratuvar uygulamaları, su kirliliği, su arıtma, çevrede PAH, PCB, pestisitler, farmasötikler, uyuşturucuların analizi ve ekotoksikoloji alanlarını kapsamaktadır. 2011-2021 ve 2023 yılından bu yana Çevre Mühendisliği Bölüm başkanlığı görevini yürütmektedir. 2013 yılında TÜBA üstün başarılı genç bilim insanı (GEPİP) ödülü almıştır. Senar Aydın uluslararası hakemli dergilerde ve sempozyum kitaplarında 160 makale, 20 ulusal makale, ulusal sempozyumlarda 52 bildiri, 3 ulusal ve 12 uluslararası kitap bölümü yayınlamıştır.

Prof. Dr. Senar AYDIN | Necmettin Erbakan University
sozcan[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0960-480X

Senar Aydın has studied in Environmental engineering department at Selçuk University in Konya (1995-1999) and received her Doctorate in 2007 in the field of Analyses of micro pollutants such as pesticides, PAHs and PCBs in Environment at Environmental Engineering Department of Selçuk University. Senar Aydın was appointed as Assistant Prof. Dr. in Environmental Engineering Department of Selçuk University in 2010 and then as Associate Prof. Dr. in 2012. Since 2017 she is full Professor in Environmental Engineering Department of Necmettin Erbakan University in Konya, Türkiye. Her teaching and research cover unit processes, laboratory application of unit processes, water pollution, water and wastewater treatment, ecotoxicology, PAHs, PCBs, pesticides, pharmaceuticals and illicit drugs in environment. She has been the head of the Department of Environmental Engineering since 2023 and 2011-2021. She was awarded as excellency in science among young scientist by Turkish academy of sciences (TUBA) in 2013. Senar Aydın published 160 papers in international peer-reviewed journals and proceedings volumes; 20 national articles; 52 presentations in National symposiums; 3 national and 12 international book chapters.

ÇABUK BOZULAN BAZI GIDALARDA KAYIP VE İSRAFIN ENGELLENMESİ

PREVENTING LOSS AND WASTE IN
SOME PERISHABLE FOODS

Mehmet Seçkin ADAY

Atıf Künyesi: Aday, M. S. (2024). Çabuk Bozulan Bazı Gıdalarda Kayıp ve İsrafın Engellenmesi. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafı* (s. 159-178) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

ÇABUK BOZULAN BAZI GIDALARDA KAYIP VE İSRAFIN ENGELLENMESİ

Prof. Dr. Mehmet Seçkin ADAY

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Özet

Bu çalışma, özellikle meyve ve sebzelere odaklanarak bozulabilir gıdalarda kayıp ve israfın önlenmesini ele almaktadır. Makale, gıda kaybı ve israfının, küresel gıda güvenliği, kaynak kullanımı ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki önemli etkisini vurgulamaktadır. Tedarik zincirinin çeşitli aşamalarındaki (üretim, dağıtım, işleme, depolama, perakende ve tüketim) kayıpların temel nedenleri irdelenmektedir. Çözümler arasında teknolojik yenilikler, akıllı tarım uygulamaları ve gelişmiş lojistik hizmetleri gibi uygulamalar yer almaktadır. Çalışma; kayıpları ve israfı en aza indirmek ve böylece daha iyi gıda güvencesi ve sürdürülebilirliği sağlamak için eğitim, teknolojik uygulamalar ve stratejik planlama dahil olmak üzere tedarik zinciri boyunca koordineli çabalara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler

*Gıda Kaybı, Gıda İsrafı, Çabuk Bozulan Gıdalar, Tedarik Zinciri,
Sürdürülebilirlik, Teknolojik Yenilikler*

PREVENTING LOSS AND WASTE IN SOME PERISHABLE FOODS

Prof. Dr. Mehmet Seçkin ADAY

Çanakkale Onsekiz Mart University

Abstract

This study addresses the prevention of loss and waste in some perishable foods, specifically focusing on fruits and vegetables. The manuscript also highlights the significant impact of food loss and waste on global food security, resource utilization, and environmental sustainability. Key causes of losses at various stages of the supply chain—production, distribution, processing, storage, retail and consumption—are identified. Solutions include technological innovations, smart agricultural practices, and enhanced logistic applications. The study emphasizes the need for coordinated efforts across the supply chain, including education, technology implementation, and strategic planning, to minimize losses and waste, thus ensuring better food security and sustainability.

Keywords

*Food Loss, Food Waste, Perishable Foods, Supply Chain,
Sustainability, Technological Innovations*

Giriş

Gıda kayıpları ve israfı (GKİ) konusuna son zamanlarda gösterilen ilgi iki ana endişe kategorisine dayanmaktadır. Birincisi, gıda güvencesi ve açlıkla ilgili bir endişeyi içermekte olup, dünyada 800 milyondan fazla insan hâlâ açlık çekerken gıda kayıp ve israfı konusundaki istatistikler bir şeylerin ters gittiğini ve gıda tedarik zincirinin gerektiği gibi işlemediğini göstermektedir. İkincisi ise, nüfus ve gelir artışı ile değişen tüketim kalıplarından kaynaklanan GKİ'nin doğal kaynaklar ve çevre üzerindeki etkisine ilişkin bir endişeye dayanmaktadır (High Level Panel of Experts, 2014).

Küresel olarak, üretilen gıdanın yaklaşık yüzde 13'ü hasat ile perakende satış arasında kaybedilirken, toplam gıda üretiminin tahmini olarak yüzde 17'si evlerde, hizmet sektöründe ve perakende aşamasında israf edilmektedir. Ayrıca, kayıp ve israf edilen gıda, küresel gıda sistemindeki toplam enerji kullanımının da yüzde 38'ini oluşturmaktadır. Gıda kaybolduğunda veya israf edildiğinde sadece gıda değil, bu gıdayı üretmek için kullanılan su, toprak, enerji, iş gücü ve sermaye dahil tüm kaynaklar da boşa gitmektedir. Ayrıca gıda kaybı ve atıklarının çöplüklere atılması, sera gazı emisyonlarına yol açmakta, gıda güvencesini ve gıda bulunabilirliğini de olumsuz yönde etkileyerek gıda maliyetinin artmasını sağlamaktadır (Birleşmiş Milletler, 2024). Gelecekteki nüfus artışı da göz önüne alındığında, gerekli gıda üretimini en aza indirmenin ve dolayısıyla kullanılabilirliği artırmanın en iyi yolu kayıp ve israfı en aza indirmektir. Bu sorun doğru şekilde ele alınmazsa, gıda üretimindeki artış, gıda kayıp ve israfının daha da artmasına neden olacaktır. Bu nedenle gıda kayıp ve israfı, sürdürülebilirlik ve gıda güvencesi söz konusu olduğunda hayati bir faktör olarak nitelendirilmektedir (Sanad Alsbu ve ark., 2023).

Gıda kayıp ve israfı, bir ürünün hasat edilmeye veya hasat edilmeye hazır olduğu an ile tüketildiği veya gıda tedarik zincirinden çıkarıldığı an arasında meydana gelmektedir. “Gıda kaybı” terimi, gıda tedarik zincirinde özellikle insan tüketimine yönelik olarak yenilebilir gıda kütlesindeki azalmayı ifade etmektedir. Gıda tedarik zincirinde gıda kayıpları üretim, hasat sonrası ve işleme aşamalarında gerçekleşmektedir. Tedarik zincirinin sonunda (perakende ve tüketim) meydana gelen kayıplara ise “gıda israfı” adı verilmektedir (Berja ve ark., 2018). Ayrıca gıda israfı; genellikle “israf davranışı” ve bilinçli olarak gıdaları çöpe atma kararıyla ilişkilendirilmektedir. Ancak israf davranışı ile gıda kaybının diğer nedenleri arasında ayırım yapmak zor olduğundan (Beausang ve ark., 2017), bu makalede üretimden başlayarak, tedarik zincirinin tüm aşamalarında kaybolan/ israf edilen gıdaları tasvir etmek için bu terimler benzer anlamda kullanılacaktır.

Gıda israfı veya kaybı, yem ve yenilebilir olmayan gıda kısımları hariç tutularak, yalnızca insan tüketimine yönelik kısımlar için ölçülmektedir. Bu nedenle, başlangıçta insan tüketimine yönelik olan ancak sonradan çeşitli nedenlerle insan besin zincirinden çıkan gıda, daha sonra gıda dışı bir kullanıma (yem, biyoenerji, vb.) dönüşse bile, gıda kaybı veya israfı olarak kabul edilmektedir. Bu yaklaşım, “planlı” gıda dışı kullanımları, kayıplar olarak değerlendirilen “plansız” gıda dışı kullanımlardan ayırmaktadır (Gustafsson ve ark., 2013).

Meyve ve sebzeler, çabuk bozulabilir olmaları nedeniyle gıda tedarik zincirinde en çok tüketilen ve doğası gereği yönetilmesi en zor olarak gıda gruplarından bir tanesini temsil etmektedir. Bu nedenle bu ürün grubunda kayıp ve israf yüksektir. Kayıp ve israf tedarik zincirinin tüm aşamalarında farklı nedenlerden dolayı ortaya çıkmaktadır (Facchini ve ark., 2023). Üretici kısmında, taze ürünlerin hasadı sırasında, aşırı üretim olması durumunda veya ürünlerin görsel kalite kusurları içermesi

yüzünden; dağıtımda ve depolamada ise dağıtımın uzaması, yanlış ambalajlama materyallerinin kullanımı veya sıcaklık kontrolündeki aksamalar nedeniyle, işlemede ürünlerin gerekli olan standartları kapsamaması gibi durumlarda, tüketici açısından ise tercihlerin değişmesi veya etiketlerin içerdiği ifadelerin kafa karışıklığına yol açması gibi nedenlerden dolayı kayıp ve israflar oluşmaktadır (Sanad Alsbu ve ark., 2023). Bu makalede; çabuk bozulan ürünlerden olan meyve ve sebzelerde kayıp ve israfın nedenleri ve bunların engellenmesine yönelik çözümlere değinilmektedir.

Meyve ve Sebzelerde Kaliteyi ve Raf Ömrünü Etkileyen Faktörler

Raf ömrü genellikle bir gıda ürününün mikrobiyolojik standartlara göre güvenli kaldığı ve arzu edilen duyuşal, fizikokimyasal ve besinsel kaliteyi koruduğu süre olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda; meyve ve sebzelerin kalitesini ve raf ömrünü etkileyen faktörler iki gruba ayrılabilir: (a) Hasat öncesi faktörler ve (b) Hasat sonrası faktörler (Kaur ve ark., 2023). Hasat öncesi faktörler de kendi arasında ikiye ayrılmakta olup, çevresel faktörler (sıcaklık, ışık, yağmur, rüzgar ve nem) ve kültürel faktörler (mineral madde, büyüme düzenleyicileri, anaç gövde, sulama, budama, seyreltme, çeşit, hastalık/zararlılar ve olgunluk) olarak nitelendirilmektedir (Ramjan ve Ansari, 2018). Hasat sonrası faktörler ise; olgunluk aşaması, hasat yöntemi, hasat zamanı, ön soğutma, ayırma ve sınıflandırma, ambalajlama, depolama koşulları ve nakliye koşullarından oluşmaktadır (Bekele, 2018).

Günümüzde bozulabilir ürünlerin kalitesini korumak ile pazarda daha iyi konuma gelmek ve daha fazla tüketiciye ulaşmak arasında sinerjik bir etki bulunmaktadır. Fakat bu kapsamda alınması gereken en büyük önlem; toplam üretimin %33'ünü temsil eden ve yılda 1,3 milyar ton olduğu bildirilen büyük miktardaki hasat sonrası kayıpların azaltılmasıdır. Bu tür kayıpları azaltmak ve hasattan sonra meyve ve sebzelerin kalitesini korumak ve raf ömrünü arttırmak için tedarik zincirinde yer alan farklı aktörlerin alması gereken birçok önlem bulunmaktadır (Torres-Sánchez ve ark., 2020). Bu aksiyonlara örnek olarak; üretimde modern dijital teknolojilerin kullanılması ve üreticilerin eğitilmesi, dağıtımda etkili lojistik uygulamalarının ve optimizasyon tekniklerinin kullanılması, işleme sırasında yenilikçi muhafaza metodlarının uygulanması ve kayıp ve atıklardan katma değerli ürünler üretilmesi, depolamada uygun depolama sistemlerinin kullanılması ve yenilikçi gıda ambalajlarından yararlanılması, perakende aşamasında israf konusunda bilgilendirme kampanyalarının yapılması ve gıda bağışının kolaylaştırılması, hane düzeyinde ise etiketlerdeki tarihlerin ne anlama geldiği konusunda bilgilendirme yapılması ve alışveriş öncesi planlama yapılması verilebilir (Haji ve ark., 2020; Negi ve Trivedi, 2021; Khouryieh, 2021; Ganesh ve ark., 2022; Ishangulyev ve ark., 2019; Dodero ve ark., 2021; Chung, 2019; Bilska ve ark., 2018; Li ve ark., 2023; Ponis ve ark., 2017).

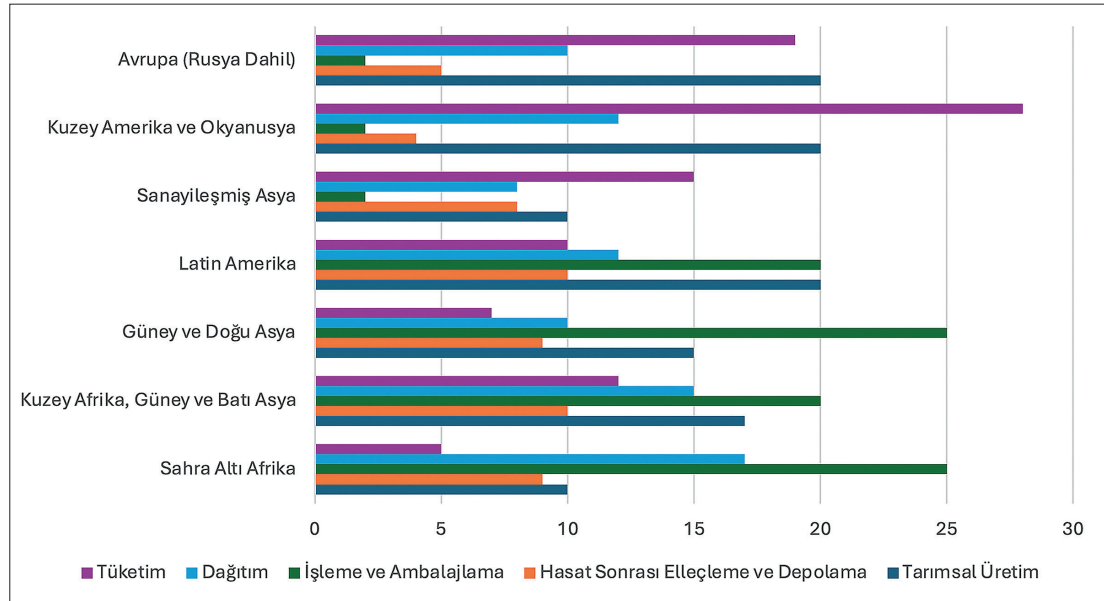
Meyve ve Sebzelerde Tedarik Zinciri ve Kayıplar

Meyve ve sebzelerden kaynaklanan kayıplar toplam gıda israfının ~%16'sını temsil etmekte olup, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde dünya çapında sera gazı emisyonlarına ~%6 oranında etki etmektedir (Cassani ve Gomez-Zavaglia, 2022). Bu kayıp ve israf; üretim (hasat işlemi ve bunu takip eden sınıflandırma ve ayırma), hasat sonrası işlemler (hasattan sonra ve işlemeden önce elleçleme, taşıma ve depolama), işleme, dağıtım ve tüketim olmak üzere beş farklı aşamada gerçekleşebilmektedir (Sugri ve ark., 2021). Gelişmekte olan ülkelerde, altyapı eksikliği

ve uygunsuz işleme metotları nedeniyle kayıpların %9-18'i üretimde ve %15-20'si hasat sonrası aşamalarda meydana gelmektedir. Bunun tersine, gelişmiş ülkelerde, ilk aşamadaki kayıplar düşük yüzdeleri temsil etmekte olup, büyük kayıplar ise tüketim gibi son aşamalarda oluşmaktadır. Meyve ve sebzelerdeki israf ve kayıp yüzdeleri; farklı bölge ve tedarik zincirinin aşamalarına göre şekil 1' de gösterilmektedir (Cassani ve Gomez-Zavaglia, 2022).

Şekil 1

Meyve ve sebzelerdeki israf ve kayıp yüzdelerinin farklı bölge ve tedarik zincirinin aşamalarına göre gösterimi (Cassani ve Gomez-Zavaglia, 2022)



Üretim Sırasında Meydana Gelen Kayıpların Nedenleri ve Engelleme Yöntemleri

Üretim sırasında meydana gelen kayıpların nedenleri arasında; ürün çeşidi, haşere/hastalık yönetimi ve gübreleme gibi tarımsal uygulamalar yer almaktadır. Kötü hasat planlaması ve ürünün dikkatsiz işlenmesi diğer nedenlerdendir. Mekanize biçerdöverlerin ürünün tamamını alamaması veya makinelerin olgunlaşmamış ve olgun ürün arasında ayırım yapamaması nedeniyle de ürün hasat sırasında kayba uğrayabilmektedir (Beausang ve ark., 2017). Gıda kayıplarının önemli bir nedeni ise aşırı üretimdir. Üreticiler beklenmeyen kayıpları telafi etmek ve gıda güvencesini sağlamak için %50 daha fazla üretim yapmaya yönelmektedir. Aşırı üretim temel olarak ticari taleplerden kaynaklanmaktadır. Üreticiler; kalite gerekliliklerine uymama nedeniyle sözleşmelerinden doğan cezaları ödememek için veya ürün geri alma yükümlülüklerine maruz kalmamak için, daha yüksek bir üretim hacmini zorlamaktadır (Raak ve ark., 2017). Perakendecilerin kalite ve tekdüzelik spesifikasyonlarının genellikle genel pazarlama standartlarını aşması, arz ve talepteki dalgalanmalar ile iklim değişikliği (sıcak hava dalgaları, kuraklık, şiddetli yağış ve seller) nedeniyle de gıda kayıpları artmaktadır (Meyer ve ark., 2017). Ayrıca ürünlerin piyasa fiyatları; işgücü ve taşımacılık maliyetlerini karşılamadığında, üreticiler ekonomik kayıpları önlemek için ürünlerini tarlada bırakmayı tercih edebilmektedir (Astill, 2020).

Birincil üretimde meyve ve sebze kayıplarını önlemek için çeşitli yöntem ve stratejiler geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Bu yaklaşımlar eğitim programlarından, teknolojik yeniliklere kadar uzanmaktadır. Üreticiler; perakende şirketlerinde satın almadan sorumlu çalışanlar ve kalite yöneticilerinin “tarım uygulamalarını daha iyi anlamaları durumunda” (örneğin çiftliklerde zaman geçirerek), “gerçekçi olmayan kalite gereklilikleri” nedeniyle gıda kaybını azaltmaya yardımcı olabileceklerini düşünmektedir. Ayrıca gıda kaybının önlenemediği durumlarda, gıda bankaları ve yardım kuruluşları gibi kısa zincirli yeniden dağıtım artırmaya yönelik ek girişimlerin olmasını istemektedir (Meyer ve ark., 2017). Olumsuz hava koşullarından dolayı teslimatta meydana gelen gecikmeler ve miktar farklılıklarının yeni tedarik sözleşmelerinde belirli sınırlar dahilinde kabul edilmesine olanak sağlanmalıdır. Bu durum, mevcut sözleşmelerden kaynaklanan aşırı üretimi önleyecek ve arz ile talebin daha iyi eşleşmesiyle sonuçlanabilecektir. Çalışanların eğitilmesi de üretimin profesyonel bir şekilde meydana gelmesine olanak sağlayacaktır (Ludwig-Ohm ve ark., 2019).

Ayrıca üretimde modern dijital teknolojilerin kullanılması, tarım operasyonlarını geliştirebilmekte ve stratejik karar almayı destekleyebilmektedir. Tarımda en yaygın kullanılan teknoloji; toprak ve su sensörlerini içermekte olup, üretimde hava durumu izleme ve uydu görüntüleme teknolojileri de kullanılarak mahsullerin daha kolay görüntülenmesine ve incelenmesine olanak sağlanmaktadır. Fiderleri tanımlama ve sınıflandırmanın yanı sıra yabancı otları temizlemek ve hasat etmek için otonom araçların kullanımı da dahil olmak üzere yaygın hale gelen otomasyon teknolojilerinin kullanımı yoluyla operatörlerin iş yükü en aza indirilmektedir (Haji ve ark., 2020). Bununla birlikte görüntü analizi yoluyla fiziksel zararların tespiti ve biyosensörler ile patojenlerin belirlenmesi, bunlara ilişkin tedbirlerin alınmasında hızlı karar verme olanağı sağlamaktadır (Silveira ve ark., 2021). Dondan koruma veya doludan koruma ağları, ağaç meyvelerinde don ve dolu zararlarının yanı sıra güneş yanığının önlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, cam veya folyo altında korunan ekim koşulları, kötü hava koşullarından çok daha az etkilenmektedir (Ludwig-Ohm ve ark., 2019).

Dağıtım Sırasında Meydana Gelen Kayıpların Nedenleri ve Engelleme Yöntemleri

Taze meyve ve sebzeler gibi çabuk bozulan gıdalar sıcaklığa duyarlı ürünler olarak sınıflandırılmaktadır ve çevre koşullarındaki (sıcaklık, nem ve ışık gibi) küçük bir dalgalanma, ürünlerdeki biyokimyasal ve mikrobiyolojik aktiviteleri hızlandırarak, ürünün kalitesini azaltmakta, raf ömrünü kısaltmakta ve sağlıkla ilgili çeşitli hastalıklara neden olabilmektedir. Bu nedenle üretimden nihai tüketime kadar olan aşamalarda sıcaklık kontrollü taşımaya ihtiyaç duyulmaktadır (Kumar ve ark., 2022). Bu ürün gruplarında, yönetim ve sermayeye karşılık gelen girdi de sıradan oda sıcaklığı lojistiğinden daha fazla olup, bu da maliyetin sıradan lojistiğe göre daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu maliyetler; dağıtım, ambalajlama, kargo hasarı ve gecikme bedeli gibi kıstaslardan oluşmaktadır (Zhang ve Liu, 2018). Ayrıca yükleme ve boşaltma sırasında da sıcaklık kıstaslarına dikkat edilmesi gerektiğinden bu zorlayıcı olabilmektedir. Ayrıca, uygun olmayan ambalajlama materyallerinin kullanılması ürünlerde hasar oluşturmaktadır (Watkins, 2016). Taşıma sırasında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri, soğutmalı araç veya konteynirlerin bulunmasında yaşanan zorluklardır. Soğutmasız araçlarda, dağıtım öncesi soğutulmuş taze ürünler nemli ve sıcak hava altında tutulduğunda ürün yüzeyinde su yoğunlaşması görülmektedir. Bu olay, bozulmayı hızlandırmaktadır. Taze ürünlerin nakliyesi sırasında karşılaşılan engeller arasında yol koşulları da yer almaktadır. Taşıma sırasında kullanılan bozuk yollar, taze ürünlerdeki mekanik yaralanmaları, dolayısıyla ürün kayıplarını artırmaktadır. Zaman ve mesafe, taşıma sırasında taze ürünlerde hasat sonrası kayıpları etkileyebilen diğer faktörler olarak sıralanmaktadır (Al-Dairi ve ark., 2022).

Gıda ürünlerinin sıcaklığının nakliye ve dağıtım ağının başından sonuna kadar izlenmesi ve kontrol edilmesi (soğuk zincirin bozulmaması), taze kalitenin korunması ve tedarik zinciri boyunca kayıpların azaltılması açısından hayati önem taşımaktadır. Bunu başarmak için çalışanların en iyi ve etkili lojistik uygulamaları konusundaki farkındalığı, eğitimi ve bilgisi artırılmalıdır (Negi ve Trivedi, 2021). Optimizasyon teknikleri de verimliliği artırarak, maliyetleri düşürerek ve müşteri memnuniyetini artırarak ulaştırma ve lojistik sektöründe devrim yaratmaktadır. Rota optimizasyonu ve yük planlamaları içeren optimizasyon algoritmaları, işletmelerin operasyonlarını kolaylaştırmasına ve kaynak kullanımını en üst düzeye çıkarmasına olanak tanımaktadır. Talep tahmini ve planlaması, sürdürülebilirlik hususlarıyla birlikte taşımacılık ve lojistik şirketlerinin genel başarısına daha da katkıda bulunmaktadır (Prasetyo, 2023). Ayrıca dağıtım sırasında, nesnelerin interneti (IoT) ve blok-zincir gibi platformlar, gıdalara ilişkin ayrıntıları yakalamak ve ekosistemi korumak için bunları izleyebilmektedir. Böylelikle, gıda tedarik zinciri, müşterilere ve ilgili paydaşlara sağlam ve istikrarlı bilgiler sunarak, daha şeffaf ve kayıpları engelleyici hale gelebilmektedir (Abideen ve ark., 2021). Kayıpların azaltılmasına yönelik olarak gıda tedarik zincirinde başta dağıtım olmak üzere üst düzeyde koordinasyon ve bilgi paylaşım sisteminin de kurulması gerekmektedir (Halloran ve ark., 2014). Taşıma sırasında oluşan titreşimin önlenmesi zordur; ancak soğutma sisteminin iyileştirilmesi, uygun ambalajın kullanılması ve uygun yastıklama malzemelerinin kullanılması gibi iyi yönetim uygulamaları, taşıma sırasında ürün hasarını azaltabilmektedir (Al-Dairi ve ark., 2022).

İşleme Sırasında Meydana Gelen Kayıpların Nedenleri ve Engelleme Yöntemleri

Gıdaların işlenmesi sırasında yaşanan teknik problemler ve kalite güvencesi önlemleri kayıpların en önemli sebebi olarak nitelendirilmektedir. Soğutma veya dondurma ünitelerinin arızalanması, yanlış depolama sıcaklıklarına neden olmakta ve dolayısıyla hammadde ve nihai ürünlerin güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Diğer ekipman kusurları ısıtma üniteleriyle ilgili olup, proses kontrolünü engellemekte ve pastörizasyon veya sterilizasyonda problemlere yol açmaktadır. Ayrıca steril hava jeneratörlerinde oluşan problemler de mikrobiyal kontaminasyonun nedeni olabilmektedir. İşleme sırasında meydana gelen güç kesintileri, kesintinin süresine ve kesintinin yaşandığı ürün grubuna bağlı olarak çeşitli kayıplara neden olmaktadır (Raak ve ark., 2017). Yetersiz talep tahmini, aşırı üretim ve yetersiz envanter yönetimi, aşırı stok gibi yönetim sorunları ile ürünlerin ağırlığı, boyutu veya rengiyle ilgili spesifikasyonlara uyulmaması durumunda da gıda kayıpları işleme aşamasında meydana gelmektedir (Magalhães ve ark., 2019). Bununla birlikte işletmeler kalifiye iş gücü bulmada zorluklar yaşamakta olup, tarımsal sanayi işletmelerinde mesleki eğitim almış çalışanların oranı azalmaktadır (Volkov ve ark., 2022). Çeşitli maliyet bileşenlerinde (hammadde, paketleme, enerji ve işçilik) yaşanan enflasyon, kârlılıklarını sürdürmek için birçok işleyiciyi; ya bu maliyetleri kendi içinde düşürmeye ya da artışları diğer tedarik zinciri aktörlerine aktarmaya yönlendirmektedir (Dekimpe ve van Heerde, 2023).

Üretim aşamasında gıda kayıplarını veya israfını en aza indirmeye yönelik geleneksel kararlar, uzmanlık bilgisine ve deneyimine dayanılarak alınmakta iken, günümüzde işleme sırasında kullanılacak üretim planlamasında; karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP), çok amaçlı doğrusal programlama (MOLP), doğrusal olmayan programlama (NLP) ve dinamik programlama (DP) gibi deterministik modelleme yaklaşımlarının kullanılması önerilmektedir. Bununla birlikte, günümüzde yöneylem araştırması teknikleri veya matematiksel modeller, işleme optimizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Üretim aşamasında kaybolan veya israf edilen meyvelerin değeri ve miktarı ile belirsizlik altında üretim planlaması; stokastik talepler ve kalite düşüşü açısından farklı simülasyon modelleriyle

yapılabilmektedir (Paam ve ark., 2016). Yenilikçi, termal olmayan teknolojiler, (yüksek basınçlı işleme, darbeli elektrik alan, darbeli ışık, ışınlama, ultrason, manyetik alan ve soğuk plazma teknolojileri vb.) yeni gıda işleme yöntemleri arayışı içinde olan birçok gıda üreticisinin dikkatini çekmektedir. Yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi, güvenlik ve minimum işleme arasında mükemmel bir denge sağlamaktadır. Yenilikçi teknolojiler aynı zamanda enerji ve su tüketiminin de azalmasına neden olmakta ve bu da gıda işleme sırasındaki karbon ve su ayak izini azaltmaktadır. Bu nedenle yenilikçi teknolojiler; çevresel sürdürülebilirlik ve gıda kayıplarının önlenmesinde hayati bir rol oynamaktadır (Khouryieh, 2021). Daha çevre dostu, daha ucuz ve sürdürülebilir, katma değerli ürünler üretmek amacıyla meyve ve sebze kayıp ve atıklarından etkin bir şekilde yararlanmaya yönelik olarak; briketleme, atıklardan enerjiye dönüşüm, kompostlama, enzimlerden yararlanma ve adsorpsiyon gibi geleneksel kullanımların yanı sıra nutrasötikler, paketleme, aroma maddeleri ve atık kaynaklı nanopartiküller alanlarında ortaya çıkan fırsatlar da bulunmaktadır (Ganesh ve ark., 2022). Ayrıca gıda üretim modelini iyileştirmek için mekanize denetim ve öğrenme yöntemlerini kullanan yapay zeka destekli gıda işleme, sadece verileri dijital olarak analiz etmekle kalmamakta, aynı zamanda çoğu insan müdahalesinin de yerini almaktadır. Gıda kalitesi ve miktarının değerlendirilmesi ve yönetimi, yapay zekadaki öngörülebilir modeller kontrol edilerek, güvence altına alınabilmektedir (Tiwari ve ark., 2023).

Gıda endüstrisi, başta İyi Üretim Uygulamaları (GMP), Sanitasyon Standart İşletim Prosedürleri (SSOP) ve Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktası (HACCP) olmak üzere önemli kalite yönetimi araçlarını kullanmaktadır. HACCP sisteminin temel amacı, insan sağlığına yönelik risklerin önlenmesinin yanı sıra, sağlık tehlikesi olasılığının yüksek olduğu üretim aşamalarında kontrol uygulamalarıyla gıda maddelerinde olası olumsuz değişikliklerin önlenmesidir. HACCP, hammadde üretiminden son ürünün tüketimine kadar tarladan çatala tüm üretim adımlarını kapsamaktadır. HACCP sisteminin gıda endüstrilerinde uygulanmadan önce GMP ve SSOP gibi ön koşul programlarının oluşturulması gerekmektedir (de Oliveira ve ark., 2016).

Ana ürünün bileşimi ve özelliklerinin değişmeden kalması gerekiyorsa, üretim sırasında yan ürün miktarının azaltılması pek mümkün olmamaktadır çünkü hedef ürünün kalitesi oluşan yan ürünün uzaklaştırılmasıyla güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Bu nedenle kaynak verimliliğini artırmak ve gıda israfını azaltmak için yan ürün kullanımına yönelik yeni stratejiler geliştirmek gerekmektedir (Raak ve ark., 2017).

Ayrıca nitelikli işgücünün gıda işletmelerine çekilmesi için, sektörün kariyer fırsatı sunabilen bir ortam olduğuyula ilişkin imajının iyileştirilmesi ve çalışma şartlarının düzeltilmesi gerekmektedir (Ryan, 2023). Son olarak envanter yönetiminde, ilk giren ilk çıkar (FIFO) tedarik zinciri ilkesine dayanarak, farklı ürünlerin çabuk bozulabilirliğinin dinamik doğasını birleştiren benzer bir ilke önerilmiştir ve ilk kullanım süresi dolan ilk çıkar (FEFO) veya en az raf ömrüne sahip olan ilk çıkar (LSFO) ilkeleri kullanılabilir (Jedermann ve ark., 2014).

Depolama Sırasında Meydana Gelen Kayıpların Nedenleri ve Engelleme Yöntemleri

Depolama sırasında meydana gelen kayıplar, büyük ölçüde az gelişmiş ülkelerde yaşanmaktadır. Kötü depolama koşulları; küflerin, böceklerin, kemirgenlerin ve diğer zararlıların birleşik etkilerinin neden olduğu kayıplardır. Mevcut soğutma teknolojisinin eksikliği, gıda kayıplarını etkileyen tedarik zinciri faktörlerinin önemli bir unsurudur (Dora ve ark., 2021). Depolama altyapısının olmaması ve soğuk depolama tesislerine erişilememesi nedeniyle de meyve ve sebzelerde kayıplar meydana gelmektedir (Ishangulyyev ve ark., 2019). Son kullanma tarihinin geçmesi, soğuk depo

eksikliğinden kaynaklanan lojistik kısıtlamalar ve hatalı sipariş ve talep tahmini nedeniyle aşırı stoklama ve ambalaj kusurları da depolama sırasındaki gıda kaybının ana nedenleridir (Priever ve ark., 2016). Depolamada; yanlış sıcaklık ve nem yönetimi ve yerde yanlış palet konumlandırılması nedeniyle hava akışının engellenmesi gibi sorunlar da yaşanmaktadır (Jedermann ve ark., 2014).

Uygun depolar (depolama tesisleri), kayıpların azaltılabilmesi için pazarlama ve tüketim süresini uzatarak zaman kısıtlamasının yönetilmesine de yardımcı olmaktadır. Işığı, nemi, oksijen seviyesini, sanitasyonu ve sıcaklığı uygun şekilde kontrol edebilen iyi depolama koşulları, meyve ve sebze kayıplarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Ishangulyev ve ark., 2019). Metabolik aktiviteyi azaltmak için en sık kullanılan uygulama, modifiye atmosfer altında soğuk depolamadır. Bununla birlikte, düşük sıcaklıkta depolama koşullarının her bir ürün türü için ayarlanması ve optimize edilmesi gerekmektedir. Ek olarak nem ve hava bileşimi gibi diğer saklama koşulları da en iyi sonuçlar için ayarlanmalıdır (Yadav ve ark., 2023). Temizlik ve dezenfeksiyonu kolaylaştırmak için depolama odaları uygun bir durumda tutulmalıdır. Ekipman, taze meyve ve sebzelerin kontaminasyonunu önleyecek şekilde çalışmalıdır. Taze meyve ve sebzelerle temas eden kullanılabilir ambalajlar düzenli olarak temizlenmeli ve uygun olduğu durumlarda dezenfekte edilmelidir (Din ve ark., 2011).

Bunun yanında teknolojik gelişmelerden de yararlanılmaktadır. Kontrollü atmosfer (CA) tekniği, daha doğru kontrol sistemlerinin geliştirilmesiyle dinamik kontrollü atmosfere (DCA depolama) doğru gelişmiştir. DCA tekniğinde, mümkün olan en düşük oksijen seviyesi hedeflenmektedir, ancak depodaki gaz konsantrasyonları ürünün değişen fizyolojik tepkisine göre dinamik olarak uyarlamaktadır. Sistem düşük oksijen stresi tespit ederse, ürünün tepkisi optimal eşiğe dönene kadar oksijen seviyesini artırarak çalışmaktadır. Böylelikle ürünün depolama ömrü geleneksel kontrollü atmosfer tekniğine göre daha da uzamaktadır (Falagán ve Terry, 2018).

Yenilikçi gıda ambalajları, gıdanın korunmasında ve kalite göstergesinde aktif rol oynayabilecek bir veya daha fazla fonksiyon sunabilmektedir. Bu anlamda yenilikçi ambalajlara yerleştirilebilecek işlevlerin sayısı hızla artmaktadır. Bu yeni malzemeler, gıda güvenliğinin iyileştirilmesi, gıda kalitesinin artırılması ve gıda israfının en aza indirilmesinde güncel bir rol üstlenmeyi vaat etmektedir. Yeni paketleme teknolojilerini tanımlamak için yaygın olarak “aktif” ve “akıllı” gibi çeşitli terimler kullanılmaktadır. Bu terimler literatürde birbirinin yerine kullanılmasına rağmen farklı kavramları temsil etmektedirler. Spesifik olarak, akıllı ambalajlar doğrudan gıda ürünleri üzerinde etkili olmayıp sadece onların durumunu izler; aktif ambalajlar ise gıdanın etrafındaki çevreye etki ederek gıdanın raf ömrünü artırma rolüne sahiptir (Dodero ve ark., 2021). ‘Akıllı konteyner’ olarak adlandırılan diğer sistem ise (i) sıcaklık ve diğer parametrelerdeki sapmaları izlemek için gıda paletlerinin içine veya yüzeyine monte edilen bir kablolu sensör ağından, (ii) konteynerin içine monte edilen bir yük denetim ünitesinden oluşur. Ölçülen verileri değerlendirmek ve taşınan mallar için bir raf ömrü tahminini hesaplamak için, (iii) mobil iletişim (GSM) veya uydu ağları için küresel sistem tarafından harici iletişim sağlamada bir telematik ünitesi ve (iv) web için bir uzak sunucunun şirket veri tabanlarına erişim ve entegrasyonu gerekmektedir (Jedermann ve ark., 2014). Adaptive Naïve Bayes tahmini ve IoT’yi kullanarak çevresel parametreleri yönetmek için otomatik bir kontrol tekniği, gıda paletlerinin içindeki sıcaklık değişimini tahmin etmek için bir Sinir Ağı modeli, blok-zincir ve IoT’yi içeren izlenebilir bir raf ömrü yönetim sistemi ve RFID tabanlı izleme, izleme için IoT sensörleri ve bir ürünün alınıp alınmadığını veya gönderildiğini belirlemek için gıda ürününün kalitesiyle değil yalnızca izlenebilirlikle ilgilenen bir XGBoost modelleri de yönetim ve izleme amaçlı kullanılabilmektedir (Singha ve ark., 2023).

Perakende Aşamasında Meydana Gelen İsrafin Nedenleri ve Engelleme Yöntemleri

Perakendedeki kaybın ana nedenleri (a) dahili ve harici hırsızlık: malların kaydını ihmal eden tedarikçiler/çalışanlar veya müşteriler tarafından mağaza içinde gerçekleştirilen eylemler; (b) operasyonel ihlal: kayıt dışı operasyonlardan kaynaklanan farklılıklar; (c) idari hatalar: çalışanların eylemleri nedeniyle kontrol ve envanterlerdeki farklılıklar ve (d) tedarikçiler: tedarikçilerin etkisiyle perakendeci tarafından yapılan hatalardır. Bu sebeplere; mevsimsel siparişler, aşırı satın alımlar, yeni ürünlerin test edilmesi, ani iklim değişiklikleri, kontrol ve kalite standartları eksikliği, piyasa değişkenliği, gıdanın yanlış işlenmesi, gıda ambalajının kalitesizliği ve uzatılmış perakende satış süresi de eklenebilmektedir (Jarnyk, 2008).

Lemos ve de Paula Castro (2021) tarafından yapılan çalışma; meyve ve sebzelerin boyut, şekil, ağırlık ve renk bakımından istenilen fiziksel standartları karşılamaması, ürünlerin taşıma sırasında görünümü etkileyecek şekilde hasar görmesi, mağazaların içindeki sıcaklık, nem ve ışık koşulları ile gıda güvenliğini, ürün kalitesini ve kabul edilebilirlik derecesini etkileyebilecek hijyen koşulları ve işleme uygulamalarının yetersiz olmasından dolayı israfların meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca talep tahmininin doğru olmaması nedeniyle ihtiyaç fazlası alım ve depolama da, fazlalığın atılmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte; rafları ve vitrinleri dolu tutmak için dahili olarak sürekli gerçekleşen ürün akışı; stok ile mağaza arasında ürünlerin hasar görme riskini artırmaktadır.

Perakende aşamasında israfı engellemede; neyin doğru neyin yanlış olduğunu tespit etmek ve tüketicilerin davranış ve taleplerini değiştirmeye yönelik aksiyonlar almak önemlidir. Gıda israfının miktarları ve etkileri konusunda eğitimler; tüketicilere ve sektöre yönelik bilgilendirme kampanyaları dahilinde okullarda, festivallerde ve restoranlarda gerçekleştirilmelidir. Süpermarketlere yönelik olarak gıda bağışını kolaylaştıran kurallar vurgulanmalıdır. Gıda israfındaki gerçek miktarlarının düzenli olarak raporlanması gerekmektedir. Konunun öne çıkarılması, hedeflerin belirlenmesi ve ortak projeler altında birlikte çalışılması için farklı otoritelerin ve STK'ların bir araya gelmesi lazımdır. Bununla birlikte gıda israfının nasıl sınırlandırılacağı ve gıdanın amacına uygun şekilde nasıl kullanılacağı konusunda yönetsel kararların alınması da gerekmektedir (Bilska ve ark., 2018; Kliugaite ve Kruopiene, 2017). Perakende aşamasında da gıda israfının azaltılmasında teknolojik gelişmelerden faydalanılmaktadır. RFID ve Blok-zincir teknolojisi, perakendecilerin tedarikçilerle veri paylaşma ve üretim planlamasını iyileştirme, şeffaf tedarik zincirleri oluşturma ve kanal üyeleri arasında gelişmiş senkronizasyon ve koordinasyon yoluyla gıda israfının azaltılmasına katkıda bulunma yeteneklerini geliştirir. Makine öğrenimi ve yapay zekadaki son gelişmeler, mevcut perakende karar destek sistemlerinin öngörü gücünü daha da artırmak ve gıda israfının azaltılmasına yönelik yeni araçlar ve çerçeveler geliştirmek için fırsatlar sunmaktadır. Bu kapsamda satış noktası (POS) ödeme sistemleri aracılığıyla toplanan alışveriş sepeti verileri ve stok tutma birimi (SKU) düzeyindeki satış verileri, gıda ürünlerine yönelik talep tahmini yapmak için kullanılmaktadır (Zhang ve ark., 2022). Ayrıca raf ömrüne dayalı envanter yönetimi politikaları ile perakende düzeyindeki bilgiler, son kullanma tarihi yaklaşan ürünlerin tüketiciden alternatif kullanıcı gruplarına yeniden yönlendirilmesi için en uygun zamanların anlaşılmasını sağlayabilmektedir (Kibler ve ark., 2018). Fiyatlandırmada ise gıda perakendecileri, tüketicilere tazelik kaybını telafi ettirmek için bozulabilir bir ürünün son kullanma tarihi yaklaştıkça fiyatını sistematik olarak düşürmektedir. Fiyatların depolama süresi uzadıkça bozulabilir gıdaların azalan tazelik değeri ile eşleştirilmesi; perakendeci ile tüketiciler arasındaki güveni güçlendirebilir, tüketici memnuniyetini artırabilir, israfı azaltabilir bu da sürdürülebilir gıda perakendeciliği için

gerekli olan daha yüksek bir tekrar ziyaret niyetiyle sonuçlanabilir (Chung, 2019). Görünüş bakımından “çirkin” olarak nitelendirilen ürünlerin benzersizliğine odaklanan bir “marka hikayesi” yaratıldığında, bu ürünleri almanın israfı azalttığını ifade eden reklamlar yapıldığında, bu ürünler antropomorfik şekillerle resmedildiğinde ve indirim kampanyaları yapıldığında, bu ürünlere ilişkin israfın azaltılacağı da düşünülmektedir (Varese ve ark., 2022).

Hane Düzeyinde Meydana Gelen İsrafin Nedenleri ve Engelleme Yöntemleri

Son yıllarda gıda israfı yaygın bir endişe haline gelmiş olup, bu israfın neredeyse yarısı hane düzeyinde meydana gelmektedir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, gıda saklama uygulamalarının, ambalaj etiketlerindeki tarihin yorumlanması, yaş, cinsiyet, gelir düzeyi ve eğitimin de tüketicilerde gıda israfına yol açan parametreler olduğu belirlenmiştir. Ayrıca evsel gıda israfının oluşumu hane halkı üyeleriyle, evlere getirilen gıdaların miktarı, türü ve raf ömürleriyle de ilişkilidir (Li ve ark., 2023). Evsel gıda israfına ilişkin olarak; plansızlık veya plan değişikliği, çok fazla satın alma, arta kalanları yemek istememe ve onlarla ne yapacağını bilememe veya yüksek gıda hijyeni talebi de diğer nedenlerdendir. Ayrıca çocuklu ailelerin yaklaşık üçte ikisi gıda israfının çoğunun çocuklardan kaynaklandığını söylemektedir. Bazı tüketiciler ise gıdaların doğal ve biyolojik olarak parçalanabilir olması nedeniyle gıda israfının önemli bir sorun olmadığına inanmaktadır (Williams ve ark., 2012). Tüketiciler, tekrar veya toplu satın almayı teşvik etmek amacıyla, indirimli fiyat reklamı yapan pazarlama promosyonları ile sürekli bombalanarak israfa bir anlamda teşvik edilmektedir (Ponis ve ark., 2017).

Bu kapsamda israfı engellemek için; taze meyve ve sebzelerin saklanırken kapaklı plastik ambalajlara konulması gerekmektedir. Kolay boşaltılabilen ve kapasite esnekliği sunan ambalaj boyutları da israfın engellenmesine yardımcı olabilecektir. Tüketici farkındalığını artırmayı amaçlayan bilgilendirme stratejileri de oluşturulmalıdır. Etiketlerde belirtilen tarihlerin ne anlama geldiği konusunda eğitimler düzenlenmelidir. Akıllı ambalaj sistemleri kullanılarak, gıdanın mevcut kalite durumunun tüketiciler tarafından izlenmesi sağlanmalıdır (Li ve ark., 2023; Williams ve ark., 2012). Hane düzeyinde alışveriş öncesi planlama ve alışveriş listelerinin kullanılması, gıda israfını en aza indirmeye yönelik uygulamaların iyi bir örneğidir (Ponis ve ark., 2017; Smith ve Landry, 2021).

Sonuç

Çabuk bozulan gıdalarda kayıp ve israfın önlenmesi konusunda yapılan bu çalışma, meyve ve sebzeler gibi yüksek bozulabilirlik özelliğine sahip ürünlerde kayıpların nedenlerini ve bu kayıpları minimize etmeye yönelik çözüm önerilerini kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Çalışma, tedarik zincirinin her aşamasında meydana gelen kayıpların ve israfın, global gıda güvenliği, kaynak kullanımı ve çevresel sürdürülebilirlik açısından ciddi etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Üretim aşamasında, hatalı hasat yöntemleri, aşırı üretim ve ürünlerin görsel kalite standartlarına uymaması gibi faktörler kayıpların başlıca nedenleridir. Bu aşamadaki kayıpları önlemek için eğitim programları, teknolojik yenilikler ve tarım uygulamalarında iyileştirmeler gereklidir. Dağıtım sırasında ise, sıcaklık kontrolünün yetersizliği, uygun olmayan ambalajlama materyalleri ve taşımadaki aksaklıklar kayıplara yol açmaktadır. Soğutmalı taşıma sistemlerinin yaygınlaştırılması ve lojistik optimizasyonu, dağıtım aşamasındaki kayıpların azaltılmasında kritik öneme sahiptir. İşleme aşamasında teknik problemler, yetersiz envanter yönetimi ve kalifiye iş gücü eksikliği kayıpları artıran faktörlerdir.

Yenilikçi işleme teknolojileri, enerji ve su tüketiminin azaltılması ve yapay zeka destekli üretim planlaması, işleme sırasında kayıpları minimize etmek için kullanılabilecek stratejilerdir. Depolama aşamasında ise, soğuk depolama teknolojilerinin eksikliği, uygun olmayan depolama koşulları ve zararlılar kayıplara neden olmaktadır. Kontrollü atmosfer depolama ve akıllı ambalaj teknolojileri, depolama sırasındaki kayıpların azaltılmasında etkin çözümler sunmaktadır. Perakende aşamasında meydana gelen israf, stok yönetimi hataları, talep tahminlerindeki yanlışlıklar ve ürünlerin fiziksel standartları karşılamaması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Teknolojik gelişmelerin, özellikle RFID ve blok-zincir teknolojilerinin kullanımı, perakende aşamasında israfın azaltılmasına katkı sağlayabilir. Hane düzeyinde ise, plansız alışveriş, gereksiz fazla satın alma ve gıda saklama konusundaki bilgi eksiklikleri israfın başlıca nedenleridir. Bilinçlendirme kampanyaları ve akıllı ambalaj sistemleri, hane düzeyinde gıda israfını azaltmaya yönelik etkili stratejiler olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, çabuk bozulan gıdalarda kayıp ve israfın önlenmesi, tedarik zincirinin tüm aşamalarında koordineli bir yaklaşım gerektirmektedir.

Kaynaklar / References

- Abideen, A. Z., Sundram, V. P. K., Pyeman, J., Othman, A. K. ve Sorooshian, S. (2021). Food supply chain transformation through technology and future research directions—a systematic review. *Logistics*, 5(4), 83.
- Al-Dairi, M., Pathare, P. B., Al-Yahyai, R. ve Opara, U. L. (2022). Mechanical damage of fresh produce in postharvest transportation: Current status and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 124, 195-207.
- Astill, G. (2020). Food Loss: Why Food Stays on the Farm or Off the Market. *Amber Waves: The Economics of Food, Farming, Natural Resources, and Rural America*, 2020(2), 1-7.
- Beausang, C., Hall, C. ve Toma, L. (2017). Food waste and losses in primary production: Qualitative insights from horticulture. *Resources, Conservation and Recycling*, 126, 177-185.
- Bekele, B. (2018). Review on factors affecting postharvest quality of fruits. *Journal of Plant Science and Research*, 5(2), 180.
- Berja, S., Capone, R., Debs, P. ve Bilali, H. E. (2018). Food losses and waste: A global overview with a focus on Near East and North Africa region. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 8(1), 1-16.
- Bilska, B., Piecek, M. ve Kołozyn-Krajewska, D. (2018). A multifaceted evaluation of food waste in a Polish supermarket—Case study. *Sustainability*, 10(9), 3175.
- Birleşmiş Milletler. (2024). Reducing food loss and waste: Taking Action to Transform Food Systems (United Nation). <https://www.un.org/en/observances/end-food-waste-day> adresinden 18.03.2024 tarihinde alınmıştır.
- Cassani, L. ve Gomez-Zavaglia, A. (2022). Sustainable food systems in fruits and vegetables food supply chains. *Frontiers in Nutrition*, 9, 829061.
- Chung, J. (2019). Effective pricing of perishables for a more sustainable retail food market. *Sustainability*, 11(17), 4762.
- de Oliveira, C. A. F., da Cruz, A. G., Tavolaro, P. ve Corassin, C. H. (2016). Food Safety: Good Manufacturing Practices (GMP), Sanitation Standard Operating Procedures (SSOP), Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP). In J. Barros-Velázquez (Ed.), *Antimicrobial Food Packaging* (s. 129-139). Academic Press.
- Dekimpe, M. G. ve van Heerde, H. J. (2023). Retailing in times of soaring inflation: What we know, what we don't know, and a research agenda. *Journal of Retailing*, 99(3), 322-336.
- Din, A., Parveen, S., Ali, M. A. ve Salam, A. (2011). Safety issues in fresh fruits and vegetables-a review. *Pakistan Journal of Food Science*, 21(1-4), 1-6.
- Dodero, A., Escher, A., Bertucci, S., Castellano, M. ve Lova, P. (2021). Intelligent packaging for real-time monitoring of food-quality: Current and future developments. *Applied Sciences*, 11(8), 3532.
- Dora, M., Biswas, S., Choudhary, S., Nayak, R. ve Irani, Z. (2021). A system-wide interdisciplinary conceptual framework for food loss and waste mitigation strategies in the supply chain. *Industrial Marketing Management*, 93, 492-508.

- Facchini, F., Silvestri, B., Digiesi, S. ve Lucchese, A. (2023). Agri-food loss and waste management: Win-win strategies for edible discarded fruits and vegetables sustainable reuse. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103235.
- Falagán, N. ve Terry, L. A. (2018). Recent advances in controlled and modified atmosphere of fresh produce. *Johnson Matthey Technology Review*, 62(1), 107-117.
- Ganesh, K. S., Sridhar, A. ve Vishali, S. (2022). Utilization of fruit and vegetable waste to produce value-added products: Conventional utilization and emerging opportunities-A review. *Chemosphere*, 287, 132221.
- Gustafsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U. ve Emanuelsson, A. (2013). The methodology of the FAO study: Global Food Losses and Food Waste-extent, causes and prevention. Report No. 857.
- Haji, M., Kerbache, L., Muhammad, M. ve Al-Ansari, T. (2020). Roles of technology in improving perishable food supply chains. *Logistics*, 4(4), 33.
- Halloran, A., Clement, J., Kornum, N., Bucatariu, C. ve Magid, J. (2014). Addressing food waste reduction in Denmark. *Food Policy*, 49, 294-301.
- High Level Panel of Expertise. (2014). Food losses and waste in the context of sustainable food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. 1-117.
- Ishangulyyev, R., Kim, S. ve Lee, S. H. (2019). Understanding food loss and waste—why are we losing and wasting food? *Foods*, 8(8), 297.
- Jarnyk, R. (2008). Gestão Perdas e Quebras Operacionais. FCN 2008, São Paulo, October 23, 1-38.
- Jedermann, R., Nicometo, M., Uysal, I. ve Lang, W. (2014). *Reducing food losses by intelligent food logistics*. The Royal Society Publishing.
- Kaur, N., Adhikary, T. ve Singh, A. (2023). Conventional and biotechnological approaches for enhancing the shelf-life of fruits and vegetables: A review. *Agricultural Reviews*, 44(1), 46-52.
- Khouryieh, H. A. (2021). Novel and emerging technologies used by the US food processing industry. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 67, 102559.
- Kibler, K. M., Reinhart, D., Hawkins, C., Motlagh, A. M. ve Wright, J. (2018). Food waste and the food-energy-water nexus: A review of food waste management alternatives. *Waste Management*, 74, 52-62.
- Kliaugaite, D. ve Kruopiene, J. (2017). Food waste generation and prevention measures in retail sector: A comparative study. *Environmental Research, Engineering and Management*, 73(4), 7-20.
- Kumar, N., Tyagi, M. ve Sachdeva, A. (2022). Depiction of possible solutions to improve the cold supply chain performance system. *Journal of Advances in Management Research*, 19(1), 106-138.
- Lemos, F. K. ve de Paula Castro, L. (2021). Food retail as the coordinator agent of food supply chain: challenges and opportunities for reducing loss and waste. *International Journal on Food System Dynamics*, 12(3), 246-254.

- Li, X., Jiang, Y. ve Qing, P. (2023). Estimates of household food waste by categories and their determinants: evidence from China. *Foods*, 12(4), 776.
- Ludwig-Ohm, S., Dirksmeyer, W. ve Klockgether, K. (2019). Approaches to reduce food losses in German fruit and vegetable production. *Sustainability*, 11(23), 6576.
- Magalhães, V. S., Ferreira, L. M. D. ve Silva, C. (2019). *Causes of food loss and waste: An analysis along the food supply chain*. Industrial Engineering and Operations Management I: XXIV IJCIEOM, Lisbon, Portugal, July 18–20, 173-182.
- Meyer, C. H., Frieling, D., Hamer, M. ve Oertzen, G. (2017). *Food losses in supply chains for fruits, vegetables and potatoes between field and retail shelf in North-Rhine Westphalia, Germany*. 11th International European Forum on System Dynamics and Innovation in Food Networks, Austria, February 13-17, 24-30.
- Negi, S. ve Trivedi, S. (2021). Factors impacting the quality of fresh produce in transportation and their mitigation strategies: empirical evidence from a developing economy. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 11(2), 121-139.
- Paam, P., Berretta, R., Heydar, M., Middleton, R., García-Flores, R. ve Juliano, P. (2016). Planning models to optimize the agri-fresh food supply chain for loss minimization: A review. In Reference Module in Food Science (s. 19-54). Elsevier.
- Ponis, S. T., Papanikolaou, P.-A., Katimertzoglou, P., Ntalla, A. C. ve Xenos, K. I. (2017). Household food waste in Greece: A questionnaire survey. *Journal of Cleaner Production*, 149, 1268-1277.
- Prasetyo, A. (2023). Optimization in transportation and logistics: Enhancing efficiency and cost-effectiveness. *Global Journal of Technology and Optimization*, 14(2), 1-2.
- Priefer, C., Jörissen, J. ve Bräutigam, K.-R. (2016). Food waste prevention in Europe—A cause-driven approach to identify the most relevant leverage points for action. *Resources, Conservation and Recycling*, 109, 155-165.
- Raak, N., Symmank, C., Zahn, S., Aschemann-Witzel, J. ve Rohm, H. (2017). Processing-and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain. *Waste Management*, 61, 461-472.
- Ramjan, M. ve Ansari, M. T. (2018). Factors affecting of fruits, vegetables and its quality. *Journal of Medicinal Plants*, 6, 16-18.
- Ryan, M. (2023). Labour and skills shortages in the agro-food sector. *OECD Food, Agriculture and Fisheries, Paper 189*, 1-38.
- Sanad Alsbu, R. A., Yarlagaadda, P. ve Karim, A. (2023). Investigation of the factors that contribute to fresh fruit and vegetable losses in the Australian fresh food supply Chain. *Processes*, 11(4), 1154.
- Silveira, A. C., Rodríguez, S., Kluge, R., Palaretti, L. F., Inestroza, C. ve Escalona, V. H. (2021). Non-destructive techniques for mitigating losses of fruits and vegetables. *Agrociencia Uruguay*, 25(2), 1-10.
- Singha, S., Saha, D., Brahma, M. ve Singh, P. K. (2023). IntelliStore: IoT And AI-based intelligent storage monitoring for perishable food. *Internet Technology Letters*, 6(3), e402.

- Smith, T. A. ve Landry, C. E. (2021). Household food waste and inefficiencies in food production. *American Journal of Agricultural Economics*, 103(1), 4-21.
- Sugri, I., Abubakari, M., Owusu, R. K. ve Bidzakin, J. K. (2021). Postharvest losses and mitigating technologies: Evidence from Upper East Region of Ghana. *Sustainable Futures*, 3, 100048.
- Tiwari, M., Pandey, H., Mukherjee, A. ve Sutar, R. F. (2023). Artificial Intelligence in Food Processing. In N. Chhikara, A. Panghal ve G. Chaudgry (Eds.), *Novel Technologies in Food Science* (s. 511-550). Scrivener Publishing.
- Torres-Sánchez, R., Martínez-Zafra, M. T., Castillejo, N., Guillamón-Frutos, A. ve Artés-Hernández, F. (2020). Real-time monitoring system for shelf life estimation of fruit and vegetables. *Sensors*, 20(7), 1860.
- Varese, E., Cesarani, M. C. ve Wojnarowska, M. (2022). Consumers' perception of suboptimal food: Strategies to reduce food waste. *British Food Journal*, 125(1), 361-378.
- Volkov, V., Zueva, O., Nabokov, V. ve Nekrasov, K. (2022). Problems of providing qualified personnel for the agricultural complex of the region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 949, 012062.
- Watkins, C. (2016). Transport of fresh produce. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 1(1), 351-360.
- Williams, H., Wikström, F., Otterbring, T., Löfgren, M. ve Gustafsson, A. (2012). Reasons for household food waste with special attention to packaging. *Journal of Cleaner Production*, 24, 141-148.
- Yadav, A., Rehan, D., Sharma, A., Nair, R. ve Uikey, P. (2023). Techniques to Reduce the Post Harvest Losses of Fruits and Vegetables. In M. K. Singh, K. Alam, V. pandey, S. Singh, M. Kumar (Eds.), *Advanced Technology of Horticulture* (s. 321-342). Daya Publishing.
- Zhang, J., Wedel, M. ve Bloem, M. W. (2022). Mitigating food waste in the retail supply chain: Marketing solutions. *Journal of Sustainable Marketing*, 3(2), 87-97.
- Zhang, M. ve Liu, C. S. (2018). Cost simulation and optimization of fresh cold chain logistics enterprises based on SD. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 392, 062121.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Mehmet Seçkin ADAY | Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
mseckinaday[at]comu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-5669-5812

Dr. Mehmet Seçkin Aday, 2001-2005 yılları arasında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliğinde birinci lisans eğitimini, Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme bölümünde ise ikinci lisans eğitimini 2010 yılında tamamlamıştır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği'nde Yüksek Lisans ve Doktora derecelerini almış, Tezsiz Yüksek Lisansını ise Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Programında yapmıştır. 2014-2015 yılları arasında Tübitak Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Bursu ile Kaliforniya Politeknik Devlet Üniversitesinde doktora sonrası çalışmasını tamamlamıştır. Mesleki deneyim olarak; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünde 2005-2012 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 2012-2016 yılları arasında Yrd. Doç. Dr., 2016-2021 yılları arasında Doçent olarak çalışmış olup, 2021 yılından itibaren ise Profesör olarak çalışmaya devam etmektedir. Çalışma alanları; ultrases, ozon, klordioksit, elektrolize su ve aktif ambalajlama ile çeşitli meyvelerin raf ömürlerinin arttırılmasını içermekte olup, aynı zamanda taşıma süresince gıdalarda meydana gelen hasarları da kapsamaktadır.

Prof. Dr. Mehmet Seçkin ADAY | Çanakkale Onsekiz Mart University
mseckinaday[at]comu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-5669-5812

Dr. Mehmet Seçkin Aday completed his first bachelor's degree in Food Engineering at Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering and Architecture between 2001-2005 and his second bachelor's degree in Business Administration at Anadolu University, Faculty of Business Administration in 2010. He received his Master's and Doctorate degrees from Çanakkale Onsekiz Mart University, Institute of Science and Technology, Food Engineering, and his Non-Thesis Master's Degree from Çanakkale Onsekiz Mart University, Institute of Social Sciences, International Trade and Logistics Program. Between 2014-2015, he completed his postdoctoral study at California Polytechnic State University with Tubitak Postdoctoral Research Scholarship. As professional experience; he worked as a Research Assistant between 2005-2012, Asst. Assoc. Prof. Dr. between 2012-2016, Associate Professor between 2016-2021 in the Food Engineering Department at Çanakkale Onsekiz Mart University. He continues to work as a Professor since 2021. His research interests include increasing the shelf life of various fruits with ultrasound, ozone, chlorine dioxide, electrolysed water and active packaging, as well as food damage during transport.

SÜRDÜRÜLEBİLİR ATIK YÖNETİMİ UYGULAMALARI

SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT
PRACTICES

Hasan Sabri ÖZTÜRK
H. Kağan YENİÇERİ

Atıf Künyesi: Öztürk, H. S. ve Yeniçeri, H. K. (2024). Sürdürülebilir Atık Yönetimi Uygulamaları. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafi* (s. 179-196) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

SÜRDÜRÜLEBİLİR ATIK YÖNETİMİ UYGULAMALARI

Prof. Dr. Hasan Sabri ÖZTÜRK

Ankara Üniversitesi

Zir. Yük. Müh. H. Kağan YENİÇERİ

ONİMA Biyoteknoloji A.Ş

Özet

Bu makalede, atıkların bir hammadde gibi kullanılarak, içerdikleri değerli bileşiklerin ayrıştırılması ve tekrar kullanıma yönlendirilmesinin gerekliliği ve faydaları incelenmiştir. Amaç evsel veya endüstriyel nitelikli bitkisel veya hayvansal atıklardan geri dönüştürülebilir ürünlerin oluşturulabileceğini ispatlamaktır. Bulundukları haliyle sorun oluşturan bu maddelerin aslında bir hammadde olduğu ve ancak bu şekilde sürdürülebilir bir yaşamın olacağına nedenleri ve örnekleri birlikte incelenmiştir. Bu, zaten tükenme noktasına gelen doğal kaynaklara yönelik ek tehditleri azaltacak ve kaliteli gıdaya daha kolay erişimi sağlayacaktır. Kiraz sapı, soğan ve ceviz kabuğu, portakal, limon ve turunc kabuğu, kavun ve karpuz çekirdeği, kayısı-zerdali çekirdeği içi gibi pazar değeri olan bitkisel atıklar halihazırda gıda sanayinde değerlendirilmektedir. Meyve suyu fabrika atıkları, keçiboynuzu, kekik, elma, kayısı, vişne ve şeftali posası, salça fabrikalarından çıkan domates ve biber atıkları, şarap ve pekmez fabrikalarından çıkan atıklar, bitkisel yağ fabrikalarından çıkan atıklar, şeker pancarı fabrikalarından çıkan atıklar büyük hacimlerde olduğundan kompostlaştırılarak toprağa verilebilir veya tarımda ve hayvan yem katkı maddesi olarak tekrar kullanılabilirler. Buna karşılık bazı atıkların yağı, özü ve çekirdekleri ayrıştırılarak tekrar işlenebilmektedir. Hayvansal atıklar da çeşitli işlemlere maruz bırakılarak tarımsal üretimde tekrar kullanılabilirler. Tüy, yün, deri, kemik ve benzeri mezhaba atıklarının tekrar değerlendirilmesi sonucu yeni ürünlerin çıkarılmasının popülerliği gittikçe artmaktadır. Örneğin tavuk tüyleri ve koyun yünü, yüksek protein içeriğiyle çok değerli aminoasit kaynaklarıdır. Bunlardan üretilen serbest aminoasitler bitki besinlerine ve hayvan yemi rasyonlarına eklenerek, her türlü biyotik ve abiyotik (soğuk, sıcak, kuraklık, tuz) stres koşullarında canlıları güçlendirir ve verimliliği artırır. Kimyasal gübre üretim süreçlerinde asitlerle besin maddelerinin ayrıştırılması sonucu kalan atıktaki nadir elementlerin izole edilmesi de sürdürülebilir atık yönetimi açısından büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Sürdürülebilir üretimi teşvik etmek ve doğal kaynakları korumak için büyük miktarlarda ortaya çıkan bitkisel, hayvansal ve tarımsal endüstriyel atıkların mutlaka geri dönüştürülmesi gereklidir.

Anahtar Kelimeler

Bitkisel ve Hayvansal Atıklar, Atıkların Değerlendirilmesi, Koyun Yünü, Tavuk Tüyü, Amino Asit, Sürdürülebilirlik

SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT PRACTICES

Prof. Dr. Hasan Sabri ÖZTÜRK

Ankara University

MSc. H. Kağan YENİÇERİ

ONİMA Biotechnology Inc.

Abstract

This article examines the necessity and benefits of using wastes as raw materials, separating their valuable components, and reusing them. The aim is to prove that recyclable products can be created from domestic or industrial plants or animal wastes. It has been examined with reasons and examples that these substances, which cause problems in their current state, are raw materials and that a sustainable life can be achieved in this way. This will reduce additional threats to natural resources already nearing depletion and provide easier access to quality food. Wastes such as cherry stalks, onion peels, walnut shells, orange, lemon and bitter orange peels, melon and watermelon seeds, apricot and apricot seed kernels, which are among the plant solid wastes and have market value, are currently being evaluated in the food industry. Since the wastes of fruit juice factories, carob, thyme, apple, apricot, sour cherry and peach pulp from fruit juice factories, tomato and pepper waste from tomato paste factories, wine and molasses factory waste, vegetable oil factory waste, sugar beet factory wastes are in large volumes; they can be composted and given to the soil or reused in agriculture and as animal feed additives. In contrast, some waste oil, essence and seeds can be separated and reprocessed. Animal waste is also reused in agricultural production through various processes. Reusing animal manure, feathers, wool, leather, and slaughterhouse waste to produce new products is becoming increasingly popular. Chicken feathers and sheep wool, with their high protein content, are precious sources of amino acids. The free amino acids produced from them are added to plant nutrients and animal feed rations, strengthening living beings under all kinds of biotic and abiotic (cold, heat, drought, salt) stress conditions and increasing productivity. Isolating rare elements in the wastes remaining after the nutrient isolation by acids used during the production stages of chemical fertilizers also has excellent potential for sustainable waste management. Large volumes of plant, animal, and agricultural industrial waste should be recycled to promote sustainable production and protect natural resources.

Keywords

Plant and Animal Wastes, Waste Utilization, Sheep Wool, Chicken Feather, Amino Acid, Sustainability

Giriş

Genel olarak atıklar çeşitli kriterlere göre sınıflandırabilir ve tanımlanabilirler. Avrupa Birliği 2008/98/CE Direktifine göre 'atık, sahibinin attığı, atmayı planladığı veya atması gereken herhangi bir madde veya nesne anlamına gelir' (Anonymous, 2008). Atıklar şu şekilde sınıflandırılabilir; hal (katı, sıvı, gaz), kaynak (tarımsal, ticari, endüstriyel, belediye) ve parçalanabilirlik (biyolojik olarak parçalanabilir, biyolojik olarak parçalanamaz) (Dey ve ark., 2021). Atık tanımı içerisinde tartışılması gereken başka bir konu ise, bunların geri dönüştürülebileceği ve iyileştirilmiş yeni ürünlerin üretilebileceğidir.

Tarım, gıda endüstrisi ve insan ihtiyaçları için önemli bir hammadde kaynağı sağlamakta ve sonuçta tarımsal ve tarımsal-endüstriyel faaliyetler sonucunda büyük miktarlarda tarımsal artık ortaya çıkmaktadır. Tarımsal atıklar, tarla artıkları (örn. sap, tohum, kabuk, vb.), endüstriyel işleme atıkları (örn. prina, şeker pancarı/kamışı küspesi, fındık küspesi vb.), hayvancılık atıklarından (yataklık/altlık, mezbahadaki atık su, hayvan atıkları, karkaslar vb.) ve kimyasal atıklardan (pestisitler, böcek ilaçları ve herbisitler vb.) oluşur.

Bu makalede farklı kategoriler şeklinde tanımlanan kirletici olarak tanımlanan atıkların, meydana geliş şekilleri, bunların bertaraf edilme yollarından ziyade, bu atıkları bir hammadde gibi kullanarak içlerindeki değerli bileşenleri ayırarak tekrar kullanıma yönltilmesinin gerekliliği ve faydaları incelenmiştir. Özellikle tarla kalıntıları ve endüstriyel işleme atıklarında polifenoller ve diyet lifi gibi bir dizi biyoaktif kimyasal maddeler bulunabilir (Beutinger ve ark., 2020; Castrica ve ark., 2019). Bulundukları haliyle sorun oluşturan bu maddelerin aslında bir hammadde olduğu ve ancak bu şekilde sürdürülebilir bir yaşamın olacağı nedenleri ve örnekleri ile birlikte incelenmiştir. Bu şekilde zaten sonlarına gelmiş veya gelinmekte olan doğal kaynaklara ilave tehditlerde azaltma sağlanabileceği gibi kaliteli gıdaya daha kolay ulaşılması sağlanmış olacaktır.

Günümüzde atıklar alt kategorilere ayrılarak tanımlanmaya çalışılmakta ve katı atıklar, tehlikeli atıklar, endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar, klinik atıklar, evsel tehlikeli atıklar, radyoaktif atıklar gibi çok değişik şekilde değerlendirilmektedir. Atığın tanımı birçok duruma göre değişebilir; bir sektör için atığı temsil eden şey, bir başka sektör için değerli bir üretim kaynağı olabilir.

Çevre kirliliği sorunlarını dünyadaki hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme ile birlikte hızla arttırmakta ve devasa boyutlara gelmektedir. Gerektiği gibi değerlendirilmeyen veya bertaraf edilmeyen atıklar, insanları ve diğer canlıları tehdit etmektedir. Bozulan çevresel faktörler, küresel ısınma ve iklim değişikliği sonuçlarını doğurmakta, bu da sonuçların küresel boyutta daha yoğun bir şekilde hissedilmesini sağlamaktadır. Bu sebeple atıkların çevre dostu yöntemlerle değerlendirilerek geri kazandırılması büyük önem kazanmaktadır. Ancak endüstriyel bir atık şeklinde olmayan, küçük miktarlarda evsel kullanım sonucunda çıkan ancak ekonomik olarak işlenmesi mümkün olmayan bitkisel atıklar çöpe gitmektedir.

Atıkların Tarımsal Kullanım Olanakları

Bitkisel Atıkların Değerlendirilmesi

Bitkisel üretim süresince veya ürünlerin işlenmesi sırasında çıkan bazı atıklar çeşitli şekillerde tekrar değerlendirilmektedir. Günümüzde pazar değeri olan kiraz sapı, mısır püskülü, soğan ve ceviz kabuğu, portakal, limon ve turunç kabuğu, kavun-karpuz kabuğu ve çekirdeği, kayısı-zerdali çekirdeği içi gibi bitkisel atıklar halihazırda gıda sanayinde değerlendirilmektedir.

Ülkemizde bitkisel atıkların çok az bir kısmı ise kompost üretimi amacıyla geri dönüşümü sağlanabilmekte ve bu şekilde gübre olarak kullanımı sağlanmaktadır. Bunun belirli başlı nedenleri uygun kompostlama teknolojisinin yaygınlaştırılamaması, çıkan ürünlerin ticari değerinin yüksek olmaması, başka organik kaynaklı gübrelerle rekabet edememesi, sürekli üretime uygun standart kalitede atık miktarının yetersizliği ve son kullanıcılardaki bilgi eksiklikleri sayılabilir.

Bu atıkların değerlendirilmesinde en önemli konu atığın bir endüstriyel bir üretimde bir ham madde olarak kullanılıp kullanılmadığıdır. Örneğin meyve suyu fabrikalarından çıkan portakal, limon ve turunç kabuğu, keçiyoynuzu, kekik, elma, kayısı, vişne şeftali posası, salça fabrikasından çıkan domates ve biber atıkları, şarap ve pekmez işletmesi atıkları, bitkisel yağ fabrikaların atıkları, şeker pancarı işletme atıkları büyük hacimlerde oldukları için kompostlanarak toprağa verilebilmekte veya tarım da yem katkı malzemesi olarak yeniden kullanılabilir. Bazı atıkların içerisindeki yağ, esans ve çekirdekler ise ayıklanıp tekrar işlenebilmektedir. Bu atıklar uygun işleme yöntemleri ile işlenerek katma değerli başka ürünler üretilmesi mümkün olmaktadır ve burada hacimli atık üretimden dolayı değerlendirme oranı biraz daha yüksektir.

Fındık kabuğu: Fındık tarımı veya işlenmesi sonucunda fındık ağacı yaprağı, zuruf, sert kabuk, fındık dışı zarı ve yağ küspesini gibi yan ürünler ve atıklar çıkmaktadır. Fındık yaprağı ve meyve kavsakları (zurufı), doğal gübre olarak çoğunlukla herhangi bir işlemten geçirilmeden yeniden fındık bahçelerine dönmektedirler. Fındığın yaklaşık üçte birini oluşturan fındık kabuğu, lignoselülozik içeriği, ucuz olması ve yaygın bulunabilirliği nedeniyle potansiyel olarak önemli bir hammadde kaynağıdır. Türkiye’de yılda yaklaşık 200 bin ton kadar fındık kabuğu atığının çıktığı tahmin edilmektedir (Tufan ve ark., 2015).

Fındık kabuğu en yalın haliyle doğrudan veya işlenerek bereket kömürü ve aktif kömür elde edilerek değerli ve yüksek kalorili yakacak olarak değerlendirilmektedir. Ancak daha kıymetli ürünler olan kontralit ve dayanıklı panellerin yapımında, boya sanayiinde, aktif karbon üretiminde yararlanılır, sağlık için yararlı olan polifenol kaynağı olarak kullanılabilir. Fındık kabuğunda on sekiz farklı fenolik bileşik tanımlanmış ve analiz edilen tüm ekstraktlarda en bol bulunan bileşiğin gallik asit olduğu belirlenmiştir. Gallik asit mürekkep ve boya yapımında kullanılmaktadır. Diğer ilgili bileşikler klorojenik asit, protokateşuik asit ve kateşindir (Di Michele ve ark., 2021). Fındık atıkları fenolikler ve diyet lifi gibi gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde kullanılabilecek farklı biyoaktif bileşikler içermektedir ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle kozmetik ve ilaç endüstrilerinde kullanılabilme olanakları vardır. Ayrıca, fındık kabuğu atığı, sağlık açısından potansiyel faydaları olan yeni ortaya çıkan probiyotikler olan ksilooligosakkaritler ve arabino-ksilooligosakkaritler üretmek için işlenebilir ve böylece fonksiyonel gıdalar pazarı için yeni bileşenler yaratılabilir (Öztürk, 2023).

Fındık kabuğu biyoetanol üretiminde biyokütle olarak hammadde olarak değerlendirilebilir (Sayar ve ark., 2019) ve levulinik asit gibi katma değerli biyokimyasal üretimde potansiyel olarak hammadde olarak kullanılabilir (Sajid ve ark., 2021), ayrıca lignoselülozik bileşikler olan holoselüloz, α -selülozdan ve lignin içerikleri bakımından zengin olması nedeniyle (Çöpür ve ark., 2007) laktik asit (Dusselier ve ark., 2013) ve hidroksimetilfurfural (Van Putten ve ark., 2013) üretiminde kullanılabilirler. Lignoselülozik biyokütleden öncelikle glikoz ve fruktoz gibi monosakkaritler, asitler, alkali reaktifler, organik çözücüler, iyonik sıvılar, enzimler ve mikroorganizmaların yardımıyla elde edilebilir ve daha sonra bu şekerler katma değerli kimyasallar elde edilebilir (Ashokkumar ve ark., 2022).

Fındık yağı endüstrisinde fındık küspesi olarak adlandırılan kek kalıntıları ortaya çıkmaktadır. Yüksek protein içeriği nedeniyle genellikle hayvan ve balık diyetlerine protein kaynağı olarak eklenebilmektedir (Karabulut ve ark., 2019; Kırmızıgül ve Cufadar, 2019). Kekin bileşimi ekstraksiyon yöntemlerine ve ekstraksiyon işleminde kullanılan çözücülere bağlı olarak değişebilmekte (Geow ve ark., 2021), genel olarak fındık keki %82-96 kuru madde, %39-44 protein, %1- 17 yağ, %25-48 karbonhidrat, %5-9 kül ve esansiyel amino asit içeriği, fındıklı kekteki toplam proteinlerin %17-33'ünü kadar esansiyel amino asit içermektedir (Acan ve ark., 2021; Altop ve ark., 2019; Aydemir ve ark., 2014; Sen ve Kahveci, 2020; Yalçın ve ark., 2005). Alkali ekstraksiyon sonrası çökeltme yoluyla elde edilen fındık kekinin esansiyel amino asit içeriğinin %37'ye kadar çıktığı (Sen ve Kahveci, 2020) ve argininin ana baskın esansiyel amino asit olduğu, bunu lösin, izolösin ve fenilalanin takip ettiği rapor edilmiştir (Sen ve Kahveci, 2020; Xu ve Hanna, 2011).

Pirinç kavuzu: Pirinç kavuzu (veya kabukları), pirincin (*Oryza sativa*) öğütülmesi sırasında üretilen bir yan üründür ve birçok pirinç yetiştirme bölgesinde genellikle bir 'atık ürün' olarak kabul edilir. Pirinç kabukları, biyolojik olarak 'lemma' olarak adlandırılan, pirinç tanesinin sert dış tabakasıdır ve tahılın (endosperm) kendisine kıyasla düşük besin değerine sahiptir. Pirinç kabukları pirinç kepeğiyle karıştırılmamalıdır. Pirinç kepeği, genel olarak pirinç kabuklarından çok daha yüksek bir besin değerine sahiptir ve genellikle atılan veya çürümeye bırakılan kabuklardan daha değerli bir yan ürün olarak kabul edilir.

Pirinç kavuzu yaklaşık %40 selüloz, %30 lignin grubu ve %20 amorf forma (kristalleşmemiş) silika içerir (Chindaprasirt ve ark., 2007; Nair ve ark., 2008). Pirinç kabuğu külü, oldukça gözenekli, hafif ve yüksek spesifik yüzey alanına sahip olan yaklaşık %90 silika içerir. Pirinç kabuğu külü, refrakter (ateş) tuğla, izolasyon imalatı ve alev geciktirici malzemeler gibi birçok malzeme ve uygulamada katkı maddesi olarak uygulanmıştır (Chaudhary ve ark., 2004; Choi ve ark., 2006; Phonphuak ve Chindaprasirt, 2015).

Genelde, biyoetanol, lignoselülozik materyallerden biyolojik dönüşümü yoluyla üretilirler (Zaldivar ve ark., 2001). Pirinç kavuzu gibi lignoselülozik içeriği yüksek materyallerden biyoetanol üretimi artan bir ilgi görmektedir. Pirinç kavuzundan mayaları kullanılarak hidrolizatlardan biyofilm reaktörde etanol üretimleri gerçekleştirilmiştir. Pirinç kabuğu atıkları kompost üretimi ve toprak iyileştirme, biyokömür üretimi, yakıt ve briket üretimi, yardımcı inşaat malzemesi, sığır/domuz/tavuk altlık sistemleri için yataklama, hayvancılık yem takviyesi, saksı karışımı üretimi, mantar üretim substratı, topraksız/hidroponik sistemlerde yetiştirme ortamı olarak kullanılabilir. (Zaldivar ve ark., 2001).

Azalan doğal kaynaklara alternatif olarak tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan pek çok bitkisel atığın selüloz kaynağı olabileceği ve böylece odun, keten pamuğu vb. kaynaklara selüloz üretimi için ilave baskının azaltılabileceği bilinmektedir (Bilek ve ark., 2019). Özellikle, pirinç kabuğu (Huang, ve ark., 2011), şeker kamışı küspesi (Sun ve ark., 2004), mısır sapı (Balea ve ark., 2016), şeker pancarı (El-Tayebi ve ark., 2012), buğday samanı ve pamuk sapından (Li ve Zhao, 2015) doğal selüloz liflerinin eldesi için ümitvar çeşitlerdir.

Pirinç kabuğundan hazırlanan aktif karbona gümüş bağlanması yoluyla antibakteriyel dezenfektan ürünler geliştirilmektedir. Antibakteriyel metallerin inorganik taşıyıcılara yüklenerek dezenfektan olarak kullanımı da artmaktadır (Bilgin, 2010).

Biyoyakıtlar: Dünya sıcaklık ortalamasının yükselmesi fosil yakıtların kullanımıyla ilgili birçok tartışmayı ortaya çıkarmıştır. (Dow ve Downing, 2006). Ayrıca bu kaynakların birçoğunun içinde bulunduğumuz bu yüz yıl içerisinde biteceği belirginleşmiştir. Yenilenebilir alternatif enerji kaynakları yanında biyokütle çok az kirliliğe neden olabilmektedir.

Bu nedenle çevreye daha az zararlı olan biyoyakıtların üretimi ve kullanımı artmaktadır. Biyoyakıtlar, biyodizel, biyoalkoller (biyoetanol, biyometanol, biyobütanol), biyogaz, sentez gazı ve odun gibi katı yakıtlardır. Biyoyakıtlar doğal halleriyle kullanıldığı gibi biyolojik olarak parçalanarak bioetanol ve biodizel üretiminde de kullanılmaktadır. Biyoetanol, biyohidrojen ve biyodizeller, biyokütle enerjisini oluştururlar. Bitkisel kaynaklardan üretilen ve yüksek oktan değerine sahip bir yakıt olan etanol, benzin ile karıştırıldığında, karbon monoksit ve yanma zor olan hidrokarbonlar gibi egzoz emisyonlarında daha eksiksiz yanmasına ve çıkan enerjinin daha fazla olmasını sağlarlar (Woodson ve Jablonowski, 2008).

Pekmez veya nişastadan, tohumlardan, tanelerden ve şekerlerden fermantasyon yoluyla üretilen etanol ve kolza, palm, soya fasulyesi yağlarının transesterlenmesiyle üretilen biyodizeller birinci nesil biyoyakıtları oluştururlar. Birinci nesil biyoyakıt olarak adlandırılan bazı tarım ürünlerinin doğrudan bioetanol ve biodizel üretiminde kullanılması daha yüksek gıda fiyatlarının oluşmasına neden olmaktadır. Ancak 1 milyara yakın insanın açlık sınırında olduğu gerçeği ve artan iklim değişiklikleri bu çeşit bir üretimin sürdürülebilir olmadığını göstermektedir. Bu nedenle tarımsal ürünlerin işlenmesi sonrası çıkan atıkların geri dönüştürülerek düşük verimde dahi kullanılması özendirilmelidir. Lignoselüloz içeren gıda dışı ürünlerle sürdürülebilir biyoyakıtların üretimi önem kazanmıştır (Tomás-Pejó ve ark., 2008). Örneğin pirinç kavuzu, ormancılık atıkları, biyoenerji ürünleri kağıt çamuru, geri dönüştürülmüş kağıt, belediye katı atıkları içerisindeki lignoselüloz biyolojik dönüşümü yoluyla biyoetanolle dönüştürülmesi sağlanmalıdır (Sathisuksanoh ve ark., 2009, Zaldivar ve ark., 2001).

Bu amaçla öncelikle lignoselüloz içeren atık materyallerinin enzim veya termal hidroliz yoluyla ayrıştırılması yoluyla ikinci nesil biyoyakıtların üretimleri geliştirilmektedir. Odunsu biyokütlelerden mayalar ve özel enzimlerle şekerlere dönüştürülmesi mümkün olmakla birlikte, yüksek teknoloji istemesi dolayısı ile ahşap işleme atıkları, orman hasat tortuları, saman veya odun yongası gibi malzemeler ile gıda üretiminin tekrar değerlendirilmesi mümkün olmayan mısır, şeker pancarı işleme atıkları bu amaçla kullanılabilir.

Biyokütlenin kurutulup öğütülmesinin ardından yüksek basınçta sıkıştırılarak kalınlığı 7-9 mm arasında boyu 1cm olan peletler üretilmektedir. Biyoyakıt amaçlı pelet üretiminde en çok kullanılan bitkisel atıklar odun talaşı, zeytin küspesi, mısır koçanı, kırmızıbiber işleme atıkları, pamuk çiğdi küspesi gibi atıklardır (Başbüyük ve ark., 2021).

Ülkemizde hasat artışı olarak büyük miktarlarda üretilen antep fıstığı atıkları piroliz, gazlaştırma vb. termokimyasal yöntemlerle çevreci bir şekilde değerlendirilebilirler. Bu atıklar çoğunlukla biyoyakıt olarak kullanılmakla birlikte ile değerli kimyasal maddelere ve çevreci polimerik malzemelere dönüştürülebileceği gibi termokimyasal yöntemlerle biyo-yağ, sentez gazı ve biopolyol gibi çeşitli ürünlere de dönüştürülebilir.

Şeker pancarı atığı: Şeker fabrikasında posa (pancar küspesi) ve melas olarak iki ana atık oluşur. Her iki atıkta hayvan yemi olarak doğrudan kullanılabilirdiği gibi artan bir ivme ile endüstride hammadde kaynağı ve gübre üretiminde değerlendirilmektedir. Küspe, içerisinde bulunan selüloz, hemiselüloz, lignin gibi lifli maddeler selüloz kâğıt, gıda, ilaç, boya gibi endüstride ham madde olarak kullanılabilir (Evkaya, 2014).

Şeker endüstrisi yan ürünü melas fermentasyon yolu ile alkol üretiminde kullanılan kıymetli bir yan üründür. Ana çözeltiden alkolün destile edilmesi sonrası kalan çözelti şlempe olarak adlandırılır. Melas ayrıca sitrik asit, asetik asit, ekmek mayası üretiminin hammaddesidir.

Şekeri fabrikasında pancar ağırlığının yaklaşık %4 oranında melas çıkmakta, alkol ünitesinde ise 3-10 kg melastan 1 litre alkole karşılık yaklaşık 12,5 L şlempe açığa çıkmaktadır.

Koyu kahverengi özellikleri ile karakterize edilen şlempe önemli miktarda potasyum içeriği ile gübre olarak kullanılabileceği fikrini verse de olduğu gibi kullanılmayacak kadar çözünmüş organik madde içeriğine sahiptir. Konsantre şlempe içerdiği potasyum kazanıldıktan sonra hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde melastan alkol üretiminde 8-10 BX 'te çıkan şlempe 60-65 BX e deriştirilerek, sıvı gübre üretilmektedir. Şilempeden potasyum sülfat gübresi de üretilmektedir. Örneğin, Eskişehir Şeker Fabrikasında günde 600 m³ şilempeden 6-8 ton K₂SO₄ ve 60-70 ton derişik şilempe elde edilmiştir. Halihazırda konsantrasyonu artırılmış şlempe doğrudan gübre piyasasında değerlendirildiği için ayrıca içerisindeki potasyum sülfatının ayrıştırılmasına gerek duyulmamaktadır. Bu nedenle günümüzde potasyum sülfat üretiminden vazgeçilmekle birlikte, değişen şartlara göre gelecekte bu üretim tekrar değerlendirilebilir.

Şeker üretimi sırasında ortaya çıkan melastan, maya ve alkol üretimi sonrası kalan katı haldeki ürüne vinas ekstresi adı verilmektedir. Üretilen her 1 L etil alkole karşı yaklaşık 10-15 L vinas oluşmaktadır (Ateş ve Namlı, 2021). Vinas en az organik madde (%5), suda çözünür potasyum oksit (% 20-24 K₂O) ve az miktarda azot ve magnezyum içeren değerli bir gübredir. Katı haldeki bu atık doğrudan toprağa uygulanmakta ve organik tarım için üretilen gübre formülasyonları içerisinde katılmaktadır.

Şeker pancarı işleme atıklarından sitrik asit üretimi bilinen bir uygulamadır. Uygun besi ortamlarında, çeşitli bakteri, küf ve mayalar ile sitrik asit üretmektedir. *Aspergillus Niger* ticari sitrik asit üretiminde en çok kullanılan mikroorganizmadır. Özellikle sakkaroz olmak üzere fruktoz ve glikoz içeren melas ve nişastalı hammaddeler *Aspergillus Nigerin* gelişmesi için substrat olarak kullanılarak sitrik asit üretilmektedir. Sitrik asit iki yöntemle üretilmektedir: turuncgillerden izolasyon ve mikrobiyal fermentasyon.

Karbonatlama çamuru (şlam), pancardan şeker üretimi sonucunda katı atık olarak çıkan ve ülkemizde değerlendirilmediği için çok ciddi bir sorun oluşturan, ancak işlenmesi ile çok değerli bir toprak düzenleyicisi ve gübre olan bir atıktır. British Sugar, Birleşik Krallık tarımına kireç ürünleri sağlayan en büyük tedarikçidir. Şeker üretim sürecinin yan ürünü olarak fabrikalarında her yıl yaklaşık 300.000 ton kireçleme ürünü üretilmekte ve LimeX markası altında pazarlanmaktadır. Birleşik Krallık Hükümeti tarım ve diğer kireç pazarları için taş ocağından çıkarılacak ve ezilecek kireçtaşı hacmini önemli ölçüde azaltmak için şlam kullanımını desteklemektedir. Kurutulmuş şlam %60-85 kalsiyum karbonat; %10-15 organik maddeden oluşmakta ve içeriğinde, %7-8 kg/ton N, 7,5-10 kg/ton P₂O₅, 5-11 kg/ton K₂O, en az 7 kg/ton Mg, ve en az 6 kg/ton S içerir.

Şlam toprak pH'ını değiştirmek ve mevcut kalsiyumu artırmak için çok ciddi ve sürdürülebilir bir seçenek sunmaktadır. Özellikle ülkemizde çay tarımının yapıldığı alanlar olmak üzere Karadeniz kıyı şeridinde düşük pH ciddi toprak ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Şlam dört temel besin maddesini (kalsiyum, fosfat, magnezyum ve kükürt) içerdiğinden ürün verimini ve karlılığını en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olur. Ülkemizde başta çay olmak üzere fındık, şeker pancarı, tahıl, yağlı tohumlar, turp, lahana, havuç, patates ve mısır dahil pek çok üründe kullanılabilir. Organik tarım sistemlerinde kullanım için gerekli özelliklere de sahiptir. Şlamın çok ince parçacık boyutu olması, toprak pH'ı çok hızlı yükseltmesi ve uzun ömürlü olması benzersiz bir özelliğidir.

Meyve suyu ve şarap endüstrisi atıkları: Meyve suyu ve şarap endüstrisinde üzüm pres artığını oluşturan cibreler %50 kabuk, %25 çekirdek ve %25 liflerden oluşmaktadır ve bu cibre işlenerek ile hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Üzümlerin sapları da kısmen kompostlanarak gübre olarak kullanılmaktadır (Cüce ve Dulkadiroğlu, 2017)

Cibrenin %25'ini oluşturan üzüm çekirdeği başlıca %7-20 yağ, %40 fiber yapı, %7 fenolikler, %11 proteinler, ve minerallerden oluşmaktadır (Sevindik ve Selli 2017). Kompostlanmış cibre içerisinde yaklaşık olarak %1,5 azot, %0,5 fosfor ve %2,0 potasyum bulunmaktadır (Sarep, 1992). Yüksek doymamışlık özelliği göstermesi sebebiyle kozmetik ve ilaç sanayinde kullanılmaktadır. Üzüm çekirdeğinin yaklaşık %90 proantosyanidin ihtiva etmesi ile antioksidan özelliği olması ve buna ek olarak doymamış yağ asitlerince zengin olması bunun çok değerli bir madde olmasını sağlamaktadır.

Yer Fıstığı: Yer fıstığı küspesi, karma hayvan yemi üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Dış kabuğunda yüzde 66 selüloz var. Bu nedenle hayvan yemi üretiminde, sunta yapımında hammadde olarak hem de kanatlı hayvanlarda altlık olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca kömür yapımında da yer fıstığı kabuğu kullanılıyor. Yer fıstığı kabuğunun biyoyakıt olarak kullanılması da mümkündür. Kuru yer fıstığının yaprağı %10-11 protein ve %2 azot içermesi nedeniyle kıymetli bir hayvan yemi malzemesidir. Ayrıca bitkinin sapı da selüloz ve azot kaynağı olarak yemde kullanılmaktadır.

Hayvan Kaynaklı Atıklar

Hayvansal kaynaklı atıklardan (koyun yünü, tavuk tüyü, mezbahane atıkları gibi geri dönüşümü zor olan atıkların biyoteknolojik yöntemler kullanılarak düşük maliyetle bitki ve hayvanların kullanabileceği konsantre aminoasit üretilmektedir. Elde edilecek konsantre aminoasitler bitkilerde aminoasit içeren organik sıvı gübre olarak, hayvan yetiştiriciliğinde ise aminoasit, protein takviyesi olarak kullanılabilir.

Koyun yünü %95 organik maddeden oluşmuş, bileşimi %88-92 protein, %85-90 toplam amino asit, %10-11 Humik/fulvik asitler, %8-11 organik azot ve %5-6 potasyum, %3 kükürt, %3-4 lanoline yağı olan çok değerli bir maddedir. Ancak günümüzde azalan endüstriyel talep ve pazar büyüklüğü nedeniyle ticari değeri çok düşmüştür. Dünyanın birçok bölgesinde ve ülkemizde bir atık olarak çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bileşimindeki güçlü kükürt ve hidrojen bağları dolayısı ile ayrışmaya karşı çok dirençli olduğu için uzun yıllar parçalanmadan kalabilmektedir. Depolaması da çok zor olduğu için toprak altına gömülmesi ve yakılması gibi çeşitli çözüm yolları ile bertaraf edilmektedir.

Yünü oluşturan en küçük yapı taşı amino asitlerdir. Bilinen 20 çeşit amino asit içerisinde bazıları bitkisel üretimde bitki besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırarak, stimulant, uyarıcı, aktivatör olarak kullanılır. Koyun yününden hazırlanmış hidrolizatlar bitkileri abiyotik (kuraklık, soğuk, sıcak, don, tuzluluk) ve biyotik (hastalık) stres koşullarının bitkilerde neden olduğu zararları korur veya azaltır. Yün hidrolizatları ile karıştırılarak oluşturulan organo mineral gübreler yoluyla kimyasal gübre kullanımını etkinliği çok artırmaktadır. Besin maddelerinin kullanılabilirliğini artır.

Bazı amino asitlerin bitkiler, hayvanlar ve insanlara yararları şu şekildedir; alanin substrat tanınmasını, enzim-substrat ilişkisinin özgül olmasını, arginine bitkinin enerjisinin çiçeklenmeye kanallıze olmasını, glutamik asit büyüme hormonlarının salınımını, lizin kalsiyum emilimi, , ameliyat sonrası ve spor yaralanmaları sonrası kas proteinlerinin inşasını, hormonların, antikorların ve enzimlerin sentezlenmesini, prolin bitkide susuzluk, olumsuz iklim koşulları, hastalık ve abiyotik stres koşullarına karşı direncin artmasını, hücre duvarlarının güçlendirilmesini, metiyonin ve sistein sülfür molekülü içeren aminoasitlerdir ve enzimatik reaksiyonlarda metil grubunun verilmesini, valin canlılar için dışarıdan alınması zorunlu (esansiyel) temel besin maddesi olarak görev yaparlar.

Hayvansal kaynaklardan üretilen hidrolizatlar, toprakta kireç gibi bileşenlerin besin maddelerin fiksasyonun azaltmak üzere kullanılan kimyasal şelat (kaplama) malzemelerin ikamesi olarak katma değer yaratır. Granül mineral gübrelerin granülasyonunda yapıştırılma malzemesi olarak çoğunlukla kullanılan PVAc ve PVA gibi kimyasalların yerine geçerek toprakların plastik kirliliğini azaltmasına yardım ederler. Amino asit, humik+fulvik ve organik maddece zengin, nano büyüklükte katı granül gübrelerin yün hidrolizatları ile yapıştırıcı ve kaplanma maddesi olarak kullanarak oluşturulan, yavaş salınımlı akıllı granül gübreler geleceğin gübreleri olacaktır.

Yün lanolin yağ açısından zengindir. Kozmetik sanayinde kullanılan değerli bir yağdır. Yeni kırılmış ve hiçbir işleme tabi tutulmamış koyun yünü çeşme suyu ile ön yıkandıktan sonra deterjanlı su ile iyice yıkanıp ve süzildikten sonra NaCl bulunan su içerisinde kaynatılarak yağ ekstrakte edilebilir.

Sonuç

Bu makalede belirtilen fikirlerin hiçbirisi mutlaka yeni olmayabilir ve muhtemelen halihazırda birçok alanda kullanılıyor da olabilir. Bu makalenin amacı, ‘sahip olduklarımızı kullanarak, ihtiyacımız olanları üretmenin’ mümkün olduğunu ortaya koymaktır. Azalan doğal kaynaklar dolayısı ile bir maddeyi üretmek yerine ve süreç içerisinde doğayı kirletmemek adına atıkların değerlendirilmesi potansiyel bir hammadde olarak daha önemli bir kaynaktır. Önceleri ekonomik olmayan bu yöntemlerin bazıları günümüzde ekonomik hale gelmiş olabilir veya gelişen teknoloji ile üretim maliyetleri azalmış olabilir. Atıkların içerisindeki değerli maddelerin ve nadir elementlerin çıkarılmasının teşvik edilmesi, bu konuda yeni araştırmalara kaynak sağlanması ve yerli kaynaklarımızla büyümenin desteklenmesi sağlanmalıdır.

Kaynaklar / References

- Acan, B. G., Toker, O. S., Palabiyik, I., Pirouzian, H. R., Bursa, K., Kilicli, M., Yaman, M., Er, T. ve Konar, N. (2021). Physicochemical properties of chocolate spread with hazelnut cake: Comparative study and optimization. *LWT-Food Science and Technology*, 147, 111548. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111548>
- Altop, A., Güngör, E. ve Erener, G. (2019). Improvement of nutritional quality of some oilseed meals through solid-state fermentation using *Aspergillus niger*. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9), 1411-1414. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i9.1411-1414.2721>
- Anonymous. (2008). Directive 2008/98/EC of The European Parliament and of the Council. (22.11.2008). *Official Journal of the European Union*. Retrieved 07.03.2022 from <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>
- Ashokkumar, V., Venkatkarthick, R., Jayashree, S., Chuetor, S., Dharmaraj, S., Kumar, G., Chaudhary, D. S. ve Jollands, M. C. (2004). Characterization of rice hull ash. *Journal of applied polymer science*, 93(1), 1-8.
- Ateş, Ç. ve Namlı, A. (2021). Şeker fabrikası atığı vinasın (şilempe) inkübasyon süresince toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(2), 30-41. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.992996>
- Aydemir, L. Y., Gökbulut, A. A., Baran, Y. ve Yemenicioğlu, A. (2014). Bioactive, functional and edible film-forming properties of isolated hazelnut (*Corylus avellana* L.) meal proteins. *Food Hydrocolloids*, 36, 130-142. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.09.014>
- Başıbüyük, Ü. F., Aybek, A. ve Üçok, S., (2021). Pamuk Çiğidi Küspesi ve Kırmızı Biber İşleme Atıklarından Biyoyakıt Amaçlı Pelet Elde Edilmesi. *Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(4), 879-890.
- Bilek, S., Melikoğlu, A. Y. ve Cesur, S. (2019). Tarımsal atıklardan selüloz nanokristallerinin eldesi, karakteristik özellikleri ve uygulama alanları. *Akademik Gıda*, 17(1), 140-148.
- Balea, A., Meroya, N., Fuente, E., Delgado-Aguilar, M., Mutje, P., Blonco, A. ve Negro, C. (2016). Valorization of corn stalk by the production of cellulose nanofibers to improve recycled paper properties. *BioResources*, 11(2), 3416-343.
- El-Tayebi, T. S., Abdelhafez, A. A., Ali, S. H. ve Ramadan, E. M. (2012). Effect of acid hydrolysis and fungal biotreatment on agro-industrial wastes for obtainment of free sugars for bioethanol production. *Brazilian Journal of Microbiology*, 1523-1525.
- Beutinger, B. A. B., Sefrin, S. C., Bolson, M. K. I., Dal Pont, M. F., Rheinheimer, D. D., Piccoli, D. L. ve Garcia, P. N. (2020). Effects of micronization on dietary fiber composition, physicochemical properties, phenolic compounds, and antioxidant capacity of grape pomace and its dietary fiber concentrate. *LWT-Food Science and Technology*, 117, Article 108652. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108652>
- Bilgin S. (2010). Pirinç Kabuğuna İlave Edilen Ag+ İyonunun Karakterizasyonu. [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].

- Castrica, M., Rebucci, R., Giromini, C., Tretola, M., Cattaneo, D. ve Baldi, A. (2019). Total phenolic content and antioxidant capacity of agri-food waste and by-products. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 336341. <https://doi.org/10.1080/1828051x.2018.1529544>
- Chaudhary, D. S., Jollands, M. C. ve Cser, F. (2004) Recycling Rice Hull Ash: A Filler Material for Polymeric Composites? *Advances in Polymer Technology*, 23, 147-155. <https://doi.org/10.1002/adv.20000>
- Chen, W. H. ve Ngamcharussrivichai, C. (2022). Recent advances in lignocellulosic biomass for biofuels and value-added bioproducts - A critical review. *Bioresource Technology*, 344, 126195. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126195>
- Chindaprasirt, P., Chareerat, T. ve Sirivivatnanon, V. (2007). Workability and strength of coarse high calcium fly ash geopolymer. *Cement and concrete composites*, 29(3), 224-229.
- Choi, N. W., Mori, I. ve Ohama, Y. (2006). Development of rice husks-plastics composites for building materials. *Waste Management*, 26(2), 189-194.
- Çöpür, Y., Güler, C., Akgül, M. ve Taşcıoğlu, C. (2007). Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Building and Environment*, 42(7), 2568-2572. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.011>
- Cüce, H. ve Dulkadiroğlu H. (2017). Alkollü İçki Endüstrisinden Kaynaklı Çevresel Etkilerin Temiz Üretim Odağında Değerlendirilmesi: Nevşehir’de Şarap Üreten Tesisler Üzerine Bir Çalışma. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, (ICAFOF Özel Sayı), 163-171. <https://doi.org/10.17100/nevbittek.345380>, URL:<http://dx.doi.org/10.17100/nevbittek.345380>.
- Dey, T., Bhattacharjee, T., Nag, P., Ghati, A. ve Kuila, A. (2021). Valorization of agro-waste into value added products for sustainable development. *Bioresource Technology Reports*. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100834>.
- Di Michele, A., Pagano, C., Allegrini, A., Blasi, F., Cossignani, L., Raimo, E. D., Faieta, M., Oliva, E., Pittia, P. ve Primavilla, S. (2021). Hazelnut Shells as Source of Active Ingredients: Extracts Preparation and Characterization. *Molecule* 26, 6607. <https://doi.org/10.3390/molecules26216607>.
- Dusselier, M., Van Wouwe, P., Dewaele, A., Makshina, E. ve Sels, B. F. (2013). Lactic acid as a platform chemical in the biobased economy: the role of chemocatalysis. *Energy & Environmental Science*, 6(5), 14151442. <https://doi.org/10.1039/c3ee00069a>
- Dow, K. ve Downing, T. (2006) The Atlas of Climate Change: Mapping the World’s Greatest Challenges., University of California Press, Oakland.
- El-Tayeb, T. S., Abdelhafez, A. A., Ali, S. H. ve Ramadan, E. M. (2012). Effect of acid hydrolysis and fungal biotreatment on agro-industrial wastes for obtainment of free sugars for bioethanol production. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43(4), 1523-35.
- Evkaya, E. (2014). Şeker Pancarı Atığından Geri Kazanılan Selülozun Biyokompozit Olarak Değerlendirilmesi. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Geow, C. H., Tan, M. C., Yeap, S. P. ve Chin, N. L. (2021). A review on extraction techniques and its future applications in industry. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 123(4), 2000302. <https://doi.org/10.1002/ejlt.202000302>

- Huang, C., Han., L., Liu, X. ve Ma, L. (2011). The rapid estimation of cellulose, hemicellulose, and lignin contents in rice straw by near infrared spectroscopy. *Energy Sources*, 33, 114–120.
- Liu, R. ve Huang, Y. (2005). Structure and morphology of cellulose in wheat straw. *Cellulose*, 12, 25-34.
- Li, L. ve Zhao, L. (2015). Nature cellulose fibre extracted from different cotton stalk sections by degumming. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 23(6),37-40.
- Karabulut, H. A., Kurtoğlu, İ. Z. ve Kirtan, Y. E. (2019). Effects of the feeds containing hazelnut meal as plant protein source on growth performance and body composition of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) and economic profitability value. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 43(2), 244-252. <https://doi.org/10.3906/vet-1807-7>.
- Kirmizigül, A. ve Cufadar, Y. (2019). Japon bıldırcınlarında (*Coturnix coturnix japonica*) rasyona fındık küspesi ilavesinin büyüme performansı ve karkas özelliklerine etkisi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 8(1), 28-35.
- Koul, B., Yakoob, M. ve Shah, M. P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206, 112285. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>.
- Nair, P. K. R., Gordon, A. M. ve Mosquera-Losada, M. R. (2008). Agroforestry. In S. E. Jorgensen ve B. D. Fath (Eds.), *Ecological engineering: Encyclopedia of ecology* (Vol. 1, s. 101–110). Elsevier.
- Öztürk, G. (2023). A waste material rich in bioactive compounds: Hazelnut waste. *European Food Science and Engineering*, 4(1), 15-25. <https://doi.org/10.55147/efse.1289656>
- Phonphuak, N. ve Chindaprasirt, P. (2015). Types of waste, properties, and durability of pore-forming waste-based fired masonry bricks. *Eco-efficient masonry bricks and blocks*, 103-127.
- Ramachandran Nair, P. K., Mohan Kumar, B. ve Nair, V. D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of plant nutrition and soil science*, 172(1), 10-23.
- Sajid, M., Farooq, U., Bary, G., Azim, M. M. ve Zhao, X. (2021). Sustainable production of levulinic acid and its derivatives for fuel additives and chemicals: progress, challenges, and prospects. *Green Chemistry*, 23(23), 9198-9238. <https://doi.org/10.1039/d1gc02919c>
- Sathisuksanoh, N., Zhu, Z., Rollin, J. ve Zhang, Y. H. (2009). Cellulose solvent-and organic solvent-based lignocellulose fractionation (COSLIF). *Bioalcohol production*.
- Salan, T. ve Alma, M. (2014). *Antep Fıstığı Atık Kabuklarının Enerji, Kimyasal Madde ve Biyomalzeme Üretiminde Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Termokimyasal Yöntemlere Genel Bir Bakış*. Yeşil Altın Antepfıstığı Zirvesi, Yeşil Altın Antepfıstığı Çalıştayı.
- Sarep, C. I. (1992). The Promise of Pomace. University of California Sustainable Agriculture Research and Education Program. <http://www.sarep.ucdavis.edu/NEWSTLR/v/n1/sa-3.html>.
- Sayar, N. A., Pinar, O., Kazan, D. ve Sayar, A. A. (2019). Bioethanol production from Turkish hazelnut husk process design and economic evaluation. *Waste and Biomass Valorization*, 10(4), 909-923. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0103-y>

- Sen, D. ve Kahveci, D. (2020). Production of a protein concentrate from hazelnut meal obtained as a hazelnut oil industry by-product and its application in a functional beverage. *Waste and Biomass Valorization*, 11(10), 5099-5107. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-00948-z>
- Sevindik, O. ve Selli, S. (2017). Üzüm Çekirdek Yağı Eldesinde Kullanılan Ekstraksiyon Yöntemleri. *Gıda*, 42(1), 95-103.
- Shahidi, F., Alasalvar, C. ve Liyana-Pathirana, C. M. (2007). Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(4), 12121220. <https://doi.org/10.1021/jf062472o>
- Sun, J.X., Sun, X.F., Zhao, H. ve Sun, R.C. (2004). Isolation and characterization of cellulose from sugarcane bagasse. *Polymer Degradation and Stability*, 84, 331-339.
- Tomas-Pejo, E., Oliva, J. M. ve Ballesteros, M. (2008). Realistic approach for full-scale bioethanol production from lignocellulose: A review.
- Tufan, M., Akbas, S., Güleç, T., Taşcıoğlu, C. ve Alma, M. H. (2015). Mechanical, thermal, morphological properties and decay resistance of filled hazelnut husk polymer composites. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 17(4), 221x2015005000075, 865-874. <https://doi.org/10.4067/s0718>
- Van Putten, R.-J., Van Der Waal, J. C., De Jong, E., Rasrendra, C. B., Heeres, H. J. ve de Vries, J. G. (2013). Hydroxymethylfurfural, a versatile platform chemical made from renewable resources. *Chemical Reviews*, 113(3), 1499-1597. <https://doi.org/10.1021/cr300182k>
- Woodson, M. ve Jablonowski, C. J. (2008). An economic assessment of traditional and cellulosic ethanol technologies. *Energy Sources*, 3, 372-383.
- Xu, Y. ve Hanna, M. A. (2011). Nutritional and anti-nutritional compositions of defatted Nebraska hybrid hazelnut meal. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(10), <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02712.x> 2022-2029.
- Yalçın, S., Oğuz, F. ve Yalçın, S. (2005). Effect of dietary hazelnut meal supplementation on the meat composition of quails. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 29(6), 1285-1290.
- Zaldivar, J., Nielsen, J. ve Olsson, L. (2001). Fuel ethanol production from lignocellulose: A challenge for metabolic engineering and process integration. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56(1-2), 17-34.

Yazarlar Hakkında / About Authors

Prof. Dr. Hasan Sabri ÖZTÜRK | Ankara Üniversitesi
hozturk[at]agri.ankara.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0106-6939

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden 1989 yılında mezun olmuştur. Akademik hayatına 1990 da aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak başlamıştır. Yüksek lisans çalışmalarını Ankara Üniversitesi (1991) ve Gent Üniversitesi (1998) de tamamlamıştır. Topraklarda çözünmüş madde ve su hareketi üzerine doktora çalışmasını 2000 yılında tamamlamıştır. Öğretim üyesi olarak 2006'da Ankara Üniversitesinde Doçent olarak çalışmaya başlamış, 2014 yılında profesör kadrosuna atanmıştır. Halen aynı bölümde çalışmaktadır. Toprak fiziği bilim dalında toprak tuzluluğu ve ıslahı, toprak sıkışması, toprakta su ve tuz hareketi ve temel toprak fiziksel özellikleri konularında çeşitli projelerde çalışmış ve bu konuda yayınları bulunmaktadır.

Prof. Dr. Hasan Sabri ÖZTÜRK | Ankara University
hozturk[at]agri.ankara.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0106-6939

He graduated from Ankara University, Faculty of Agriculture, Soil Science Department in 1989. He started his academic career in 1990 as a Research Assistant in the same department. He completed his postgraduate studies at Ankara University (1991) and Ghent University (1998). He completed his PhD on solute transport and water movement in soils in 2000. He started working as an associate professor at Ankara University in 2006 and was appointed a professor in 2014. Currently, Ozturk works as a Professor at the Soil Science and Plant Nutrition Department at Ankara University. His main research interests are in soil physics, including soil salinity and reclamation, soil compaction, water and solute movement in soil and basic soil physical properties.

**Zir. Yük. Müh. H. Kağan YENİÇERİ | Onima Biyoteknoloji A.Ş.
k.yeniceri[at]onima.com.tr | ORCID: 0009-0006-0098-4945**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünden 2014 yılında mezun olmuştur. Yüksek lisan çalışmasını Futbol sahalarındaki sıkışmanın belirlenmesi ve haritalanması üzerine tamamlayarak Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 2018 yılında Ziraat Yüksek Mühendis ünvanı ile mezun olmuştur. Özel sektöre ait çeşitli gübre firmalarında üretim ve satış bölümlerinde 2017-2021 yılları arasında çalışmıştır. Kurucu ortak olarak Onima Biyoteknoloji A.Ş.'yi 2021 yılında kurmuştur. Bu şirkette bünyesinde yürütülmekte olan KOSGEP ve TÜBİTAK/ TEYDEP tarafından desteklenen hayvansal atıklardan amino asit üretilmesi konularının içeren çeşitli AR-Ge projelerinde araştırmacı olarak çalışmıştır. Halen aynı şirkette Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı ve Fabrika Müdürü olarak çalışmaktadır.

**MSc. H. Kağan YENİÇERİ | Onima Biotechnology Inc. | k.yeniceri[at]onima.com.tr
ORCID: 0009-0006-0098-4945**

He graduated from Ankara University, Faculty of Agriculture, Soil Science and Plant Nutrition Department in 2014. He graduated in 2018 with a master's degree in determining and mapping soil compaction in football fields from Ankara University, Institute of Applied Science. Between 2017 and 2021, he worked in the production and sales departments of various private-sector fertilizer companies. As a founding partner, he established Onima Biotechnology Inc. in 2021. He worked as a researcher on multiple R&D projects carried out by this company, including the production of amino acids from animal wastes, supported by KOSGEP, TÜBİTAK/TEYDEP and international companies. He currently works as the Vice Chairman of the Board and Factory Manager at the same company.

GIDA ATIKLARININ KATMA DEĞERLİ ÜRÜNLERE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

TRANSFORMING FOOD WASTE INTO
VALUE ADDED PRODUCTS

Vural GÖKMEN

Atıf Künyesi: Gökmen, V. (2024). Gıda Atıklarının Katma Değerli Ürünlere Dönüştürülmesi. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafi* (s. 197-208) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

GIDA ATIKLARININ KATMA DEĞERLİ ÜRÜNLERE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Prof. Dr. Vural GÖKMEN

TÜBA Asli Üyesi, Hacettepe Üniversitesi

Özet

Tarım-gıda sektörü dünyanın en büyük atık üreticisi durumundadır. Günümüzde küresel olarak üretilen gıdaların dörtte biri ila üçte birinin atık haline geldiği tahmin edilmektedir. Tarımsal gıda atıkları ve yan ürünleri, yiyecek ve içecek ürünlerinin doğal yaşlanma (bayatlama) ve bozulma, ön ayıklama, işleme ve imalat süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Atıkların önemli bir kısmı hammaddelerin (meyveler, sebzeler, bitkiler, yumru kökler, tahıllar ile et, süt ve yumurta gibi hayvansal ürünler) farklı işlenmiş meyve-sebze ürünlerine (örneğin reçeller, soslar ve konserve meyveler/sebzeler), fırıncılık ürünlerine (örneğin ekmek, bisküvi, kraker, kek), süt ürünlerine (örneğin peynir ve yoğurt) ve alkollü (örneğin şarap ve bira) ve alkolsüz içeceklere (örneğin meyve suları ve meşrubat) dönüştürülmesi sırasında ortaya çıkmaktadır. Gıda atıklarının yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmesi ekonomik ve teknik yönlerden fizibilitesi dikkatli olarak yapılması gereken yeni bir iş modeli kurgusu olarak ele alınmalıdır. Buna göre, gıda atıklarının birincil ve ikincil üretim aşamalarında olduğu gerçeğinden hareketle olduğu yerde ya da toplama merkezlerine iletilerek katma değerli ürünlere dönüştürülmesi alternatiflerine göre yeni bir üçüncül üretim modeli geliştirilmesi gerekmektedir. Bu derleme çalışmasının amacı gıda atıklarının katma değerli ürünlere dönüştürülmesi olanaklarının uygulama örnekleri ile birlikte tartışılmasıdır.

Anahtar Kelimeler

*Gıda İsrafı, Yan Ürünler, Atık Değerlendirmesi, Katma Değerli Ürünler,
Atık Minimizasyonu*

TRANSFORMING FOOD WASTE INTO VALUE ADDED PRODUCTS

Prof. Dr. Vural GÖKMEN

TÜBA Principle Member, Hacettepe University

Abstract

The agri-food sector is the world's largest waste generator. It is estimated that today between one-quarter and one-third of the food produced globally today becomes waste. Agri-food waste and by-products originate from the natural aging (staling) and deterioration, pre-sorting, processing and manufacturing processes of food and beverage products. A significant portion of waste is generated during the transformation of raw materials (fruits, vegetables, plants, tubers, grains and animal products such as meat, milk and eggs) into different processed fruit and vegetable products (e.g. jams, sauces and canned fruits/vegetables), bakery products (e.g. bread, biscuits, crackers, cakes), dairy products (e.g. cheese and yoghurt) and alcoholic (e.g. wine and beer) and non-alcoholic beverages (e.g. fruit juices and soft drinks). Transforming food waste into high value-added products should be considered as a new business model structure that requires careful feasible planning from the economic and technical aspects. Accordingly, based on the fact that food waste is formed in primary and secondary production stages, a new tertiary production model needs to be developed based on alternatives such as transforming food waste into value-added products either where it is formed or by transferring it to collection centers. The aim of this review study is to discuss the possibilities of transforming food waste into value-added products with application examples.

Keywords

*Food Waste, By-Products, Waste Valorization, Value-Added Products,
Waste Minimization*

Gıda Atıklarının Tanımı ve Miktarı

Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre atık; “üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya malzeme” olarak ifade edilmektedir. Bütünsel bir sıfır atık yaklaşımıyla, yönetmelik kapsamında atık yönetiminde öncelik sıralaması yapılmış olup ilk yapılması gereken seçenek üretim, tüketim ve hizmet süreçlerinde atık oluşumunun önlenmesi olarak belirlenmiştir. Bu aşamayı sırasıyla atığın azaltılması, yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve/veya geri kazanımı ve en son seçenek olarak da bertarafı takip etmektedir. Bu yaklaşımla, bertaraf edilecek atık miktarının azaltılarak, çevre ve insan sağlığı ile tüm kaynakların korunması hedeflenmektedir.

EU FUSIONS projesine göre gıda atığı “insan tüketimi için üretilen gıdanın geri kazanılmak veya bertaraf edilmek üzere tedarik zincirinden çıkarılan kısmı” olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre hasat edilmemiş, gübre yapılmış, yakılmış, anaerobik olarak sindirilmiş, enerji üretiminde kullanılmış veya atılmış (karaya, denize, kanalizasyona) gıda unsurlarının tamamı gıda atığı kapsamına girmektedir.

Gıda atığı, gıda ürünlerinin çiftlikten sofraya tedarik zinciri boyunca doğal olarak bozulması, ön işlemler sırasında yenilemeyecek kısımların ayıklanması, işleme sonrası artık olarak yan ürünlerin açığa çıkması ya da imal edilmiş ürünlerin son kullanma tarihinin dolması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Buna göre gıda atığı, tarım sektöründen gıda imalat endüstrisine, gıda hizmet sektöründen perakende hane tüketimine kadar tüm gıda değer zincirini ilgilendirmektedir.

Küresel olarak üretilen gıdanın dörtte biri ile üçte birinin (yaklaşık 1.300 milyon ton/yıl) atık haline geldiği tahmin edilmektedir. Bu atıkların bir kısmı değerlendirilerek yan ürün kimliği kazanırken önemli bir kısmı ise çevresel sorunlara neden olacak şekilde bertaraf edilmektedir. 2021 Birleşmiş Milletler Gıda İsrafi Endeksi Raporu'na göre evlerde, perakende satış yerlerinde ve restoranlarda 2019 yılında yaklaşık toplam 931 milyon ton gıda israf edilmiştir. Gıda israfının %61'i hanelerden, %26'sı restoranlardan, %13'ü ise perakende satış yerlerinden kaynaklanmaktadır. Yıllık kişi başına düşen gıda israfı 74 kg olarak hesaplanmaktadır. Dünyada en çok israf edilen gıdaların başında, sırasıyla, kök ve yumrulu bitkiler (patates ve soğan gibi) ile sağlıklı yağ içeren bitkiler (mısır ve ayçiçeği gibi), yaş meyveler ve sebzeler, et ve hayvansal ürünler, tahıl ve bakliyat ürünleri olduğu rapor edilmiştir (UN, 2021).

Önemli bazı gıda kayıpları genel olarak içeceklerin (%26), süt ürünlerinin (%21), meyve ve sebzelerin (%14,8), tahılların ve tohumların (%12,9), etlerin (%8), bitkisel yağların (%3,9), balık (%0,4) ve diğer ürünleri (%12,7) üretimi ve imalatı sırasında ortaya çıktığı tahmin edilmektedir (Gutiérrez-Macías ve ark., 2015; Hodaifa ve ark., 2018; Nayak ve Bhushan, 2019).

Gıda endüstrisinde farklı ara ve son ürünlerin işlenmesi sırasında açığa çıkan atık ve artık maddeler Tablo 1' ve verilmiştir. Üretim miktarları dikkate alındığında şeker pancarında şeker üretiminde pancar posası, zeytinden zeytinyağı üretiminde posa ve karasu, bira üretiminde malt posası ve bira mayası, şarap üretiminde üzün posası, üzüm çekirdekleri, kavrulmuş kahve üretiminde kahve zarı, meyve ve sebzelerin işlenmesi sırasında posa, salkım, çekirdek ve kabuklar, et üretiminde deri, hayvan tüyleri ve kemikleri, balık su ürünlerinin işlenmesinde ise deri, kılçık ve kabuklar büyük miktarlarda açığa çıkmaktadır.

Gıda fabrikalarında genelde imalat süreçleri sonucu oluşan, yan ürün olarak adlandırılan gıda atıkları imha edilmekte veya daha düşük teknolojilerle ekonomik değeri az olan ürünlere dönüştürülmektedir (Castro-Muñoz ve ark., 2022). Kimyasal kompozisyonları dikkate alındığında yukarıda sayılan bu atık ve artık malzemelerin yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmesinin anlamlı olduğu düşünülmektedir.

Tablo 1

Gıda Endüstrisinde Farklı Ara ve Son Ürünlerin İşlenmesi Sırasında Açığa Çıkan Atık ve Artık Maddeler (Castro-Muñoz ve ark., 2022)

İşlenmiş Ürün	Hammadde	Atık & Artık
Şeker	Şeker Pancarı, Kamışı	Posa
Yağ	Zeytin, Yağlık Tohumlar	Posa, karasu
Bira	Arpa	Posa, maya
Şarap	Üzüm	Posa, sap, salkım, çekirdek, kabuk
Kahve	Kahve	Kabuk, zar
Meyve-Sebze	Meyveler, Sebzeler	Posa, sap, salkım, çekirdek, kabuk
Yumurta	Yumurta	Yumurta kabuğu ve zarı
Et	Hayvan	Deri, tüy, kemik
Su Ürünleri	Balık ve Kabuklular	Deri, kılçık, kabuk

Günümüzde küresel bir sorun olarak karşımıza çıkan gıda israfını önlemek, döngüsel ekonomi, çevresel sürdürülebilirlik ve gıda arz güvenliği bakımından oldukça önemli hale gelmiştir. Sürdürülebilir bir gıda sistemi için gıda israfını önlemek, maliyet, çevre ve gıda güvenliği konularında farkındalığı arttırabilmek, aynı zamanda sürdürülebilir gıda üretimini mümkün kılmak amacıyla, gıda tedarik zincirinin her bir aşamasında gerekli düzeltici ve önleyici eylemlerin hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma, küresel anlamda gündemde olan konular arasında giderek daha çok yer almaya başlamış ve bu anlamda, döngüsel ekonomi modeli temel alınmıştır. Döngüsel ekonomi kaynak verimliliği, atık azaltma, geri dönüşüm ve değerlendirme kavramlarına dayalı olarak işlemektedir. Buna göre etkin bir atık yönetimi için bütünleşik sistemlerin kurulması gerekmektedir. Gıda atıklarının katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi ve bu ürünlerin kullanım alanlarının arttırılması konularında farklı sektörlerden uzmanlar ile disiplinler ötesi çalışmalar yapılmalıdır.

Gıda Atıkları ve Artıklarından Katma Değerli Ürünlerin Eldesi

Gıda atıkları ve artıklarının yönetimi için sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesi küresel çapta karşılaşılan temel zorluklardan biridir. Devam eden teknik iyileştirmeler ve tüketici eğitimi, israf edilen gıda miktarını azaltmaya yardımcı olacak olsa da gıda döngüsü sonunda uygun şekilde bertaraf edilmesi gereken yüksek hacimli gıda malzemelerinin hala mevcut olması kaçınılmazdır.

Bu kapsamda, gıda atıklarının dehidrasyon, kompostlaştırma, atıktan enerji dönüşümü (örneğin, anaerobik çürütme, fermentasyon, transesterifikasyon, gazlaştırma, piroliz, hidrotermal sıvılaştırma vb.) ve gübre, hayvan yemi ve besin takviyeleri gibi katma değerli ürünlere dönüşümü yoluyla değerlendirilmesi için geliştirilmiş yöntemler bulunmaktadır. Buna ek olarak, ticari anlamda uygulanan gıda atığı değerlendirme sistemlerinin çevresel ve/veya ekonomik değerlendirmesini içeren vaka incelemelerinin yanı sıra gıda atıklarında bulunan su ve enerji kaynaklarının değerlendirilmesi, sürdürülebilir atık bertaraf yöntemlerinin ve mevcut teknolojilerin (depolama ve atık su arıtma gibi) karşılaştırmalı analizleri de yürütülmektedir.

Mevcut durumda gıda işletmelerinde oluşan ve yan ürün olarak adlandırılan gıda artıkları imha edilmekte veya düşük teknolojilerle ekonomik değeri az olan hayvan yemi gibi ürünlere dönüştürülmektedir. Bununla birlikte, son zamanlarda tarımsal gıda atıklarının, biyoaktif ve fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra kimyasal bileşimleri nedeniyle gıda bileşeni olarak işlev görebilecek ticari öneme sahip bileşikler (biyoaktif bileşikler) açısından zengin olduğu tespit edilmiştir (Marić ve ark., 2018). Güncel araştırmalar, gıda atıkları ve artıklarının yüksek değerli biyoaktif bileşiklerin potansiyel bir kaynağı olarak kullanılmasına ve bu bileşiklerin atıklardan verimli bir şekilde elde edilebilmesi için geleneksel ekstraksiyon yöntemleriyle rekabet edebilecek yenilikçi teknolojilerin uygulanmasına odaklanmaktadır. Bu noktada membran bazlı prosesler, mikrodalga, ultrason, darbeli elektrik destekli ekstraksiyon, süperkritik ve subkritik akışkanlar, basınçlı sıvılar ve derin ötektik çözücüler ile ekstraksiyon gibi spesifik uygulamalar yüksek ekstraksiyon verimleri, düşük işlem süreleri ve hedef bileşiklerin biyoaktif özelliklerini koruma gibi avantajları ile gündeme gelmektedir.

Katma değerli ürün üretimi, altyapı geliştirme, ulaşım, gıda işleme ve paketleme sektörlerine fayda sağlayabilmektedir. Böylece, atık birikiminin azaltılmasına katkıda bulunulmakta ve önemli finansal faydalar sağlanmaktadır. Son yıllarda gıda atıklarından elde edilebilecek bazı katma değerli bileşenler ve elde ediliş yöntemleri ile ilgili çalışmalar Tablo 2’de özetlenmiştir. Gıda atıklarından çeşitli karbonhidratlar, fenolik bileşikler, pigmentler, organik asitler, lipitler, biyoaktif peptitler, esansiyel yağlar ve lignanlar gibi katma değeri yüksek bileşenler elde edilebilmektedir. Örneğin zeytin kara suyu, beyaz üzüm posası, elma posası, portakal kabuğu ve posası, limon, erik posası, mango çekirdeği tohumu, muz kabuğu, tatlı salatalık, rambutan meyvesi, dragon meyvesi, ananas, guava, patates kabuğu, pancar posası, brokoli, mango çekirdek, muz kabuğu gibi bitkisel gıda atıklarından konsantrasyon, asit destekli solvent ekstraksiyonu, etanol çöktürme, membran filtrasyon, süperkritik ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, ultrason destekli ekstraksiyon, basınçlı sıvı ekstraksiyonu ve enzim destekli ekstraksiyon gibi teknikler kullanılarak belli saflık değerlerinde fenolik bileşiklerin yüksek verimle elde edilmesi mümkündür. Benzer şekilde balık işleme atıkları, peynir altı suyu gibi hayvansal gıda atıklarından ise ultrason destekli ekstraksiyon, enzimatik destekli ekstraksiyon, alkali çözündürme ve asit çöktürme, izoelektrik çöktürme, yüksek voltajlı elektrik deşarjı, sıyırma, membran filtrasyon, dondurarak kurutma, enzimatik hidroliz, fermentasyon gibi teknikler kullanılarak biyoaktif peptitler elde edilebilmektedir (Sarker ve ark., 2024).

Tablo 2*Gıda Atıklarından Elde Edilebilecek Bazı Katma Değerli Bileşenler Elde Ediliş Yöntemleri (Sarker ve ark., 2024)*

Bileşen	Atık	Yöntem
Karbonhidratlar	Turuncgiller, elma posası, tatlı patates posası ve kabuğu, havuç, kabuklu hayvan kabukları	Dondurarak kurutma, asit destekli solvent ekstraksiyonu, santrifüjleme, etanol ekstraksiyonu, ultrasonik bozunma, süperkritik CO ₂ ekstraksiyonu
Fenolik Bileşikler	Zeytin kara suyu, beyaz üzüm posası, elma posası, portakal kabuğu ve posası, limon, erik posası, mango çekirdeği tohumu, muz kabuğu, tatlı salatalık, rambutan meyvesi, dragon meyvesi, ananas, guava, patates kabuğu, pancar posası, brokoli, mango çekirdek, muz kabuğu	Konsantrasyon, asit destekli solvent ekstraksiyonu, etanol çöktürme, membran filtrasyon, süperkritik ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, ultrason destekli ekstraksiyon, basınçlı sıvı ekstraksiyonu, enzim destekli ekstraksiyon
Pigmentler	Elma posası, erik posası, mango kabuğu, havuç, muz kabuğu, meyveler, pancar, domates posası ve kabuğu	Enzimatik hidroliz, solvent ekstraksiyonu, mikrodalga destekli ekstraksiyon, ultrason destekli ekstraksiyon, basınçlı sıvı ekstraksiyonu, enzim destekli ekstraksiyon
Organik Asitler	Peynir altı suyu, narenciye kabuğu atığı, meyve ve sebze atıkları, meyve ve sebze atıkları, elma posası, şeker kamışı melası	Fermantasyon
Lipitler	Üzüm çekirdeği, kayısı çekirdeği, malt küspesi, balık işleme atıkları	Soxhlet ekstraksiyonu, süperkritik karbon dioksit ekstraksiyonu
Biyoaktif Peptitler	Balık işleme atıkları, peynir altı suyu proteini yan ürünleri, soya fasulyesi kalıntıları, beyaz üzüm posası	Su ekstraksiyonu, ultrason destekli ekstraksiyon, enzimatik destekli ekstraksiyon, alkali çözündürme ve asit çöktürme, izoelektrik çöktürme, yüksek voltajlı elektrik deşarjı, sıyırma, membran filtrasyon, dondurarak kurutma, enzimatik hidroliz, fermantasyon
Esansiyel Yağlar	Narenciye kabukları, bitki ve baharat kalıntıları, üzüm posası, vanilya baklası, kuruyemiş atıkları, erik çekirdeği	Soğuk presleme, buhar damıtma, solvent ekstraksiyonu, süperkritik sıvı ekstraksiyonu, mikrodalga destekli hidro-damıtma
Lignanlar	Keten tohumu atığı ve susam tohumu kabukları	Enzimatik destekli ekstraksiyon

Gıda Atıkları ve Artıklarının Yönetimi İş Modeli

Gıda atıklarının yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmesi ekonomik ve teknik yönlerden fizibilitesi dikkatli olarak yapılması gereken yeni bir iş modeli kurgusu olarak ele alınmalıdır. Buna göre, ekonomik açıdan atıkların miktarı, kompozisyonu, stabilitesi, yeni ürünlere işleneceği yere transportu doğru planlanmalıdır. Teknik açıdan ise atıkların değerlendirilmesi için gereken yeni proses hatlarının tasarımı ve maliyeti, proses koşullarının optimize edilmesi ve operasyon maliyeti, atıklardan elde edilmesi hedeflenen son ürünlerin güvenilirliği ve kalite özelliklerinin

Birincil ve İkincil Üretim Aşamalarında Açığa Çıkan Gıda Atıklarından Yerinde veya Toplama Merkezlerinde Değerlendirme Alternatiflerine Göre Ürün Çeşitlendirme Amaçlı Üçüncül Üretim Modeli

Kaynaklar / References

- Castro-Muñoz, R., Díaz-Montes, E., Gontarek-Castro, E., Boczkaj, G. ve Galanakis, C. M. (2022). A comprehensive review on current and emerging technologies toward the valorization of bio-based wastes and by products from foods. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*, 21, 46-105.
- Gutiérrez-Macías, P., Montañez-Barragán, B. ve Barragán-Huerta, B. E. (2015). A review of agro-food waste transformation into feedstock for use in fermentation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(11A), 3703-3716.
- Hodaifa, G., Agabo García, C. ve Rodriguez-Perez, S. (2018). Revalorization of agro-food residues as bioadsorbents for wastewater treatment. J. K. Singh ve N. Verma (Eds.), *Aqueous Phase Adsorption - Theory, Simulations and Experiments* (s. 249-282). Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781351272520>.
- Nayak, A. ve Bhushan, B. (2019). An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes. *Journal of Environmental Management*, 233, 352–370. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.041>.
- Marić, M., Grassino, A. N., Zhu, Z., Barba, F. J., Brnčić, M. ve Rimac Brnčić, S. (2018). An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. *Trends in Food Science and Technology*, 76, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.022>
- Sarker, A., Ahmmed, R., Ahsani S. M., Jana, J., Ghosh, M. K. ve Nandi, R. (2024) A comprehensive review of food waste valorization for the sustainable management of global food waste. *Sustainable Food Technology*, 2, 48- 69
- UN Environment Programme (2021). Food Waste Index Report 2021. ISBN: 978-92-807-3868-1.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Vural GÖKMEN | Hacettepe Üniversitesi
vgokmen[at]hacettepe.edu.tr | ORCID: 0000-0002-9601-5391

1990 yılında gıda mühendisi olarak mezun olan Vural Gökmen, 1998 yılında doktora derecesini almıştır. Halen Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde profesör olarak görev yapmaktadır. Vural Gökmen, Hacettepe Üniversitesi bünyesinde 2004 yılında FoQuS olarak bilinen Gıda Kalitesi ve Güvenliği Araştırma Grubu'nu, 2010 yılında Gıda Araştırma Merkezi'ni, 2011 yılında TÜBİTAK desteği ile Türkiye Ulusal Gıda Teknoloji Platformu'nu kurmuştur. Gıda alanının önde gelen bilim insanlarından biri olan Vural Gökmen, prosesin gıda kalitesi ve güvenliği üzerine etkilerinin anlaşılmasına uluslararası düzeyde önemli katkılar sağlamıştır. Gıda bilimi ve mühendisliğinin farklı yönleriyle ilgili çok sayıda araştırma projeleri yürütmüş, dersler ve konferanslar vermiş, dünyanın önde gelen araştırma gruplarıyla iş birlikleri yapmıştır. Vural Gökmen özgün araştırma sonuçlarına dayalı 280'in üzerinde uluslararası araştırma makalesi ve 20'nin üzerinde uluslararası kitap ve kitap bölümü yayınlamıştır. Gıda alanında ülkemizin en çok uluslararası atıf alan araştırmacısı durumundadır. Alanın en yüksek etki faktörüne sahip dergilerinden biri olan Food Chemistry dergisinde editörlük yapmaktadır. Bilime katkıları nedeniyle 2004 yılında Türkiye Bilimler Akademisi tarafından Seçkin Genç Bilim İnsanı ödülüne, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından 2007 yılında Bilim Teşvik, 2022 yılında Bilim ödülüne layık görülmüştür. 2023 yılında Türkiye Bilimler Akademisi asli üyesi olarak seçilmiştir.

Prof. Dr. Vural GÖKMEN | Hacettepe University
vgokmen[at]hacettepe.edu.tr | ORCID: 0000-0002-9601-5391

Vural Gökmen graduated as a food engineer in 1990 and received his Ph.D. degree in 1998. He is currently working as a professor at Hacettepe University, Department of Food Engineering. Vural Gökmen established the Food Quality and Safety Research Group known as FoQuS within Hacettepe University in 2004, the Food Research Center in 2010, and the Turkish National Food Technology Platform in 2011 with the support of TÜBİTAK. As one of the leading scientists in the field of food, Vural Gökmen has made significant contributions to the understanding of the effects of the process on food quality and safety at the international level. He has carried out numerous research projects on different aspects of food science and engineering, given lectures and conferences, and collaborated with the world's leading research groups. Vural Gökmen has published more than 280 international research articles and over 20 international books and book chapters based on original research results. It is the most internationally cited researcher of our country in the field of food. He is an editor at Food Chemistry, one of the journals with the highest impact factor in the field. Due to his contributions to science, he was awarded the Distinguished Young Scientist Award by the Turkish Academy of Sciences in 2004, the Science Award by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye in 2022.

YERELDEN GENELE SÜREÇ VE KRİZ YÖNETİMİNDE GIDA BANKACILIĞI VE ÖRNEK UYGULAMALAR

**FOOD BANKING AND BEST PRACTICES IN
PROCESS AND CRISIS MANAGEMENT FROM
LOCAL TO GENERAL**

**Adnan ÇİÇEK
Didem DOĞAR**

Atıf Künyesi: Çiçek, A. ve Doğar, D. (2024). Yerelden Genele Süreç ve Kriz Yönetiminde Gıda Bankacılığı ve Örnek Uygulamalar. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafi* (s. 209-224) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

YERELDEN GENELE SÜREÇ VE KRİZ YÖNETİMİNDE GIDA BANKACILIĞI VE ÖRNEK UYGULAMALAR

Prof. Dr. Adnan ÇİÇEK

Didem DOĞAR

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Özet

Gıda bankacılığı, gıda israfını azaltmak ve yoksullukla mücadele etmek için geliştirilen yeni bir sosyal hizmet modelidir. Uygulama, yaklaşık olarak son 50 yılda hızla yayılım göstermiştir. Türkiye’de ise 2024 yılından sonra çok sayıda gıda bankası kurulmuştur. Başlangıçta sadece gıda yardımlarını içeren uygulamanın kapsamı, zaman içerisinde temizlik, giyecek ve yakacak maddelerini de kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Gıda bankacılığının yaygınlaşmasının nedenleri arasında yoksullara yönelik sosyal politikaların yanında, şirketler tarafından yapılan yardımların vergi indirimine tabi tutulması gelmektedir. Gıda bankacılığı genellikle kentsel alanlarda faaliyet göstermekte olup göreceli, kentsel ve modern yoksulluk ile mücadelede aktif rol oynamaktadır. Bu alanda faaliyet gösteren gıda bankalarının birbirleri ile ve belediyeler ile iletişim ve irtibatlı olması, mükerrer yardımların önüne geçme açısından önemlidir. Gıda bankacılığında gıda temini, gıdaların güvenliği, saklama ve depolama, lojistik vb. konular, sürdürülebilirliği etkilemektedir. Diğer yandan gıda bankacılığının genellikle belediyeler ve sivil toplum kuruluşları tarafından yapılması bazı sorunları beraberinde getirmektedir. Belediyelerin özellikle seçim dönemlerinde gıda yardımlarını artırdığı, bazı sivil toplum kuruluşlarının ise yardım yapılan kişiler ile ilgili seçici davrandıkları bilinen bir gerçektir. Bu nedenle gıda bankacılığı uygulamasında denetim mekanizmasına yönelik yeni düzenlemeler gereksinin olduğu söylenebilir. Bu çalışmada gıda bankacılığına yönelik yerel ve genel uygulamalar Dünya’da ve Türkiye özelinde ele alınıp incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Gıda Bankacılığı, Gelir Dağılımı ve Yoksulluk, Yerel Yönetimler, Türkiye

FOOD BANKING AND BEST PRACTICES IN PROCESS AND CRISIS MANAGEMENT FROM LOCAL TO GENERAL

Prof. Dr. Adnan ÇİÇEK

Didem DOĞAR

Tokat Gaziosmanpaşa University

Absract

Food banking is a new social service model developed to reduce food waste and fight poverty. The practice has spread rapidly in the last 50 years. In Türkiye, many food banks have been established after 2024. The scope of the practice, which initially included only food aid, was expanded over time to include cleaning, clothing and fuel. Among the reasons for the spread of food banking are social policies for the poor, as well as tax deduction for aid provided by companies. Food banking generally operates in urban areas and plays an active role in combating relative, urban and modern poverty. It is important for food banks operating in this field to communicate with each other and with municipalities in terms of repeated aid. In food banking, issues such as food supply, food safety, preservation and storage, logistics etc. affect sustainability. On the other hand, the fact that food banking is generally done by municipalities and non-governmental organizations brings with it some problems. It is a known fact that municipalities increase food aid, especially during election periods, and some non-governmental organizations are selective about the people they aid. For this reason, it can be said that there is a need for new regulations regarding the control mechanism in food banking practice. In this study, local and general practices related to food banking are examined both globally and specifically in Türkiye.

Keywords

Food Banking, Income Distribution and Poverty, Municipalities, Türkiye

Giriş

Günümüzde gelir dağılımındaki çarpıklık önemli boyutlara ulaşmıştır. Dünyanın farklı bölgelerinde devam eden mutlak yoksulluk, aynı ülkede veya kentlerde göreceli yoksulluk şeklinde kendini göstermektedir. Yoksullukla mücadele konusunda zaman içerisinde farklı değişimler yaşanmıştır. Geçmiş dönemlerde yoksullukla mücadele dar kapsamlı ve bireysel olarak sürdürülürken, günümüzde daha çok kamusal boyutta ve kurumsal niteliktedir.

Gıda bankacılığı yoksulluk ile mücadele etmek için geliştirilen yeni bir sosyal hizmet modelidir. Diğer yandan gıda israfını azaltmayı da amaçlayan bir uygulamadır. Gıda bankacılığı, toplumsal dayanışmayı güçlendirmek ve gıda israfını azaltmak amacıyla fazla gıdaların toplanarak ihtiyaç sahiplerine dağıtılması sürecini kapsar. Bu sistem, sosyal yardımların önemli bir parçası haline gelmiş ve ihtiyaç sahiplerine temel gıda maddelerini ulaştırmada kritik bir rol oynamaktadır.

Sosyal devlet ve sosyal belediyeciliğin gereği olarak yoksullukla mücadele, sosyal eşitsizliklerin azaltılması ve toplumsal refahın artırılması önemlidir. Sosyal devlet, vatandaşlarının sosyal ve ekonomik refahını sağlamak için çeşitli hizmetler ve yardımlar sunan devlet yapısını ifade eder. Gıda bankacılığı, sosyal devletin bu hedeflerine ulaşmasında önemli bir araçtır. Devlet, gıda bankalarını destekleyerek ve düzenleyerek yoksul ve dezavantajlı kesimlere gıda güvenliği sağlamaktadır.

Gıda bankacılığı, ABD’de 1967 yılında başlamış ve 1970’li yıllarda yaygınlaşmıştır. Soraki yıllarda Fransa ve Belçika başta olmak üzere Avrupa’ya ve dünyanın farklı bölgelerine yayılım göstermiştir. Günümüzde ABD ve Avrupa’da birçok gıda bankasının oluşturduğu organizasyonlar söz konusudur.

Türkiye’de gıda bankacılığına yönelik ilk yasal düzenleme 2003 tarih ve 5035 sayılı kanunla gerçekleşmiştir. Daha sonra mülga 2004 tarih ve 5179 sayılı kanunun 3. maddesinde gıda bankası, “Bağışlanan ve üretim fazlası, sağlığa uygun her türlü gıdayı tedarik eden, uygun şartlarda depolayan ve bu ürünleri doğrudan veya farklı yardım kuruluşları vasıtasıyla fakirlere ve doğal afetlerden etkilenenlere ulaştıran ve kar amacı gütmeyen dernek ve vakıfların oluşturduğu organizasyonlar” şeklinde tanımlanmıştır. Gıda bankacılığı sistemi; son kullanma tarihi yaklaşan, paketleme hatası olan, ihtiyaç fazlası nedeniyle değerini kaybeden malların ihtiyaç sahiplerine ulaştırılması üzerine kurulmuştur.

Bu çalışmada yoksullukla mücadele ve gıda israfını azaltmaya yönelik çabaların birleştiği gıda bankacılığının gelişimi, gerekliliği, sorunları ve bu sorunların giderilmesine yönelik çözüm önerileri bir bütünlük içinde ele alınıp incelenmiştir.

Dünyada Gelir Dağılımı ve Yoksulluk

Gelir ile ilgili parametreler, kıtalar ve ülkeler arasında birbirinden uzak değerlere sahiptir. Gelir düzeyi farklılığı, birçok ülkeyi kapsayan bölgesel yoksulluklara neden olmaktadır. Aynı ülkenin farklı bölgeleri arasında değişik gelir düzeylerine rastlamak olağan bir durumdur. Kırsal ve kentsel yerleşimler ile aynı yerleşimin farklı bölgelerinde gelir düzeyi farklılığı söz konusudur. Gelir dağılımı hesaplamasında, nüfusun tamamına ilişkin ortalamalar dikkate alınmaktadır. Gelir dağılımının çarpıklığı ile yoksulluk arasında pozitif yönde bir bağlantı söz konusudur. Gelir dağılımındaki eşitsizlik ne kadar artarsa yoksulluk düzeyi de o kadar artar. Gelir dağılımını belirleyen faktörler ele alınırken yoksulluğu etkileyen faktörler de düşünülmelidir (Aktan ve Vural, 2002).

Yoksulluk, insanlık tarihi boyunca var olan bir olgudur. Günümüzde yoksulluk hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerin ortak problemidir (Gündoğan, 2008). Gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde daha çok mutlak yoksulluk, gelişmiş ülkelerde ise genellikle yerel ve kısmi yoksulluk söz konusudur (Devlet Planlama Teşkilatı, 2000). Yoksulluğun çok boyutlu olması, yer ve zamana göre değişmesi tanımlamasını güçleştirmektedir. Yoksulluğu yalnızca beslenme veya ekonomik boyutu ile tanımlamak mümkün değildir. Başka bir deyişle, yoksulluğu ekonomik boyutunun yanı sıra politik, kültürel, sosyal boyutlarını da hesaba katarak tanımlamak gerekmektedir (Aydın ve Türgan, 2011).

Yoksulluğun tanımına ve ölçümüne yönelik farklı yaklaşımlar vardır. Gelir yaklaşımında temel tüketim ihtiyaçlarının karşılanması dikkate alınmaktadır. İnsani gelişme yaklaşımında kişi başına gelirin yanı sıra eğitim ve sağlık gibi değişkenler de dikkate alınmaktadır. Diğer yandan bireyin kendisini ne kadar yoksul gördüğünü esas alan yaklaşım, bireyin yaşam koşulları, gelir dalgalanmaları, toplumdan dışlanmışlık, siyasi güç yetersizliği gibi sorunları içermektedir (Şenses, 2001). Genel olarak ifade etmek gerekirse yoksulluk, insanların asgari ihtiyaçlarını karşılaması için yeterli gelirin olmaması şeklinde ifade edilebilir. Barınma ve gıda gibi en temel ihtiyaçlarını karşılarlarken, yaşadığı çevrenin gerisinde kaldığı durumlar şeklinde geniş kapsamlı yoksulluk tanımları yapılabilmektedir (Üzümcü ve Korkat, 2014).

Özetle olarak yoksulluk, insanların temel ihtiyaçlarını karşılayamaması, çeşitli mal ve hizmetlerden yoksun olmasıdır. Gelir düzeyine göre mutlak ve göreceli yoksulluk, yerleşim yerlerine göre kırsal ve kentsel yoksulluk, zamana göre ise geleneksel ve modern yoksulluk kavramları söz konusudur.

Mutlak yoksulluk tanımlanırken kişilerin veya hanelerin gıda ve diğer temel ihtiyaçlarını karşılayıp karşılayamama durumu dikkate alınmaktadır. Gıda ihtiyaçlarının karşılanması ile birlikte, günlük alınması gereken kalori miktarının da dikkate alınması gerekir. Bireylerin, toplumun genel refah düzeyinin gerisinde kalması durumu “göreceli yoksulluk” olarak tanımlanmaktadır. Gelir ve harcamalarının, toplumun refah düzeyinin belirli bir sınırının altında olan bireyler göreceli olarak yoksuldur (Ensari, 2010). Temel ihtiyaçlarını karşılayan kişilerin, toplumun gerisinde kalması, sosyal açıdan yetersiz olması göreceli yoksulluk ile açıklanmaktadır (Üzümcü ve Korkat, 2014). Göreceli yoksulluk ülkelerin tüketim alışkanlıkları ile ilgili olup ülkelere, bölgelere ve çevrelere değişmektedir.

Yoksulluk ile ilgili diğer önemli bir kavram da kentsel ve kırsal yoksulluktur. Kentsel alanlarda kişi başına gelir düzeyi kırsal alanlara göre daha yüksektir. Kırsal alanlardaki dayanışma ve yardımseverlik duygusu kentsel alanlardan daha yüksektir. Bunun yanında kentsel alanlardaki yoksulların sosyal yardımlara ulaşması daha kolaydır ve kırsal alanlardaki yoksullar ise kentlere göç ederler (Kartal ve Demirhan, 2014). Türkiye, 1950’li yıllardan sonra kırsal kesimlerdeki genelde yoksul olan kişilerin daha iyi bir yaşam umuduyla kentlere göçüyle karşılaşmıştır. Göç edenlerin bir kısmı belli bir refah seviyesini yakalamışken, bir bölümü ise kırsal yoksulluktan kentsel yoksulluğa terfi etmişlerdir.

Zamana göre yoksulluk modern veya yeni yoksulluk olarak isimlendirilmektedir. Modern yoksulluk, temel ve ikincil ihtiyaçları karşılamak için düzenli ve iyi bir gelire sahip olmak gerektiğini ifade eder. Modern yoksullar yokluğa karşı değil, varlığa veya ona sahip olan zenginliğe karşı savunmasız ve umutsuzdurlar (Yusufoğlu, 2021).

Sosyal Devlet-Sosyal Belediyecilik ve Yoksulluk

Yoksullukla mücadele konusunda zaman içerisinde farklı değişim ve dönüşümler yaşanmıştır. Geçmiş yıllarda daha çok yerel ortamlarda ve mikro ölçekte yoksullukla mücadele edilirken, günümüzde kamusal düzeyde ve makro ölçekte mücadele edilmektedir. Geçmiş yıllarda yoksullukla mücadele daha çok din eksenli bir uğraşı alanı olmuş, yoksulluk sorunu bireysel yardımlar ve çeşitli vakıflar aracılığıyla çözülmeye çalışılmıştır (Yusufoğlu, 2021).

Sosyal devlet ve sosyal belediyeciliğin temel hedefleri arasında yoksullukla mücadele, sosyal eşitsizliklerin azaltılması ve toplumsal refahın artırılması yer alır. Sosyal devlet, vatandaşlarının sosyal ve ekonomik refahını sağlamak için çeşitli hizmetler ve yardımlar sunan devlet yapısını ifade eder. Gıda bankacılığı, sosyal devletin bu hedeflerine ulaşmasında önemli bir araçtır. Devlet, gıda bankalarını destekleyerek ve düzenleyerek yoksul ve dezavantajlı kesimlere gıda güvenliği sağlamaktadır (Smith, 2020).

Kamu idaresinin sosyal devlet anlayışı sosyal siyaset ile açıklanmaktadır. Sosyal siyaset, çeşitli açılardan mağdur olan kesimlerin durumlarını iyileştirmek için uygun politikalar geliştirerek, sosyal refahı sağlamayı ve eşit şekilde yaygınlaştırmayı hedeflemektedir. Sosyal belediyecilik ise yerel yönetimlerin, vatandaşlarının sosyal ihtiyaçlarını karşılamak ve yaşam kalitelerini artırmak amacıyla çeşitli hizmetler ve yardımlar sunması anlamına gelmektedir. Sosyal belediyecilik, yerel düzeyde sosyal adaleti sağlamak ve toplumsal dayanışmayı güçlendirmek için belediyelerin aktif rol oynamasını gerektirir (Merrien, 2013). Devlet, ulusal düzeyde politika ve düzenlemeler ile gıda bankalarının işleyişini desteklerken, belediyeler yerel düzeyde bu politikaların uygulanmasını sağlar. Bu etkileşim, gıda yardımlarının daha geniş kitlelere ulaşmasını ve sosyal yardım hizmetlerinin etkinliğinin artmasını sağlar (Johnson, 2022).

Yoksulluğun giderilmesinde ve yoksulluğa yaklaşımda hayırseverlik ile sosyal devlet anlayışını birbirinden ayırtmak gerekir. Hayırseverlik yoksullukla mücadele konusunda devletin yükünü hafifletmektedir. Hayırseverlik hemen hemen bütün dinlerde yer alan bir kavramdır. Hayırseverlik dinsel bir olgu iken yardımseverlik ve insanseverlik kavramı insan sevgisini ifade etmektedir. İnsanseverlik ise yoksulluğa karşı önlem almayı, sadaka vermek yerine iş alanları sağlayarak geliri artırmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle sosyal politika anlayışı, sadece hayırseverlik ve yardımseverlik ahlakına dönüştüğünde sosyal politikalar da ayni ve nakdi yardım paketlerine dönüşmektedir. Günümüzde sosyal politikalar denildiğinde ilk akla gelen konu sosyal yardımlardır. Sosyal yardımlar ile ilgili birçok ülkede oluşturulan fonlar bu durumun en önemli göstergesidir. Bu konuda Bolivya'da Acil Sosyal Fon, Zambiya'da Sosyal Yenileme Fonu, Honduras'ta Sosyal Yatırım Fonu, Brezilya'da Acil Toplumsal İhtiyaçlar Fonu, Tunus'ta İş ve Eğitim Fonu sosyal yardım fonlarına örnek verilebilir. Türkiye'de sosyal yardımların devlet eli ile yürütüldüğü kurumsal yapılanmaların başında Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakıfları, Vakıflar Genel Müdürlüğü, SHÇEK ve belediyeler gelmektedir. Bu kurum ve kuruluşların sosyal yardım faaliyetlerini farklı şekillerde sürdürdüğü görülmektedir.

Türkiye'de 2003 yılından itibaren gıda bankacılığına yönelik yapılan yasal düzenlemeler ile STK ve belediyelerin bu konudaki çalışmaları ivme kazanmıştır. Sosyal belediyecilik uygulamaları içinde gıda bankacılığı önemli bir yere sahiptir. Belediyeler, gıda bankaları ile iş birliği yaparak yerel düzeyde gıda yardımlarını organize etmektedir. Bu iş birliği, belediyelerin sosyal yardım hizmetlerini

daha etkin ve verimli bir şekilde sunmasına olanak tanır. Ancak Türkiye'deki belediyelerin gıda bankacılığı faaliyetlerinin yeni başladığını söylemek haksızlık olur. Birçok belediyenin gıda uygulamasının başladığı yıllardan önce farklı isimlerle (hayır çarşısı, sosyal market, aşevi vs.) aynı faaliyetleri yürüttüğü bilinmektedir.

Belediyelerin yoksullukla mücadele konusunda uygulamaya koydukları çözümlerden birisi de gıda bankacılığıdır. Bu konuda 5393 sayılı yasanın 60. maddesinde “dar gelirli, yoksul, muhtaç ve kimsesizlerle, özürlülere yapılacak sosyal hizmet ve yardımlar” belediyenin bütçesinden yapılabilmektedir. Şehirlerin sosyo-ekonomik yapıları birbirinden farklıdır ve bunun tespitini de en iyi belediyeler ile sivil toplum örgütleri yapabilir. Belediyeler gelir düzeyi düşük olan yoksullara yönelik olarak, gıda ve yakacak, ekmek ve sıcak yemek, giyim ve ev eşyası, kırtasiye ve nakdi yardım gibi sosyal hizmet uygulamalarını yürütmektedirler. Diğer yandan asker, şehit ve gazi ailelerine sosyal yardım ve destekte bulunmaktadır. Karşılıksız olarak sunulan bu hizmetlerin yoksul olan kişilere etkin şekilde ulaştırılmasında, belediyelerin katkıları oldukça fazladır. Bunun yanında belediye imkanlarının yanı sıra yerel imkânların harekete geçirilmesinde belediyeler önemli bir rol oynamaktadırlar. Diğer yandan sivil toplum kuruluşlarının bu tür faaliyetlere katılımının sağlanmasına ve iş birliği yapılmasına öncülük etmektedirler. Bu uygulamaların en önemli örneklerinden birini son yıllarda sayıları her geçen gün artan gıda bankaları gelmektedir.

Gıda Bankacılığı ve Gelişimi

Gıda bankacılığı gıda yardımıyla ilişkili olup, gıda yardımları da doğrudan yiyecek, gıda kuponu veya nakit yardımı gibi yollarla gerçekleştirilmektedir. Gıda bankacılığının ortaya çıkmasında yoksul kesimlere yönelik sosyal politikalar kadar, israfı azaltmaya yönelik düşüncelerin de etkisi olmuştur. Gıda kaybı, arz zinciri aşamalarındaki miktarsal azalmaları ve kalite kayıplarını ifade etmektedir. Gıda kayıpları; üretim, hasat, harman, depolama, işleme, dağıtım ve tüketim süreçlerinde söz konusu olabilmektedir (Parfitt ve ark., 2010; Lipinski ve ark., 2013; Demirbaş ve ark., 2017).

Gıda bankacılığı, gıda israfını azaltmak ve yoksullukla mücadele etmek için geliştirilen yeni bir sosyal hizmet modelidir. Bu uygulama, son 50 yılda hızla yayılmış ve milyonlarca insanın temel gıda ihtiyaçlarını karşılamasına yardımcı olmuştur. Gıda bankacılığı sisteminin dünya genelinde hükümetlerce desteklenen, geniş kitlelerce kabul gören bir yapı olmasının nedenleri çalışmada 5 başlık altında toplanmıştır. Bunlar; israfın önlenmesi, açlığa ve yoksulluğa son verilmesi, yardım yapanlara devlet teşvikleri sağlanması, sosyal sorumluluk ve BM sürdürülebilir kalkınma amaçlarına destek olarak sayılabilir (Direk ve ark., 2022).

Gıda bankacılığı, ABD’de 1967 yılında başlamış ve 1970’li yıllarda yaygınlaşmıştır. Söz konusu ülkede yer alan gıda bankaları “America’s Second Harvest” adı altında bir çatıda toplanmış, 2008 yılında ise adını “Feeding America” olarak değiştirmiştir (Feeding America, 2014). Günümüzde ABD’de 32 ülkeden 792 gıda bankasının üye olduğu “Gıda Bankacıları Birliği” bulunmakta ve her yıl dünyadaki gıda bankalarını “Gıda Bankası Forumu”nda bir araya getirmektedir (TBMM, 2018).

Avrupa’da gıda bankacılığı uygulaması ilk olarak 1984 yılında Fransa’da başlamıştır. Fransa’da 1986 yılında kurulan Gıda Bankaları Federasyonu’nun 29 AB ülkesinde 265 üyesi bulunmaktadır (TBMM, 2018). Fransa’da 2016 yılında yürürlüğe giren bir yasa ile süpermarketlerin gıda

israfını azaltmak amacıyla artık yiyecekleri bağışlaması zorunlu hale getirilmiştir. Avrupa’da gıda israfını önlemek amacıyla ikinci gıda bankası Belçika’da kurulmuştur. 1986 yılında da Avrupa Gıda Bankaları Federasyonu (The European Federation of Foodbanks, FEBA) oluşturulmuştur. Federasyonda 247 gıda bankası yer almaktadır. Kanada’da Food Banks Canada, ülke genelinde gıda bankalarını koordine eder ve destekler. İngiltere’de Trussell Trust gibi organizasyonlar, geniş bir ağ üzerinden faaliyet göstererek milyonlarca insana yardım etmektedir.

Asya’da gıda bankacılığı, farklı ülkelerde hızla büyümektedir. Hindistan’da, The India Food Banking Network, ülke genelinde önemli bir etki yaratmaktadır. Japonya’da Second Harvest Japan gibi organizasyonlar, gıda bankacılığı alanında önde gelen kurumlardır. Afrika’da ise gıda bankacılığı daha yeni bir kavram olmasına rağmen, Güney Afrika’da Food Forward SA gibi kuruluşlar, kıtada gıda güvenliği ve beslenme sorunlarıyla mücadele etmektedir.

Global FoodBanking Network (GFN), dünya genelindeki gıda bankalarını bir araya getiren ve destekleyen küresel bir ağıdır. GFN, farklı ülkelerdeki gıda bankaları arasında bilgi ve kaynak paylaşımını teşvik etmekte, kapasite geliştirme programları düzenlemekte ve gıda bankacılığının etkinliğini artırmayı hedeflemektedir.

Türkiye’de Gıda Bankacılığı Uygulamaları

Türkiye’de gıda bankacılığına yönelik ilk düzenleme 2003 tarih ve 5035 sayılı kanunla gerçekleşmiştir. “Gelir Vergisi Kanunu” ve “Katma Değer Vergisi Kanunu”nda değişiklik yapılarak, gıda bankacılığı kapsamındaki bağışlar gelir vergisi açısından indirim tabi tutulmuş ve KDV istisnası kapsamına alınmıştır. Kurumlar vergisine tabi gelirin hesaplanmasında gelir vergisi kanunundaki hesap usulü esas alındığından, gıda bankacılığı kapsamında yapılan bağışlar kurumlar vergisi açısından da gelir indirimine tabi tutulmaktadır (Kala, 2020). 5035 sayılı kanun ve Gelir Vergisi Kanunu’nun 40 ve 89. maddelerinde yapılan değişikliklerle, gıda bankacılığı faaliyetinde bulunan dernek ve vakıflara bağışlanan gıdaların maliyet bedellerinin bağışı yapanlar tarafından gelir vergisi matrahının tespitinde indirim konusu yapılabilmesi imkânı sağlanmıştır. Ayrıca Katma Değer Vergisi Kanunu’nun 17. maddesinde yapılan değişiklikle söz konusu teslimler Katma Değer Vergisinden istisna edilmiştir. Daha sonra 2004 yılında 5281 sayılı kanunla yapılan değişiklikle istisna kapsamına temizlik, giyecek ve yakacak maddeleri de eklenmiştir.

Türkiye’de gıda bankası sisteminde yer alan kuruluşların bazı sorumlulukları bulunmaktadır. Yapılan bağışların sağlık açısından uygun ve güvenilir olması gerekmektedir. Bu nedenle son kullanma tarihi yaklaşmış veya geçmiş olan ürünler kabul edilmemektedir. Toplanan bağışların uygun şartlarda depolanması ve nakledilmesi gerekmektedir. Bağışların ücret karşılığı dağıtılması, üçüncü kişilere satılması, ürünlerden kâr sağlanması ve komisyon istenmesi yasaktır. Yapılan bağışların mutlaka faturalandırılması istenmekte olup, faturasız ve irsaliyesiz mallar kabul edilmemektedir. Yardım edilen kişilerin ihtiyaç sahipleri olması ve ihtiyaç sahipleri arasında yaş, cinsiyet, din, dil, medeni durum veya etnik köken ayrımı yapılmaması gerekmektedir. Gıda bankasına destek olan dernek ya da vakıfların yöneticilerine, üyelerine, çalışanlarına veya bu kişilerin yakınlarına bağış yapılmamaktadır. Bağışların dağıtımında bireylerin onurunun zedelenmesine izin verilememesi gerekmektedir. Ayrıca yapılan bağışların uygun bir şekilde dağıtıldığı, üçüncü kişilere satılmadığı veya başka bir yolla piyasaya verilmediği düzenli olarak denetlenmektedir.

Türkiye’de gıda bankacılığı ilk olarak, Türkiye İsrافی Önleme Vakfının katkılarıyla Diyarbakır ilinde 2004 tarihinde başlamış ve Diyarbakır Gıda Bankası kurulmuştur. Daha sonra Konya ve Gaziantep illerinde gıda bankaları kurulduğu bildirilmektedir (Akgöl, 2004). Bu tarihlerden sonra birçok dernek ve vakıf gıda bankacılığı yapmaya başlamıştır (Eren, 2012). 2015 yılına gelindiğine Türkiye’de 126 derneğin gıda bankacılığı faaliyetinde bulunduğu bildirilmiştir (TBMM, 2018). Çuhadar (2017) tarafından yapılan çalışmada 2016 yılı itibariyle 22 vakfın gıda bankacılığı yaptığı ifade edilmektedir. Türkiye’de 66 gıda bankası ile gıda ürünlerinin ihtiyacı olanlara düzenli ve sağlıklı bir şekilde ulaştırılması sağlanmaktadır (Demirbaş, 2018). Özellikle “Temel İhtiyaç Derneği” gıda bankacılığı konusunda aktif rol oynayarak öncü bir kuruluş olarak dikkat çekmektedir (TBMM, 2018). Bu kuruluş ‘The Global Food Banking Network’ organizasyonunun Türkiye’deki tek üyesidir. Günümüzde 2024 yılı itibariyle ülkemizde kaç adet gıda bankası olduğuna ilişkin sağlıklı bir veriye ulaşılamamıştır. Kayıtlı gıda bankalarının yanında birçok belediyenin farklı isimler altında bu uygulamanın içinde olduğu bilinmektedir.

Gıda Bankacılığının Gerekliğı ve Sorunlar

Gıda bankacılığı, toplumsal dayanışmayı güçlendirmek ve gıda israfını azaltmak amacıyla fazla gıdaların toplanarak ihtiyaç sahiplerine dağıtılması sürecini kapsar. Bu sistem, sosyal yardımların önemli bir parçası haline gelmiş ve ihtiyaç sahiplerine temel gıda maddelerini ulaştırmada kritik bir rol oynamaktadır. Gıda bankacılığı, toplumun en kırılgan kesimlerine gıda güvenliğı sağlamada hayati bir rol oynar.

Gıda güvenliğı, herkesin sağlıklı, besleyici ve yeterli gıdaya erişimini ifade eder (FAO, 2019). Gıda bankaları, perakendecilerden, üreticilerden ve bireylerden topladıkları gıdaları ihtiyaç sahiplerine ulaştırarak bu güvenliğı sağlamaya yardımcı olur. Gıda bankaları, yoksulluk sınırının altında yaşayan bireylerin temel gıda ihtiyaçlarını karşılayarak yoksulluğun etkilerini azaltır. Yapılan araştırmalar, gıda bankacılığı sayesinde yoksul ailelerin gıda harcamalarında tasarruf sağladığını ve bu tasarrufun diğer temel ihtiyaçlarına yönlendirilebildiğini göstermektedir (Smith, 2020). Gıda bankacılığı, beslenme yetersizliklerini gidermeye yönelik önemli bir araçtır. Özellikle çocuklar, yaşlılar ve kronik hastalığı olan bireyler için düzenli ve dengeli beslenme büyük önem taşır. Gıda bankaları, sağlıklı ve besleyici gıdaları temin ederek bu kesimlerin beslenme ihtiyaçlarını karşılar (Jones, 2019). Gıda bankacılığı, sosyal adaleti ve toplumsal dayanışmayı teşvik eder. Bu sistem, toplumun farklı kesimlerinden gelen gıda bağışlarını ihtiyaç sahiplerine ulaştırarak sosyal sorumluluk bilincini artırır (Johnson, 2022). Ayrıca, gönüllülerin katılımı, toplumda dayanışma duygusunu pekiştirir.

Gıda bankacılığının etkinliğı, toplama ve dağıtım süreçlerinin verimliliğine bağlıdır. Gıda bankaları, genellikle geniş lojistik ağlara sahip olup, taze gıdaların hızlı ve güvenli bir şekilde dağıtılmasını sağlar. Ancak, soğuk zincirin korunması ve dağıtım süreçlerindeki aksaklıklar önemli zorluklar arasında yer alır (Brown, 2021).

Toplanan gıdaların güvenliğı ve kalitesi, gıda bankacılığı için kritik öneme sahiptir. Bağışlanan gıdaların sağlık standartlarına uygun olması ve uygun koşullarda saklanması gerekmektedir. Gıda bankaları, bu konuda titiz bir denetim ve kontrol mekanizması işletir (Clark, 2019).

Gıda bankalarının sürdürülebilir bir şekilde faaliyet göstermesi için düzenli finansal desteklere ihtiyaç vardır. Bağışların istikrarsız olması, gıda bankalarının operasyonlarını sürekli kılmak için ek kaynaklar arayışına girmesine neden olmaktadır. Bu durum, özellikle ekonomik kriz dönemlerinde daha belirgin hale gelmektedir (White, 2018).

Gıda bankacılığında bir takım sorunlar ve zorluklar bulunmaktadır. Toplanan gıdaların talebi karşılayamaması nedeniyle, fakirlere dağıtılan gıdalar beslenme ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmaktadır (Irwin ve ark., 2007). Dolayısıyla bu durum dağıtılacak gıda çeşitlerine sınırlama getirme, gıda miktarını azaltma, hatta talepleri reddetme sonuçlarını doğurmaktadır (Tarasuk ve ark., 2014). Bazı durumlarda ise bağışlanan gıdaların kalitesi düşmekte ve gıda güvenliği açısından sıkıntılı olan ürünler tüketilememektedir (Teron ve Tarasuk, 1999).

Bazı yoksullar için gıda bankalarından yardım almak aşağılanma duygusu ve korkusu hissi vermekte ve kişiler gıda desteğine başvurmayı, çaresiz kalana kadar ertelemektedirler (Caraher ve ark., 2014). Ayrıca ihtiyaç sahiplerinin belirlenmesinde subjektif kriterlerin dikkate alınması ve yardımların gerçek ihtiyaç sahiplerine ulaşamadığı belirtilmektedir (Özden, 2019). Bunların dışında gıda kolilerinde, besinsel kalite ile ilgili düzenlemelerin olmamasının ayrı bir sorun olduğu belirtilmektedir (Handforth ve ark., 2013).

Gıda bankalarının yaptığı yardımlar genellikle üretiminde çok fazla sorun yaşanmayan ve kasikleşmiş ürünlerden oluşmaktadır. Bunlar genellikle makarna, un, şeker, yağ vb. ürünlerdir. Kalorisi yüksek ve besinsel değeri fazla olan depolanması zor ve bağış az gıdaların, gıda bankalarında yeterince bulunmaması başka bir sorundur (Irwin ve ark., 2007). Bunun tam tersine kalorisi yüksek olan şekerli ve atıştırmalık gıdaların kolilerde çok fazla yer alması obezite, diyabet ve kalp hastalığı riskini artırmaktadır (Ross ve ark., 2013).

Gıda kolilerinin ihtiyaç sahiplerine araçlarla ulaştırılması durumunda hızlı bozulan gıdalar zaman kısıtlamalarına neden olmakta ve dağıtım planlamasında sorunlar yaşanmaktadır (Davis ve ark., 2014). Diğer bir sorun ise gıda kolisi dağıtımı, çalışabilecek durumdaki kişilerin çalışma isteğini azaltmakta ve tembelliğe itmektir (Özden, 2019).

Gıda bankacılığı açısından diğer önemli bir sorun da klientalizmdir. Klientalizm yerel ve genel siyasal otorite sahiplerinin, iktidarlarını sürdürebilmek amacıyla ayni ve nakdi yardımları kullanma eğilimi olarak tanımlanmaktadır. Özellikle seçim dönemlerinde kamu kaynaklarının oy toplama aracı olarak kullanılması bu duruma işaret etmektedir (Çuhadar, 2017).

Sonuç ve Öneriler

Gıda bankacılığı, sosyal devlet ve sosyal belediyeçilik kavramlarının somut bir uygulama alanıdır ve bu sistem, yoksullukla mücadele, sosyal eşitsizliklerin azaltılması ve toplumsal dayanışmanın güçlendirilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Devlet ve belediyelerin gıda bankaları ile iş birliği yaparak sundukları hizmetler, sosyal yardım politikalarının etkinliğini artırır ve toplumun en kırılgan kesimlerine ulaşarak onların yaşam kalitesini yükseltir. Gelecekte yapılacak çalışmalar ve politikalar, gıda bankacılığının sosyal devlet ve sosyal belediyeçilik çerçevesinde daha da güçlendirilmesini sağlamalıdır.

Gıda bankacılığı uygulamasında mükerrer yardımların önlenmesi ve gerçek ihtiyaç sahiplerinin belirlenmesi için güvenilir bir very tabanı oluşturulmalıdır. Günümüzde hem belediyelerden, hem ilgili bakanlığa bağlı kurum ve kuruluşlardan, hem de sivil toplum kuruluşlarından yardım alan ihtiyaç sahipleri bulunmaktadır. Ayrıca hayırsever kişilerin düzenli ve yılın belirli dönemlerinde yaptığı yardımlar söz konusudur ve bu yardımlar genellikle gıda kolisi şeklindedir. Bu nedenle ihtiyaç sahiplerinin belirlenmesi amacıyla, gıda bankacılığı faaliyetinde bulunan kurum ve kuruluşların iş birliği içinde olmaları gerekmektedir.

Gıda bankalarının işlevselliği açısından nakliye imkanlarının ve depolama kapasitesinin artırılması ve buna paralel olarak kalifiye eleman çalıştırılması önemlidir. Gıda bağış yapanların teşvik ettirilmesi ve bu konuda sürekliliğin sağlanmasının yanında, gıda bağış ve avatajları konusunda bilgilendirme faaliyetlerine ağırlık verilmelidir. Gıda bankalarına bağışlanan gıdalardaki olası problemlerden bağışlayanların sorumlu olmayacağına ilişkin düzenlemeler, gıda bağışlarını artıracak ve şirketlerin imajlarını korumasına katkı sağlayacaktır.

Yoksullara yardım konusu hayırseverliğin ötesinde, insan hakkı olarak değerlendirilmelidir. Yerel ve genel siyasi otoritenin iktidarda kalmayı sağlamak amacıyla aynı ve nakdi yardım yapma eğilimi, bazı dönemlerde olağanüstü artışlar göstermektedir. Özellikle seçim dönemlerinde gıda ve diğer yardımlar oy toplama aracı olarak görülmektedir. İtaat etme ve boyun eğme kültürü ile bağımlılık duyguları üzerine inşa edilen yardımlar, toplumsal gelişmenin önündeki en büyük engeldir. Bu nedenle gıda yardımları ve sosyal harcamaların, özellikle yerel yönetim bütçeleri ile ilişkilendirilerek yasal düzenlemeler yapılmasına gereksinim vardır.

Kaynaklar / References

- Akgül, A. (2004). Açlığın Önlenmesinde Gıda Bankacılığı. *Türkiye İsrarı Önleme Vakfı Türkiye'nin Sorunlarına Çözüm Serisi*, 12, 1-40.
- Aktan, Ç. C. ve Vural, İ. Y. (2002), *Makroekonomik politikalar, gelir dağılımı ve yoksulluk, yoksullukla mücadele stratejileri*. Hak-İş Konfederasyonu Yayınları.
- Aydın, M. ve Türgan, T. (2011). Yoksullukla mücadelede vergi politikası ve Türkiye. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 249-274.
- Brown, T. (2021). Challenges in food banking: Ensuring sustainability and effectiveness. *Journal of Social Welfare*, 35(4), 123-135.
- Caraher, M., Cavicchi, A., Van der Horst, H., Pascucci, S. ve Bol, W. (2014). The “dark side” of food banks? exploring emotional responses of food bank receivers in the Netherlands. *British Food Journal*, 116(9), 1506-1520.
- Clark, M. (2019). Food safety and quality in food banks: Best practices and challenges. *Journal of Community Health*, 55(2), 205-219.
- Çuhadar, S.G. (2017). Sosyal politika ile klientalizm ilişkisi: Gıda bankacılığı üzerinden bir değerlendirme. *Çalışma ve Toplum*, 53(2), 681-703.
- Davis, L. B., Sengul, I., Ivy, J. S., Brock, L. G. ve Miles, L. (2014). Scheduling food bank collections and deliveries to ensure food safety and improve access. *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(3), 175-188.
- Demirbaş, N., Niyaz, Ö. C. ve Apaydın, Y. M. (2017). An evaluation on problems within food supply chain in Turkey in terms of Food Losses and Waste, *IBANESS*, Edirne, March 04-05, 2017.
- Demirbaş, N. (2018). Dünyada ve Türkiye’de gıda ısrafını önleme çalışmalarının değerlendirilmesi, VIII. IBANESS Congress Series – Plovdiv / Bulgaria.
- DPT. (2000). Devlet planlama teşkilatı. http://www.dapaturk.com/pub/yoksullukla_mucadele.pdf adresinden 03.04.2019 tarihinde alınmıştır.
- Ensari, S. (2010). TÜİK’in yoksulluk analizleri üzerine. *Maliye ve Finans Yazıları*, 1(87), 9-15.
- Eren, M. (2012). Fakirlere yardım etmek maksadıyla kurulan gıda bankacılığının vergisel boyutu ve muhasebeleştirilmesi. *Mali Çözüm*, Temmuz Ağustos, 229-252.
- Direk, M., Serçemeli, G. ve Boran, F. (2022). *Dünyada ve Türkiye’de gıda bankacılığı*. 1st International Conference on Sustainable Ecological Agriculture (1st ICSEA) March 8-10, 2022, Konya, Türkiye.
- FAO. (2019). *Food and Agriculture Organization*. Food security and nutrition in the world.
- FAO. (2019). *Food and Agriculture Organization*. Dünyada gıda güvenliği ve beslenme durumu-2019. <http://www.fao.org/3/ca5249tr/ca5249tr.pdf> , adresinden 05.09.2020 tarihinde alınmıştır.
- Feeding America. (2020). *Annual Report*. Feeding America Publications.
- Jones, L. (2019). Nutrition and Health Outcomes of Food Bank Beneficiaries. *Journal of Public Health*, 32(3), 345-360.
- Gündoğan, N. (2008). Türkiye’de yoksulluk ve yoksullukla mücadele. *Ankara Sanayi Odası*, s.49.
- Handforth, B., Hennink, M. ve Schwartz, M. B. (2013). A qualitative study of nutrition-based initiatives at selected food banks in the feeding America network. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113(3), 411-415.

- Irwin, J. D., Ng, V. K., Rush, T. J., Nguyen, C. ve He, M. (2007). Can food banks sustain nutrient requirements? *Canadian Journal of Public Health*, 98(1), 17-20.
- Johnson, R. (2022). Social justice and community engagement in food distribution. *Social Policy Review*, 27(4), 145-160.
- Jones, L. (2019). Nutrition and health outcomes of food bank beneficiaries. *Journal of Public Health*, 32(3), 345-360.
- Kartal, N. ve Demirhan, Y. (2014). Türkiye’de kentsel yoksulluğun kırsal nedenleri ve çözüm önerileri üzerine. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 15(2), 135-154.
- Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinoja, L., Waite, R. ve Searchinger, T. (2013). *Reducing food loss and waste*. Working Paper, Installment 2 of Creating a Sustainable Food Future. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at <http://www.worldresourcesreport.org>.
- Merrien, F. X. (2013). Social municipalism: Local solutions for social inclusion. *Journal of Urban Affairs*, 35(2), 123-137.
- Özden, E. (2019). Vergi avantajları boyutuyla gıda bankacılığı sistemi. *Mali Çözüm*, 29, 123-143.
- Parfitt, J., Barthel, M. ve Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365, 3065-3081.
- Ross, M., Campbell, E. C. ve Webb, K. L. (2013). Recent trends in the nutritional quality of food banks’ food and beverage inventory: Case studies of six California food banks. *Journal of Hunger & Environmental Nutrition*, 8(3), 294-309.
- Şenses, F. (2001). Küreselleşmenin öteki yüzü yoksulluk. *İletişim Yayınları*.
- Smith, A. (2020). The Impact of Food Banks on Poverty Reduction. *International Journal of Social Policy*, 45(2), 67-89.
- Tarasuk, V., Dachner, N., Hamelin, A. M., Ostry, A., Williams, P., Bosckei, E., Poland, B. ve Raine, K. (2014). A survey of food bank operations in five Canadian cities. *BMC Public Health*, 14(1), 1234.
- TBMM Dilekçe Komisyonu (TBMMMDK) Genel Kurul Kararı (2018). Gıda Bankacılığı Uygulamasının Araştırılması ve Yaygınlaştırılması Hakkında Karar, Genel Kurul karar tarih/ no 8 Mayıs 2018/20, <https://www.tbmm.gov.tr/komisyon/dilekce/belge/kararlar/d26/gkctetvel20.pdf> adresinden 12.10.2019 tarihinde alınmıştır.
- TBMM. (2018). Türkiye Büyük Millet Meclisi. Genel kurul karar cetveli. 20, 1-132.
- Teron, A. C. ve Tarasuk, V. S. (1999). Charitable food assistance: What are food bank users receiving? *Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Sante’e Publique*, 90(6), 382-384.
- Üzümcü, A. ve Korkat, M. (2014). Türkiye’de gelir dağılımı adaletsizliği ve yoksullukla mücadelede sosyal yardımların gelişimi (2003-2012). *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(8), 135-166.
- White, K. (2018). Economic challenges and sustainability of food banks. *Economic Review*, 62(1), 89-105.
- Yusufoğlu, Ö. Ş. (2021). Yoksullukla Mücadelede yerel yönetimlerin rolü: Elâzığ belediyesi hayır çarşısı örneği, *Fırat Üniversitesi Harput Araştırmaları Dergisi (FÜHAD)*, 8(15).

Yazarlar Hakkında / About Authors

Prof. Dr. Adnan ÇİÇEK | Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
adnan.cicek[at]gop.edu.tr | ORCID: 0000-0002-2671-1439

1964 yılında Tokat ili Niksar ilçesinde doğdu. 1979 yılında Tokat GOP Lisesi'nden mezun olduktan sonra aynı yıl Adana Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesini kazandı. 1984 yılında mezun oldu ve aynı yıl Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tokat Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı zamanda 1984 yılında Adana Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı ve 1987 yılında mezun oldu. Aynı anabilim dalında 1990 yılında doktorasını tamamladı ve 1991 yılında Yardımcı Doç. Dr. olarak çalışmaya başladı. 1997 yılında Tarımsal Üretim Ekonomisi bilim alanında Doçent oldu. 2004 yılında Mahalli İdareler seçimlerinde Tokat Belediye Başkanı seçildi ve 2 dönem belediye başkanlığı görevinde bulundu. 2014 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü'ne Prof. Dr. olarak atandı ve halen aynı görevine devam etmektedir. Yazarın yüzden fazla ulusal ve uluslararası dergilerde yayınlanmış makalesi bulunmaktadır. Ayrıca çok sayıda projede yürütücü ve araştırmacı olarak görev aldı. Yabancı dili ingilizcedir.

Prof. Dr. Adnan ÇİÇEK | Tokat Gaziosmanpaşa University
adnan.cicek[at]gop.edu.tr | ORCID: 0000-0002-2671-1439

Born in 1964 in Niksar, Tokat province. Completed his secondary education at Tokat GOP High School in 1979. The same year, he was admitted to the Faculty of Agriculture at Çukurova University in Adana, from which he graduated in 1984. Immediately following his graduation, he commenced his academic career as a Research Assistant in the Department of Agricultural Economics at the Faculty of Agriculture, Tokat, under Sivas Cumhuriyet University. Concurrently, in 1984, he enrolled in a Master's program in the Department of Agricultural Economics at the Institute of Science, Çukurova University, completing it in 1987. He further pursued his doctoral studies in the same department, earning his Ph.D. in 1990. In 1991, he was appointed as an Assistant Professor. By 1997, he attained the rank of Associate Professor in the field of Agricultural Production Economics. In 2004, he was elected as the Mayor of Tokat during the Local Government elections, a position he held for two consecutive terms. In 2014, he was appointed as a Professor in the Department of Agricultural Economics at the Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, where he continues to serve. His academic contributions include over one hundred articles published in national and international journals. Furthermore, he has participated in numerous projects in roles ranging from principal investigator to researcher. He is proficient in English.

Didem DOĞAR | Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
dogardidem[at]gmail.com | ORCID: 0000-0003-0330-255X

1996 yılında Adıyaman’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adıyamanda tamamladı. Lisans eğitimini 2018 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü’nde, yüksek lisans eğitimini ise 2021 yılında yine aynı üniversitede Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı’nda tamamladı. Yüksek lisans tezinde “Et ve Süt Kurumunun anlaşmalı et satışının tüketiciler açısından değerlendirilmesi: Gaziantep ili örneği” konusunda çalıştı. 2022 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi’nde Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı’nda doktora başladı. Doktora yeterliğini tamamlamış olup tez aşaması durumuna geçmiştir. Çalışma alanları arasında bitkisel üretim planlaması, tarım işletmelerinin yapısal özellikleri, ekonomik analizler sayılabilir.

Didem DOĞAR | Tokat Gaziosmanpaşa University
dogardidem[at]gmail.com | ORCID: 0000-0003-0330-255X

Born in 1996 in Adıyaman, Didem Doğar completed her primary, secondary, and high school education in Adıyaman. She received her undergraduate degree from the Department of Agricultural Economics at the Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, in 2018. In 2021, she completed her Master’s degree in the same department at the Graduate School of Education at Tokat Gaziosmanpaşa University. Her Master’s thesis focused on “Evaluation of the Meat and Milk Board’s Contractual Meat Sales from the Perspective of Consumers: The Case of Gaziantep.” In 2022, she began her doctoral studies in the Department of Agricultural Management at Tokat Gaziosmanpaşa University. Having completed her doctoral qualifying exams, she is currently in the dissertation phase. Her current research interests include crop production planning, structural characteristics of agricultural enterprises, and economic analyses.

DİZİN

INDEX

A

Açlıkla Mücadele 17, 18, 21, 23, 31, 33
Akıllı Tarım 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 161
Alternatif Enerji Kaynakları 83, 186
Aminoasitler 181, 188, 189
Antimikrobiyal Özellik 184
Antropojenik 59, 127, 128, 129, 134, 137
Atık Yönetimi 69, 125, 146, 150, 181, 201, 202
Atıksu 55, 61, 63, 64, 149

B

Basınç 39, 40, 42, 43, 51, 56, 60
Basınç Yönetimi 39, 42, 43, 60
Bayatlama 199
Birincil Üretim Modeli 17, 21, 25, 26, 28, 29, 32, 166
Biyoaktif Peptit 203, 204
Biy çeşitlilik 29, 62, 95
Biyogüvenlik 26, 32
Biyokömür 145, 185
Biyolojik Arıtma 57, 58, 59
Biyoyakıt 144, 186, 187, 188, 191
Boru Hatları 39, 41, 42, 132
Bozulabilir Gıda 161, 170
Bozulma 22, 27, 28, 58, 62, 75, 77, 127, 136, 140, 144, 166, 167
Buharlaştırma 36, 49, 71, 105

Ç

Çevre Kirliliği 125, 127, 136, 137, 146, 150, 152
Çevresel Etkiler 8, 13, 19, 20, 21, 74, 105, 107, 134, 140, 144, 182
Çevresel Sürdürülebilirlik 145, 161, 168, 171, 202

D

Dağıtım Sistemleri 37, 38, 41, 42, 56, 60
Dijital Teknoloji 11, 22, 99, 154, 156
Doğal Kaynaklar 75, 77, 83, 84, 95, 96, 109, 116, 144, 163, 181, 183, 186, 189

E

Ekmek İsrafı 28, 29
Ekolojik Kriz 205
Ekonomik Etkiler 8, 11, 13, 20, 107, 141
Ekonomik Kayıp 17, 23
Ekosistem 17, 21, 41, 43, 58, 59, 64, 78, 80, 84, 125, 127, 128, 130, 131, 136
Enerji Depolama 138, 140, 141, 152
Enerji Gideri 17, 23
Esansiyel Amino Asit 185
Esansiyel Yağlar 203, 204, 137, 145, 148, 149, 167
Etik 21, 23, 31, 33

F

FAO 21, 23, 25, 28, 31, 77, 81, 82
Fenolik Bileşik 184, 203, 204
Fındık Kabuğu 184, 185
Fosil Yakıt 75, 77, 127, 137, 138, 139

G

Geri Dönüşüm 29, 56, 57, 58, 100, 101, 102, 125, 146, 150, 184, 188, 201, 202
Gıda Atıkları 24, 35, 64, 95, 197, 199, 201, 202, 203, 204, 205, 207
Gıda Atıkları 24, 95, 199, 202, 203, 204
Gıda Bankaları 166, 211, 213, 215, 216, 217, 218, 219, 220
Gıda Güvencesi 18, 21, 22, 23, 33, 77, 81, 82, 83, 84, 144, 161, 163, 165, 171
Gıda Hizmeti 17, 22, 32, 64

Gıda İsrarı 7, 8, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 54, 84, 85, 88, 153, 161, 191
Gıda Kaybı 8, 16, 20, 151, 206
Gıda Tedarik Zinciri 17, 23, 24, 25, 163, 167, 202
Gübre 17, 21, 23, 29, 30, 95, 111, 115, 116, 117, 118, 136, 144, 145, 147, 181, 184, 187, 188, 189, 196, 201, 203
Güneş Enerjisi 63, 137, 138, 139, 141, 151, 152

H

Halk Sağlığı 125, 127
Hassas Tarım 107, 109, 110, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 121, 152
Hidroelektrik 137, 140

İ

İçme Suyu 30, 47, 48, 50, 51, 52, 61, 62, 63, 65, 66, 128, 136
İkincil Üretim Modeli 199, 205
İklim Değişikliği 18, 21, 29, 31, 33, 41, 43, 45, 46, 59, 60, 62, 63, 64, 75, 77, 79, 80, 81, 125, 127, 128, 129, 130, 134, 136, 137, 142, 150, 151, 152, 153
İnovatif 125, 127

J

Jeotermal 141, 148

K

Karbon Ayak İzi 139, 142, 144, 205
Karbon Yakalama 125, 135, 142, 151
Karbonhidrat 185, 203, 204
Katma Değerli Ürün 164, 168, 199, 202, 203, 204, 205
Kentsel Yoksulluk 214
Kimyasal Gübre 17, 23, 144, 147, 181
Kirleticiler 59, 61, 127, 136, 137, 146, 148, 149, 150, 157, 158
Kuraklık 21, 41, 46, 59, 60, 78, 81, 130, 137, 165, 181, 189

Kümülatif 134, 135

Küresel Boyutlar 5, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27

Küresel Güç 60

Küresel Isınma 29, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 95, 125, 127, 128, 129, 130, 135, 136, 137, 183

L

Lignan 203, 204

Lignoselüloz 184, 185, 186

Lipit 203, 204

Lojistik 26, 32, 84, 161, 164, 167, 169, 171, 177, 211, 218

M

Mavi Su 30, 41, 60, 64

Metot 43, 90, 105, 154, 155

N

Nüfus Artışı 59, 77, 163, 183

Nükleer Enerji 138, 139

O

Organik Asit 203, 204

Organik Madde 113, 144, 145, 146, 147, 187, 188, 189

Organik Tarım 64, 84, 110, 146, 187, 188

Ormansızlaşma 23, 29, 78, 127, 129

P

Perakende 17, 18, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 64, 94, 95, 161, 163, 164, 165, 166, 170, 172, 201, 218

Pestisit 21, 30, 110, 116, 117, 136, 144, 145, 150, 157, 158, 183

Pigment 203, 204

Pirinç Kavuzu 185, 186

Piroliz 145, 146, 187, 203

Polifenol 183, 184

Posa 181, 184, 201, 203, 204

Potansiyel Risk 23, 41

R

Raf Ömrü 12, 17, 22, 27, 95, 158, 160, 165, 166, 168, 169, 170

Riskler 41, 113, 116, 125, 130, 144, 145, 149, 168

S

Sera Gazı Emisyonu 17, 21, 23, 29, 64, 79

Sıcaklık Artışı 36, 49, 50, 68, 69, 70, 124, 128

Sızıntı 39, 41, 42, 137, 139

Sızıntı Kontrolü 39, 41, 42

Soğuk Zincir 27, 32

Son Tüketim Tarihi 22, 28, 101

Sosyal Hizmet Modeli 211, 213, 216

Su Ayak İzi 30, 64, 168

Su İsrafı 64, 91, 149

Su Kanalizasyonu 38, 41, 46, 47

Su Kayıpları 31, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 55, 56, 60, 104, 105, 139

Su Kirliliği 136, 137, 149, 157, 158

Su Potansiyeli 33, 34, 36, 48, 53, 54

Su Tasarrufu 56, 58, 107, 108, 114, 117

Su Temin 37, 51, 52, 147

Su Tüketimi 54, 61, 95, 101, 117

Su Verimliliği 43, 44, 48, 55, 56, 57, 62, 115

Su Yönetimi 44, 47, 48, 63, 84, 114

Sürdürülebilir Gıda 7, 11, 21, 12, 63, 65, 67, 69, 71, 73, 74, 75, 77, 160, 192

Sürdürülebilir Kalkınma 11, 19, 21, 75, 117, 136, 142, 192, 206

Sürdürülebilir Tarım 83, 115, 125, 127, 144, 152

Ş

Şeker Pancarı 63, 181, 183, 184, 186, 187, 188

T

Tarımsal Atık 147, 183, 191

Tarımsal Mekanizasyon 21

Tarımsal Ormancılık 145, 152

Tedarik Zinciri 17, 21, 23, 24, 25, 26, 31, 32, 100, 107, 109, 161, 163, 164, 165, 167, 168, 171, 172, 201, 202

Toprak Erozyonu 23, 109, 144, 149

Tüketiciler 7, 12, 17, 18, 22, 132, 160, 161, 214

U

UNEP 23, 95

Ü

Üçüncül Üretim Modeli 199, 205

V

Vaka 117, 203

Verimli 18, 33, 41, 43, 46, 55, 58, 60, 63, 64, 83, 84, 93, 96, 107, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 138, 140, 141, 143, 145, 146, 149, 203, 216

Y

Yatırım 58, 63, 84, 137, 139, 143, 148, 151, 152, 215

Yeşil Su 41, 60

Yetersiz Beslenme 23, 81, 85, 89, 117

Yoksulluk 77, 211, 213, 214, 218, 215

