



**TARIM 2050: GIDA GÜVENLİĞİ,
YENİ TARIM TEKNOLOJİLERİ VE
İSTİKRARSIZLAŞAN BİR DÜNYADA
10 MİLYAR İNSANI DOYURMAK**



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.

 STM ThinkTech

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler (BM) 15 Kasım 2022 tarihinde Dünya nüfusunun 8 milyarı aştığının tahmin edildiğini duyurmuştur^[1]. Bu açıklama dünya nüfusunun 2050 yılında 10 milyara, 2100 yılında ise 11 milyara yaklaşacağına dair tahminleri güçlendirmiştir. BM'nin açıklaması, Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (DMÖ) "son sekiz yılın tarihin en sıcak sekiz yılı" olduğunu açıklamasından bir hafta sonra gelmiştir^[2]. DMÖ'nün açıklamasından iki gün önce ise, BM Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations -FAO) küresel gıda fiyat endeksinin Ekim 2022'de 135,9 puan olarak gerçekleştiğini açıklamıştır^[3]. 2014-2016 yılları arasında 100 olarak kabul eden küresel FAO Gıda Fiyat Endeksi, 2020 Eylül ayından bu yana 100 puanın üzerinde seyretmektedir. Mart 2022'de, yani Ukrayna'daki savaşın patlak vermesinden kısa süre sonra 159,2 puana kadar çıkmış, Ekim ayına kadar hafif bir gevşeme ile 135,9 puana gerilemiştir^[3]. FAO Gıda Fiyatları Endeksi'nin, pandemi ve/veya savaşın etkileri ortadan kalksa dahi, 100 puanın altına düşeceğine dair beklentiler zayıftır.

Bu üç güncel veri dünyada gıda güvenliğinin karşı karşıya olduğu başlıca tehditleri ortaya sermiştir. Artan ve kentlerde yoğunlaşan dünya nüfusu, gıda arzında giderek azalan ve yaşlanan tarım nüfusuna güvenmek zorunda kalmaktadır. İklim değişikliği, bir yandan tarımsal verimliliği düşürmekte, öte yandan aşırı iklim olaylarına yol açarak onarılması zor zararlara neden olmaktadır. Suni gübre, tarım ilaçları ve akaryakıt gibi girdilere bağımlı tarım endüstrisi fiyat şoklarına son derece açık hâle gelmiş, bu durum özellikle gelişmekte

olan ülkelerde büyük ekonomik sıkıntılar yaratmakta ve milyonlarca kişinin açlık ve sefalet içinde yaşamasına neden olmaktadır.

21'inci yüzyılda tarım ve gıda sektörü birçok zorlukla karşı karşıyadır. Artan nüfusu daha küçük (ve daha yaşlı) bir kırsal işgücü ile beslemek için daha fazla gıdanın yanı sıra başta tekstil, sağlık ve kimya olmak üzere pek çok sektöre girdi üretmesi gerekmektedir. Dünya genelinde küresel iklim değişikliğinin ana sebeplerinden biri olan sera gazı emisyonuna yol açmadan, biyolojik çeşitliliği yok etmeden, giderek artan nüfusun adil biçimde erişebileceği sürdürülebilir bir gıda güvenliği sisteminin geliştirilmesi bir zorunluluk hâline gelmiştir. Bunun için genel tarım politikalarında kapsamlı düzenlemelerin yanı sıra, yeni tarımsal yöntemlere ve gelişmiş tarım teknolojilerine de ihtiyaç vardır.

Dünyada 18'inci büyük nüfusa, 10'uncu büyük tarım ekonomisine, 15'inci tarım arazi büyüklüğüne sahip olan Türkiye de bu gelişmelerden muaf değildir. Türkiye'de tarım sektörü, giderek azalan tarım arazilerinde artan ülke nüfusuna (ve yılda 40 milyonu aşan turiste) yeterli gıda sağlamakta güçlük çekerken, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine ve jeopolitik gerilimlere son derece açık bir coğrafyada bulunmaktadır.

STM ThinkTech olarak gündeme alınan bu analizin amacı, yaşadığımız yüzyılda gıda güvenliğinin sağlanması için önerilen yeni yöntemler ve geliştirilen teknolojiler konusunda fikir sunmaktır. Bu amaçla küresel gıda güvenliğinin karşı karşıya olduğu tehdit ve zorluklar sıralanacak, geliştirilen veya önerilen yeni tarım tekniklerine ve yeni gıda üretim teknolojilerine göz atılacaktır.

2. 2050'YE KADAR TARIMI ETKİLEYECEK GENEL EĞİLİMLER

Dünya genelinde tarım ve gıda stratejik öneme sahip bir alan olarak kabul edilmekte, gıda güvenliğinin güvence altına alınabilmesi için kısa, orta ve uzun vadeli plan ve programlar uygulanmaktadır. Söz konusu plan ve programlarda genellikle iki hedef tarih ön plana çıkmaktadır: 2030 ve 2050. BM Paris İklim Anlaşması ile^[4], 2050 yılında kadar dünya genelinde net sıfır sera gazı emisyonu hedefi belirlenmesinden bu yana bu tarih, pek çok alanda ulusal strateji, plan ve yol haritalarının hedef tarihi hâline gelmiştir. Hükümetler ve her kesimden kuruluşlar, hedeflerini 2050 yılına kadar kurumsal seviye karbon nötrlüğe ulaşacak şekilde revize etmişlerdir.

Tarım ve gıda için önemli bir diğer hedef tarih ise 2030 yılıdır. Zira 191 ülkenin benimsediği Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedeflerinin ikinci maddesi, “Açlığı bitirmek, gıda güvenliğini sağlamak, beslenme imkânlarını geliştirmek ve sürdürülebilir tarımı desteklemek” olarak belirlenmiştir^[5]. Ne var ki 2030’a sayılı yıllar kala dünya bu hedefe ulaşmaktan uzaktır. BM’nin Temmuz 2022 tarihli ilerleme raporuna göre pandemi, iklim değişikliği, çatışmalar ve artan gıda fiyatları nedeniyle dünyada açlık çekenlerin sayısı azalmak yerine yükselmiştir. Dünya genelinde 720 ila 811 milyon arasında kişi, bir başka deyişle yeryüzündeki her 10 kişiden biri açlık çekmektedir^[6]. Hedeflere ulaşılıp ulaşılamayacağına etkili olması beklenen bazı temel faktörler bu bölümde incelenecektir.

2.1 Nüfus, Tarım Nüfusu, Gelir Düzeyi ve Kentleşme

Artan gıda talebini yönlendiren temel sosyoekonomik faktörler, nüfus artışı, artan şehirleşme ve refah düzeyidir. BM’nin Temmuz 2022’de revize ettiği küresel nüfus tahminine göre^[7], 15 Kasım 2022 tarihinde sekiz milyara ulaşan dünya nüfusunun 2030’da 8,5 milyara ve 2050’de ise 9,7 milyara çıkması beklenmektedir. Öte yandan dünya nüfusunun artış hızı önemli ölçüde yavaşlamış, 2020 yılında dünya nüfusunun büyüme hızı 1950’den bu yana ilk kez yılda yüzde 1’in altına düşmüştür. BM, bu düşüş devam ettiği takdirde dünya nüfusunun 2080’lerde yaklaşık 10,4 milyar insanla zirveye ulaşacağını ve 2100’e kadar bu seviyede kalacağını tahmin etmektedir.

Bununla birlikte, mutlak artış yine de önemli olacaktır. Artış hızı yavaşlamış olmakla birlikte, 2050 yılında gezegenimizde 1,7 milyar daha fazla insan olacaktır. Bu nüfus artışının tamamına yakını, günümüzün gelişmekte olan ülkelerinde gerçekleşecektir.

Türkiye nüfusuna ilişkin tahminlerde ise, zirve noktasına daha kısa sürede ulaşılacağı ve 2100 yılına azalma eğilimi ile girileceği yönündedir. Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) tahminlerine göre 2022 yılında 84 milyonun biraz üzerinde olan Türkiye nüfusunun, 2050 yılına kadar yavaş bir artış göstererek 93.475.575 kişi ile en yüksek değerine ulaşması, daha sonra düşüşe geçerek 2075 yılında 89.172.088’e gerilemesi beklenmektedir^[8].

Dünya nüfusunda diğer iki önemli eğilim kentleşme ve yaşlanmadır. BM tahminlerine göre dünya genelinde 1950’de yüzde 25 olan kentli nüfusu, 2020 yılında yaklaşık yüzde 50’ye ulaşmış ve 2050 yılında yüzde 58’e çıkması beklenmektedir^[9]. Ancak bu tahminlerde bir uzlaşma bulunmamaktadır. Örneğin Dünya Bankasına göre hâlen dünya nüfusunun yüzde 56’sı şehirlerde yaşamaktadır ve bu oran 2050 yılında yüzde 70-80’e çıkacaktır^[10]. Türkiye’de ise TÜİK verilerine göre il ve ilçe merkezlerinde yaşayanların oranı 2021’de yüzde 93’tür^[11].

Kentsel nüfusun oranındaki artışın önemli bir nedeni kırsal alanlarda yaşayanların şehirlere göçüdür. Göçler, geçim kaynağı ağırlıklı olarak tarıma dayalı kırsal nüfusu azaltmaktadır. Dünya Bankasının Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization -ILO) verilerinden derleyerek verdiği bilgiye göre, küresel olarak 2000 yılında yüzde 40 olan tarımla geçinen nüfusun toplam istihdam oranı, 2019 yılında yüzde 27’ye kadar gerilemiştir^[12].

Kırsal alanlardan göç edenlerin büyük kısmı genç olduğu için geride kalanların yaş ortalaması da yükselmektedir. Öyle ki, Avrupa’da kırsal nüfusun sadece yüzde 10’unun 40 yaş altında olduğu belirtilmektedir^[13]. Avrupa ve Kuzey Amerika gibi gelişmiş bölgelerde kırsal nüfusun azalması ve yaşlanmasının tarımsal üretim üzerindeki etkisi sınırlı kalırken, en önemli etkisi sağlık ve emeklilik sistemlerine getireceği ilave yük nedeniyle kamunun üzerindeki baskıları artırmasıdır. Orta ve düşük gelirli ülkelerde kırsal nüfusun azalması ve yaşlanmasının etkileri ise daha derinden hissedilmektedir. Yapılan araştırmalara göre söz konusu ülke gruplarından kırsal alanlarda 10 yaş altı nüfusun oranı azalırken, yaşlıların oranı artmaktadır^[14]. Bu durum aktif nüfus (18-65 yaş arası grup) artışına ve göç baskısına neden olmaktadır. Genç ve aktif nüfusun göçü, geride yaşlı bir nüfus bırakırken söz konusu ülkelerde en önemli ekonomik faaliyet olan tarımın gerilemesine neden olmaktadır. 2050 yılına kadar gelişmekte olan ülkelerde tarım üretiminin gerilemesinin dünya genelinde gıda fiyatlarının artışına yol açması beklenmektedir.

Türkiye’de de tarım nüfusu azalmakta ve yaşlanmaktadır. Yine Dünya Bankası ve ILO verilerine göre 2000 yılında yüzde 27 olan tarım nüfusunun toplam nüfusa oranı^[15] Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre Ekim 2021 itibarıyla yüzde 16,97’ye^[16] gerilemiştir. Türkiye’de 2021 verilerine göre, çalışan 65 yaş üstü nüfusun yüzde 64,2’si tarım sektöründe çalışmaktadır^[17]. Türkiye’de çiftçilerin ortalama yaşının 50 yaşın üzerinde olduğu ifade edilmektedir^[18]. Türkiye’de tarımın milli gelirden aldığı pay da çiftçilerin gelirleri de azalma eğilimindedir. 2000 yılında yüzde 10,1 olan tarım, ormancılık ve balıkçılığın Gayrisafi Yurtiçi Hasıladan (GSYH) aldığı pay^[19] 2021 yılında yüzde 5,5’e kadar gerilemiştir^[20]. Tarımın GSYH payının azalmasında tarımsal üretim artışının sınırlı kalmasının yanı sıra diğer sektörlerdeki büyüme artışının daha fazla olmasının etkisi büyüktür. Bu durum çiftçilerin diğer sektörlerde çalışanlara kıyasla daha az gelir artışı elde etmesine de yol açmıştır. Çiftçilerin ortalama gelirleri de Türkiye ortalamasının yüzde 68’inde kalmaktadır^[21].

Veriler ışığında dünya nüfusu, hızı yavaşlansa bile

artmaya devam ederken, tarım nüfusunun azalmakta ve yaşlanmakta olduğunu, bu durumun tarımsal verimi ve tarım nüfusunun gelirini olumsuz etkilediğini ifade etmek mümkündür.

2.2 Enerji ve Tedarik Zinciri Güvenliği

Tarımda işgücü dışında girdiler açısından sıkıntılar yaşanmaktadır. Bitkisel tarımın ana girdileri tohum, fide, gübre, tarım ilacı, tarım alet ve makineleri ve sulama sistemleridir^[22]. Hayvancılığın temel girdileri ise yem, veterinerlik hizmetleri, ilaç, hayvancılık ekipmanları ve tesisleridir. Ayrıca gıda üretiminin her alanında enerji (elektrik ve akaryakıt) temel bir girdidir.

FAO, Kasım 2022’de yayınladığı “FAO Gıda Görünüm” raporunda, 2022 sonunda küresel gıda ithalatının yaklaşık 1,94 trilyon dolara ulaşacağını, beklentilerin üzerindeki artışta tarımsal girdi fiyatlarındaki yükselişin etkili olduğunu bildirmiştir^[23]. FAO, özellikle enerji ve gübre fiyatlarındaki artışlarla 2022 yılı sonunda küresel tarımsal girdi faturasının, 2021 yılına kıyasla yüzde 48, 2020 yılına göre ise yüzde 112 artışla 424 milyar dolara ulaştığını tahmin etmektedir.

Enerji ve gübre, tarımsal girdi faturasının temel kalemleridir. FAO’ya göre geçmişte bu iki kalem tarımsal girdi harcamalarının yüzde 75’ini oluştururken, 2022 yılında bu oran yüzde 86’ya kadar tırmanmıştır^[24]. Bu oran gelişmiş ülkelerde yüzde 55 seviyesindeyken, düşük ve orta gelirli ülkelerde yüzde 92’ye kadar çıkmaktadır.

FAO’ya göre 2019 yılında, yani pandemi öncesinde 109,4 milyar dolar olan dünya genelinde tarım girdisi olarak enerji faturası, 2020 yılında 77,4 milyar dolara kadar geriledikten sonra, 2021 yılında 125,2 milyar dolara ve Temmuz 2022 itibarıyla 197,5 milyar dolara kadar çıkmıştır^[24]. Bir başka deyişle, tarımda enerji fiyatları yüzde 80 artmıştır. Söz konusu oranın Türkiye gibi net enerji ithalatçısı ülkelere daha yüksek olduğunu tahmin etmek güç değildir.

Küresel suni gübre ihracatının yüzde 53’ü beş ülke (Rusya, Çin, Kanada, Fas ve ABD) tarafından gerçekleştirilmektedir^[25]. 2010 fiyatlarını baz alan (2010 yılı 100 baz puan olarak alınmıştır) Küresel Gübre Fiyatları Endeksi Mart 2021’e kadar 100 puanın altında seyretmiş, Kasım 2021’de sert bir artışla 200 puanın üzerine çıkmış, 255 puanlık en yüksek seviyesine ulaştıktan sonra Kasım 2022’de 215 puana gerilemiştir^[26]. FAO’ya göre 2019’da 76,7 milyar dolar olan küresel gübre girdi faturası, 2020 yılında 70,6 milyar dolara doğru hafifçe gevşedikten sonra 2021 yılında 107,5 milyar dolara, Temmuz 2022 itibarıyla ise 168 milyar dolara fırlamıştır^[24].

Diğer iki önemli girdi kalemi olan tarım ilaçları ve tohumda fiyat artışları ise enerji ve gübreyle kıyasla düşük kalmıştır. FAO’ya göre 2019-2022 döneminde dünyada tarım ilaçları faturası yüzde 33, tohum faturası ise yüzde 7 artmıştır^[24].

Son yıllardaki gıda girdi fiyatlarındaki artışlarda, pandemi ve Ukrayna krizinin yanı sıra pazar yoğunlaşması ve tedarik zincirindeki aksamalar da önemli ölçüde etkili olmaktadır.

Belli bir pazarda faaliyet gösteren büyük oyuncuların nispi paylarının ağırlığı^[27] anlamına gelen “pazar

yoğunlaşması”, küresel tarım girdileri pazarlarında yaygındır. Hem ülkeler hem de belli başlı şirketler tarımsal girdi pazarlarından büyük paylar almaktadır. 2020 yılında yapılan bir araştırmaya göre, küresel tarım kimyasalları pazarında en büyük dört şirketin (Çin merkezli ChemChina/Syngenta, Almanya merkezli Bayer, ABD merkezli Corteva ve Almanya merkezli BASF) payı yüzde 65’i bulmaktadır. Hayvancılıkta kullanılan ilaçlar pazarında dört büyük şirketin (ABD merkezli Merck & Co. Zoetis ve Elanco ile Almanya merkezli Boehringer Ingelheim) payı yüzde 58’i bulmaktadır. Tohumlarda ise bu oran (Almanya merkezli Bayer, ABD merkezli Corteva, Fransa merkezli Limagrain ve Çin merkezli ChemChina/Syngenta) yüzde 50’dir. Tarım araç ve ekipmanlarında yüzde 45’lik, suni gübrede ise yüzde 33’lük daha düşük yoğunlaşmalar söz konusudur^[28].

Tarım ürünleri ihracatında da bir pazar yoğunlaşması söz konusudur. Ancak bu piyasalarda özel şirketler değil, ülkeler büyük oyuncudur. Örneğin 2021 yılı sonu itibarıyla buğday ihracatında dört ana ülkenin (Rusya, ABD, Avustralya ve Kanada) pazar payı yüzde 51,1’dir^[29]. Tayland, Pakistan, Vietnam ve ABD küresel pirinç piyasasının yüzde 74,2’sine sahiptir^[30]. ABD, tek başına küresel mısır ihracatının yüzde 37,2’sine sahipken, Arjantin, Ukrayna ve Brezilya ile birlikte en büyük dört mısır ihracatçısı ülkenin küresel pazar payı yüzde 74,3’e çıkmaktadır^[31]. Ukrayna tek başına küresel ayçiçek yağı ihracatının yüzde 53,2’sine sahipken, Rusya, Hollanda ve Bulgaristan ile birlikte en büyük dört ayçiçek yağı ihracatçısı ülkenin küresel pazar payı yüzde 81,5’e ulaşmaktadır^[32].

Tarımsal ürünlerde ve girdilerde pazar yoğunlaşması, pandemi ve Rusya Ukrayna Savaşı gibi olağanüstü durum ve krizlerde, tedarik zincirlerinin aksamasıyla gıda fiyatlarında sert tırmanmalara yol açmaktadır. Nitekim FAO’nun Gıda Fiyat Endeksi^[9] ile küresel denizyolu navlun endeksi paralel bir seyir izlemektedir. 2017’den bu yana yatay bir seyir izleyen Küresel Navlun Endeksi, Mayıs 2020’den itibaren tırmanmaya başlamış, Temmuz 2021-Mart 2022 döneminde en yüksek seviyesinde seyrettikten sonra Kasım 2022’de, Aralık 2020’deki seviyesine gerilemiştir^[33].

Pazar yoğunlaşmasının yaşandığı bir ortamda ani şok etkisi Rusya ile Ukrayna arasında çıkan savaşta yüzünü tam olarak göstermiştir. COVID-19 pandemisinin etkilerini sürdürdüğü (pandemi nedeniyle çok sayıda ülke tahıl ve gıda ürünleri ihracatlarında kısıtlama getirmiştir^[34]) bir ortamda, dünya tarımsal gübre ihracatının yaklaşık beşte birini, buğday ihracatının beşte birinden fazlasını (yüzde 21,6)^[29] bitkisel yağ ihracatının ise yaklaşık üçte ikisini^[32] gerçekleştiren iki ülke^[35] arasında çıkan savaş gıda fiyatlarında hızlı yükselişe neden olmuştur. Gıda fiyatlarındaki tırmanış özellikle gelişmekte olan ülkelerde büyük bir soruna dönüşürken, Türkiye’nin arabuluculuğu ile Temmuz 2022’de Karadeniz Tahıl Koridoru anlaşmasına varılarak Ukrayna’nın tarım ürünlerinin dünya pazarlarına ulaşması sağlanmıştır. Dört aylık anlaşma Kasım 2022’de uzatılırken, dünyada gıda fiyatlarının gerilemesinde büyük rol oynamıştır^[36].

Ancak geçici çözümler tarımda ve gıda üretiminde girdi bağımlılığı sorununu yok etmemekte, sadece bir sonraki krize kadar ertelemektedir. Bu nedenle ülkelerin gıda güvenliğini sağlamak için tarım ve gıda üretiminde enerji ve girdi bağımlılığını azaltacak çözümlere yönelmesi gerekmektedir.

2.3 Küresel İklim Değişikliği

Küresel gıda güvenliğinin karşı karşıya olduğu en büyük tehdit küresel iklim değişikliğidir. Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) 2021’de yayınladığı rapora göre^[37], önümüzdeki yıllarda CO₂ ve diğer sera gazı emisyonlarında ciddi azalmalar olmazsa, 21’inci yüzyılda 1,5°C ve 2°C’lik küresel ısınma eşikleri aşılanacaktır. İnsan kaynaklı iklim değişikliği şimdiden dünyanın her bölgesinde çok sayıda aşırı iklim olayına neden olmaktadır. Tarihsel olarak bol yağış alan bölgeler daha fazla yağış almakta, kurak bölgeler daha fazla kuraklık çekmektedir. İklim değişikliği nedeniyle, Türkiye’nin de yer aldığı orta enlem bölgelerinde su arzının azalması ve bunun da su mevcudiyeti zamanlamasını değiştirmesi, kuraklık ve sellerin şiddetini artırması beklenmektedir^[38].

Doğal yağış rejimlerindeki değişimler özellikle tarımda olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Zira dünya tarımının büyük bölümü yağmur suyuna bağlıdır^[39]. Bu nedenle iklim değişikliği zaten artan nüfus ve talebe yetişmekte güçlük çeken tarımsal üretim sistemleri üzerinde ek stres yaratacaktır. Birleşmiş Milletler Su Örgütü (UN WATER), 129 ülkenin temel olarak iklim değişikliği nedeniyle daha fazla kuraklık yaşayacağını ortaya koymaktadır^[40]. Kuraklık, 21’inci yüzyılın sonunda, Avrupa, Orta Afrika, Avustralya, Güney Amerika, Batı ve Orta Amerika’nın bazı bölgelerinde daha sık ve şiddetli hâle gelecektir.

Değişen iklim koşulları, özellikle su döngüsündeki temel değişiklikler tarım sektörünü yeni koşullara uyuma zorlamaktadır. FAO’ya göre dünyadaki ekilebilir arazilerin yüzde 62’si (yaklaşık 171 milyon hektar) yüksek ve çok yüksek su stresi altındadır^[41]. Yağmur yağışına bağlı olan ve görece sürekli kuraklıktan etkilenen tarım arazilerinin toplamı 128 milyon hektarı bulmaktadır. Bu alan, toplam tarımsal alanların yüzde 11’ini oluşturmaktadır. Kuraklık sıklığının artması ve buna bağlı olarak yaşanan su sıkıntısı, özellikle dünyanın en az gelişmiş bölgelerindeki savunmasız toplulukları etkilemektedir. FAO’ya göre tarım bölgelerinde yaşayan 1,2 milyar kişi çok yüksek su stresi yaşamaktadır^[41].

Türkiye’de ise yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5°-4°C artacağı, Ege ve Doğu Anadolu bölgelerinde 4°C’yi, iç bölgelerde ise 5°C’yi bulacağı tahmin edilmektedir. Gerek IPCC raporları gerekse yürütülen bir dizi ulusal ve uluslararası bilimsel model çalışması, Türkiye’nin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar açısından daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını ortaya koymuştur^[42].

Türkiye’de tarım, iklim değişikliğinin etkilerini önemli ölçüde hissetmektedir. Türkiye, “yüksek seviyede su stresi yaşayan ülkeler” arasında bulunmaktadır^[39]. Yapılan araştırmalar Türkiye’de kuraklık dönemlerinin sayısının ve kuraklık dışı aşırı iklim olaylarının sıklığının

arttığını, topraklarımızın yüzde 35’inin çölleşme riski altında bulunduğunu göstermektedir^[43]. Türkiye için aşırı sıcak günlerin sayısında, sıcak dalgalarının görülme sıklığı ve sürekliliğinde artış beklenmektedir. Mevsimler değerlendirildiğinde; kış, ilkbahar ve yaz mevsiminde yağışlarda bir düşüş olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca bölgede sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerindeki yağış ekstremlerinde artış olacağı tahmin edilmektedir^[44]. Bu durumun tarımda verimi etkileyeceği, bitkisel üretim verim tahminlerine göre 2050 yılında Türkiye genelinde buğdayda yüzde 7,58, mısırdaki yüzde 10, ayçiçeğinde yüzde 6,35, pamukta ise yüzde 2,19 verim düşüşü olacağı öngörülmektedir^[43]. 2050 yılına kadar gıda üretimini güvence altına almak için entegre havza yönetimi^[43], sürdürülebilir tuzlu su arıtma, su/yağmur hasadı, akıllı mikro sulama sistemleri^[39], yeraltı barajları^[45], tatlı su depolama ve koruma sistemleri gibi çözümlerin üzerinde daha fazla durulması gerekecektir.

İklim değişikliğinin küresel gıda güvenliğine yönelik yarattığı tehdit son derece ciddi boyutlardayken, sera gazı emisyonlarının azaltılması yönündeki girişimlerin başarılı olduğunu söylemek güçtür. Birleşmiş Milletlere göre, 2020 yılında pandemi kısıtlamaları nedeniyle azalan sera gazı emisyonları 2021 yılında 2020’ye göre yüzde 5, 2019’daki zirvesine göre ise yüzde 2 artmıştır^[46]. Bunda pandemi tedbirlerinin hafifletilmesiyle ekonomik faaliyetlerin toparlanması etkili olmuştur. 2022 yılında ise iklim değişikliği ile mücadele Rusya Ukrayna çatışmalarından darbe almıştır. Rusya’ya uygulanan yaptırımlarla enerji fiyatlarının tırmanması, birçok ülkeyi 2015 Paris İklim Anlaşması taahhütlerini bir kenara bırakarak fosil yakıt üretim ve tüketimlerini artırmaya sevk etmiştir^[47]. Ancak bu durumun geçici olduğu, yaşanan krizlerin karbon nötrlüğe ulaşma hedefinin sadece küresel ısınmaya karşı değil dış şoklara karşı elastikiyet kazanmanın ve ülkelerin kendi kendine yeterli hâle gelmesinin de yegâne şartı olduğu görüşü ağırlık kazanmaktadır^[48]. Yenilenebilir enerji maliyetlerinin hızla düşmesi^[47], açıklanan yeşil hidrojen yatırımlarının 240 milyar dolara ulaşması^[49] ve elektrikli araç satışlarında 2021 ve 2022’de yaşanan yüzde 100 patlama^[50] pandemi ve savaşın dünya genelinde yeşil dönüşümü hızlandırmış olabileceği izlenimi güçlendirmektedir.

Söz konusu gelişmeler tarım ve gıda sistemlerini 2050 yılına kadar karbon nötrlük ve yeşil dönüşüm hedeflerine ulaşma açısından hedef sektör hâline getirecektir. Zira IPCC’ye göre 2019 yılında tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonları toplam sera gazı emisyonunun yüzde 22’sini oluşturmuştur^[51]. Paris İklim Anlaşması uyarısında 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarının sıfırlanması için Avrupa Birliğinin Yeşil Mutabakatı’nda^[52] vurgulandığı üzere “Tarlardan sofraya” kadar büyük bir dönüşüm gereklidir. Bu dönüşümü sağlamak için de AB’nin belirlediği alt hedefler yol gösterici olabilir^[52]:

- Tarladan sofraya taşıma, depolama, paketleme ve gıda atıkları düzenlemeleri sıkılaştırılacak,
- Sürdürülebilir tarım yöntemleri teşvik edilecek,
- Tarım ve gıda stratejilerinin belirlenmesinde hassas

tarım, organik tarım, agroekoloji, tarımsal ormancılık ve hayvanları korumaya öncelik verilecek,

- Emisyonun düşürülmesi ve besin yönetiminin iyileştirilmesinde başarılı çiftçiler ödüllendirilecek,
- Tarımda suni gübre, kimyasallar ve antibiyotik kullanımını önemli ölçüde azaltılacak.

Türkiye Büyük Millet Meclisinin 1 Ekim 2021’de Paris İklim Anlaşması’na onay vermesi ile iklim değişikliği veya giderek daha fazla vurgulandığı üzere “iklim krizi” ya da “iklim acil durumu” ile mücadelede yeni bir döneme girilmiştir. Türkiye’nin, sera gazı emisyonlarının azaltılması için sanayi, tarım, enerji ve ulaşım alanlarında bir dizi düzenlemeye gidilecektir. Bu tür düzenlemeler hem yaşadığı iklim değişikliği ile bağlantılı sorunlar hem de Avrupa Birliği (AB) ile ticari ilişkileri nedeniyle bir zorunluluktur. Tarım ve gıda sistemi açısından söz konusu önlemler arasında su kullanımında havza yönetimine geçilmesi^[43], organik tarım ve onarıcı tarım gibi uygulamaların yaygınlaştırılması^[53] ve gıda sisteminde tedarik zinciri boyunca kayıpların en aza indirilmesi^[54] ön plana çıkmaktadır.

2.4 Tarım Arazileri ve Ekolojik Denge

Tarımsal üretimin önümüzdeki 30 yıl boyunca büyük zorluklarla başa çıkması gerekecektir. Nüfus artışları ve değişen taleplerle başa çıkabilmek için tarımsal üretimin yaklaşık yüzde 70 oranında artması gerekecektir^[55]. Ancak üretimin artması için tarım arazilerini genişletmek artık olasılık olmaktan çıkarken, var olan arazilerin önemli bir bölümü verimsizleşmekte ve çoraklaşmaktadır.

FAO’ya göre toplamda 14,7 milyar hektar olan küresel kara alanlarının yaklaşık 1,5 milyar hektarında, yani yaklaşık yüzde 10,2’sinde bitkisel tarım yapılmaktadır^[56]. Hayvancılık faaliyetlerinin yürütüldüğü çayır ve meralar katıldığında bu miktar 4,8 milyar hektara kadar çıkmaktadır^[57]. Türkiye’de ise 2020 yılı itibarıyla tarım alanları, çayır ve meralar dahil olmak üzere yaklaşık 38 milyon hektardır. Bunun 23,1 milyon hektarında bitkisel tarım yapılmaktadır^[58]. Küresel hayvancılık dahil olmak üzere tarımsal alanların miktarı konusunda farklı rakamlar bulunmakla birlikte, söz konusu miktarın artışının 1990’larda zirve noktasına ulaştıktan sonra sürekli azaldığı genel kabul görmektedir^[57]. Ancak söz konusu artış hayvancılık için kullanılan meraların miktarının azalmasından kaynaklanmaktadır. Bitkisel üretim yapılan alanlarda artış sürmektedir^[57]. Türkiye’de tarım arazileri azalmakla birlikte, azalma mera ve çayırlarda değil geleneksel olarak bitkisel üretim yapılan arazilerde yaşanmaktadır. Resmi verilere göre Türkiye’nin, uzun ömürlü bitkilerle beraber toplam arazi miktarı 1990-2020 döneminde 27,9 milyon hektardan 23,1 milyon hektara gerilemiştir^[58]. Bir başka deyişle 30 yıllık bir süreçte 4,8 milyon hektar tarım arazisi kaybedilmiştir. Ayrıca iklim değişikliğinin etkisiyle Türkiye’de bozkır arazisinin genişleyeceği, çayırların azalacağı da öngörülmektedir^[53].

Türkiye’de ve dünyada tarım arazilerinde görece gerilemelere rağmen tarım üretiminde artış sürmektedir. Ancak bu artışın hızı küresel nüfus artışının gerisinde kalmaktadır. 2050 yılına kadar dünya nüfusunun tümünü

doyurabilecek üretim yapılabilmesi için mevcut ekilebilir topraklarda, hatta çok daha azında daha verimli tarım yöntemleri ile üretimi artırmak gerekecektir. Zira küresel ısınma ve biyolojik çeşitlilik kaybının yol açtığı sorunlarla mücadele etmek için dünyada ormanla kaplı alanların, tarıma kapalı sulak arazilerin ve çayırların kapladığı alanın artırılması gerekecektir.

Biyolojik çeşitlilik tüm dünyada veya belirli bir habitat ekosistem (doğal sermaye), tür ve gen çeşitliliğine verilen addır^[59]. Ekonomik açıdan bakıldığında biyoçeşitlilik, yiyecek, su, ilaç, istikrarlı bir iklim, ekonomik büyüme ve diğerleri gibi pek çok şey için bağımlı olduğumuz yaşam ağını oluşturur. Küresel GSYH’nin yarısından fazlası (yaklaşık 40 trilyon avro) doğaya bağlıdır^[60].

Bu nedenle biyolojik çeşitlilik kaybı ve ekosistemlerin çökmesi insanlığın karşı karşıya kaldığı en büyük tehditlerden biridir. Artan iklim değişiklikleri doğal bitki örtüsünde de değişikliklere neden olmaktadır. Ancak iklim değişikliği faktörü olmasa bile mevcut tarım ve gıda üretimi uygulamaları ile dünyanın biyolojik çeşitliliği azalmaya ve araziler çoraklaşmaya devam edecektir. Hâlen dünya hızlı bir biyolojik çeşitlilik kaybı yaşamaktadır. Dünya genelinde bir milyon kadar tür, yakın bir gelecekte yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır^[61]. Bunlar arasında bal arıları gibi bitkisel üretim açısından hayati önem taşıyan polen taşıyıcı türler de bulunmaktadır. Dünya genelinde ekinlerin yüzde 75’i hayvanların taşıdığı polenlere bel bağlamakta^[60] ve bunların sayısının azalmasıyla dünya tarımı yıllık 577 milyar dolar mahsul üretimi zararı ile karşı karşıyadır^[62]. Tarım alanı açmak için ormansızlaştırma girişimleri, sulak alan (bataklık) kurutma faaliyetleri ve tekdüze ürün yetiştirilmesi bitki çeşitliliğini sürekli azaltmakta, bu durum, atmosferdeki karbondioksit miktarının azaltılmasının önüne geçmekte, toprakların verimini düşürmektedir. Söz konusu uygulamalar ayrıca suni gübre kullanımına bağımlı hâle gelmesine ve giderek toprakların çoraklaşmasına da neden olmaktadır. Bu kaybın esas nedenleri insani faaliyetlerdir: Yoğun tarımsal üretim sistemleri nedeniyle doğal habitatlarda meydana gelen değişimler; kentleşme ve inşaat; madencilik ve taş ocağı faaliyetleri; ormanlar, okyanuslar, nehirler, göller ve toprağın aşırı kullanımı bunlardan en etkilileridir.

Tarımda aşırı sulama, aşırı kimyasal (sunî gübre, tarım ilaçları vb.) kullanımı, düşük çeşitlilikte bitki ekimi, aşırı otlatma gibi olumsuz tarım uygulamaları, toprakta hayati önem taşıyan mikroorganizmaları azaltmakta, tuzlanma, erozyon ve tozlanmayı artırmakta ve sonuçta toprakların çoraklaşmasına hatta çölleşmesine neden olmaktadır^[63].

Türkiye de gerek sahip olduğu iklim özellikleri gerekse topografik yapısı nedeniyle topraklarının erozyona karşı hassas olmasının yanında insan faaliyetlerinden kaynaklanan yanlış uygulamalar gibi sebeplerle, çölleşme tehdidi altındadır. Ülke topraklarımızın yaklaşık olarak yüzde 18’i zayıf, yüzde 50,9’u orta ve yüzde 22,5’i yüksek çölleşme hassasiyeti grubunda yer almaktadır^[64].

Buna karşılık dünya genelinde tarım ve hayvancılık büyük biyolojik çeşitlilik kaybı ile karşı karşıyadır. FAO’ya göre 19’uncu yüzyılın ortalarından bu yana kültür

	Yeni teknolojiler	Teknoloji gelişim seviyesi				Gıda tedarik zincirinde uygulama alanları
		Araştırmalar sürüyor	Deneysel kanıtlar sunuldu	Prototip oluşturuldu	Uygulandı/ Uygulanıyor	
Hücresele Tarım	Yapay et/balık					Üretim, işleme, tüketim
	Yapay ürünler					Üretim, işleme, tüketim
	Moleküler katmanlı imalat					Tüm tedarik zinciri
Dijital tarım	Gelişmiş sensörler					Üretim dışında tüm tedarik zinciri
	Yapay zekâ					Tüm tedarik zinciri
	Yardımcı dış iskeletler					Üretim, işleme, dağıtım
	Büyük veri					Tüm tedarik zinciri
	Bilgi sistem entegrasyonu					Üretim
	Hastalık/haşere erken uyarı sistemi					Üretim, atık yönetimi
	İHA'lar					Üretim, dağıtım, atık yönetimi
	Çiftlikler arası sanal pazar yeri					Üretim dışı tüm tedarik zinciri
	Geliştirilmiş iklim tahmini					Üretim, atık yönetimi
	Akıllı gıda paketleri					İşleme, dağıtım, paketlenme, atık yönetimi
	Nesnelerin interneti					Tüm tedarik sistemi
	Nano İHA'lar					İşleme ve paketlenme dışında tüm tedarik zinciri
	Nanoteknoloji					Üretim ve tüketim dışında tüm tedarik zinciri
	Omik veri kullanımı					Üretim
	Saha robotları					Üretim ve atık yönetimi
	Haşere kontrol robotları					Üretim ve atık yönetimi
	Doğum öncesi cinsiyet tespit					Üretim
	Robotik					Tüketim dışında tüm tedarik zinciri
	Toprak sensörleri					Üretim ve atık yönetimi
	SERS sensörleri					Üretim ve tedarik hariç tüm tedarik zinciri
Akıllı telefon gıda teşhisi					İşleme, dağıtım, tüketim	
İzlenebilirlik teknolojileri					Üretim ve atık yönetimi dışında tüm tedarik zinciri	
Hayvan izleme ve kontrol					Üretim ve dağıtım	

Tablo 1: Tarım ve gıda sistemleri üzerinde dönüştürücü etki yaratabilecek teknolojiler ve yöntemler^[70]. (devam ediyor)

	Yeni teknolojiler	Teknoloji gelişim seviyesi				Gıda tedarik zincirinde uygulama alanları
		Araştırmalar sürüyor	Deneysel kanıtlar sunuldu	Prototip oluşturuldu	Uygulandı/ Uygulanıyor	
Gıda işleme ve güvenlik	Biyo çözümler kaplamalar					Paketleme ve dağıtım
	Kurutma/stabilizasyon teknolojisi					İşleme, paketleme, dağıtım ve atık yön
	Gıda emniyeti teknolojisi					İşleme, dağıtım ve atık yönetimi
	Mikroorganizma kaplama					Paketleme, dağıtım ve atık yönetimi
	Nanokompozitler					Paketleme, dağıtım ve atık yönetimi
	Sürdürülebilir işleme teknolojileri					İşleme, paketleme, dağıtım ve atık yönetimi
	Tüm genom dizileme					Üretim, işleme ve atık yönetimi
Gen teknolojisi	Döllensiz üreme					Üretim
	Biyolojik olarak güçlendirilmiş ürünler					Üretim, tüketim
	Hastalık/haşere direnci					Üretim ve atık yönetimi
	Gen düzenleme					Üretim
	Genom çapında seçim					Üretim ve atık yönetimi
	Genom seçimi					Üretim
	Genetik modifikasyon Yardımlı evcilleştirme					Üretim
	Yeni nitrojen depolayan ekinler					Üretim
	Yeni çok yıllık bitkiler					Üretim
	Ekinlerin içindeki yağlar					Üretim
	Bitki fenomisi					Üretim
	Fotosentezi yeniden düzenlemek					Üretim
	RNAi gen bastırma					Üretim
	Sentetik biyoloji					Üretim
	Zararlı otlara rakip ekinler					Üretim ve atık yönetimi
Sağlık	Kişiselleştirilmiş gıda					Üretim dışında tüm tedarik zinciri

Tablo 1: Tarım ve gıda sistemleri üzerinde dönüştürücü etki yaratabilecek teknolojiler ve yöntemler⁽⁷⁰⁾.
(devam ediyor)

	Yeni teknolojiler	Teknoloji gelişim seviyesi				Gıda tedarik zincirinde uygulama alanları
		Araştırmalar sürüyor	Deneysel kanıtlar sunuldu	Prototip oluşturuldu	Uygulandı/ Uygulanıyor	
Tarımsal girdiler	Bitkisel ilaçlar ve esanslar					Üretim ve atık yönetimi
	Verimliliği geliştirilmiş gübre					Üretim ve atık yönetimi
	Holobiomics					Üretim ve atık yönetimi
	Makrobiyaller					Üretim ve atık yönetimi
	Mikro sulama/ gübreleme					Üretim ve atık yönetimi
	Mikrobiyaller					Üretim ve atık yönetimi
	Nano geliştiriciler					Üretim ve atık yönetimi
	Nano gübre					Üretim ve atık yönetimi
	Nano haşereyle mücadele					Üretim ve atık yönetimi
	Toprak katkı maddeleri					Üretim ve atık yönetimi
Üretim yoğunlaştırma	Elektro-ekim					Üretim
	Sulama genişleme					Üretim ve atık yönetimi
	Dikey tarım					Üretim
Diğerleri	Katmanlı imalat					Tüm tedarik zinciri
	Batarya teknolojisi					Üretim, işleme, dağıtım ve atık yönetimi
	Ekolojik biyokontrol					Üretim ve atık yönetimi
	Diriliş bitkileri					Üretim ve atık yönetimi
İkame gıda/yem	Çiftlik hayvanı katkı besinleri					Üretim ve atık yönetimi
	Yenilikçi su ürünleri yetiştiriciliği yemleri					Üretim, işleme, tüketim ve atık yönetimi
	Yenilebilir böcekler					Üretim, işleme, tüketim ve atık yönetimi
	Çiftlik hayvanı/deniz ikameleri					Üretim, işleme, tüketim ve atık yönetimi
	Gıda olarak mikroalgler ve siyanbakteriler					Üretim, işleme, tüketim ve atık yönetimi
	Mikrobiyal protein					Üretim, işleme, tüketim ve atık yönetimi
	Su ürünleri yetiştiriciliği için Omega-3 ürünleri					Üretim
	Gıda/yem olarak deniz yosunu					Üretim, işleme, tüketim ve atık yönetimi
Kaynakların etkin kullanımı	Döngüsel ekonomi					Tüm tedarik zinciri

Tablo 1: Tarım ve gıda sistemleri üzerinde dönüştürücü etki yaratabilecek teknolojiler ve yöntemler^[70]. (önceki sayfadan devam)

bitkilerinin biyolojik çeşitliğindeki kayıplar yüzde 75'ten fazladır^[65]. Gıda için yetiştirilen yaklaşık 6.000 bitki türünden 200 kadarı, küresel gıda üretimine önemli ölçüde katkıda bulunmakta ve bunlardan yalnızca dokuzu, toplam mahsul üretiminin yüzde 66'sını oluşturmaktadır^[66].

Benzer bir durum hayvancılık için de geçerlidir. Dünyanın besi hayvanı üretimi yaklaşık 40 hayvan türüne dayanmakta ve sadece bir avuç çiftlik hayvanı türü et, süt ve yumurtanın büyük çoğunluğunu sağlamaktadır. Küresel olarak rapor edilen 7.745 yerel canlı hayvan türünden yüzde 26'sının nesli tükenme riski altındadır^[66].

Dünya genelinde biyolojik çeşitliliğin korunması ve bundan yararlanılması büyük bir ekonomik potansiyeli de barındırmaktadır. Yeryüzünde bulunan yüksek bitkilerin sayısı hakkında çeşitli fikirler ileri sürülmekle beraber bunların 270.000 civarında olduğu belirtilmektedir. Bu bitkilerin 70.000 kadarından yararlanılırken, kalanından yararlanılmamaktadır. Yararlanılmayan bitkiler daha fazla olmakla beraber, ilk etapta bunlardan 25.000 kadarının tıbbi amaçlar için, 10.000 kadarının da besin kaynağı olarak değerlendirilebileceği öngörülmektedir^[65]. Ayrıca onarıcı tarım uygulamaları ve sulak alan rehabilitasyonu, çölleşme ile mücadele ve benzeri çalışmalar hem büyük istihdam sahası yaratmakta hem de ilgili ekonomik faaliyetleri canlandırmaktadır.

2.5 Tarım Teknolojilerinde Eğilimler

20'nci yüzyılın ikinci yarısından bu yana dünya nüfusu ve refah seviyesi artarken küresel tarımsal üretim artan talebe, yılda ortalama yüzde 2 büyüyerek karşılık verememiştir^[67]. Bu da gıda fiyatlarını uzun yıllar boyunca düşük tutabilmiştir. Küresel tarımın büyümesi için de ekilebilir arazi miktarı artırılırken, var olanların veriminin artırılması için endüstriyel tarım teknolojileri ve yöntemlerine başvurulmuştur. Makineleşme, sulama, yüksek verimli tohum çeşitleri, suni gübre ve tarım ilaçları gibi girdiler yoluyla üretimi artırmaya dayanan endüstriyel tarım sistemleri, özellikle Doğu Avrupa, Latin Amerika, Güney Asya ve Sahra altı Afrika'da geleneksel sistemlerin yerini almaya devam etmektedir. Teknoloji ve uygulamalardaki gelişmeler toplam faktör üretkenliğini de artırarak çiftçilerin aynı miktarda girdi ile daha fazla üretim yapabilmelerini sağlamıştır^[68].

Ancak 21'inci yüzyılın ilk çeyreği henüz tamamlanmadan endüstriyel tarımın sürdürülemez olduğu anlaşılmıştır. Zira söz konusu teknoloji ve yöntemlerin çevresel sonuçları büyük olmuştur. Endüstriyel tarımın girdileri, toprağı ve suyu kirlenmiş, biyolojik çeşitliliği azaltmış, ekilebilir toprakları çoraklaştırmıştır.

Bugüne kadar, gıda sistemlerinin gelecekteki sürdürülebilirliğinin sağlanması için, beslenme tarzını değiştirmenin, gıda israfını azaltmanın ve tarımsal üretkenliği artırmanın rolü, esas olarak mevcut teknolojilerin mercenginden incelenmiştir. Yeni mahsul çeşitlerinin yaygınlaştırılmasına gayret gösterilmiş, yeni hayvan ırkları tanıtılmış, alternatif hayvan yemleri geliştirilmiş, makineleşme ve bir dereceye kadar dijitalleşme ile tarım yönetimi ve çiftçilik uygulamalarındaki değişiklikler sağlanmaya çalışılmıştır. Girdileri daha verimli kullanmak ve kirliliği

azaltmak için uzaktan algılama ve nesnelerin interneti uygulamalarına başvuran hassas tarımdaki büyüme gibi, etkinin azaltılmasına yardımcı olmak için bazı iyileştirmeler yapılmaktadır. Yine de endüstriyel tarımın çevresel maliyetleri dünyayı etkilemektedir. Arazi bozulması ve iklim değişikliği, net tarımsal üretimde gelecekteki kazanımları tehdit etmeye devam etmektedir.

İklime ve çevreye zarar vermeden gıda güvenliğini sağlamak için, gıda tedarik zincirini (üretim, işleme, paketleme, dağıtım, tüketim ve atık yönetimi) bütüncül olarak ele alan çözümlere odaklanılması gerektiği giderek yaygınlık kazanan bir görüştür. Nitekim AB, gıda sistemlerinin şoklara karşı elastikiyet kazanması, adil, sağlıklı ve çevre dostu hâle getirilmesi için "Tarlardan Çatala" bir gıda sistemi stratejisi benimsemiştir^[69]. Bu stratejinin en kritik unsurlarından biri, gıda tedarik zincirini ileri teknolojilerden yararlanarak atık yönetimini de içerecek şekilde döngüsel ekonomi hâline getirmektir.

Gıda sistemlerinde beklenen sonuçları yaratacak ileri teknolojilerin sayısı oldukça fazladır. 2020 yılında uluslararası bilim insanlarından oluşan bir ekip, kısa ve orta vadede gıda sistemlerinde önemli ölçüde etki yarabilecek teknolojilerin bir tasnifini yapmıştır^[70]. Bu tasnifte 75 farklı teknoloji 10 başlık altında gruplandırılmıştır (Tablo 1). Farklı olgunluk safhalarında olan söz konusu teknolojilerin önemli bir bölümünün 2030 yılına kadar geniş uygulama alanı bulacağı tahmin edilmektedir.

Bu teknolojilerin birkaçının aynı anda uygulanması, daha sürdürülebilir gıda sistemlerine ulaşma yolundaki ilerlemeyi önemli ölçüde hızlandırabilir. Bu durum sürdürülebilir gıda üretimini artırırken, gıda atıklarını azaltabilir, kaynakların verimli kullanılmasını sağlayıp yeni istihdam ve iş fırsatları yaratarak genel refahı iyileştirebilir.

3. YENİ TARIM YÖNTEMLERİ

Son yıllarda küresel ısınmayla birlikte çevre kirliliğinin artması, yanlış ve bilinçsiz uygulamalarla toprakların elden çıkarılması, biyoçeşitliliğin azalması ve gelecek nesillere bozulmamış toprakların bırakılması gerekliliği sürdürülebilir tarımın önemini bir kat daha artırmıştır. Sürdürülebilir tarıma ulaşmak için farklı kavramlar ve yöntemler önerilmekte ve bunlardan bazıları ulusal politikalarda da yansımaları bulmaktadır. Söz konusu yöntemlerden gelecekte büyük dönüşümlere yol açabilecek olanlar bu bölümde incelenecektir.

3.1 Organik Tarım

Dünya'da havayı, suyu ve toprağı kirlenmeden, erozyonu, toprağın tuzlanmasını, diğer hastalık ve zararlıların etkisini en aza indirecek tarımsal tekniklerin geliştirilmesine her geçen gün duyulan ihtiyaç daha da artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayacak, doğaya dost üretim yöntemleri arasında "organik tarım" da bulunmaktadır. Organik tarım, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyen ve üretimde kimyasal girdi kullanılmadan, üretimden tüketime kadar her aşaması kontrollü ve sertifikalı tarımsal üretim biçimidir^[71]. Organik tarım sayesinde toprakların

makrobiyolojik ve mikrobiyolojik zenginliği korunur, topraklar çoraklaşmaz. Kimyasal kullanılmadığı ve dolayısıyla kimyasalların uygulanması için harcanacak enerjiden de tasarruf sağlanması (Araştırmalar organik tarımda geleneksel yöntemlere kıyasla yüzde 45'e varan oranlarda daha az enerji harcadığını göstermektedir)^[72] nedeniyle tarımın girdi maliyetlerinde önemli tasarruf sağladığı gibi sera gazı emisyonlarının önemli ölçüde azaltılmasına da katkı sağlanmaktadır.

Organik tarım sertifika gerektiren bir tarım yöntemidir ve sıkı kuralları bulunmaktadır. Her tarım arazisi organik tarıma uygun değildir. Organik üretim yapılacak arazinin; geleneksel üretim yapılan tarım bölgelerinden, işlek otoyol ve anayollardan, çalışır durumda olan ağır sanayi tesislerinden, maden işletmelerinden ve kentsel atıkların toplu olarak bırakıldığı çöp depolama alanlardan, kirlenmiş atıklar içeren ve canlı yaşamını da olumsuz etkileyen akarsu ve yeraltı sularından etkilenmeyecek bir mesafede olması kesinlikle gerekir. Bu mesafeler kontrol kuruluşu tarafından incelenir ve belirlenir.

Arazi kısıtlamalarının dışında da birtakım dezavantajlar söz konusudur: Daha önce konvansiyonel tarım yapılan araziye kullanan bir organik çiftçi, ürününü organik olarak etiketlemeden önce üç yıl beklemek zorundadır. Organik olarak nitelendirilebilmesi için, hasattan önce üç yıl boyunca sentetik gübrelere, böcek ilaçlarına ve herbisitlere maruz kalmamış bir arazide üretilmiş olması gerekir. Bu, organik çiftçiler için başlangıç maliyetlerinin daha yüksek olabileceği anlamına gelir. Organik tarım emek yoğunudur, bu nedenle organik ürünler daha yüksek maliyetlidir ve geleneksel olarak üretilenlerden pahalıdır. Tüketicilerin ekonominin istikrar ve büyüme dönemlerinde sofralarında daha sağlıklı gıdalar görmek için daha fazla ödemeye eğilimli olduğu görülmektedir. Ancak ekonomi zayıf olduğunda tüketicilerin daha ucuz ürünler satın alma olasılıkları daha yüksektir.

Dezavantajlarına rağmen organik tarım dünya genelinde hızla yaygınlaşmaktadır. 2021 yılında yayınlanan bir rapora göre, 187 ülkede organik tarım yapılmakta ve organik tarım sertifikasına sahip 3,2 milyon çiftçinin kontrolündeki organik tarım yapılan arazilerin toplam alanı 72,3 milyon hektara (toplam ekilebilir toprakların yüzde 1,5'i) ulaşmıştır. Türkiye'de ise bu miktar 520.000 hektara yakındır^[73]. Türkiye organik tarım arazilerinin genişliği açısından dünyanın ilk 20 ülkesi arasındadır ancak söz konusu arazilerin toplam tarım arazilerine oranında (yüzde 1,4) arka sıralarda yer almaktadır.

Organik tarım ürünlerine talep dünya genelinde güçlüdür. Küresel organik yiyecek ve içecek satışları ise 106 milyar avroyu aşmıştır^[73]. Küresel organik tarım ürünleri pazarının 2027 yılına kadar 2021'deki seviyesinin üç katına kadar çıkabileceğine dair tahminler mevcuttur^[74]. AB için hazırlanan bir raporda, 2050 yılına kadar organik tarımla tüm kıta nüfusunun gıda ihtiyaçlarının karşılanabileceği bildirilmiştir^[75].

Organik tarımın gıda üretiminde ana akım hâline gelmesi için toplam faktör verimliliğini artırması gereklidir. Bunun için çiftçilere yüksek verimli organik tohumlar ve yüksek hayvansal ürün sağlayacak yeni ve doğal yollarla

islah edilmiş hayvan ırklarının temin edilmesi gereklidir. 2030 yılına kadar organik tarım oranını yüzde 25'e çıkarma hedefi belirleyen AB bu iki konuda araştırmaları destekleme kararı almıştır. Bu amaçla 2017'de başlatılan LIVESEED programı, Avrupa koşullarında organik tarıma uygun organik tohumların bir envanterini çıkararak çevrimiçi olarak çiftçilerin kullanımına sunmuştur^[76]. Programın nihai amacı 2036 yılına kadar Avrupa'da ekilen tüm tohumları organik hâle getirmektir.

Organik bitkisel tarımın verimini artırmak için organik tarım girdilerinin geliştirilmesi çalışmaları da sürmektedir. Bu çalışmalar sonucu kimyasal tarımsal girdi ikamelerinin sayısı giderek artmaktadır. Organik tarım işletmelerine organik gübre olarak hayvan gübrelere (çiftlik hayvanları, kümes hayvanları, yarasa, güvercin vb. gübrelere) yanı sıra, bitki ve gıda atıklarının hayvan gübresi ile fermente edilmesinden elde edilen kompost gübrelere^[77] ve tarımsal atıklardan elde edilen biyokömür^[78] kullanmaları önerilmektedir. Ancak organik gübrenin kitlesel üretimi de yaygınlaşmaktadır. Türkiye'de çeşitli üretim tesislerinde biyolojik (organik) gübre üretimi yapılmaktadır. 2021 yılında küresel biyolojik gübre üretiminin 2,6 milyar dolara^[79] ulaştığı belirtilmektedir. Haşere ve zararlılara karşı kimyasal maddeler yerine doğal yöntemler geliştirilmiştir veya yeni teknolojilerin geliştirilmesi için çalışmalar sürmektedir. Toprakta organizmalarla zenginleştirme yöntemi (holonomics)^[80], nanogübre kullanımı veya toprağın direncini artıracak ya da zararlıları yok edecek nano tarım ilaçları bunlardan bazılarıdır^[81].

Organik tarım, ileri teknoloji kullanımını dışlamamaktadır. Hava, toprak ve ürünlerin kirlenmesine yol açacak fosil yakıtlar kullanılmadığı sürece verim artışına yol açacak ileri teknolojiler, insansız hava araçları, otonom araçlar, nesnelerin interneti uygulamaları, sensörler, mikro sulama sistemleri ve diğer hassas tarım teknolojilerinin organik tarımda kullanılması teşvik edilmektedir. Bu nedenle organik tarım ile akıllı tarım veya hassas tarım arasındaki farklar gittikçe muğlaklaşmaktadır.

3.2 Dijital Tarım, Tarımda Otomasyon, Akıllı Tarım ve Tarım 4.0

İngiltere'nin batısındaki küçük Edgmont köyü, 2017 ilkbaharında tarım tarihine geçmiştir. Çünkü Harper Adams Üniversitesi araştırmacıları o yıl Edgmont'da, tarihte ilk kez "insan müdahalesi olmadan" ekilen, gübrelenen ve ilaçlanan 4,5 ton arpayı, yine insan eli değmeden hasat etmişlerdir^[82]. Araştırmacılar tüm bu işler için yeni bir icat geliştirmemişler, ticari olarak piyasada bulunan otonom tarım araçları (sürücüsüz traktör, otomatik tohum ekme makinesi, insansız biçerdöver vb.), açık kaynak yazılımları ve herhangi bir hobi dükkânında bulunabilecek küçük insansız hava araçları kullanmışlardır.

Edgmont deneyimi, tarımda teknoloji kullanımının en ileri aşamasına örnek teşkil etmektedir. Artan dünya nüfusu, azalan ve yaşlanan tarım nüfusu, iklim değişikliği ve çölleşme gibi tehditlerin ortasında tarımsal verimin artırılması için diğer tüm sektörlerde devrimsel sonuçlara yol açan ileri teknolojilerden yararlanılması bir zorunluluk hâline gelmiştir. Tarımsal ürünlerin verimini ve kalitesini

artırmak için modern teknolojiyi kullanan bir tarım yönetimi olan “akıllı tarım” yükselmektedir. “Dijital tarım” veya “Tarım 4.0”^[83] olarak da anılan “akıllı tarım”^[84], mobil iletişim teknolojileri, yapay zekâ, makineler arası iletişim (M2M)^[85], nesnelerin interneti, bilgisayarlı görü^[86], coğrafi bilgi sistemleri^[87] ve Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS)^[88] gibi bilgi tabanlı teknolojilerin yardımıyla tarımsal üretim yapılmasına verilen addır. Bu dönüşümle birlikte, tarım sektöründe yeni bir süreç ortaya çıkmış ve bu kapsamda bilgisayar destekli kontrol sistemleri, çeşitli yazılım ve donanım araçları, dijital sensörlerle donatılmış tarım makineleri ve tarım ekipmanları ile bunların birbiriyle iletişimi, görüntü işleme teknolojileri, coğrafi bilgi sistemleri, insansız hava araçlarının kullanımı gibi akıllı sistemlerin kurulması ve yaygınlaştırılması önem kazanmıştır^[83].

Akıllı tarım uygulamaları dünya genelinde çeşitli düzeylerde hayat bulmaya başlamıştır. Mobil şebekelerin yaygınlaşmasıyla en çok kullanılan akıllı tarım uygulamaları, hava durumu tahmin ve uyarı sistemleri olmuştur. Çiftçilerin büyük bir kısmı sonraki günler ve haftalar boyunca hava koşullarına dair bilgi almakta, aşırı iklim olaylarına karşı (şiddetli yağış, don, dolu vb.) verilen uyarılarla tedbir alabilmektedir. Çiftçiler akıllı telefonlarını, kameralar veya Radyo Frekans ile Tanımlama teknolojisi (RFID) sistemleriyle^[89] bitkilerini ve canlı hayvanlarını uzaktan izlemek için de kullanmaktadır. Daha ileri uygulamalar da mevcuttur: IBM’in gelişmiş yapay zekâ uygulaması “Watson Decision Platformu”, çok sayıda parametreyi analiz ederek çiftçilere yerel koşullara uygun tarım önerileri verebilmektedir^[90]. BM Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO) “Nuru” uygulaması ise bilgisayarlı görü teknolojisi kullanarak özellikle Afrika’daki çiftçileri tırtıl ve çekirge gibi zararlılara karşı uyarmakta ve olası mücadele yöntemleri önermektedir^[91]. Çin’de İHA’lar, 20 milyon hektar alanda ekili pamuğun izlenmesi, haşere ve zararlılardan korunması, gübre ve tarım ilaçlarının uygulamasında kullanıldığı gibi, sulama ve hasat zamanlaması hakkında bilgiler de sağlamaktadır^[92].

Ülkemizde de hem üniversitelerin hem de özel sektörün “akıllı tarım” alanında Ar-Ge faaliyetleri son yıllarda ivme kazanmıştır. Özellikle mobil şebeke operatörü firmaları, akıllı tarım geliştirme faaliyetlerinde oldukça aktiftir. Vodafone Türkiye ve tarım teknolojileri şirketi TABİT ortaklığıyla Aydın’da kurulan “Vodafone Akıllı Köyü” bunlara örnektir. Bu köyde sulama, bitkisel ve hayvansal üretim maliyetlerinin en az yüzde 10 düşürülmesi hedefiyle dijital tarım uygulamaları teşvik edilmektedir^[93]. Aynı şekilde “Vodafone Dijital Tarım” uygulaması, kullanıcılarına meteorolojik bilgi sunmakta, sulama ve gübreleme miktarı konusunda tavsiyelerde bulunmakta, hastalık ve zararlı erken uyarı hizmeti vermekte ve çiftliğin özel koşullarına (çiftliğin bulunduğu yerin mikro iklimi, toprak kalitesi, arazi topografyası, su kaynaklarına uzaklığı vb.) uygun ürün seçimi gibi birçok konuda kolaylık sağlamaktadır^[94]. Bir nesnelerin interneti uygulaması olan Turkcell Filiz ise, gerçek zamanlı toprak ve hava ölçüm cihazlarıyla çiftçiye sulama, gübreleme ve ilaçlama konularında anlık bilgi sağladığı gibi, gerektiğinde uzman ziraat

mühendisleriyle uzaktan danışmanlık hizmeti sunan bir uygulamadır^[95]. Türk Telekom ise ekili alanlar, seralar, su kaynakları ve canlı hayvan varlıklarının anlık takibi hizmetleri sunmaktadır^[96].

Akıllı tarım cihazları ve uygulama hizmetleri sunan mobil operatör dışı özel şirketlerin sayısı da artmaktadır. Doktor^[97], nesnelerin interneti, uydu verileri, büyük veri ve makine öğrenmesi ile çiftçilere dijital toprak analizinden, dijital haşere ve zararlı kontrolüne, ziraat mühendisi destek hattından anlık uydu verilerine kadar geniş bir yelpazede hizmet sunmaktadır. Tarım ve Sensör Sistemleri (TARSENS)^[98], uzak kızılötesi, termal ve multispektral kameralar ile bitkilerin gelişim ve sağlığını takip eden sensörler geliştirmiştir.

Tarıma yönelik teknolojilerin geliştirilmesinde kamu kurum ve kuruluşları da etkin rol oynamaya başlamıştır. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne (TAGEM) bağlı 48 araştırma enstitüsü, 28 ileri Ar-Ge merkezi ve 47 özel sektör Ar-Ge merkezi ve 32 gen bankasında^[99] akıllı tarım uygulamaları ile sulama ve gübrelemeye yönelik çalışmalar yürütülmektedir. TAGEM ayrıca hayvanların güvenilir olarak özelliklerinin belirlenmesi ve kayıt altına alınması amacıyla Küçükbaş Hayvan Islahına Yönelik Akıllı Ölçüm Platformu Prototipinin Geliştirilmesi Projesi^[100] yürütmektedir. Ayrıca bağcılıkta ilaçlama, gübreleme ve toprak işleme gibi faaliyetlerde kullanılmak üzere Bağcılığa Uygun Tarımsal Otonom Robot Projesi^[101] üzerinde çalışılmaktadır. Projelerde, hastalıkla mücadele de önemli yer tutmaktadır. Hastalık bulaşmış alanların ve hastalık şiddetinin tespiti amacıyla başlatılan Otonom İlaçlama Robotu Projesi, prototip aşamasını başarıyla geçmiştir^[102].

STM Savunma Teknolojileri, Mühendislik ve Ticaret A.Ş tarafından geliştirilmiş olan LAGARİ uydusu; sahada taktik görüntü ihtiyacının yakın gerçek zamanlı karşılanması, genel haritalama, orman ve bitki örtüsünün takibi, tarım alanlarının incelenmesi, afet takibi gibi amaçlara yönelik olarak görev yapacak keşif gözetleme takım uydusu sisteminin ilk uydusudur^[103].

LAGARİ Uydu Sistemi’nin sağlaması hedeflenen görüntü verilerinin özellikleri ve kapsanan spektral bantlar göz önüne alındığında, tarıma yönelik aşağıdaki uygulamalarda girdi olarak kullanılabilir:

- Ürün sınıflandırma ve seçilen bölgedeki ürün dağılımının belirlenmesi,
- Ürün gelişim durumunun izlenmesi, rekolte tahminleme,
- Gübreleme/ilaçlama ihtiyaçlarının incelenmesi, ilgili faaliyetlerin planlanması,
- Tarımsal sigortacılık faaliyetleri (tarım arazisi kullanım takibi, hasar tespiti vb.).

Son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan ve savaş meydanlarından yangınla mücadeleye kadar çeşitli alanlarda yararlanılan insansız hava araçları (İHA) tarımsal faaliyetlerde de ön plana çıkmaya başlamıştır. TAGEM ile ASELSAN işbirliğinde İHA’larla Görüntü İşleme Temelli Hassas Tarım Uygulamaları Projesi yürütülmektedir^[104]. Projeye toprak, kuraklık, gübre durumu, hasat tahmini,

rekolte hesabı ve farklı ürünler için bir kütüphane oluşturulmasına yönelik altyapı kurulması için çalışmalar sürmektedir. TAGEM ve ASELSAN ortaklığıyla gerçekleştirilen projelerde çiftlik yönetimi, bitki veriminin takibi, İHA ile görüntü işleme modellerinin geliştirilmesi gibi konularda çalışmalar yapılmaktadır^[104]. ASELSAN ayrıca, otonom tarım makinelerinin geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yürütmektedir^[105].

Akıllı tarım uygulamalarının verim, ürün kalitesi ve ürün çeşitliliğini artırarak, ürün israfı ve enerji kullanımını azaltıp çiftçi refahı üzerinde olumlu rolü olduğu gösterilmiştir. Yeni teknolojilerle çiftçinin ekonomik refahı artırıldığı gibi çalışma yükü de azalmıştır. Ayrıca akıllı tarım uygulamalarının, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de gençlerin şehirlere göçü ve tarımdan uzaklaşmasına çözüm olarak genç neslin çiftçiliğe entegrasyonunda önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir^[106].

Akıllı tarım uygulamalarının en önemli çevresel etkisinin suni gübre, kimyasal tarım ilaçları ve su kullanımının azalması olduğu gösterilmiştir. ABD’de yapılan hesaplamalara göre yeni teknoloji uygulamalarıyla mahsul üretiminde yüzde 4 artış sağlanırken, gübre kullanımında yüzde 7, tarım ilaçlarının kullanımında yüzde 9, fosil yakıt kullanımında yüzde 6 ve su kullanımında yüzde 4 azalma kaydedilmiştir^[107].

Teknolojinin tarımda etkisine en çarpıcı örneklerden biri Hollanda’nın deneyimidir. Yaklaşık 17,7 milyon nüfusa (Türkiye nüfusunun yaklaşık beşte biri^[108]) sahip olan ve sadece 12.824 kilometrekaresinde ekim yapılan (Türkiye’nin ekili arazilerinin yaklaşık 20’de biri/dünyada ekili alan miktarı açısından dünyada 108’inci sıradaki^[109]) Hollanda, 2021 yılında 100 milyar avrodan fazla^[110] tarımsal ürün ihracatı yapmıştır. Bu miktar Türkiye’nin 2021 yılı tarımsal ürün ihracatının^[111] üç katından fazladır. Bu yüksek tarımsal verimde, çiçek, süs bitkileri ve ilaç bitkisi yetiştiriciliği gibi yüksek katma değerli bitki yetiştiriciliğinin yanı sıra yüksek verimli hayvancılık sektörünün payı büyüktür. Hollanda’da tarımsal verimin yüksek oluşunun en önemli etmenlerinden biri, tarım teknolojilerinin yoğun olarak kullanılmasıdır. İleri tarım teknolojileri Hollanda’ya ekilebilir alanda az girdi ile maksimum verim alma olanağı sağlamaktadır.

Akıllı tarım, küresel gıda güvenliğinin sağlanması ve gıda sistemlerinin elastikiyetinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak ilk yatırım maliyeti yüksek olan, yetişmiş insan kaynağı ve bilişim teknolojileriyle destekli tarım yönetim sistemleri gerektiren akıllı tarımın dünya genelinde gelişiminin önünde birtakım engeller bulunmaktadır. Bunların başında akıllı tarım uygulamalarının omurgasını oluşturan mobil teknolojilerin, pek çok ülkede geniş tarım arazilerini kapsama alanına almaktan uzak ve/veya internet erişim hizmeti sunmayan eski nesil mobil hizmetleri^[112] olmasıdır. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerde internet hizmetlerine erişim ücretleri, satın alma güçleri ile kıyaslandığında yüksek kalmaktadır. Bu nedenle, ileri teknolojinin diğer alanlara uygulamasında olduğu gibi, akıllı tarımda dünya genelinde bir “dijital uçurum” olduğunu belirtmek mümkündür.

3.3 Hassas Tarım

Hassas tarım, gelişen teknolojilerin yardımıyla, neredeyse gerçek zamanlı gözlem ve ölçümlere dayanarak, ekinlerin ve çiftlik hayvanlarının verimini artırmaya, işçilik dahil maliyetleri düşürmeye ve tarım girdilerini optimize etmeye yardımcı olan bir tarımsal uygulamalar bütünüdür. Aynı zamanda hassas tarım, iş güvenliğini artırabilir, tarım ve çiftçilik uygulamalarının çevresel etkilerini azaltabilir, böylece tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir^[113].

Hassas tarımı akıllı tarımdan ayıran özellik hassas ölçümlere dayanmasıdır. Akıllı tarım çiftlik yönetimine odaklanırken hassas tarım tarla, sera ve hayvanların verimliliğini merkezine alır^[114]. Hassas tarımda, küresel konum belirleme sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri, değişken oranlı girdi uygulama ve uzaktan algılama sensörleri kritik önem taşımaktadır. Bu sistemler çiftçilere hangi alanda ve ne tür gübre kullanmaları gerektiğini, uygun hava koşullarını, bitkinin ihtiyacı olan mineralleri ve sulama miktarını, toprağın nem durumunu, tahmini hasat zamanını, hastalık ve zararlı tespitini ve bu tespit doğrultusunda hangi ilacın hangi dozlarda ve hangi hava koşullarında uygulanması gerektiği gibi konularda detaylı bilgi vermektedir^[115]. Hassas hayvancılık uygulamalarının hayvansal üretimde kullanılmasıyla bireysel olarak hayvan durumlarının (hareketlilik miktarı, su tüketimi, süt iletkenlik değeri, süt miktarı, vb.) sürekli izlenmesiyle etkin kararlar alınabilmekte, hayvan sağlığındaki olumsuz değişimlerin erken teşhis edilmesiyle gerekli sağlık önlemleri en kısa sürede alınabilmekte, sürü yönetimi uygulamalarının doğru ve zamanında yapılmasıyla hayvanların bireysel potansiyelinden en yüksek düzeyde yararlanılması sağlanarak sürdürülebilir ve üretken işletmecilik yapılmaktadır.

Hassas tarım, sağladığı yararlarından dolayı uluslararası kuruluşlar ve hükümetler tarafından teşvik edilmektedir. FAO’ya göre, iklim odaklı hassas tarım, gıda güvenliğini ve gelirleri sürdürülebilir bir şekilde artırmayı, potansiyel riskleri azaltmayı, faydaları yakalarken iklim değişikliğine karşı uyum sağlamayı ve esneklik kazandırmayı amaçlamakta^[116] ve bu nedenlerle teşvik edilmelidir.

Türkiye’de devlet destekli hassas tarım çalışmaları 2000’li yılların başında başlamıştır. İlk olarak 2002 yılında, Ankara Atatürk Orman Çiftliği’nde, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü (MAE) tarafından, “Hassas Tarım Teknikleri Kullanılarak Hububat Ekim Alanlarında Verime Etki Eden Değişkenliklerin Belirlenmesi” projesi yürütülmüştür. Bu projenin uygulamaya aktarılması amacıyla, “Çukurova’da Sulu Mısır Tarımında Uydu ve Bilgi Teknolojileri Destekli, Alana Özgü Değişken Oranlı Gübre Uygulaması ve İşletimi” projesi başlatılmış, üç yıl devam eden çalışma sonuçlarına göre; taban gübresinden ortalama yüzde 40, üst gübreden ise yüzde 5-22 arasında tasarruf sağlanmıştır^[83]. Hâlen Konya ve Konya gibi erozyon ve kuraklıkla mücadele eden iller başta olmak üzere yurdun çeşitli bölgelerinde hassas tarım yaygınlaştırma çalışmaları yürütülmektedir.



Hassas tarım uygulamalarının küresel tarım sektöründeki payı oldukça düşüktür. Tahminlere göre küresel hassas tarım pazarının büyüklüğü 2021 yılında yaklaşık 8 milyar dolardır^[117]. Bu miktar yaklaşık 11 trilyon dolar olduğu tahmin edilen^[118] küresel tarım sektörünün çok küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Hassas tarımın yaygınlaşmamasının başlıca nedenleri, gerekli telekomünikasyon altyapısındaki yetersizlikler ve ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşudur. Türkiye’de yapılan bir araştırmaya göre, verimli topraklara sahip Çukurova koşullarında, mısır tarımında değişken oranlı gübre uygulama sistemlerinin maliyetinin, bir yılda karşılanması için en az 160 hektar alanda uygulanması gereklidir^[83]. Buna karşılık FAO, dünyadaki tarım işletmelerinin yaklaşık yüzde 80’inin 10 hektar ve daha az alanda tarım yapan ailelerden oluştuğunu belirtmektedir^[119]. AB için hazırlanan bir raporda da bu durumun altı çizilmiş ve uygulamanın yaygınlaşması için “Küçük ve orta ölçekli çiftlikler için tasarlanmış hassas tarım araçlarına ihtiyaç vardır” tespitinde bulunulmuştur. Rapora göre hassas tarım ekipmanlarının kullanımı kolay, uygun fiyatlı ve sağlam olmalıdır. Ayrıca küçük ve orta ölçekli çiftliklerin ihtiyaçlarını karşılamak için hassas tarım konusunda uzman ekiplerce verilen danışmanlık hizmetleri geliştirilmelidir^[120]. Dünya genelinde tarım işletmelerinin küçük olması, hassas tarımın yaygınlaşması için kamu, üniversiteler ve özel sektör işbirliği ile araştırmalarının, hukuki ve örgütsel düzenlemelerin ve altyapı çalışmalarının desteklenerek çiftçilere uygun çözümler sunulmasını zorunlu kılmaktadır.

3.4 Onarıcı Tarım

Son yıllarda özellikle akademik çevrelerde, çevre aktivistleri ve bazı uluslararası gıda şirketleri arasında gözde hâle gelen bir kavram da onarıcı tarımdır (regenerative agriculture). Onarıcı tarımın üzerinde uzlaşmış bir tanımı bulunmamaktadır^[121]. Buna karşılık getirilen tanımların ortak noktaları bulunmaktadır. Bu ortak noktalardan onarıcı tarımın, endüstriyel yoğun tarım uygulamaları, aşırı sulama, aşırı ilaçlama, suni gübre kullanımı ve diğer insan kaynaklı hatalı uygulamalara son verecek bir yöntem olarak görüldüğü anlaşılmaktadır. Savunucularına göre bu yöntem, erozyon, sel ve diğer iklim ve doğal koşullardan kaynaklanan verimli toprak kaybı sürecini durdurup eskiye dönülmesini ve hatta daha verimli hâle getirilmesini sağlayabilir. Onarıcı tarımın ayrıca biyolojik çeşitliliği artıran, doğal karbon yakalama ve depolanmasını sağlayabilecek bir tarım uygulamaları bütünü olarak algılandığı anlaşılmaktadır.

Onarıcı tarım için önerilen yöntemler ve tutumlardan bazılarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür^[121]:

- Toprak tarım makineleriyle sürülmemeli veya asgari seviyede sürülmelidir.
- Toprak üzerinde bitki örtüsü olmadan açık tutulmalı ve uygunsa toprağın mikroorganizmalarını artırıp haşere ve zararlı otları uzak tutan “örtü bitkileri”^[122] kullanılmalıdır.
- Ekim nöbeti^[123] yöntemi uygulanmalı ve biyolojik çeşitlilik için farklı ekinler tercih edilmelidir.

- Tarlaya ağaçlar ve/veya çok yıllık bitkiler de ekilmelidir.
- Tarlada çiftlik hayvanlarının düzenli ve hareketli şekilde (tarla hayvan entegrasyonu)^[124] otlaması ve dolayısıyla doğal gübre alması sağlanmalıdır.
- Çiftlik dışı tarım girdileri (sentetik tarım ilacı, kimyasallar, suni gübre vb.) azaltılmalı veya hiç kullanılmamalı, çiftlikte elde edilen girdiler kullanılmalı ve organik tarım yöntemlerine başvurulmalıdır.

“Ekolojik ve doğal ilkelere uygun” olduğu belirtilen bu yöntemlerin aşağıdaki sonuçları getireceği belirtilmektedir^[125]:

- Ekosistem sağlığı iyileşecektir.
- Biyoçeşitlilik artacaktır.
- Ekili araziler yakınlarındaki temiz su kaynaklarının miktarı artacak ya da kirlenmesi önlenecektir.
- Üst toprak kalınlığı, toprağın kuraklığa ve aşırı iklim olaylarına direnci, yararlı mikroorganizma miktarı ve toprak verimi artacaktır.
- Topraklar daha fazla CO₂ tutacak (tahminlere göre onarıcı tarım ile 2050 yılına kadar 14,52–22,27 gigaton arasında CO₂ tutulabilecek^[126] ve tarım kaynaklı sera gazı emisyonu azalacaktır.
- Mahsulün sağlığı, tarımın elastikiyeti ve verimi artacak ve dolayısıyla çiftçilere daha fazla refah sağlayacaktır.
- Gıda güvenliği, gıda sağlığı iyileşecek, dolayısıyla insan sağlığına olumlu katkı sağlanacaktır.

Onarıcı tarım gelişen bir kavramdır ve henüz dünya genelinde hükümetlerin tarım ve gıda politikalarında doğrudan yansımaları bulunmamıştır. Ancak 2050 yılına kadar, iklim değişikliğinin toprak üzerinde etkileri arttıkça onarıcı tarım uygulamalarının tarım ve gıda programlarının öncelikleri arasına girmesi mümkündür. Zira yapılan çalışmalara göre, dünya genelinde bir milyar hektarın üzerinde tarım arazisinin çoraklaştığı tahmin edilmektedir^[127]. Türkiye’de ise, çölleşmeye meyilli yarı-kurak ve kuru/yarı-nemli araziler, ülke topraklarının yüzde 35’ini oluşturmaktadır; yarı-nemli iklim şartları ile beraber bu oran yaklaşık yüzde 60’a ulaşmaktadır^[128].

Ülkemizde tarım arazilerinin çoraklaşmasının önüne geçilmesi uzaktan algılama uyduları, coğrafi bilgi sistemleri ve diğer gelişmiş teknolojilerle erozyon ve toprak kaybıyla mücadele için Dinamik Erozyon Modeli ve İzleme Sistemi^[129], Havza İzleme ve Değerlendirme Sistemi^[130], Çölleşme İzleme Sistemleri^[131], Toprak Organik Karbon Projesi^[132] ve Ulusal Dinamik Rüzgâr Erozyonu Modeli ve İzleme Sistemi geliştirilmiştir. Yapılan döküm ve haritalandırma çalışmaları sonucu rüzgâr ve su erozyonunun yanı sıra çoraklaşma riskleri altındaki bölgeler belirlenmiş, erozyon önleme çalışmaları ve toprağın üst katmanlarının veriminin artırılması için karbon yutak projeleri başlatılmıştır^[133].

Türkiye’de onarıcı tarımın yaygınlaşmasını sağlamak amacıyla Sivil Toplum Kuruluşları (STK) da ortaya çıkmaya başlamıştır. Anadolu Meraları hareketi bunlardan biridir. Uluslararası Savoy Enstitüsü ile bağlantılı olan STK, Türkiye’de çiftçileri onarıcı tarıma özendirmek için

gönüllüler, gıda şirketleri ve ilgili kamu kurum ve kuruluşları ile işbirliği yapmaktadır. Anadolu Meraları, uzun dönemli gözlemler ve takiplerle onarıcı tarımın getirilerinin doğrulanması için de girişim başlatmıştır^[134].

Toprak verimliliğini artırmak, bitkilerin dengeli bir şekilde beslenmesini sağlamak, toprak kalitesini korumak, toprak kalitesini geliştirmek, toprak mikroorganizmalarının tarımda kullanımını artırmak için kamu ile üniversitelerin ortak araştırma ve denemeleri sürmektedir^[135]. Aynı şekilde, nano-sulama, nano-gübre, nano-ilaçlama ve nano-partiküllerle (çinko, fosfat, mangan vb.) toprağın ihtiyaç duyduğu maddelerin hassas, toprağın kalitesine zarar vermeden ve suyu koruyarak karşılanmasına yönelik çalışmalar yürütülmektedir^[136].

3.5 Tarımda Yerelleşme, Şehir Tarımı ve Dikey Tarım

Dünya genelinde gıda tedarikinde yerelleşme bir tercih olmaktan çıkmaktadır. COVID-19 pandemisinin ardından Rusya Ukrayna Savaşı ülkelerin gıda tedarikinde uluslararası tedarik zincirlerine bağımlılığın ne kadar büyük bir risk olduğunu açıkça orta koymuştur. En basit ifadeyle belli bir ülkenin gıda ihtiyaçlarını özkaynaklarından daha fazla tedarik etmesi olan “gıdada yerelleşme” gıda tedarik zincirlerinin olabildiğince kısaltılmasını gerektirmektedir^[137].

Tarımın yeniden yerelleştirilmesi, ulusal gıda güvenliğini artıracak gibi yerel çiftçilerin ekonomik refahının da artmasına katkı sağlayacaktır. Öte yandan ulusal sınırlar içinde gıda tedarik zincirinde araçların çokluğu, çiftçilerin yeniden yerelleşmeden sağlayacağı refah artışını kısıtlayacaktır. Bu nedenle gıda tedarik zincirlerinin ülke sınırları içinde de kısaltılması, üreticilerle tüketicilerin olabildiğince birbirine yaklaştırılması gerektiği görüşü giderek daha fazla destek bulmaktadır.

Gıda tedarik zincirinin kısaltılması için önerilen yöntemlerden biri kent tarımının desteklenmesidir. Kentsel tarım, “kent içi ve çeperinde, o kentin sosyal ve ekonomik kaynaklarını yeniden kullanarak, yine o kentin ihtiyacını sağlayacak gıda ürünlerini yetiştirip işlemek ve dağıtmak” olarak tanımlanmaktadır^[138]. Dünya genelinde çok sayıda şehir sakininin kentin çeperlerindeki topraklarda; kentin içinde ise seralarda, rekreasyon alanlarında, yapıların teraslarında, çatılarında ve balkonlarında kentsel tarım faaliyeti yürüttüğü bilinmektedir. FAO’nun 1996 yılından kalan bir verisine göre dünya genelinde 800 milyondan fazla kişi şehir tarımı yapmaktadır^[138]. Ancak daha yakın tarihli bir bilimsel çalışmada bu sayının 100 ila 200 milyon arasında olduğunu tahmin edilmektedir^[139].

Kentsel tarımla ilgilenen nüfusun artması için özendirici koşullar mevcuttur. Dünya genelinde kentsel nüfusun artması, kentleşmenin tarım arazilerini giderek daha fazla yok etmesi ve sulak alanlarda kirlilik ve aşırı tüketim baskısı yaratmıştır. Küresel gıda üretiminin yaklaşık yüzde 80’ini tüketen kentliler^[138] gıda maddelerini, özellikle taze meyve ve sebze ihtiyacını giderek daha uzak merkezlerden edinmek zorunda kalmakta ve bu da kentlerde yüksek gıda fiyatlarına ve zaman zaman tedarik zincirinde aksamalara yol açmaktadır. Gıda lojistiğinin yol açtığı

çevre kirliliği ve sera gazı emisyonları da başka bir olumsuz etkidir. Örneğin 16 milyondan fazla nüfusu olan İstanbul'un gıda ihtiyacı 81 ilin 77'sinden karşılanmaktadır. Tahminlere göre gıda maddelerinin yüzlerce kilometrelik mesafelerden taşınması yüz binlerce ton CO₂ salımına neden olmaktadır^[140].

Bunun yanı sıra COVID-19 pandemisi de kentsel tarımın önemini bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Pandemi tedbirleri kapsamında kentsel hareketliliğe getirilen kısıtlamalarla birlikte insanlar kentsel alanlarda gıda üretimiyle ilgilenmeye yönelmektedir. Türkiye de şehir tarımı potansiyeli yüksek ülkelerden biridir. Büyük ve orta büyüklükteki kentlerin önemli bölümünde tarım alanlarının, orman ve fundalıkların ve çayır ve meraların dağılımı farklılık göstermekte; ancak toplamda il topraklarının en önemli bölümünü oluşturmaktadır. Söz konusu oran Hatay'da yüzde 98,5'i, Antalya'da yüzde 97,4'ü ve Balıkesir'de yüzde 96'yı bulmaktadır^[141]. Kentsel alan içinde tarım ise özellikle İstanbul ve Ankara'da belediyeler, sivil toplum örgütleri ve özel sektör kuruluşlarının teşviki ile kurulan kent bahçeleri, bostanlar ve hobi bahçeleri ile yaygınlaşmaktadır.

Şehir tarımı, şehirlerdeki yeşil alanların genişletilmesi, hava kalitesinin iyileşmesine ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Şehir tarımı hobi ve sosyalleşme olanağı sağladığı gibi, istihdam ve ek gelir kaynağı da yaratmaktadır. Bununla birlikte, tek başına şehir tarımının kentsel nüfusu tamamen sürdürmeyeceği açıktır, bunun yerine sürdürülebilir uygulamalar yoluyla şehirlerin gıda arzını güvence altına almak için kentsel ve kırsal tarım arasında bir dengeye ulaşılmalıdır.

Kentlerin çeperlerinde tarım arazilerinin kısıtlı olduğu gelişmiş ülkelerin kentlerinde ise dikey tarım uygulamaları hızla yaygınlaşmaktadır. Öyle ki, 2021 yılında 4,22 milyar dolar büyüklüğünde olduğu tahmin edilen küresel dikey tarım pazarının 2030 yılına kadar yılda ortalama yüzde 24,9 büyümeyle 31,22 milyar dolara ulaşması beklenmektedir^[142]. İstanbul'da da bir Kapalı Dikey Tarım uygulama merkezi Aralık 2022'de faaliyete geçmiştir^[140]. Dikey tarım, aydınlatma, sıcaklık ve besin maddeleri gibi faktörlerin hassas bir şekilde kontrol edilebildiği ve yönetilebildiği bir iç mekân mahsul yetiştiriciliğine imkân tanıyan bir şehir tarımı tekniğidir^[143]. Dikey tarım toprağa bağımlı olmadan her yerde tarımsal üretim olanağı sağlamaktadır. Çatı üstlerinde, güneş ışığı ve iklim koşullarına bağlı olarak da yapıldığı gibi kapalı alanda doğal güneş ışığı almadan, LED bitki aydınlatma teknolojisi ile de yapılabilir. Dikey tarım pazara yakın, yerel üretim olanağı sağlar. Sistemde kullanılan teknikler üretilen ürünlerde yüzde 90 oranında hasat almayı ve mahsul kayıplarının önüne geçilmesini sağlar^[144].

Dikey tarım çevre dostudur, biyolojik çeşitlilik üzerinde herhangi bir olumsuzluğu yoktur. Geleneksel yatay tarım yüzyıllar boyunca ormanlık alanlar, çayırlar ve meraların aleyhine büyümüş, bu da ekolojiye büyük zararlar vermiştir. Geniş yatay alan gerektirmeyen, kentsel küçük alanlara sığabilen, böylece geleneksel kırsal çiftliklerin daha fazla yayılmasına olan ihtiyacı potansiyel olarak ortadan kaldıran dikey tarım, toprağın korunmasının yanı

sıra gerekli tatlı su miktarını geleneksel tarım yöntemlerine kıyasla yüzde 95'e varan oranlarda azaltmaktadır^[144]. İklim kontrollü iç mekânlarda yapılan dikey tarımda haşere enfeksiyonu riski az olduğu için kimyasal madde kullanımı da asgari seviyededir^[143]. Dikey tarım birim alanda verimi diğer yöntemlere kıyasla katbekat artırmaktadır.

Buna karşılık dikey tarımda ilk yatırım maliyeti yüksektir ve çoğu zaman yüksek enerji sarfiyatı gerektirmektedir. Dikey tarımda ölçek yakalanmak isteniyorsa geniş yapılar, LED aydınlatmaya ve güçlü klima sistemlerine ihtiyaç olacaktır. Örneğin 10 katlı bir "dikey çiftlik", kırsaldaki geleneksel bir çiftlikten 850 kat daha pahalıya mal olabilir^[145]. Ayrıca bu enerji taleplerini karşılamak için yenilenemeyen enerji kullanılırsa dikey çiftlikler geleneksel çiftliklerden veya seralardan daha fazla sera gazı üretebilir.

Dikey tarım için farklı yöntemler kullanılmaktadır ve teknolojisi sürekli olarak geliştirilmektedir. Günümüzde gelişmişlik, karmaşıklık ve maliyet seviyelerine göre değişen farklı dikey tarım teknikleri arasından seçim yapmak mümkündür.

3.5.1 Hidroponik

Hidroponik, topraksız ve köklere özel karışım su püskürtülen veya besin solüsyonları içinde dikey tarım yöntemidir. Hidroponik sistemlerde bitkilerin kökleri azot, fosfor, kükürt, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi besinleri içeren sıvı solüsyonlara daldırılır. Ayrıca kökleri desteklemek için toprak ikameleri olarak çakıl, kum ve talaş ortamlar kullanılır. Bu yöntem, toprak kaynaklı hastalık olasılığını ortadan kaldırır ve bitkilerin daha hızlı büyümesini teşvik eden nispeten kolay bir tekniktir. Bununla birlikte, sulama için gereken su miktarını azaltırken, haşerelerin bitkilere bulaşmasını önler (ancak topraktan daha hızlı yayılabilen ve tüm verimi yok edebilen su kaynaklı hastalık olasılığını ortadan kaldırmaz). Hidroponik yöntem bazı ürünlerde yüksek verim sağlamaktadır. Örneğin, hidroponik çiftliklerden elde edilen marul veriminin geleneksel yöntemlere göre 11 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir^[146]. Bu yöntemde enerji sarfiyatı yüksektir ancak yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrikle çalışan hidroponik sistemler, ısıtılmalı seralardan ve açık tarla çiftliklerinden daha iyi performans gösterebilir.

3.5.2 Aeroponik

ABD'nin uzay ajansı NASA'nın 1990'larda uzayda bitki yetiştirmek amacıyla geliştirdiği^[145] aeroponik, toprak gerektirmeyen, ancak hidroponikten farklı olarak, gerekli besinleri sağlamak için bitkilerin köklerine su, gübre ve besin maddeleri püskürtülen bir başka dikey tarım yöntemidir. İnce su tabakası bitkiler için bir tampon görevi görür ve köklere oksijen verilmesini sağlar. Sistemde düşük kaliteli su bile kullanılabilir. Bu sistem ayrıca toprak kaynaklı hastalıkları ortadan kaldırdığı gibi, hidroponik yöntemde hâlâ bir olasılık olan su kaynaklı hastalık sorununu da çözmektedir. Bu yöntem, hidroponikten bile daha az (geleneksel tarım yöntemlerinden %95 daha az) su gerektirir, bu da onu su kıtlığı yaşayan şehirlerde geçerli bir çözüm hâline

getirmektedir^[143]. Bir araştırma, aeroponik sistemlerde patates gibi ekinlerde, tarla üretimine kıyasla 10’da bir, hatta 30’da bir oranında suya ihtiyaç olduğunu belirlemiştir^[143]. Aeroponik sistemlerde fotosentez için gerekli güneş ışığı yerine LED aydınlatma sistemleri kullanılmaktadır. Bu da enerji tasarrufu sağlamaktadır.

3.5.3 Akuaponik

Dikey tarımın bir başka biçimi, su ürünleri (balık, kerevit, karides vb.) yetiştiriciliği ve hidroponik sistemleri birleştiren akuaponiktir. Bu sistemin temel avantajı, ikisi arasında paylaşılan su yoluyla besin alışverişini yaratan balık ve mahsul çiftçiliğinin entegrasyonudur. Bu sistemdeki temel amaç su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan suyun kirlilik yükünün azaltılması ya da tamamen yok edilmesidir. Balık yetiştiriciliğinde kullanılan su besleyici ve element bakımından oldukça zengindir. Bu suyun hidroponik sistemlere verilmesiyle bitkiler besleyici elementlerden yararlanır. Su, bitkiler tarafından filtrelenir ve böylece suyun kirlilik yükü azalmış olur^[144]. Dolayısıyla sistem, su tüketimini artırmadan bitki ve balıkların aynı anda büyümesini sağlar^[143]. Bu sistemin en önemli dezavantajı yüksek enerji tüketimidir. Bu nedenle, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik için daha az enerji ve su talep bileşenine sahip bir sistem tasarlamak gerekmektedir^[143].

3.5.4 Digeponik

Henüz gelişim safhasında olan bir dikey tarım sistemi olan digeponik, üretimde gıda ve bitki atıklarını kullanarak çifte yarar sağlamayı amaçlamaktadır. Bu sistemlerde, oksijensiz ortamda çürümeyi sağlayan anaerobik bakteriler kullanılarak, gıda ve bitki atıkları çürütülmekte, besin içeren ve biyogübre olarak kullanılabilen katı ve sıvı parçacıklardan oluşan sindirim ürünleri (digestate) hâline getirilmektedir. Bu sindirim ürünleri daha sonra hidroponik sistemlere verilmektedir^[143]. Bu yöntemle tarımda “gıdadan gıdaya” döngüselliğin sağlanabileceği belirtilmektedir^[146].

4. GIDA ÜRETİMİNİN YENİ YÖNTEMLERİ

Yeterli ve sağlıklı beslenme sağlanması çağımızın en önemli sorunlarından biridir. Dünya nüfusu artarken milyonlarca kişi açlık ile karşı karşıyadır. Öte yandan gelişmiş ülkelerde düşük kaliteli beslenmenin büyük rol oynadığı obezite, kalp ve damar hastalıkları, diyabet ve benzeri kronik sağlık sorunları görülmektedir. 2050 yılına kadar kaliteli gıda üretiminin artmasını sağlamak için üzerinde durulan yöntemlerden biri de tarım dışı gıda üretim yöntemlerine başvurulmasıdır. Biyoteknoloji, katmanlı imalat ve diğer çığır açıcı teknolojiler, tarla dışında, laboratuvar ortamında veya başka kontrollü ortamlarda bitkisel veya hayvansal olmayan gıda ürünleri üretimini mümkün kılmaya başlamıştır. Bunların dışında dünya genelinde sayısı giderek artan start-up’lar inovatif çözümlerle gıda israfını önleyecek ve gıda atıklarını yeniden kazandıracak çözümler geliştirmektedirler.

4.1 Hücresel Tarım

Hücresel tarım, tarımsal ürünlerin bitkilerden veya hayvanlardan ziyade bunların hücre kültürlerinden üretilmesi olarak tanımlanmaktadır^[147]. Bu yöntemde, et ve diğer tarım ürünlerinin bir çiftlikte doğrudan çiftlik hayvanlarından elde edilmesi yerine hayvanın vücudunun doğal ortamının laboratuvar ortamında taklit edilerek hücrelerden elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Hücresel et üretiminde, araştırmacılar bir hayvandan (inek, domuz, tavuk ve deniz canlıları) kök hücreler almakta ve ardından bunları “kültürlü et” üretmek için biyoreaktör^[148] adı verilen kapalı ve kontrollü yetiştirme ortamına koymaktadır. Belirli bir türden alınan doku hücreleri, büyümeyi teşvik eden, hücreler büyürken onlara besin sağlayan bir ortam yaratan serumla birlikte bir biyolojik yapı iskeletinin üzerine yerleştirilmektedir^[149].

Ancak hücresel tarımı, tarım biyoteknolojisi ile karıştırmamak gereklidir. Tarım biyoteknolojisi, bitki ve hayvanların mevcut çevresel değişikliklere ve koşullara daha dirençli hâle gelmesi veya istenilen niteliklere ulaşması için gen ile oynama (genetic modification) veya gen düzenleme (gen editing) gibi tekniklere başvurulmasıdır. Bitki biyoteknolojisi, bitkilerde verim ve kaliteyi artırma, kuraklığa, tuzlanmaya ve diğer aşırı stres faktörlerine karşı dayanıklı hâle getirme^[143]; hayvan biyoteknolojisi ise hayvansal ürünlerin kalitesini artırma, suni dölleme, embriyo transferi, hayvan hastalıklarının daha ucuz ve kolay bir şekilde teşhis ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi konularında olumlu katkılar sağlamaktadır^[150]. Ancak tarım ve gıdada biyoteknolojik müdahaleler tartışmalı bir konudur ve bu tekniklere başvurulmasına karşı çıkanlar giderek artmaktadır^[151].

Doku mühendisliğine dayanan hücresel tarımda biyoteknolojik gen transferi gibi müdahaleler sınırlıdır. Hücre kültüründen hasat edilen ürünler, bir hayvandan veya bitkiden hasat edilen ürünlerle tamamen aynıdır; tek fark nasıl yapıldıklarıdır.

Hücresel tarım, genellikle bir organizmanın dışında iskelet kası dokusu geliştirilmesine olanak tanır. Şimdiye kadar yürütülen çalışmalarda henüz bir biftek veya balık eti geliştirilmemiştir. Ancak hamburger^[152], tavuk nugget^[153] ve köfte^[154] gibi işlenmiş etler olumlu yorumlar almıştır ve bunların birkaç yıl içinde piyasaya çıkması beklenmektedir. Hücresel tarımda dokular, doku mühendisliği adı verilen bir süreçte vücut dışında yapılır.

Örneğin hücresel süt üretiminde, çeşitli bakterilerden elde edilen süt mayası kullanılmaktadır. Maya, bir süt proteini olan kazeinin genlerine zerk edilir ve genler değiştirilir. Tüm hücreler aynı genetik kodu okuduğundan, artık maya, kazeini ineklerin sütlerinde yaptıkları kazeinle aynı hâle getirir^[149].

Araştırmalar hücresel tarımın günümüz tarımı ve gıda üretiminin temel sorunlarına çözüm sunabileceğini göstermektedir. Yeni bir teknoloji olan ve henüz gelişim safhasında olan hücresel tarım, insanların daha az toprakta daha fazla gıda üretmesine izin verebilecek önemli ve belki de devrim niteliğinde bir teknolojidir^[147]. Hücresel tarım ürünleri, geleneksel muadillerine kıyasla daha az



çevresel etkiye, daha güvenli, daha saf bir ürüne ve daha tutarlı bir tedarik saha sahiptir. Bunun nedeni, ürünün güvenli, steril, kontrollü koşullarda üretilmesidir^[155].

Hücresele tarım, sera gazı emisyonu oluşturma bakımından değerlendirildiğinde, sığır eti üretiminde yüzde 96, süt ürünleri üretiminde yüzde 65, kümes hayvanı eti üretiminde yüzde 74, domuz eti üretiminde yüzde 85, deniz ürünleri üretiminde yüzde 59 ve genel olarak yüzde 76 daha az sera gazı emisyonu üretebilir^[147].

Hücresele tarım, daha besleyici, daha dayanıklı, atık üretmeyen, istenilen niteliklerde gıda ve tekstil hammadde tasarlanmasına da imkân tanımaktadır. Örneğin, daha az doymuş yağ ve daha fazla doymamış yağ içeren et yapılabilir veya tekstil için farklı kalınlıklarda deri üretilebilir. Laktozsuz süt veya kolesterolsüz yumurta yapmak da mümkündür. Ayrıca hücresele tarım, özellikle et ve protein alternatifleri üreterek küresel hayvancılık sektörünün ekolojik (metan gazı salımı, çevresel bozulma, ormansızlaştırma vb.) ve etik (hayvan kesimine karşı tepkiler, çiftlik hayvanlarında hormon ve antibiyotik kullanımı vb.) sorunlarına da yanıt verebilir^[155].

Söz konusu avantajlarından ötürü hücresele tarım dünyada hızla yayılmaktadır. Çoğunlukla “temiz et” üretmek için kurulan start-up şirketleri, tahminlere göre 2021 yılı sonu itibarıyla 130 milyar dolardan fazla büyüklüğe sahip bir pazarın ortaya çıkmasına yol açmıştır^[156]. Söz konusu pazarın 2030 yılına kadar yıllık ortalama yüzde 16 büyümeye ile 500 milyar doların üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir. Süreçte hücresele tarım ürünlerinin çeşitlenmesini ve kabul göreceğini de tahmin etmek mümkündür. Örneğin ABD Gıda ve İlaç Dairesi hücre tarımıyla üretilen tavuk etine onay vermiştir^[157]. Hücre tarımı şirketleri bitkisel hücrelerden et (protein) alternatifleri de üretmeye başlamıştır^[158].

Hücresele tarım, henüz gelişim aşamasındaki tüm yeni teknolojiler gibi yüksek maliyet ve ölçek sorunları ile karşı karşıyadır. Ancak zamanla bu sorunların aşılacağı ve hücresele tarım ürünlerinin fiyatlarının uygun hâle geleceği ifade edilmektedir^[155].

Hücresele tarımın gelişimine yönelik esas tehdit ise bu teknikte elde edilen gıdaların neden olacağı olası sağlık sorunlarıdır. Hücresele tarım ürünlerinin kanser, enfeksiyon ve gıda alerjisi gibi olası sağlık sorunlarına yol açmadığının yakından takip edilmesi gerekecektir^[159].

4.2 Katmanlı İmalatla Gıda Üretimi

Üç boyutlu yazıcılar olarak tanıtılan, ancak kabiliyetlerinin artmasıyla “katmanlı imalat” olarak anılan üretim teknolojisi pek çok alanda olduğu gibi gıda sektöründe de ilgiyle karşılanmıştır. Ancak ilk girişimler genellikle çeşitli malzemeler kullanarak kişiye özel gıda maddelerinin katmanlı olarak üretilmesi şeklinde olmuştur. Örneğin Nanotek Instruments şirketi, müşteri tarafından tasarlanabilen bir doğum günü pastası ile üç boyutlu gıda nesnelerinin üretilebilmesi için bir hızlı prototipleme patenti almıştır^[160]. Nico Kläber, Electrolux Design Lab 2009 yarışmasında bir moleküler konsept tasarımı ile çıkmış ve küçük bir robot kolu kullanarak çok malzemeli özelleştirilmiş yiyecekler imal etmiştir^[161].

Üç boyutlu yazıcılar şimdiye dek daha çok kültürel veya sosyal amaçlarla gıda üretiminde kullanılmıştır. Ancak bazı yeni start-up şirketleri, bu teknolojiyi insanların beslenme alışkanlıklarında iklim dostu ve sağlıklı bir çözüm için kullanarak önemli bir atılımın habercisi olmuşlardır. Merkezi İspanya'nın Barselona kentinde bulunan Novameat^[162], üç boyutlu yazıcılarla bitki hücrelerinden elde edilen (bitkisel bazlı) ancak görünüş ve tat itibarıyla bir biftekten farklı olmayan “bitki bazlı et” üretmiştir.

Katolanya Politeknik Üniversitesinde 10 yıldan daha fazla süren “biyobaskı” çalışmasının sonucu olan Novameat, yanık tedavisi gibi çeşitli tedaviler için gerekli insan dokusunun üç boyutlu yazıcılarla geliştirilmesine yönelik daha önce gerçekleştirilen çalışmalara dayanmaktadır. Ancak burada et üretimi, bitki veya hayvan kök hücrelerinin kullanıldığı hücresel tarımdan farklıdır: Bitkisel kök hücreleri yerine bitkisel özler kullanılmaktadır. Bitkisel özleri içeren karışımlar biyomürekkep^[163] adı verilen ve yine üç boyutlu yazıcı ile üretilen bitki özlü hücre çeperi şeklindeki yapıların içine şırıngalarla zerk edilmektedir. Karışım, et parçasını katman katman oluşturan baskı mikro-filamentlerine dönüştürülmektedir^[164]. Bu yöntemle yarım saat ile 50 dakika süre zarfında 100 gram “bitkisel et” üretilbildiği ve maliyetin bir doların altında olduğu belirtilmektedir^[164].

Bitki bazlı et üretiminin artması pek çok açıdan devrimsel nitelikte değişimlere neden olabilir. Birleşmiş Milletler, daha 2010 yılında yayınlanan bir raporunda, mevcut tüketim eğilimleri sürerse 2050 yılına kadar 2010 yılına kıyasla yüzde 70 daha fazla et üretilmesi gerektiğine dikkat çekmiş ve hayvancılık kaynaklı sera gazı emisyonlarının azalması, ormansızlaştırmanın önüne geçilmesi, tatlı su kaynaklarının korunması, hormon ve antibiyotik kullanımı ile sağlıksız et ve süt ürünleri üretimine son verilmesi gibi olumsuzluklarla mücadele için en etkili yöntemin “etsiz beslenme” olacağını bildirmiştir^[165]. Dünya genelinde hayvan kaynaklı gıdaları tüketmekten uzak duran, vegan ve vejetaryen beslenme tarzını tercih edenlerin oranı hızla artmaktadır^[166]. Ancak etsiz beslenmenin daha da yaygınlaşması için protein tüketmek isteyenlere de bitki bazlı ürünler sunulması gereklidir. Bu açıdan üç boyutlu yazıcılarla üretilen “et taklidi” besinlerin daha fazla üretilmesi isabetli olacaktır.

4.3 Akıllı Gıda

Gıda alanında yeni bir eğilim “akıllı” gıdalardır. Akıllı gıda, yeni bir gıda üretim yöntemi değildir, ancak var olan gıdaların “en sağlıklı” ve “en sürdürülebilir” şekilde tüketilmesine odaklanmaktadır. Akıllı gıdalar çeşitli yoğun karışımlarla kişinin bir öğünde gereksinimi olan tüm besinleri sağlama iddiasındadır. Örneğin Fransız akıllı gıda start-up’ı Vitaline’in ürünlerinin 400 kalori veren bir porsiyonunda 30 farklı doğal ürün, 19 gram protein, zengin antioksidanlar ve Omega-3 bulunduğu belirtilmektedir. Akıllı ürünler toz, içecek ve bar şeklinde olabilmektedir. Toz ürünler süt ve diğer sıvılarıyla karıştırılarak içilebilir karışımlar elde edilebilmektedir.

Sayısı giderek artan akıllı gıda üreticilerine göre, söz konusu ürünler, sağlıklı ve hızlı tüketilebilen hazır gıdalardır, dolayısıyla sağlık sorunlarının ve gıdaya erişimde sıkıntılarının arttığı günümüzde sürdürülebilir gıda sistemi olarak alternatif oluşturabilirler. Akıllı gıdalar, farklı bitkisel kaynaklardan en uygun karışımları elde ederken, biyolojik çeşitliliği desteklemekte, gıda tedarik zincirinde kayıpları, özellikle gıda atıklarını en az seviyeye indirmeye yardımcı olmaktadır^[167].

4.4 Gıdada Geridönüşüm

Gıda sistemlerini döngüsel hâle getirerek gıda arz güvenliğine önemli katkı sağlayabilecek bir yöntem ise atık gıdaları geri dönüştürerek yeni gıdalar elde edilmesidir. Gıda geridönüşümünün pek çok yararı vardır. Bunların başında gıda atıklarının azaltılması gelmektedir. Tahminlere göre günümüzde üretilen gıdaların üçte birinin (yılda 2,1 milyar ton) sonu çöplük olmaktadır^[168]. Organik atıklar en büyük sera gazı emisyonu kaynaklarından biridir. Sadece gıda kayıplarına son verilmesinin sera gazı emisyonunu yüzde 6 ile yüzde 8 oranında azaltabileceği belirtilmektedir^[168].

Gıda atıklarından, kompost gübre^[169], biyoyakıt^[170], hayvan yemi^[171] ve etil alkol^[172] üretimi dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yaygın uygulamalardır.

Kuzey Amerika ve Avrupa’da, çürümeye yüz tutmuş meyve-sebzeler, meyve-sebze posaları, soyulmuş meyve-sebze kabuk ve çekirdekleri, yağı alınmış günebakan çekirdekleri, kahve telvesi ve bayat ekmekek gibi normalde büyük çoğunluğu çöpe atılan organik atıkları toplayarak alkollü ve alkolsüz içecekler, makarna, reçel, kuru meyve ve sebze, soslar ve tatlandırıcılar olarak yeniden gıda sistemine kazandıran şirketlerin sayısı hızla artmaktadır^[173]. Tahminlere göre küresel gıda atığı geri dönüştürme pazarının büyüklüğü 2021 yılında 26,3 milyar dolardır ve 2030 yılına kadar yılda ortalama yüzde 6,4 büyüyerek 48,8 milyar dolara çıkacaktır. Gıda atıklarının geri kazanımının önemine dair farkındalığın artması sayesinde bu tür gıdalara karşı direncin azalmasıyla pazarın daha da hızlı büyüyeceğini tahmin etmek güç değildir.

5. SONUÇ

COVID-19 pandemisi ve Rusya Ukrayna Savaşı’nın getirdiği sorunlar dünya genelinde uzun süredir ihmal edilen gıda güvenliği ve tarımın önemini hatırlatmıştır. Artan gıda fiyatları ve tedarik sorunları hükümetleri, kamu ve özel kuruluşlar ile sivil toplum kuruluşlarını gıda sistemini yeniden toparlama ve daha verimli hâle getirmenin yolları üzerinde yeniden düşünmeye sevk etmiştir. Gelecekte gıda konusunda çok daha büyük tehlikeler olacaktır: Dünya nüfusuna en az 1,2 milyar kişi daha eklenecek, gelişmekte olan ülkelerde refah artışına bağlı olarak gıdaya, özellikle proteine talep artacak ama tarım, giderek azalan ve yaşlanan bir nüfus tarafından yapılır hâle gelecektir. İklim değişikliği, erozyon, hatalı endüstriyel tarım uygulamaları, ormansızlaştırma, verimli tarım arazileri olan çayır ve meraların imara açılması ekilebilir alanları daraltırken, toprağın çoraklaşmasına, biyolojik çeşitlilik kaybına ve dolayısıyla verimin düşmesine neden olacaktır. Uluslararası gerginliklerin, olası yeni pandemilerin ve iklim değişikliğine bağlı felaketlerin ölçeğinin büyümesi ve sıklığının artması sık sık gıda krizlerinin yaşanmasına neden olacaktır.

Böylesi karamsar öngörüler bilim, mühendislik ve teknoloji dünyasını uzun zaman önce harekete geçirmiştir. Sürdürülebilir tarım, sağlıklı gıda üretimi, ekolojik denge ve biyolojik çeşitliliğin korunması, gıda arz

güvenliğinin sağlanması, tedarik zincirlerinin kısaltılması, ekonomik faaliyet olarak tarımın yeniden canlanması ve cazip kılınması, dolayısıyla göçler, açlık ve gıda enflasyonu gibi tehlikeli sonuçların önüne geçilmesi için her türlü çözüm geliştirilmeye çalışılmaktadır. Biyoteknolojiden yapay zekâya, robotlardan insansız hava araçlarına ve nesnelerin interneti uygulamalarına kadar günümüz teknolojilerinin tüm olanaklarını tarım ve gıda üretiminin sürdürülebilir kılınması için kullanmak mümkündür. Söz

konusu teknolojilerin tarım ve gıdada uygulamaları hızla artmakta ve çeşitlenmektedir. Dahası onarıcı tarım, organik tarım ve hassas tarım gibi genel uygulamalar ve tutumlar geliştirilmiş ve hem siyasi karar alıcıların hem de çiftçilerin dikkatine sunulmuştur.

2050 yılına kadar dünya nüfusu için yeterli, güvenli ve besleyici gıda sağlama hedefine ulaşılmak isteniyorsa, tarım ve gıda sistemleri değişmeli ve bunun için herkes payına düşeni yerine getirmelidir.

KAYNAKÇA

- [1] *United Nations*, "Day of Eight Billion", <https://www.un.org/en/dayof8billion#:~:text=On%2015%20November%202022%2C%20the,a%20milestone%20in%20human%20development.> (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [2] *World Meteorological Organization*, (2022), "Eight warmest years on record witness upsurge in climate change impacts", (6 Kasım 2022), [https://public.wmo.int/en/media/press-release/eight-warmest-years-record-witness-upsurge-climate-change-impacts.](https://public.wmo.int/en/media/press-release/eight-warmest-years-record-witness-upsurge-climate-change-impacts) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [3] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, "World Food Situation", [https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/.](https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [4] *United Nations*, "The Paris Agreement", [https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement.](https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [5] *UNESCO Türkiye Milli Komisyonu*, "Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Hedefleri İhtisas Komitesi", [https://www.unesco.org.tr/Pages/108/219/S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir-Kalk%C4%B1nma-2030-Hedefleri-%C4%B0htisas-Komitesi.](https://www.unesco.org.tr/Pages/108/219/S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir-Kalk%C4%B1nma-2030-Hedefleri-%C4%B0htisas-Komitesi) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [6] *United Nations*, "The Sustainable Development Goals Report 2022", [https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf.](https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [7] *United Nations*, (2022), "World Population Prospects 2022: Summary of Results", (Temmuz 2022), [https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesa_pd_2022_wpp_key-messages.pdf.](https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesa_pd_2022_wpp_key-messages.pdf) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [8] *TÜİK*, (2013), "Nüfus Projeksiyonları, 2013-2075", (14 Şubat 2013), [https://bit.ly/3QS5L1G.](https://bit.ly/3QS5L1G) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [9] *UN HABITAT*, "World Cities Report 2022", [https://unhabitat.org/wcr/.](https://unhabitat.org/wcr/) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [10] *The World Bank*, (2022), "Urban Development", (6 Ekim 2022), <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview#:~:text=Today%2C%20some%2056%25%20of%20the,people%20will%20live%20in%20cities.> (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [11] *TÜİK*, (2022), "Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2021", (4 Şubat 2022), [https://bit.ly/3QQpaAl.](https://bit.ly/3QQpaAl) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [12] *The World Bank*, "Employment in agriculture (% of total employment) (modeled ILO estimate)" [https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS.](https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [13] *European Parliament*, (2020), "Older people in the European Union's rural areas", (Aralık 2020), [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2020/659403/EPRS_IDA\(2020\)659403_EN.pdf.](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2020/659403/EPRS_IDA(2020)659403_EN.pdf) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [14] *Help Age International*, "The ageing of rural populations: evidence on older farmers in low and middle-income countries", [https://www.helpage.org/silo/files/the-ageing-of-rural-populations-evidence-on-older-farmers-in-low-and-middle-income-countries.pdf.](https://www.helpage.org/silo/files/the-ageing-of-rural-populations-evidence-on-older-farmers-in-low-and-middle-income-countries.pdf) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [15] *The World Bank*, "Employment in agriculture (% of total employment) (modeled ILO estimate) – Türkiye", [https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS?locations=TR.](https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS?locations=TR) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [16] *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü*, (2021), "TARIMSAL VERİLER", (Kasım 2021), [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/teppe/Belgeler/Tar%C4%B1msal%20Veriler/TARIMSAL%20VERI%20C4%B0LER%20Kas%C4%B1m_2021%20web.pdf.](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/teppe/Belgeler/Tar%C4%B1msal%20Veriler/TARIMSAL%20VERI%20C4%B0LER%20Kas%C4%B1m_2021%20web.pdf) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [17] *TÜİK*, (2022), "İstatistiklerle Yaşlılar, 2021", (18 Mart 2022), <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=İstatistiklerle-Yaslılar-2021-45636#:~:> text=Ya%2C%209F1%2C%20n%2C%20BCfus%20olarak%20 kabul%20edilen,245%20bin%20124%20ki%2C%209F1%20oldu. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [18] Yılmaz, Elif; Turğut, Umutcan; Tosun, Duygu; Gümüş, Sevtap; (2020), "İzmir İlindeki Çiftçilerin Kırsal Nüfusun Yaşlanma Eğilimi ve Tarımsal Faaliyetlerin Devamlılığına İlişkin Görüşleri", *Tarım Ekonomisi Dergisi*, [https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1112669.](https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1112669) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [19] HATUNOĞLU, E. Emrah; ELDENİZ, Feyza; (2012), "2000 YILI SONRASI TÜRK TARIM SEKTÖRÜNDE YAPISAL DÖNÜŞÜM POLİTİKALARI", (Temmuz-Eylül 2012), [https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1713819#:~:text=Kaynak%3A%20T%C3%9C%C4%B0K%2C%202011%20Y%C4%B1%20Ulusal,10%2C1'e%20gerilemi%-C5%9Ftir.](https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1713819#:~:text=Kaynak%3A%20T%C3%9C%C4%B0K%2C%202011%20Y%C4%B1%20Ulusal,10%2C1'e%20gerilemi%-C5%9Ftir) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [20] *TÜİK*, (2022), "Yıllık Gayrisafi Yurt İçi Hasıla, 2021", (31 Ağustos 2020), [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yıllik-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2021-45834.](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yıllik-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2021-45834) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [21] *TÜİK*, (2022), "Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması, 2021", (6 Mayıs 2022), [https://bit.ly/3R1wzN9.](https://bit.ly/3R1wzN9) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [22] Aydın, Başak; Unakitan, Gökhan; Hurma, Harun; Azabağaoğlu, Ömer; Demirkol, Celal; Yılmaz, Fuat; (2016), "Bitkisel Üretimde Çiftçilerin Girdi Kullanım Kararlarının Analizi: Trakya Bölgesi Örneği", *U. Ü. ZIRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ*, [https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/497324#:~:text=Toprak%2C%20i%20C5%9Fg%C3%BC-C3%BC%20ve%20sermayeyi%20etkin,makineleri%2C%20sulama%20 ve%20tar%C4%B1msal%20kredilerdir.](https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/497324#:~:text=Toprak%2C%20i%20C5%9Fg%C3%BC-C3%BC%20ve%20sermayeyi%20etkin,makineleri%2C%20sulama%20 ve%20tar%C4%B1msal%20kredilerdir) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [23] Emsden, Christopher; (2022), "Alarming signs as the global food import bill set to rise to nearly US\$2 trillion due to higher prices", (11 Kasım 2022), [https://www.fao.org/newsroom/detail/FAO-Food-Outlook-highlights-rising-food-import-bills/en.](https://www.fao.org/newsroom/detail/FAO-Food-Outlook-highlights-rising-food-import-bills/en) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [24] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, (2022), "Food Outlook BIENNIAL REPORT ON GLOBAL FOOD MARKETS", (Kasım 2022), [https://www.fao.org/3/cc2864en/cc2864en.pdf.](https://www.fao.org/3/cc2864en/cc2864en.pdf) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [25] Workman, Daniel; "Top Fertilizers Exports by Country", *World's Top Exports*, [https://www.worldstopexports.com/top-fertilizers-exports-by-country/.](https://www.worldstopexports.com/top-fertilizers-exports-by-country/) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [26] *Ycharts*, (2022), "Fertilizers Price Index", (Aralık 2022), [https://ycharts.com/indicators/fertilizers_index_world_bank.](https://ycharts.com/indicators/fertilizers_index_world_bank) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [27] *Rekabet Kurumu*, "Yoğunlaşma", [https://www.rekabet.gov.tr/Sayfa/Yayinlar/rekabet-terimleri-sozlugu/terimler-listesi?icerik=b78759a-bde54-4314-9978-58685941ef14.](https://www.rekabet.gov.tr/Sayfa/Yayinlar/rekabet-terimleri-sozlugu/terimler-listesi?icerik=b78759a-bde54-4314-9978-58685941ef14) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [28] Hendrickson, Mary; (2020), "THE FOOD SYSTEM: CONCENTRATION AND ITS IMPACTS A Special Report to the Family Farm Action Alliance", Research Gate, (Eylül 2020), [https://www.researchgate.net/publication/347438345_THE_FOOD_SYSTEM_CONCENTRATION_AND_ITS_IMPACTS_A_Special_Report_to_the_Family_Farm_Action_Alliance.](https://www.researchgate.net/publication/347438345_THE_FOOD_SYSTEM_CONCENTRATION_AND_ITS_IMPACTS_A_Special_Report_to_the_Family_Farm_Action_Alliance) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [29] Workman, Daniel; "Wheat Exports by Country", *World's Top Exports*, [https://www.worldstopexports.com/wheat-exports-country/.](https://www.worldstopexports.com/wheat-exports-country/) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [30] Workman, Daniel; "Rice Exports by Country", *World's Top Exports*, [https://www.worldstopexports.com/rice-exports-country/.](https://www.worldstopexports.com/rice-exports-country/) (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [31] Workman, Daniel; "Corn Exports by Country", *World's Top Exports*,

- <https://www.worldstopexports.com/corn-exports-country/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [32] *Tridge*, “Refined Sunflower Oil”, <https://www.tridge.com/intelligences/sunflower-oil/export>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [33] *Freightos Data*, “Freightos Baltic Index (FBX): Global Container Freight Index”, <https://fbx.freightos.com/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [34] Barua, Akrur; (2022), “Sizzling food prices are leading to global heart-burn”, *Deloitte*, (31 Mayıs 2022), <https://www2.deloitte.com/xen/en/insights/economy/global-food-prices-inflation.html>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [35] Emediegwu, Lotanna; (2022), “How is the war in Ukraine affecting global food prices?”, *Economics Observatory*, (21 Haziran 2022), <https://www.economicsobservatory.com/how-is-the-war-in-ukraine-affecting-global-food-prices>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [36] Alaca, Mehmet; (2022), “Türkiye'nin Karadeniz Tahıl Koridoru Anlaşması'nın uzatılmasındaki rolüne övgüler yağdı”, *Anadolu Ajansı*, (18 Kasım 2022), <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyenin-karadeniz-tahil-koridoru-anlasmasinin-uzatilmasindaki-rolune-ovguler-yagdi/2741889>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [37] *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*, “IPCC 6. Değerlendirme Raporu İklim Değişikliği 2021 Fiziksel Bilim Temeli Yönetici Özeti”, https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/IPCC%206.%20De%20C4%9Ferenlendirme%20Raporu/IPCC%20-%20ar6_WGI_Y%20C3%B6netici%20C3%96zeti.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [38] *STM ThinkTech*, (2021), “SU GÜVENLİĞİ I: Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği Bağlamında Dünyadaki Mevcut Durum”, (Kasım 2021), https://thinktech.stm.com.tr/uploads/docs/1636635104_stmsuguenligi1.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [39] *STM ThinkTech*, (2021), “SU GÜVENLİĞİ I: Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği Bağlamında Dünyadaki Mevcut Durum”, (11 Kasım 2021), <https://thinktech.stm.com.tr/tr-su-guvenligi-i-surdurulebilirlik-ve-iklim-degisikligi-baglaminda-dunyadaki-mevcut-durum>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [40] *UNESCO*, (2018), “The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water”, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [41] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, (2020), “The State of Food and Agriculture 2020”, <https://www.fao.org/3/cb1447en/cb1447en.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [42] *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, (2011), “Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı”, (Kasım 2011), https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/edirtordosya/iklim_degisikligi_uyum_stratejisi_ve_eylem_plani.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [43] *STM ThinkTech*, (2021), “SU GÜVENLİĞİ II: Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği Bağlamında Türkiye'deki Mevcut Durum”, (30 Aralık 2021), <https://thinktech.stm.com.tr/tr-su-guvenligi-ii-surdurulebilirlik-ve-iklim-degisikligi-baglaminda-turkiyedeki-mevcut-durum>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [44] *TÜSİAD*, (2020), “İklim Değişikliği Etkisi Altında Tarımsal Ürün Arzının Sürdürülebilirliği”, (Mart 2020), https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/download/9375_791730fdbc65d0812229c74fe84f699e. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [45] *T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI*, (2014), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, “Yer Seçiminden İşletmeye Yeraltı Barajları”, <https://cdn.ys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Konulcerik/767/1115/DosyaGaleri/yer-seciminden-isletmeye-yeralti-barajlari.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [46] *United Nations*, (2022), “‘10 gigatonne’ emissions boom leaves construction ‘off track’ for decarbonization by 2050”, (9 Kasım 2022), <https://news.un.org/en/story/2022/11/1130367>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [47] Brecha, Robert; (2022), “How the energy crisis is pressuring countries’ climate plans – while some race to renewables, others see wealth in natural gas, but drilling benefits may be short-lived”, *The Conversation*, (11 Kasım 2022), <https://bit.ly/3kAs2F6>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [48] Çevik, Serhan; (2022), “Climate Change and Energy Security: The Dilemma or Opportunity of the Century?”, *IMF*, <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/WP/2022/English/wpia2022174-print.pdf.ashx>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [49] *Hydrogen Council*, (2022), “Hydrogen Insights 2022 An updated perspective on hydrogen market development and actions required to unlock hydrogen at scale”, (Eylül 2022), <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2022/09/Hydrogen-Insights-2022-2.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [50] *Inside EV*, (2022), “Global Plug-In Electric Car Sales Increased 60% In August 2022”, (3 Kasım 2022), <https://insideevs.com/news/613800/global-plugin-car-sales-august2022/#:~:text=So%20far%20this%20year%2C%20more,1.7%20million%20and%203.8%25%20share>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [51] *IPCC*, (2022), “Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change Summary for Policymakers”, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SPM.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [52] *STM ThinkTech*, (2021), “Yeni İklim Rejimine Doğru: Avrupa Yeşil Mutabakatı Ve Türkiye'ye Etkileri Üzerine Bir İnceleme, (22 Aralık 2021), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/yeni-iklim-rejimine-dogru-avrupa-yesil-mutabakat-ve-turkiyeye-etkileri-uzerine-bir-inceleme>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [53] *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Tarımsal Çevre Ve Doğal Kaynakları Koruma Daire Başkanlığı*, “İklim Değişikliği Ve Tarım”, <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/%C4%B0klim%20De%20C4%9Fi%20C5%9Fiklim%20ve%20Tar%20C4%B1m.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [54] *TÜSİAD*, (2020), “Sürdürülebilir Büyüme Bağlamında Tarım ve Gıda Sektörünün Analizi”, https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/download/9372_ddcbd71674c139e03261c02d457c53d7. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [55] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, (2011), “Biodiversity for Food and Agriculture Contributing to food security and sustainability in a changing world”, https://www.fao.org/fileadmin/templates/biodiversity_paia/PAR-FAO-book_lr.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [56] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, “Land cover statistics Global, regional and country trends 2000–2019”, <https://www.fao.org/3/cb8133en/cb8133en.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [57] Ritchie, Hannah; (2022), “After millennia of agricultural expansion, the world has passed ‘peak agricultural land’”, *Our World in Data*, (30 Mayıs 2022), <https://ourworldindata.org/peak-agriculture-land>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [58] *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı*, “Bitkisel Üretim Verileri”, <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [59] *Avrupa Çevre Ajansı*, (2020), “Biyolojik Çeşitlilik – Ekosistemler”, (10 Şubat 2020), <https://www.eea.europa.eu/tr/themes/biodiversity/intro>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [60] *Avrupa Komisyonu*, (2020), “Biyoçeşitlilik ve ekonomik getirileri”, (Mayıs 2020), <https://www.abbilgi.eu/tr/assets/docs/16.-factsheet-business-case-biodiversity-tr-final.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [61] *United Nations Environment Programme*, “Facts about the nature crisis”, https://www.unep.org/facts-about-nature-crisis?gclid=CjwKCAiA7Gc-BhAOEiwA9U0mtnK0MiuFaSgE0yKLaUQ6Fz2chvKMo9tuJ3S3IS_Gjlrzcccd1XVBoC9SgQAVD_BwE. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [62] *IPBES*, (2019), “Media Release: Nature’s Dangerous Decline ‘Unprecedented’; Species Extinction Rates ‘Accelerating’” (5 Mayıs 2019), <https://ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [63] Rastgoo, Mehdi; Hasanfarid, Alireza; (2021), “Desertification in Agricultural Lands: Approaches to Mitigation”, *IntechOpen*, (17 Ağustos 2021), <https://www.intechopen.com/chapters/77379>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [64] *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü*, “Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası”, <https://cem.csb.gov.tr/turkiye-collesme-modeli-ve-hassasiyet-haritasi-i-103686>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [65] Arslan, Neşet; (2010), “2010 Uluslararası Biyoçeşitlilik Yılı Münasebetiyle Tarımsal Biyoçeşitlilik ve Yerel Çeşitlerin / Ekotiplerin Önemi”, *Ziraat Mühendisliği*, (Ocak-Temmuz 2010), <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/946711>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [66] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, (2019), “The biodiversity that is crucial for our food and agriculture is disappearing by the day”, (22 Şubat 2019), <https://www.fao.org/news/story/en/item/1180463/icode/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [67] *IRIS*, (2019), “Global Food Systems: An Outlook to 2050”, (Şubat 2019), <https://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2019/02/Food-Systems-2019-compressed.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [68] Karafillis, Chrysovalantis; (2010), “Innovation and total factor productivity in organic farming”, *Applied Economics*, (20 Eylül 2010), <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036840903427240?journalCode=raec20>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [69] *European Commission*, “Farm to Fork strategy”, https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)

- [70] Herrero, Mario; "Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system", *Press Cloud*, https://presscloud.com/file/56/567486940762875/Herrero_et_al_43016_2020_74_OnlinePDF.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [71] *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı*, "Organik Tarım Genel Bilgiler", <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Genel-Bilgiler>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [72] *Redemption Permaculture*, "Five Disadvantages Of Organic Farming (Plus Six Advantages)", <https://redemptionpermaculture.com/five-disadvantages-of-organic-farming-plus-six-advantages/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [73] *FiBL*, (2021), "The World of Organic Agriculture Statistics & Emerging Trends 2021", <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1150-organic-world-2021.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [74] *GlobeNewswire*, (2021), "Global Organic Farming Market Size, Share & Industry Growth is anticipating a prosperous growth reaching USD 183.8 Billion by 2027- BlueWeave", (10 Ağustos 2021), <https://bit.ly/3WscA7>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [75] *CNRS*, (2021), "Organic farming could feed Europe by 2050", (18 Haziran 2021), <https://www.cnrs.fr/en/organic-farming-could-feed-europe-2050>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [76] *European Commission*, (2021), "Planting the seeds of a sustainable organic farming future", (19 Nisan 2021), <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/projects/success-stories/all/planting-seeds-sustainable-organic-farming-future>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [77] Doğan, Abdullah; (2022), "Tarımsal atıktan yapılan gübre verimi yüzde 42 artırdı", *Anadolu Ajansı*, (30 Ağustos 2022), <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/tarimsal-atiktan-yapilan-gubre-verimi-yuzde-42-artirdi/2672459>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [78] Günel, Elif; Erdem, Halil; (2018), "Biyokömür; Tanımı, Kullanımı ve Tarım Topraklarındaki Etkileri", *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Dergisi*, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/612541>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [79] *Marketsandmarkets*, (2021), "Biofertilizers Market by Form (Liquid, Carrier-Based), Mode of Application (Soil Treatment, Seed Treatment), Type (Nitrogen-fixing, Phosphate solubilizing & Mobilizing, Potash Solubilizing & Mobilizing), Crop Type, and Region – Global Forecast to 2026", (Mayıs 2021), <https://bit.ly/3Xi8c9x>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [80] Soverini, Matteo; (2020), "HOLOBIOMICS - Use of microbiomics for the exploration of microbial communities in holobionts.", *AMS Dottorato*, <http://amsdottorato.unibo.it/9162/#>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [81] *Nanografi*, "Nanotechnology is the incorporation of matter in the production of advanced structures and various materials.", <https://nanografi.com/blog/the-key-benefits-and-applications-of-nanotechnology-in-agriculture/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [82] Pultarova, Tereza; (2017), "Robotic Farm Completes 1st Fully Autonomous Harvest", *Live Science*, (29 Eylül 2017), <https://www.livescience.com/60567-robotically-tended-farm-completes-first-harvest.html>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [83] *T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI KOYUNCULUK ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ*, "Tarım 4.0", <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/koyunculuk/Menu/76/Tarim-4-0>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [84] *STM ThinkTech*, (2019), "Akıllı Tarım Devrimi", (28 Mart 2019), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/akilli-tarim-devrimi>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [85] *STM ThinkTech*, (2019), "5G Yarışı", (2 Nisan 2019), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/5g-yarisi>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [86] *STM*, "Bilgisayarlı Görü", <https://www.stm.com.tr/tr/inovasyon/bilgisayarli-goru>
- [87] *STM ThinkTech*, (2018), "Afet Yönetiminde Teknoloji", (26 Ocak 2018), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/afet-yonetiminde-teknoloji>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [88] *STM ThinkTech*, (2021), "Navigasyon Savaşları", (30 Eylül 2021), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/navigasyon-savaslari>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [89] *STM ThinkTech*, (2017), "Dijital Devrimin İkinci Dalgası - Nesnelerin İnterneti", (1 Aralık 2017), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/dijital-devrimin-ikinci-dalgasi-nesnelerin-interneti>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [90] *IBM*, "Watson Decision Platform for Agriculture AI-driven insights for the agriculture ecosystem", <https://www.ibm.com/downloads/cas/ONVXE-B2A>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [91] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, (2018), "Nuru becomes African farmers' newest ally against Fall Armyworm", (25 Haziran 2018), <https://www.fao.org/newsroom/detail/Nuru-becomes-African-farmers-newest-ally-against-Fall-Armyworm/en>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [92] *sUAS NEWS*, (2019), "Chinese Agri-tech Giant XAG Defended 20-million-hectare Farmlands with Crop Spraying Drones", (16 Eylül 2019), <https://www.suasnews.com/2019/09/chinese-agri-tech-giant-xag-defended-20-million-hectare-farmlands-with-crop-spraying-drones/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [93] *Vodafone*, "Vodafone Akıllı Köy Nedir?", <http://www.vodafoneakillikoy.com/hakkinda.php>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [94] *Vodafone*, "Dijital Tarım Çözümü", <https://www.vodafone.com.tr/vodafone-business/dijital-tarim-uygulamaları>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [95] *Türkcell*, "Türkcell Filiz", <https://www.turkcell.com.tr/kurumsal/dijital-is-servisleri/iot-nesnelerin-interneti/turkcell-filiz>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [96] *Türk Telekom*, "Tarım Çözümleri", <https://kurumsal.turktelekom.com.tr/iot/sektorel-cozumler/tarim-cozumleri>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [97] *Doktar*, <https://www.doktar.com/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [98] Dikbaş, Serdar; (2021), "Tarımda Yapay Zeka Kullanımı – TARSENS", *Tarımsal Teknoloji*, (7 Şubat 2021), <https://www.tarimsalteknoloji.com/tarimda-yapay-zeka-kullanimi-tarsens-148>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [99] *T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI TARIMSAL ARAŞTIRMALAR VE POLİTİKALAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ*, <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [100] Coşkun, Fatih; (2021), "Akıllı tarım çalışmaları hız kesmiyor", *Türk Tarım*, (15 Ocak 2021), <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/576/akilli-tarim-calismalari-hiz-kesmiyor>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [101] Çevik, Müge; (2021), "TAGEM yerli ve milli inovatif projelere devam edecek", *Türk Tarım*, (15 Ocak 2021), <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/565/tagem-yerli-ve-milli-inovatif-projelere-devam-edecek>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [102] *Tarlasera*, (2019), "Yerli ilaçlama robotu sahaya indi", (9 Haziran 2019), <https://www.tarlasera.com/haber-11739-yerli-ilaclama-robotu-sahaya-indi>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [103] *STM*, "LAGARI® Yüksek Çözünürlüklü Mikro Yer Gözlem Uydusu", <https://www.stm.com.tr/tr/cozumlerimiz/uydu-ve-uzay/lagari>. (Erişim Tarihi: 31 Ocak 2023)
- [104] Pakdemirli, Bekir; Birişik, Nevzat; Aslan, İhsan; Sönmez, Bülent; Gezici, Mustafa; (2021), "Türk Tarımında Dijital Teknolojilerin Kullanımı ve Tarım-Gıda Zincirinde Tarım 4.0", *topraksu dergisi*, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1645335>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [105] *ASELSAN*, "İleri Tarım Sistemleri", https://www.aselsan.com.tr/ileri-Tarim_ve_Hayvancilik_Sistemleri_3477.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [106] *European Regions Research and Innovation Network*, (2021), "HOW WILL TECHNOLOGY BRING BACK YOUNG PEOPLE TO RURAL AREAS?", <https://errin.eu/events/how-will-technology-bring-back-young-people-rural-areas>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [107] *Outlook India*, (2022), "Agriculture 4.0 Is Helping Farmers Do More With Less", (29 Haziran 2022), <https://www.outlookindia.com/international/agriculture-4-0-is-helping-farmers-do-more-with-less-news-205434>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [108] *Türk Info*, (2022), "Hollanda Nüfusu Ne Kadar Olmuştur?", (17 Eylül 2022), <https://www.turkinfo.nl/hollanda-nufusu-ne-kadar-olmustur-hollanda-nufusu-2022/33022/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [109] *Wikipedia*, "Land use statistics by country", https://en.wikipedia.org/wiki/Land_use_statistics_by_country. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [110] *CBS*, (2022), "Agricultural exports exceeded 100 billion euros in 2021", (21 Ocak 2022), <https://www.cbs.nl/en-gb/news/2022/03/agricultural-exports-exceeded-100-billion-euros-in-2021>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [111] Fatih Erdoğan, Mehmet; (2022), "Tarım, gıda ve içecek sektöründen 2021 yılında 22,9 milyar dolarlık ihracat", *Anadolu Ajansı*, (9 Mayıs 2022), <https://bit.ly/3J3AGGz>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [112] Mehrabi, Zia; (2021), "The global divide in data-driven farming", *Nature*, (2 Kasım 2020), <https://www.nature.com/articles/s41893-020-00631-0>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [113] *European Commission*, "Precision farming", <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/digitising-agriculture/developing-digital-technologies/precision-farming-0>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [114] *Cropin*, (2021), "Precision Agriculture : How is it different from Smart Farming?", (24 Eylül 2021), <https://bit.ly/3witH51>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)

- [115] *United Nations Development Programme*, (2021), "Precision Agriculture for Smallholder Farmers", (14 Ekim 2021), <https://www.undp.org/publications/precision-agriculture-smallholder-farmers>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [116] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, "Climate Smart Agriculture Sourcebook", <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/en/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [117] *Grand View Research*, (2022), "Precision Farming Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering (Hardware, Software, Services), By Application (Yield Monitoring, Weather Tracking, Field Mapping, Crop Scouting), By Region, And Segment Forecasts, 2022 – 2030", <https://bit.ly/3XLHAo8>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [118] *The Business Research Company*, (2023), "Agriculture Global Market Report 2023 – By Type (Animal Produce, Crop Production, Rural Activities), By Distribution Channel (Supermarkets/Hypermarkets, Convenience Stores, E-Commerce, Other Distribution Channels), By Nature (Organic, Conventional) – Market Size, Trends, And Global Forecast 2023-2032", (Ocak 2023), <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/agriculture-global-market-report>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [119] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, "Smallholders And Family Farmers", https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Factsheet_SMALLHOLDERS.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [120] *European Commissions*, (2015), "EIP-AGRI Focus Group Precision Farming", (Kasım 2015), https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_focus_group_on_precision_farming_final_report_2015.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [121] Newton, Peter; (2020), "What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes", *frontiers*, (26 Ekim 2020), <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.577723/full>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [122] Özeker, Elmas; Ulutürk, Mine; (2006), "Organik Tarımda Örtü Bitkilerinin Kullanımı", *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, <http://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/59229>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [123] İşler, Necmi; "EKİM NÖBETİ", *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü*, <http://www.mku.edu.tr/files/898-56dd7ab9-0dee-4636-a434-6a4afb766166.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [124] *Rodale Institute*, "CROP LIVESTOCK INTEGRATION", <https://rodaleinstitute.org/science/crop-livestock-integration/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [125] *Regeneration International*, "WHY REGENERATIVE AGRICULTURE?", <https://regenerationinternational.org/why-regenerative-agriculture/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [126] *Drawdown*, "Regenerative Annual Cropping", <https://www.drawdown.org/solutions/regenerative-annual-cropping>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [127] Dahm, Madeline; Listman, Mike ; (2022), "Q&A: Regenerative agriculture for soil health", *CIMMYT*, (9 Mayıs 2022), <https://www.cimmyt.org/news/qa-regenerative-agriculture-for-soil-health/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [128] *STM ThinkTech*, (2021), "SU GÜVENLİĞİ II: Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği Bağlamında Türkiye'deki Mevcut Durum", (Aralık 2021), https://thinktech.stm.com.tr/uploads/docs/1640862224_stmsuguvenligi2.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [129] *Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı*, "DİNAMİK EROZYON MODELİ VE İZLEME SİSTEMİ (DEMİS)", <https://cem.csb.gov.tr/dinamik-erozyon-modeli-ve-izleme-sistemi-demis-i-108100>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [130] *Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı*, "HAVZA İZLEME VE DEĞERLENDİRME SİSTEMİ (HİDS)", <https://cem.csb.gov.tr/havza-izleme-ve-degerlendirme-sistemi-hids-i-103570>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [131] *Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı*, "ÇÖLLEŞME İZLEME SİSTEMLERİ", <https://cem.csb.gov.tr/collesme-izleme-sistemleri-i-103571>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [132] *Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı*, "TOPRAK ORGANİK KARBONU PROJESİ", <https://cem.csb.gov.tr/toprak-organik-karbonu-projesi-i-103572>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [133] *Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı*, "Devam Eden AR-GE Projeleri", <https://cem.csb.gov.tr/devam-eden-projeler-i-103575>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [134] Anadolu Meraları, (2021), "Türkiye'de bir ilk olan "Ekolojik Onarım Doğrulama" çalışmalarına başladık", (15 Ağustos 2021), https://www.anadolumeram.com/post/eov_calismalari_basladi. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [135] *T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI GEÇİT KUŞAĞI TARIMSAL ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ*, "Toprak ve Bitki Besleme Araştırmaları", <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gktaem/Menu/56/Toprak-Ve-Bitki-Besleme-Arastirmalari>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [136] Denizli, Adil; Yavuz, Handan; Bereli, Nilay; (2018), "Tarımsal Üretimde Nanoteknoloji", *Bioreglab*, https://www.bioreglab.org/site/assets/files/1742/tuba_gu_nce_6_-_tarimsal_u_retimde_nanoteknoloji.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [137] *Deloitte*, "COVID-19 has broken the global food supply chain. So now what?", <https://www2.deloitte.com/ch/en/pages/consumer-business/articles/covid19-has-broken-the-global-food-supply-chain.html>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [138] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, "Urban and peri-urban agriculture", <https://www.fao.org/urban-peri-urban-agriculture/en>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [139] Orsini, Francesco; (2013), "Urban agriculture in the developing world: A review", *Research Gate*, (Ekim 2013), https://www.researchgate.net/publication/257305405_Urban_agriculture_in_the_developing_world_A_review. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [140] *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı*, (2022), "İSTANBUL KAPALI DİKEY TARIM UYGULAMA MERKEZİ HİZMETE AÇILDI", (8 Aralık 2022), <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/5624/Istanbul-Kapali-Dikey-Tarim-Uygulama-Merkezi-Hizmete-Acildi>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [141] YENİGÜL, Sevinç Bahar; (2016), "Büyükşehirlerde Tarımsal Alanların Korunmasında Kentsel Tarım ve Yerel Yönetimlerin Rolü", *Megaron*, https://jag.journalagent.com/megaron/pdfs/MEGARON_11_2_291_299.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [142] *Market Research Community*, Vertical Farming Market Size, Share & Trends Analysis, By Structure (Building-based Structure and Container-based Structure), By Growth Mechanism (Hydroponics, Aeroponics, and Aquaponics), By Component (Irrigation Component, Lighting, Sensor, Climate Control, Building Material, and Others), Region and Forecast Period 2022 – 2030", <https://bit.ly/403406j>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [143] NingYuan, Grace; (2022), "A review on urban agriculture: technology, socio-economy, and policy", *ScienceDirect*, (Kasım 2022), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022028717>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [144] Bingöl, Bora; (2015), "Dikey Tarım", *Ormanlık Dergisi*, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/271789>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [145] Doğru, Murat; (2021), "Dikey Tarım Nedir? Şehirlere Etkisi Nasıl Olmaktadır?", *ECOBUILD*, (15 Şubat 2021), <https://www.ecobuild.com.tr/post/dikey-tarim-nedir-%C4%B1m-nedir-%C5%9Fehirlere-etkisi-nas%C4%B1-olmaktadır%C4%B1r>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [146] Tamasiga, Phemelo; (2022), "Food Waste and Circular Economy: Challenges and Opportunities", *MDPI*, (10 Ağustos 2022), <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/9896/pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [147] Kırmacı, Hüseyin Avni; Akmanoğlu, Emre; (2021), "Hücreless Tarım ve Hücre Bazlı Gıdaların Kullanımı", *Unika Sağlık Bilimleri Dergisi*, (23 Aralık 2021), http://unikasaglik.karabuk.edu.tr/Makaleler/812370297_K%20c4%b1rma-c%20ve%20akmano%20c4%9flu.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [148] *Biyologlar*, "Biyoreaktör nedir?", <https://www.biyologlar.com/biyoreaktör-nedir>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [149] *New Harvest*, "Cellular agriculture is the production of animal-sourced foods from cell culture.", <https://new-harvest.org/what-is-cellular-agriculture/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [150] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, "Animal Production and Health Division (NSA)", <https://www.fao.org/ag/againfo/resources/en/publications/agapubs/pproc04.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [151] *Hilgardia*, (2000), "Controversy over agricultural biotechnology continues", (Temmuz 2000), <https://hilgardia.ucanr.edu/Abstract/?a=ca.v054n04p15>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [152] *New Harvest*, "The World's First Cell-Cultured Burger", <https://new-harvest.org/initiatives/worlds-first-cell-cultured-burger/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [153] Shanker, Deena; (2019), "These \$50 Chicken Nuggets Were Grown in a Lab", *Bloomberg*, (22 Ekim 2019), <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-10-22/clean-meat-just-chicken-nuggets-grown-in-a-lab-coming-soon>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [154] Ettinger, Jill; (2022), "Chinese Researchers Say They Can Produce Cultivated Meatballs At Scale", *green quin*, (21 Temmuz 2022), <https://www.greenqueen.com.hk/researchers-cultivated-meatballs-at-scale/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [155] Ho, Sally; (2022), "10 Reasons Why Cultivated Meat Is The Future Of Protein: The Case For Lab-Grown", *green quin*, (16 Aralık 2022), <https://www>.

- greenqueen.com.hk/10-reasons-why-cultivated-meat-is-the-future-of-protein-the-case-for-lab-grown/. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [156] *Straits Research*, “Cellular Agriculture Market”, <https://straitsresearch.com/report/cellular-agriculture-market>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [157] McCallum, Shiona; (2022), “Laboratuvarda üretilen tavuk eti, ABD’de tüketim onayı aldı”, *BBC*, (19 Kasım 2022), <https://www.bbc.com/turkce/articles/cw471zx29q2o>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [158] *European Supermarket Magazine*, (2022), “Finnish Research Firm VTT Develops Meat Alternatives”, (12 Aralık 2022), <https://www.esmmagazine.com/supply-chain/finnish-research-firm-vtt-develops-meat-alternatives-228093>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [159] Hanson, Jaydee; Ranney, Julia; (2020), “Is Lab-Grown Meat Healthy and Safe to Consume?”, (20 Eylül 2020), <https://www.centerforfoodsafety.org/blog/6458/is-lab-grown-meat-healthy-and-safe-to-consume>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [160] *Free Patents Online*, “Method for rapidly making a 3-D food object”, <https://www.freepatentsonline.com/6280784.html>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [161] *Electrolux*, (2009), “Interview with Nico Kläber (Moléculaire) Electrolux Design Lab finalist”, (18 Eylül 2009), <https://www.electroluxgroup.com/en/interview-with-nico-klaber-moleculaire-electrolux-design-lab-finalist-2040/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [162] *Novameat*, <https://www.novameat.com/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [163] Ramachandraiah, Karna; (2021), “Potential Development of Sustainable 3D-Printed Meat Analogues: A Review”, (18 Ocak 2021), <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/938>
- [164] J., Michelle; (2018), “The 3D printed steak; a new way of eating meat?”, (12 Aralık 2018), <https://www.3dnatives.com/en/3d-printed-steak-vegetarian-121220181/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [165] Carus, Felicity; (2010), “UN urges global move to meat and dairy-free diet”, *Guardian*, (2 Haziran 2010), <https://www.theguardian.com/environment/2010/jun/02/un-report-meat-free-diet>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [166] Pawsome Advice, (2022), “Revealing Vegan Statistics: Veganism Is on the Rise in 2022”, (9 Ocak 2022), <https://pawsomeadvice.com/environment/vegan-statistics/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [167] *Exploring yourmind*, ““Smart Food” The New Way of Eating”, <https://exploringyourmind.com/smart-food-the-new-way-of-eating/>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [168] *STM ThinkTech*, (2022), “İklim Değişikliğini Tersine Çevirecek Geridönüşüm Teknolojileri”, (7 Aralık 2022), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/iklim-degisikligini-tersine-cevirecek-geridonusum-teknolojileri>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [169] TÜRKAY, Şüheyda Hepşen; (2018), “Organik gübrenizi kendiniz üretin”, *Tarım ve Orman Dergisi*, (27 Temmuz 2018), <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/117/organik-gubrenizi-kendiniz-uretin>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [170] Deniz, Ebru; Yeşilören, Gülen; İşçi, Necla Özdem; (2015), “Türkiye’de Gıda Endüstrisi Kaynaklı Biyokütle ve Biyoyakıt Potansiyeli”, *Dergipark*, (1 Mart 2015), <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gida/issue/7004/93277>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [171] *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı*, (2022), “ÇÖPE ATILAN 18 MİLYON TON GIDA ARTIĞI HAYVAN YEMİNE DÖNÜŞECEK”, (16 Ağustos 2022), <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/5354/Cope-Atilan-18-Milyon-Ton-Gida-Artigi-Hayvan-Yemine-Donusecek>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [172] *Haber Express*, (2022), “Gıda atıklarından hayvan yemi ve etil alkol ürettirler!”, (31 Mart 2022), <https://www.haberekspres.com.tr/izmir/gida-atiklarindan-hayvan-yemi-ve-etil-alkol-urettirler-h150607.html>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)
- [173] PETERS, ADELE; (2019), “Everything you need to know about the booming business of fighting food waste”, *Fast Company*, (19 Haziran 2019), <https://www.fastcompany.com/90337075/inside-the-booming-business-of-fighting-food-waste>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2023)



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

