

Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği I

Editörler

Osman GÖKDOĞAN



© Copyright 2026

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

ISBN	Sayfa ve Kapak Tasarımı
978-625-375-989-6	Akademisyen Dizgi Ünitesi
Kitap Adı	Yayıncı Sertifika No
Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği I	47518
Editör	Baskı ve Cilt
Osman GÖKDOĞAN ORCID iD: 0000-0002-4933-7144	Vadi Matbaacılık
Yayın Koordinatörü	Bisac Code
Yasin DİLMEN	TEC003000
	DOI
	10.37609/akya.4110

Kütüphane Kimlik Kartı
Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği I / ed. Osman Gökdoğan.
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2026.
107 s. : tablo, şekil ; 160x235 mm.
Kaynakça var.
ISBN 9786253759896

GENEL DAĞITIM

Akademisyen Kitabevi AŞ

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖN SÖZ

Akademisyen Yayınevi yöneticileri, yaklaşık 38 yıllık yayın tecrübesini, kendi tüzel kişiliklerine aktararak uzun zamandan beri, ticarî faaliyetlerini sürdürmektedir. Anılan süre içinde, başta sağlık ve sosyal bilimler, kültürel ve sanatsal konular dahil 4000'i aşkın kitabı yayımlamanın gururu içindedir. Uluslararası yayınevi olmanın alt yapısını tamamlayan Akademisyen, Türkçe ve yabancı dillerde yayın yapmanın yanında, küresel bir marka yaratmanın peşindedir.

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

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

Akademisyen Yayınevi A.Ş.

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	Nevşehir İlinde Tarım Makineleri Kullanım Projeksiyonu	1
	<i>Rabia ERSAN</i>	
	<i>Osman GÖKDOĞAN</i>	
Bölüm 2	İtalyan Çimi (<i>Lolium italicum</i> L.) Üretiminde Enerji Tüketiminin Belirlenmesi*	11
	<i>Mustafa YILDIRIM</i>	
	<i>Osman ÖZBEK</i>	
Bölüm 3	Afyonkarahisar İlinin 2015-2024 Yılları için Tarımsal Mekanizasyon Durumu	23
	<i>Rabia ERSAN</i>	
Bölüm 4	Tarım Makineleri Kullanımı Projeksiyonu: Edirne İli Örneği	33
	<i>Cihan DEMİR</i>	
Bölüm 5	Agrioltaik Sistemlerin Kavramsal Çerçevesi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği	43
	<i>Emre BIÇAKÇI</i>	
	<i>Mehmet Emin GÖKDUMAN</i>	
Bölüm 6	Toprak İşlemede Sürdürülebilirlik ve Karlılık	61
	<i>Hürkan Tayfun VAROL</i>	
	<i>Davut AKBOLAT</i>	
Bölüm 7	Makine Öğrenmesi Destekli Mikroalgal Biyoproseslerin Optimizasyonu ve Döngüsel Biyoekonomide Kullanımı	73
	<i>F. Özge UYSAL</i>	
	<i>Önder UYSAL</i>	
Bölüm 8	Karaman Koşullarında Lavanta Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliği ve Sera Gazı Emisyonları	85
	<i>Sadiye Ayşe ÇELİK</i>	
	<i>Osman ÖZBEK</i>	
	<i>İrem AYRAN ÇOLAK</i>	
	<i>Mehmet Emin GÖKDUMAN</i>	

YAZARLAR

Davut AKBOLAT

Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım
Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği AD

Emre BIÇAKÇI

Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Çayır Mera ve
Yem Bitkileri AD

Sadiye Ayşe ÇELİK

Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Tıbbi Bitkiler AD

İrem AYRAN ÇOLAK

Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tıbbi Bitkiler
AD

Rabia ERSAN

Dr. Öğr. Üyesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Sandıklı Meslek Yüksekokulu, Kültür Bitkileri
Bölümü

Cihan DEMİR

Doç. Dr., Kırklareli Üniversitesi, Teknik
Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve
Metal Teknolojileri Bölümü

Osman GÖKDOĞAN

Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım
Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği AD

Mehmet Emin GÖKDUMAN

Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım
Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği AD

Osman ÖZBEK

Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarım Makinaları AD

F. Özge UYSAL

Dr., Università Degli Studi di Napoli Federico
II, CAISIAL

Önder UYSAL

Doç. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım
Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği AD

Hürkan Tayfun VAROL

Arş. Gör., Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım
Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği AD

Mustafa YILDIRIM

Zir. Y. Müh., Jandarma Genel Komutanlığı

Bölüm 1

NEVŞEHİR İLİNDE TARIM MAKİNELERİ KULLANIM PROJEKSİYONU

Rabia ERSAN¹
Osman GÖKDOĞAN²

GİRİŞ

Tarımsal faaliyetlerin yapıldığı tarım işletmelerinde temel güç kaynağı traktör ile alet-makine ve sistemlerin bilgilerini ifade etmekte kullanılan en önemli gösterge tarımsal mekanizasyon düzeyidir. Bu göstergenin güncel olması mekanizasyonun planlaması açısından önem arz etmektedir (1, 2, 3). Ülkelerin, bölgelerin ve illerin tarımsal mekanizasyon düzeylerinin değerlendirilmesi ancak doğru mekanizasyon göstergelerinin kullanılmasıyla mümkün olur. Genel olarak ekonomik ve teknik nedenlere bağlı olarak tarımsal mekanizasyon düzeyleri incelenen iller ve bölgeler için farklılık gösterir (4, 3).

Türkiye’de sanayileşmedeki gelişimin sürdürülmesi ve tarım sektöründe de teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ile beraber tarımda makine kullanımı ve mekanizasyon düzeyinin yükseltilmesi önemlidir. Tarım işletmelerinin yapısının küçük ve parçalı olması nedeniyle tarımda yeni teknolojilerin ve makinelerin kullanımını zor hale gelmesinin yanı sıra ülkesel bazda da planlama yapmak kolay olmamaktadır (5, 6). Geleceğe yönelik olarak projeksiyon tahmininin yapılması, makine kullanım durumunun belirlenmesi ve bu yönde izlenilecek olan politikalara yön verilmesi, gelecek planların yapılarak hedef belirlenmesinde önemlidir (7, 8).

Nevşehir ilinin toplam tarım alanı 3314952 da olup Nevşehir ilinin tarım alanı 233527 da meyveler, içecek ve baharat bitkileri alanından, 488561 da nadas alanından, 243185 da sebze alanından ve 2352679 da tahıllar ve diğer bitkisel ürünler alanından oluşmaktadır. Türkiye’nin toplam tarım alanı 240235824.30 dadır (9). Nevşehir ilinin toplam tarım alanı Türkiye’nin toplam tarım alanlarının %1.38’ini oluşturmaktadır. Tarım makineleri kullanımının projeksiyon ile ilgili

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sandıklı Meslek Yüksekokulu, Kültür Bitkileri Bölümü, rabiaersan@aku.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1119-4894

² Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği AD, osmangokdogan@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-4933-7144

SONUÇ

Çalışma sonucunda KTP, DT, TF, K, TÇHEM, KGDM, KHEM, PEM, A, KMHP, MP, SP, MT, OM, TÇÇBM, SDHM makineleri için hesaplanan projeksiyon katsayıları %0.44, %0.69, %7.16, %1.05, %0.92, %0.96, %1.68, %7.86, %-2.01, %1.02, %6.39, %-0.23, %36.54, %-7.34, %2.90, %-7.06 olarak hesaplanmıştır.

2025 ve 2034 yılları için projeksiyona göre hesaplanmış olan KTP'nin 16531 adetten 17193 adede, DT'nin 4154 adetten 4417 adede, TF'nin 190 adetten 349 adede, K'nin 9876 adetten 10849 adede yükseleceği; TÇHEM'in 2276 adetten 2472 adede, KGDM'nin 10717 adetten 11683 adede, KHEM'nin 4344 adetten 5045 adede, PEM'in ise 152 adetten 295 adede yükseleceği; A'nın 176 adetten 146 adede düşeceği, KMHP'nin 8249 adetten 9034 adete yükseleceği, MP'nin 354 adetten 599 adete yükseleceği, SP'nin 13062 adetten 12782 adede düşeceği; MT'nin 52 adetten 328 adede yükseleceği, OM'nin 803 adetten 390 adede düşeceği, TÇÇBM'nin 382 adetten 493 adede yükseleceği, SDHM'nin 1189 adetten 596 adede düşeceği hesaplanmıştır.

Sonuç olarak 12 adet tarım makinesi için hesaplanan projeksiyon katsayıları pozitif olup 2034 yılına kadar artacağı; A, SP, OM ve SDHM için hesaplanan projeksiyon katsayıları ise negatif olup 2034 yılına kadar azalma olacağı vurgulanmıştır.

Çalışmada tarım makinelerinin sayıları ile birlikte yıllar arasında değişimin hesaplanması ve projeksiyon tahminlemesinin yapılmasının planlamada, etkin kullanımda, yeni teknoloji kullanımında ve hedeflerin belirlenmesiyle beraber politika araçlarının geliştirilmesi yönüyle önemli olacağı düşünülmektedir (10).

KAYNAKLAR

1. Bayram M, Altuntaş E. Tokat ili'nin 2003 ve 2013 yılları için mekanizasyon özelliklerindeki değişiminin incelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 2016; 12(3), 213-220.
2. Gül EN, Ersoy H, Altuntaş E. Adana ve Mersin illerinin tarımsal mekanizasyon düzeyi, toprak işleme ve ekim makinaları projeksiyonu. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 2023; 19(3), 215-233.
3. Akbaş T, Aydoğan Y. Afyonkarahisar, Kütahya, Manisa ve Uşak illerinin tarımsal mekanizasyon düzeyi projeksiyonunun belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 2025; 40(3), 577-596.
4. Abdikoğlu Dİ. Trakya Bölgesinde tarımsal mekanizasyon düzeyinin illere göre belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 2019; 22(6), 865-871.
5. Altuntaş E. Türkiye'deki Tarım Makineleri Kullanım Projeksiyonunun Tahmini. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi* 2020; 6(3), 506-516.
6. Akbaş T, Aydoğan Y. Marmara bölgesinin tarımda teknoloji kullanım projeksiyonunun yapay zekâ uygulaması ile belirlenmesi. *ADÜ Ziraat Derg* 2025; 22(1), 159-166.
7. Malaslı MZ, Çelik A, Çelik Ş. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin toprak işleme alet ve makineleri projeksiyonunun regresyon analizi yöntemiyle belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2015; 2(1), 126-132.

Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği I

8. Bal M, Altuntaş E. Çorum ilinde çeltik tarımında makina kullanım projeksiyonunun tahmini. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research* 2020; 1(2), 233-247.
9. TÜİK (2026). Bitkisel Üretim İstatistikleri. (26/01/2026 tarihinde <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> adresinden ulaşılmıştır).
10. Kara O, Arslan E. Tarım alet ve makineleri kullanım projeksiyonu: Elazığ ili, Türkiye. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 2025; 12(1), 52-62.
11. Gül EN, Özkurt M, Dilmaç M. Muş ilinin tarımsal mekanizasyon seviyesi ile mekanizasyonda kullanılan tarım alet ve makinelerinin projeksiyon tahmini. *Journal of Agricultural Biotechnology* 2025; 6(2), 53-66.
12. Ertop H, Atılğan A, Gökdoğan O, Saltuk B. Projection of machine usage in agriculture of Ardahan province. *European Journal of Science and Technology* 2021; 27, 259-266.
13. Şin B, Gül EN, Altuntaş E. Sakarya ilinin tarımsal mekanizasyon seviyesi ile bitki koruma makinelerinin projeksiyon tahmini. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 2023; 11(11), 2116-2126.
14. Altuntaş E, Özgöz E. Buğday üretiminde fosil yakıt tüketim kaynaklı karbondioksit emisyonu ve projeksiyon tahmini-Sivas ili örneği. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 2024; 20(3), 156-170.
15. Demir C, Gökdoğan O. Kırklareli ilinde tarım makineleri kullanımı projeksiyonu. *Ases International Kırklareli Scientific Research Congress*, 21-23 Kasım 2025, Kırklareli.
16. T.C. Nevşehir İl Özel İdaresi (2026). (26/01/2026 tarihinde <https://www.nevsehirozeldare.gov.tr/yoremizi-taniyalim> adresinden ulaşılmıştır).
17. Anonim (2011). T.C. Mersin Valiliği, İl Tarım Müdürlüğü, Mersin. Tarım Master Planı, Mersin.
18. Demir, B., Öztürk, İ., Sayıncı, B., Sakarya, A., (2013). Türkiyenin bitki koruma makineleri projeksiyonu. *I. Bitki Koruma Ürünleri ve Makineleri Kongresi*, 2-5 Nisan 2013, Antalya.
19. Demir B. Mersin ilinin tarımda teknoloji kullanım projeksiyonu. *Alınları* 2013; 24(B), 29-34.

Bölüm 2

İTALYAN ÇİMİ (LOLIUM İTALICUM L.) ÜRETİMİNDE ENERJİ TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ*

Mustafa YILDIRIM¹
Osman ÖZBEK²

11. GİRİŞ

İtalyan çiminin anavatanı Güney ve Batı Avrupa ile Kuzey Afrika ve Güney Batı Asya'dır (1). Tek yıllık olması yanında yüksek rakımlarda iki yıllık olarak yetişebilen İtalyan çimi buğdaygil yem bitkisi, yeşil ot olarak biçilerek, bazen de kuru ot olarak silajı yapılabilmektedir (2).

İtalyan çimi, hayvanlara yem olarak verilen yonca, arpa, yulaf, mısır silajı ve fiğ çeşitlerine göre besin değeri daha yüksek kaba yem olup, bu yemle beslenen hayvanlarda süt ve et verimindeki fark edilebilir bir artışa ulaştığı gibi gebe kalma oranının da yükselttiği tespit edilmiştir. İtalyan çiminde, biçim sayısında bölgenin iklim koşulları, toprak yapısı gibi çevresel koşullar etkili olmaktadır. Biçim dönemine göre İtalyan çiminin besin değerleri ve verimliliği farklılık gösterebilmektedir. Farklı bölgelerde değişen koşullara göre 4-6 biçim ve dekara 7-8 ton civarında yeşil ot alınabilir (3).

Hayvanlardan verim alabilmek amacıyla özellikle kış aylarında onlara verilebilecek en değerli kaba yem silajlardır. Silaj, yeşil yem bitkileri veya yeşil yem bitkileri ile diğer yem maddelerinin birlikte fermentasyonu ile elde edilen öz sulu, besleyici bir yemdir (4).

Ülkemizde en çok silaj mısırdan yapılmaktadır. İtalyan çimi (*Lolium italicum* L.) buğdaygil yem bitkisi silajının besin madde içeriğinin iyi olması, hayvanlar tarafından sevilerek yenmesi, aynı zamanda süt sığırcılığında olumlu sonuçlar vermesi nedeni ile son zamanlarda ekimi yaygınlaşmaktadır. İtalyan çimi (*Lolium*

* Bu çalışma Mustafa YILDIRIM'ın yüksek lisans tez çalışmasından özetlenmiştir.

¹ Zir. Y. Müh., Jandarma Genel Komutanlığı, my151525012@gmail.com, ORCID iD: 0009-0001-9705-1327

² Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri AD, ozbek@selcuk.edu.tr,
ORCID iD: 0000-0003-0034-9387

yerine damla sulama veya yağmurlama sulama tercih edilmelidir. Üretim sonucu ortaya çıkabilecek olan çevresel sorunlara önlem olarak sürdürülebilir tarım için yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda kullanılması önem arz etmektedir.

İtalyan çimi üretiminde kullanılan ekipmanlar çeki gücü olarak traktör kullanmakta olup, yakıt girdisinin sebebi olmaktadır. Üretimde kullanılan tarım makinelerini güç gereksinimleri göz önünde bulundurularak uygun makine seçimi yapılarak yakıt açısından tasarruf sağlanabilir.

İtalyan çimi bir buğdaygil yem bitkisi olduğu için hububat ve yonca üretim işlemlerinde kullanılan ekipmanlara ek makine ihtiyacına gerek olmadan üretim yapılabilmektedir. Özellikle tarımsal hayvancılık yapan işletmelerin, hayvan beslemesinde İtalyan çimi kullanması bu sebeple ekonomik açıdan fayda sağlayabilir.

KAYNAKÇA

1. Soya H, Avcıoğlu R, Geren H. Yem bitkileri, İstanbul, Hasad Yayıncılık, 1997.
2. Özköse A, Acar R. Tek yıllık çim: İtalyan çimi. *Tarlasera 2018*; 89, 78-80.
3. Şimşek A. İtalyan çimi (*Lolium multiflorum*) silaj asiditesinin nötralizasyonuna yönelik bir çalışma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2019.
4. Anonim (1990). Hayvan Yemleri Silaj Yapım Kuralları, TS 8476.
5. Tosun F. Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri Kültürü, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum, 1974.
6. Erdoğan Y. Tarımsal Üretimde Enerji Girdi Çıktı Analizlerinde Kullanılacak İnternet Tabanlı Bir Yazılımın Geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2009.
7. Şanlı B, Bayrakdar S, İncekara B[A1]. Küresel iklim değişikliğinin etkileri ve bu etkileri önlemeye yönelik uluslararası girişimler. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 2017*; 22(1), 201-212.
8. Erdal G, Esengün K, Erdal H, Gündüz O. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat Province of Turkey, *Energy 2007*; 32(1), 35- 41.
9. Mohammadi A, Tabatabaefar A, Shahin S, Rafiee S, Keyhani A. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion Management 2008*; 49, 3566-3570.
10. Davoodi MJŞ, Housyar E. Energy consumption of canola and sunflower production in Iran. *American-Eurasian J Agric & Environ Sci 2009*; 6(4), 381-384.
11. Banaeian N, Omid M, Ahmadi H. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran Province of Iran. *Energy Conversion & Management 2011*; 52, 1020-1025.
12. Gökdoğan O, Sevim B. Determination of energy balance of wheat production in Turkey: A case study of Eskil district of Aksaray province . *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2016*; 13(04), 36-43.
13. Baran MF, Gökdoğan O, Oğuz Hİ. Determining the energy usage efficiency of walnut (*Juglans regia L.*) cultivation in Turkey. *Erwerbs-Obstbau 2017*; 59, 77-82.
14. Gökdoğan O, Oğuz HI, Baran MF. Energy input-output analysis in organic mulberry (*Morus spp.*) production in Turkey: A case study Adiyaman-Tut region. *Erwerbs-Obstbau 2017*; 59, 325-330.

15. Taghavifar H, Mardani A. Prognostication of energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions analysis of apple production in West Azarbaijan of Iran using artificial neural network. *Journal of Cleaner Production* 2015; 87, 159-167.
16. Baran MF, Karaağaç HA, Bolat A, Çil A, Çil AN. Yerfıstığı üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2019; 15, 103-111.
17. Oğuz HI, Erdoğan O, Gökdoğan O. Energy use efficiency and economic analysis of nectarine (*Prunus persica* var. *nucipersica*) production. a case study from Niğde Province. *Erwerbs-Obstbau* 2019; 61(4), 323-329.
18. Çıtlı E, Marakoğlu T, Kırılmaz H, Çarman K. İtalyan çimi tarımının mekanizasyon özelliklerinin ve enerji verimliliğinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 2020; 24(3), 336-346.
19. Aydın A. Fındık Üretiminde Enerji ve Maliyet Analizleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2020.
20. Baran MF, Gökdoğan O, Yılmaz Y. Determination of energy balance and greenhouse gas emissions (GHG) of cotton cultivation in Turkey. A case study from Bismil district of Diyarbakır province. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2021; 18(2), 322-332.
21. Semerci A, Baran MF, Gokdogan O, Celik AD. Determination of energy use efficiency of cotton production in Turkey. A case study from Hatay province. *Fresenius Environ Bull* 2019; 27(4), 1829-1835.
22. Anonim (2021). Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şube Müdürlüğü Enformasyon Birimi, Konya Tarımı Birifingi. <https://konya.tarimorman.gov.tr/Belgeler/liflet/KonyaTar%C4%B1m%C4%B12021kitab%C4%B1son.pdf>.
23. Güneş T, Arıkan R (1998). Tarım Ekonomisi İstatistiği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1049, Ankara.
24. Çiçek A, Erkan O. Tokat ili Kazova bölgesinde şeker pancarı üretimi ve üretim girdilerinin ekonometrik analizi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University* 1991; 2, 41-54.
25. Öztürk HH (2011). Bitkisel Üretimde Enerji Yönetimi. Hasad Yayıncılık Ltd.Şti. ISBN: 978-975-8377-78-7.
26. Mani I, Kumar P, Panwar JS, Kant K. Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in hill regions of Himachal Prades, India. *Energy* 2007; 32, 2336-2339.
27. Karaağaç MA, Aykanat S, Cakır B, Eren Ö, Turgut MM, Barut ZB, Öztürk HH. Energy balance of wheat and maize crops production in Hacılı undertaking. 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Congress, 21-23 September 2011, 388-391, Istanbul, Turkey.
28. Singh JM (2002). On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of Science. Germany: International Institute of Management, University of Flensburg.
29. Akbolat D, Ekinci K, Demircan V. Carbon dioxide emissions depending on inputs used in the cultivation of some agricultural products. *Fresenius Environ Bull* 2014; 23(3), 795-800.
30. Alluvione F, Moretti B, Sacco D, Grignani C. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy* 2011; 36, 4468-4481.
31. Kern JD (1994). Energetics of a sustainable crop-livestock system. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Agricultural Engineering. Master of Science, Blacksburg, Virginia.
32. Demircan V, Ekinci K, Keener HM, Akbolat D, Ekinci Ç. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey. A case study from Isparta province. *Energy Conversion and Management* 2006; 47, 1761-1769.
33. Özalp A, Yılmaz S, Ertekin C, Yılmaz I. Energy analysis and emissions of greenhouse gases of pomegranate production in Antalya province of Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 2018; 60, 321-329.

Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği I

34. Mandal KG, Saha KP, Ghosh PK, Hati KM, Bandyopadhyay KK. Bioenergy and economic analysis of soybean based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy* 2002; 23, 337-345.
35. Çalışır S. The evaluation of performance and energy usage in submersible deep well irrigation pumping plants. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin Amerika* 2007; 38(1), 9-17.

Bölüm 3

AFYONKARAHİSAR İLİNİN 2015-2024 YILLARI İÇİN TARIMSAL MEKANİZASYON DURUMU

Rabia ERSAN¹

GİRİŞ

Tarımsal mekanizasyon tarımsal üretimde çağdaş üretim tekniklerinin uygulanabildiği gelişmiş makine ve araçların kullanımınıdır. Bir ülkenin tarımsal gelişmişlik durumu tarımda kullanılan üretim teknolojilerinin kullanılmasıyla doğrudan bağlantılıdır. Ürün veriminin ve üretici gelirinin artırılması; üretim maliyetinin azaltılması, tarımda yeni ve modern teknolojilerin kullanımlarının artırılmasıyla olur. Tarımsal üretimde kullanılan tarımsal üretim teknolojileri toprak, ilaçlama, gübreleme, sulama ve girdilerin etkin kullanılmasını olanaklı olmasını ve verimliliğini sağlayan tarımsal mekanizasyon uygulamalarıdır (1, 2, 3).

Tarımsal mekanizasyon düzeyi bir tarım işletmesinin (ülke, bölge, il, ilçe) mekanik güç kaynağı traktör ile tarımsal işlemlerde kullanılan tarımsal alet, makine ve sistemlerinin kullanımına yönelik bilgileri kapsar. Tarımsal mekanizasyonun güncel veriler ile yapılması, tarımsal üretim sistemleri ve teknolojilerindeki ilerlemeler doğrultusunda ülkesel, bölgesel ve il düzeyinde tarımsal kalkınma planlarına katkıda bulunmakta olup doğru kararlar alınmasını da sağlayabilmektedir (4, 5).

Tarımsal mekanizasyon hasat sonrası işleme, pazarlama faaliyetlerini ve fonksiyonlarını daha etkin ve çevre dostu haline getirme potansiyeline sahip olduğu için değer zinciri ve gıda sistemlerinin gelişimine önemli derecede katkıda bulunabilmektedir (6, 7). Tarımsal üretimde temel güç kaynağı traktördür. Bu sebeple mekanizasyon düzeyinin belirleniminde dikkate alınan birim işlenen tarımsal alana düşen traktör gücü, bugüne kadar en yaygın kullanılan gösterge

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sandıklı Meslek Yüksekokulu, Kültür Bitkileri Bölümü, rabiaersan@aku.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1119-4894

SONUÇ

Çalışmanın sonucunda Afyonkarahisar ilinin 2015 yılındaki toplam traktör sayısı 25796 olup 2024 yılında 33608'e yükselmiştir. Traktörlerin sayı olarak en çok yoğunlaştığı gruplar 35-50 BG ve 51-70 BG gruplarıdır. Traktörlerin 35-50 BG grubundaki sayısında 2023 yılına kadar artış olmuş 2024 yılında azalma olmuştur. 51-70 BG grubundaki traktör sayılarında ise düzenli olarak bir artış olmuştur.

2015 yılında 579 adet olan biçerdöver sayısı 2024 yılında 629 adede yükselmiştir. 11-20 BG dışındaki tüm gruplarda yıllara göre biçerdöver sayıları ise artmış olup sayısal olarak en çok biçerdöver sayısı 6-10 BG güç grubunda bulunmaktadır.

Son on yılda tarım alet-makinelerinin sayıları değerlendirildiğinde karasaban, hayvan pulluğu, orak makinesi, biçer bağlar makinesi, tınaz makinesi, kombine patates hasat makinesi, kombine pancar hasat makinesi, tozlayıcı, motopomp (termik), krema makinesi, sap döver ve harman makinesi (batöz), sap toplamalı saman yapma makinesi, saman aktarma-boşaltma makinesi, yayık, hayvanla çekilen hububat ekim makinesi ve döven dışındaki tüm tarımsal alet-makinelerde artışlar olmuştur.

Traktör güç gruplarında 2015 yılındaki toplam traktör gücü 1295175.50 BG olup 2024 yılındaki toplam traktör gücü ise 1774303.50 BG'dir. Ortalama traktör gücü 2015 yılı için 50.21 BG olup 2024 yılı için ise 52.79 BG'ye yükselmiştir.

2015 yılında traktör 1000 ha⁻¹ değeri 53.81'den 2024 yılında 60.90'a yükselmiş, 18.59 ha/traktör değeri ise 16.42'ye düşmüştür. 2015 yılındaki kW ha⁻¹ değeri 1.99'dan 2024 yılında 2.37'ye yükselmiş olup 2015 yılında ortalama traktör gücü 36.95 kW'dan 2024 yılında 8.86 kW'ya yükselmiştir.

KAYNAKLAR

1. Sessiz A, Eličin AK, Esgici R, Tantekin F. Tarım makineleri hibe programının Diyarbakır ilinin mekanizasyon gelişimine katkısı. 27. *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi*, 5-7 Eylül 2012, Samsun.
2. Doruk İ. Denizli ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2016; 3(4), 324-331.
3. Işık E. Bursa İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesine ve Türkiye Ortalama Değerleriyle Karşılaştırılmasına Yönelik Bir Çalışma. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 2017; 31(1), 115-125.
4. Bayram M, Altuntaş E. Tokat İli'nin 2003 ve 2013 yılları için mekanizasyon özelliklerindeki değişiminin incelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 2016; 12(3), 213-220.
5. Gül EN, Ersoy H, Altuntaş E. Agricultural mechanization level, soil tillage and sowing machinery projection of Adana and Mersin provinces. *Journal of Agricultural Machinery Science* 2023; 19(3), 215-233.

Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği I

6. FAO (2023). Sustainable Agricultural Mechanization. (03/01/2023 tarihinde <https://www.fao.org/sustainable-agriculturalmechanization/overview/why-mechanization-isimportant/en/> adresinden ulaşılmıştır).
7. Toraman MC. Agricultural Mechanization Level of şırnak Province and Districts. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 2023; 11(9), 1628-1638.
8. Sabancı A, Akıncı İ. Dünyada ve Türkiye’de tarımsal mekanizasyon düzeyi ve son gelişmeler. *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi*, 20-22 Eylül 1994, Antalya.
9. Altıkat S, Çelik A. Erzurum ilinin mekanizasyon özellikleri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg* 2009; 40(2), 57-70.
10. TÜİK (2026). Bitkisel Üretim İstatistikleri. (03/02/2026 tarihinde <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> adresinden ulaşılmıştır).
11. Seyfioglu B, Baran MF, Bolat A. Ankara ili tarım işletmelerinde mekanizasyon durumu ve ilaçlama makinelerinin teknik özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2023; 10(3), 692-705.
12. Sessiz A, Turgut MM, Pekitkan FG, Esgici R. Diyarbakır ilindeki tarım işletmelerinin tarımsal yapı ve mekanizasyon özellikleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 2006; 2(1), 87-93.
13. Gökdoğan O. Hakkari ilinin tarımsal mekanizasyon durumu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2014; 1(1), 98-101.
14. Korucu T, Aybek A, Sivrikaya F, Gürlek E, Mert C, Kozak B. Kahramanmaraş İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Haritalanması ve Değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bil Derg* 2015; 18(2), 10-24.
15. Yıldız MU, Dilay Y, Özkan A. Karaman ilinin tarımsal mekanizasyon seviyesinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 2007; 3(4), 211-215.
16. Aslantürk B, Altuntaş E. Malatya ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* 2018; 7(2), 15-26.
17. Gül EN, Özkurt M, Dilmaç M. Muş ilinin tarımsal mekanizasyon seviyesi ile mekanizasyonda kullanılan tarım alet ve makinelerinin projeksiyon tahmini. *Journal of Agricultural Biotechnology* 2025; 6(2), 53-66.
18. şin B, Gül EN, Altuntaş E. Sakarya ilinin tarımsal mekanizasyon seviyesi ile bitki koruma makinelerinin projeksiyon tahmini. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 2023; 11(11), 2116-2126.
19. Ayhan F. İdari coğrafya açısından bir inceleme: Afyonkarahisar ili. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 2021; 23(3), 840-860.
20. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı (2026). Afyonkarahisar İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (03/02/2026 tarihinde <https://afyon.ktb.gov.tr/TR-63442/iklim.html> adresinden ulaşılmıştır).
21. Lüle F, Koyuncu T, Engin KE. Adıyaman ilinin tarımsal mekanizasyon durumu. 27. *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi*, 5-7 Eylül 2012, Samsun.

Bölüm 4

TARIM MAKİNELERİ KULLANIMI PROJEKSİYONU: EDİRNE İLİ ÖRNEĞİ

Cihan DEMİR¹

23. GİRİŞ

Tarımsal mekanizasyon; tarımsal üretimin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılan enerji kaynakları, tarım alet ve makinelerinin tasarımı, üretimi, geliştirilmesi, işletilmesi ve kullanımını kapsayan bir sistemdir (1). Tarımsal mekanizasyon, tarımsal üretimde iş gücü ve zamandan tasarruf sağlamak amacıyla makine ve ekipman kullanımını ifade eden önemli bir üretim girdisidir (2). Tarımsal mekanizasyon, bitkisel ve hayvansal üretimde kullanılan güç kaynakları ve makinelerin tarımsal üretim sürecine entegre edilmesi olarak tanımlanmaktadır (3). Tarımsal mekanizasyon, tarımda verimliliği artırmak amacıyla insan ve hayvan gücünün yerini mekanik gücün alması sürecidir (4). Bu çalışmada, Edirne ilinde 2015–2024 yılları arasında tarım sektöründe yaygın olarak kullanılan tarım alet ve makinelerine ilişkin veriler esas alınarak, tarımda teknoloji kullanımının projeksiyonu analiz edilmiştir.

24. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Edirne ilinde tarımda teknoloji kullanımının projeksiyonunun belirlenmesi amacıyla Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayımlanan tarım alet ve makinelerine ait verilerden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında, 2015-2024 yılları arasına ait tarım alet ve makine sayıları esas alınarak, söz konusu dönemdeki üretim ve kullanım değişimleri analiz edilmiştir. Ayrıca konu ile ilgili daha önce yapılmış araştırmalardan da faydalanılmıştır.

Analiz sürecinde, tarım alet ve makinelerinin ilgili yıllar arasındaki artış ve azalış oranları yüzdelik olarak hesaplanmış, elde edilen bu oranların ortalama değerleri kullanılarak projeksiyon katsayıları belirlenmiştir. Projeksiyon

¹ Doç. Dr., Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, cihan.demir@klu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-2866-4074

SONUÇ

Bu araştırmada, Edirne iline ait 2015–2024 dönemine ilişkin veriler kullanılarak tarımda teknoloji kullanımına yönelik projeksiyonların ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, il genelinde tarımsal faaliyetlerde yaygın olarak toplam 16 adet tarım alet ve makinesinin son on yıla ait üretim ve kullanım miktarları esas alınarak projeksiyon katsayıları hesaplanmıştır. İncelenen alet ve makinelerden 16'sının da hesaplanan projeksiyon katsayılarının pozitif değerler alması, Edirne ilinde tarımsal mekanizasyon düzeyinin 2034 yılına kadar artış göstereceğine işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Filikçi V, Marakoğlu T. Türkiye'de tarımsal mekanizasyonun gelişimi ve değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2015; 2(2), 178-185.
2. Keskin M. Tarımsal mekanizasyon göstergelerinin değerlendirilmesi. *MKU Tarım Bilimleri Dergisi* 2024; 29(1), 45–56.
3. Sabancı A (2004). *Tarımsal mekanizasyon*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
4. Evcim HÜ, Gülsoylu E. Türkiye'de tarımsal mekanizasyonun durumu ve geleceği. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi* 2000; 6(1), 1-10.
5. Baran FM, Gökdoğan O, Kaya İA, Oğuz İH. Projection of agricultural tools and machinery usage in agriculture in Turkey. I. International Agricultural Science Congress, 2018, Van, Turkey.
6. Demir B. Mersin ilinin tarımda teknoloji kullanım projeksiyonu. *Alınleri* 2013; 24(B), 29-34.
7. Demir B, Kuş E. İÇ Anadolu Bölgesinin tarımda teknoloji kullanım projeksiyonu. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD* 2016; Özel Sayı, 89-95.
8. TÜİK (2026). Tarım Alet ve Makine İstatistikleri. 31 Ocak 2026 tarihinde <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> adresinden erişildi.

Bölüm 5

AGRİVOLTAİK SİSTEMLERİN KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ VE TÜRKİYE'DE UYGULANABİLİRLİĞİ

Emre BIÇAKÇI¹
Mehmet Emin GÖKDUMAN²

GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve tüketim düzeyindeki yükseliş, küresel gıda sistemleri üzerinde artan bir baskı oluşturmaktadır. Dünya nüfusunun yüzyıl ortasına kadar yaklaşık 9 milyar düzeyine ulaşmasının beklendiği ve buna bağlı olarak küresel gıda talebinin %70-100 oranında artabileceği belirtilmektedir. Artan gelir düzeyi ve değişen tüketim alışkanlıkları, özellikle et ve süt ürünlerine yönelik talebi artırmakta; bu durum arazi, su ve enerji kaynakları üzerindeki rekabeti daha da yoğunlaştırmaktadır (1). Aynı zamanda gıda üretim sistemleri; sera gazı emisyonları, toprak bozulumu, su kaynaklarının aşırı kullanımı ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi önemli çevresel sonuçlar oluşturmaktadır (1, 2).

İklim değişikliğine ilişkin uluslararası değerlendirmeler, doğal ve insan sistemlerinin bölgesel sıcaklık artışlarına duyarlı olduğunu ve su kaynakları ile tarımsal üretim sistemlerinin iklim değişkenliğinden etkilendiğini ortaya koymaktadır (3). Artan nüfus ve ekonomik büyüme ile birlikte enerji, su ve arazi kaynakları üzerindeki baskının yoğunlaşması, üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğini sınırlandıran temel unsurlar arasında yer almaktadır (1). Mevcut eğilimler, gıda üretiminin gelecekte daha sınırlı arazi ve kaynaklar üzerinde gerçekleştirilmesini zorunlu kılmakta; bu durum arazi kullanım planlamasında sektörler arası rekabetin artmasına yol açmaktadır (2). Bunun sonucunda doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve arazi verimliliğinin artırılmasını esas alan entegre planlama yaklaşımlarına duyulan ihtiyaç daha belirgin hâle gelmektedir. Artan kaynak baskısı ve sektörler arası arazi tahsisi rekabeti, arazi

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Çayır Mera ve Yem Bitkileri AD, emrebicakci@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-0258-4885

² Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği AD, mehmetgokduman@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-0002-8612

birlikte ele alındığı bütüncül sistemler olarak değerlendirilmelidir. Yaygınlaştırma sürecinin başarısı, teknik tasarımın yanı sıra planlama, mevzuat ve kurumsal uyumun birlikte ele alındığı çok boyutlu bir yaklaşımın geliştirilmesine bağlı görünmektedir (13, 35).

SONUÇLAR

Bu çalışmada agrivoltaik sistemler, Türkiye koşulları odağında kavramsal çerçeve, teknik tasarım yaklaşımları, tarımsal etkiler, enerji üretimi, arazi kullanım verimliliği ve politika boyutları açısından literatüre dayalı olarak değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmalar, agrivoltaik sistemlerin Türkiye’de teknik olarak uygulanabilir olduğunu; ancak uygulanabilirliğin ürün türü, bölgesel iklim koşulları, sistem tasarımı ve kurumsal çerçeveye güçlü biçimde bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye’de yürütülen saha ve deneysel çalışmalar, fotovoltaik panellerin oluşturduğu kısmi gölgelemenin mikroklimatik koşullar üzerinden tarımsal üretimi farklı yönlerde etkileyebildiğini göstermektedir. Bu etkiler bazı koşullarda bitkisel stres faktörlerini azaltabilirken, bazı ürün ve konfigürasyonlarda ışık kısıtı nedeniyle verim sınırlamalarına yol açabilmektedir. Bu durum, agrivoltaik sistemlerin Türkiye’de evrensel bir çözümden ziyade bağlama duyarlı bir arazi kullanım yaklaşımı olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Arazi kullanım verimliliği açısından agrivoltaik sistemler, tek amaçlı arazi kullanımına alternatif oluşturabilecek bir potansiyel sunmaktadır. Bununla birlikte yaygın uygulamaya geçiş sürecinde teknik gereksinimlerin yanı sıra mevzuat, planlama ve yatırım-işletme modellerine ilişkin belirsizliklerin giderilmesi önem taşımaktadır. Gelecek çalışmalarda, farklı ürün grupları ve gölgeleme düzeylerinin çok yıllık verilerle değerlendirilmesi, agrivoltaik sistemlerin Türkiye tarımı açısından daha sağlıklı biçimde konumlandırılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Toulmin C. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 2010; 327(5967), 812-818.
2. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being*. Island Press, Washington, DC, USA. 2005.
3. IPCC. *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland. 2007.
4. Kırbaş İ. Agrivoltaik sistemler ve tarım alanlarının hibrit kullanımı. *Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi* 2023; 5(1-2), 9-19.
5. Dinesh H, Pearce JM. The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2016; 54, 299-308.

6. Trommsdorff M, Dhal IS, Özdemir ÖE, Ketzer D, Weinberger N, Rösch C. Agrivoltaics: solar power generation and food production. *Solar Energy Advancements in Agriculture and Food Production Systems*. Academic Press 2022; 159-210.
7. Ott EM, Kabus CA, Baxter BD, Hannon B, Celik I. Environmental analysis of agrivoltaic systems. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* 2020; 11.
8. Coşgun AE. The potential of agrivoltaic systems in Turkey. *Energy Reports* 2021; 7, 105-111.
9. Şentürk B, Kuzyaka D, Yalçın Ö, Akyıldız UM, Eröz M, Özden T. Gıda ve enerji üretimini birleştiren arazilerde verimlilik analizi: Komşuköy agrivoltaik çiftlik modeli. *Verimlilik Dergisi* 2024; 58(3), 443-460.
10. Yalçın Ö, Kuzyaka D, Özden T. Agrivoltaic system design for sugar beets and wheat in central Anatolia. *Renewable Energy* 2025; 245, 122800.
11. 11: Özer S. Muş ili için agrivoltaik tarım sistemlerinin uygulanabilirliği. *3rd International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences*, 16-17 Mayıs 2024, Konya, Türkiye.
12. Coşgun AE. Türkiye'de 50 MW üstü GES üretimi gerçekleştiren şehirlerimizde agrivoltaic sistem kullanılabilirliğinin incelenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development* 2021; 13(2), 711-718.
13. Turan ES. Land use and ecosystem impacts of solar power plants: A case-based assessment from Türkiye. *Journal of Solar Energy Research* 2025; 10(2), 2349-2366.
14. Goetzberger A, Zastrow A. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. *International Journal of Solar Energy* 1982; 1(1), 55-69. doi:10.1080/01425918208909875.
15. Dupraz C, Marrou H, Talbot G, Dufour L, Nogier A, Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 2011; 36(10), 2725-2732.
16. Marrou H, Dufour L, Wery J. How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil-crop system? *European Journal of Agronomy* 2013; 50, 38-51. doi:10.1016/j.eja.2013.05.004.
17. Valle B, Simonneau T, Sourd F, Pechier P, Hamard P, Frisson T, Christophe A. Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops. *Applied Energy* 2017; 206, 1495-1507.
18. Beck M, Bopp G, Goetzberger A, Obergfell T, Reise C, Schindele S. Combining PV and food crops to agrophotovoltaic-optimization of orientation and harvest. *Proceedings of the 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC)*, 2012, Frankfurt, Germany.
19. Amaducci S, Yin X, Colauzzi M. Agrivoltaic systems to optimize land use for electric energy production. *Applied Energy* 2018; 220, 545-561. doi:10.1016/j.apenergy.2018.03.081.
20. Riaz MH, Imran H, Younas R, Butt NZ. The optimization of vertical bifacial photovoltaic farms for efficient agrivoltaic systems. *Solar Energy* 2021; 230, 1004-1012.
21. Andrew AC, Higgins CW, Smallman MA, Graham M, Ates S. Herbage yield, lamb growth and foraging behavior in agrivoltaic production system. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2021; 5, 659175.
22. Schindele S, Trommsdorff M, Schlaak A, Obergfell T, Bopp G, Reise C, Braun C, Weselek A, Bauerle A, Högy P, Goetzberger A, Weber E. Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy* 2020; 265, 114737.
23. Macknick J, Hartmann H, Barron-Gafford G, Beatty B, Burton R, Seok-Choi C, Walston L. The 5 Cs of agrivoltaic success factors in the United States: Lessons from the InSPIRE research study. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, USA. 2022. (Report No: NREL/TP-6A20-83566).
24. Mamun MAA, Dargusch P, Wadley D, Zulkarnain NA, Aziz AA. A review of research on agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2022; 161, 112351.
25. Weselek A, Bauerle A, Hartung J, Zikeli S, Lewandowski I, Högy P. Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development* 2021; 41(5), 59. doi:10.1007/s13593-021-00714-y.

26. Zainol Abidin MA, Mahyuddin MN, Mohd Zainuri MAA. Solar photovoltaic architecture and agronomic management in agrivoltaic system: A review. *Sustainability* 2021; 13(14), 7846. doi:10.3390/su13147846.
27. Sharpe KT, Heins BJ, Buchanan ES, Reese MH. Evaluation of solar photovoltaic systems to shade cows in a pasture-based dairy herd. *Journal of Dairy Science* 2021; 104(3), 2794-2806. doi:10.3168/jds.2020-18821.
28. Maia ASC, de Andrade Culhari E, Fonsêca VDFC, Milan HFM, Gebremedhin KG. Photovoltaic panels as shading resources for livestock. *Journal of Cleaner Production* 2020; 258, 120551. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120551.
29. Vo TTE, Ko H, Huh JH, Park N. Overview of solar energy for aquaculture: The potential and future trends. *Energies* 2021; 14(21), 6923. doi:10.3390/en14216923.
30. Cossu M, Murgia L, Ledda L, Deligios PA, Sirigu A, Chessa F, Pazzona A. Solar radiation distribution inside a greenhouse with south-oriented photovoltaic roofs and effects on crop productivity. *Applied Energy* 2014; 133, 89-100. doi:10.1016/j.apenergy.2014.07.070.
31. Marucci A, Cappuccini A. Dynamic photovoltaic greenhouse: Energy balance in completely clear sky condition during the hot period. *Energy* 2016; 102, 302-312. doi:10.1016/j.energy.2016.02.053.
32. Barron-Gafford GA, Pavao-Zuckerman MA, Minor RL, Sutter LF, Barnett-Moreno I, Blackett DT, Macknick JE. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands. *Nature Sustainability* 2019; 2(9), 848-855.
33. Widmer J, Christ B, Grenz J, Norgrove L. Agrivoltaics, a promising new tool for electricity and food production: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2024; 192, 114277.
34. Şentürk B, Öylek Y, Kanar ZS, Çelik R, Kurtuluş G, Özden T. The impact of photovoltaic panels on the environment and yield parameters in an open field agrivoltaic system: A case study in Ayaş, Ankara. SSRN Preprint 2025. Available at: <https://ssrn.com/abstract=5035143>.
35. Kaynarca H, Onay Ö. Sarıcakaya ilçesinin güneş ve biyogaz enerji potansiyelinin hesaplanması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* 2024; 14(3), 1006-1028.
36. Özkan, G. (2023). *Türkiye’de sürdürülebilir tarım politikaları: Tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı*. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.
37. Uysal S, Çelikaş MS. Güneş enerjisi santrallerinde yağmur suyu hasadı. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2023; 12(2), 334-342. doi:10.28948/ngmuh.1124588.
38. Bıçakçı E, Balabanlı C, Acar E. Tarım ve mera alanlarında rüzgâr ve güneş enerji sistemleri kurulması hakkında değerlendirmeler. *Journal of the Institute of Science and Technology* 2023; 13(1), 700-712. doi:10.21597/jist.1180929.
39. Kallioğlu MA, Avcı AS, Sharma A, Khargotra R, Singh T. Solar collector tilt angle optimization for agrivoltaic systems. *Case Studies in Thermal Engineering* 2024; 54, 103998. doi:10.1016/j.csite.2024.103998.
40. Vidotto LC, Schneider K, Morato RW, do Nascimento LR, Rütther R. An evaluation of the potential of agrivoltaic systems in Brazil. *Applied Energy* 2024; 360, 122782. doi:10.1016/j.apenergy.2024.122782.
41. Mehta K, Jain R, Zörner W. Agrivoltaics around the world: Potential, technology, crops and policies to address the energy-agriculture nexus for sustainable and climate-resilient land use. *Energies* 2025; 18(24), 6417. doi:10.3390/en18246417
42. Collignon AC. *The development and implementation of agrivoltaic systems internationally*. Honors Thesis, University Honors Program, Colorado State University, Fort Collins, CO, USA. 2025.

Bölüm 6

TOPRAK İŞLEMEDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE KARLILIK

Hürkan Tayfun VAROL¹
Davut AKBOLAT²

GİRİŞ

Tarımsal üretimin temel aşamalarından biri olan toprak işleme, yüzyıllardır farklı alet ve makineler kullanılarak uygulanmaktadır. Toprak işleme sırasında uygulanan mekanik etki; toprağın şekil değiştirmesine, ufanmasına ve agregat yapısının yeniden düzenlenmesine neden olmaktadır. Bu müdahale, toprağın fiziksel, biyolojik ve çevresel özelliklerinde hem olumlu hem de olumsuz değişimlere yol açabilmektedir. Dolayısıyla toprak işleme sistemleri yalnızca üretim sürecinin teknik bir aşaması değil, aynı zamanda toprak sağlığını ve uzun vadeli sürdürülebilirliği de doğrudan etkileyen bir yönetim unsurudur.

Toprak işleme sistemleri genel olarak iki temel kritere göre sınıflandırılmaktadır:

- (i) Toprağa uygulanan mekanik etkinin yoğunluğu ve
- (ii) İşleme sonrasında arazi yüzeyinde bırakılan bitki artığı miktarı.

Bu sınıflandırmaya göre sistemler; geleneksel (konvansiyonel) toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ve koruyucu toprak işleme olmak üzere üç ana grupta ele alınmaktadır.

Geleneksel toprak işlemede genellikle pulluk ile devirmeli sürüm yapılmakta, ardından ikincil toprak işleme ekipmanları ile tohum yatağı hazırlığı tamamlanmaktadır. Azaltılmış toprak işlemede ise pulluk yerine toprağı devirmeyen ekipmanlar (örneğin çizel veya derin kültivatör) kullanılmakta ve toprağa yapılan mekanik müdahale sınırlandırılmaktadır. Koruyucu toprak işleme sistemlerinde toprağın mümkün olan en az düzeyde işlenmesi hedeflenmekte;

¹ Arş. Gör., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği AD, hurkanvarol@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-7782-6554

² Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği AD, davutakbolat@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-4999-0901

Toprak işleme yoğunluklarının azaltılmasıyla kısa süreçte verim kaygıları olmakla birlikte uzun süreli üretimde hem sürdürülebilir hem de ekonomik karlılığın sağlandığı görülmektedir. Bu durumlar göz önüne alındığında en kısa zamanda bu sistemlere geçilmesi gerektiği söylenebilir fakat geçiş için bazı kısıtlar veya engelleyici faktörler bulunmaktadır. Her arazide ve iklim koşulunda istenildiği gibi toprak işleme makinelerinin kullanımı mümkün olmamaktadır. Bu kısıtların bazıları aşağıdaki gibidir;

- Toprakta ciddi sıkışıklık probleminin bulunmaması
- Yabancı ot baskısının yönetilebilir düzeyde olması
- Geçiş sürecinde olası verim düşüşünün dikkate alınması
- Bitki besin elementlerinin yeterli ve dengeli uygulanması
- Yüksek verim potansiyeline sahip çeşitlerin kullanılması
- Hassas tarım teknolojilerinin ve uygun mekanizasyonun etkin kullanımı

Kuru tarım arazileri gibi su kaynaklarının etkin kullanılması gereken ve topraktaki suyun korunması gereken alanlarda bu faktörlere dikkat ederek üretim planlaması yapmak mantıklı olacaktır. Tarım arazilerinin etkin kullanılması uzun yıllar sonra bile stabil verim alınmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak toprak işleme sistemlerinde toprağın sağlığını ve uzun süreli üretim planlamasını düşünerek koruyucu toprak işleme sistemlerine doğru geçiş yapılması gerekmektedir. Bu geçiş organik maddesi halen düşük olan bölgelerde doğrudan koruyucu toprak işleme sistemine geçmek verimi ve karlılığı ilk yıllarda düşürebileceğinden sakıncalı olabilir, kademeli olarak toprak işleme yoğunluğunu azaltmak önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Akbolat, D., Varol, H. T., Şener, A., Coşkan, A. (2025). Contribution of the maize root respiration to total soil CO₂ emission. *Eurasian Soil Science*, 58, 163. <https://doi.org/10.1134/S1064229325601337>
2. Erbaş, N. (2020). Yozgat ili tarım işletmelerinde kışlık buğday (*Triticum aestivum* L.) üretiminin maliyet analizi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), 1318–1328. <https://doi.org/10.21597/jist.607975>
3. Ayyıldız, M., Tengiz, Z. M., Çiçek, A., & Ayyıldız, B. (2022). Yozgat ilinde yetiştirilen bazı tarla ürünlerinin maliyet analizi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 11(2), 98–106. <https://izlik.org/JA77HG79RH>
4. Dursun, İ. (2025). Farklı toprak işleme tekniklerinin yakıt tüketimlerinin karşılaştırılması. İçinde *Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde, Kuram, Bağlam ve Uygulama* (ss. 78–88). Duvar Yayınları.
5. Han, C., Zhou, W., Gu, Y., Wang, J., Zhou, Y., Xue, Y., Shi, Z., & Siddique, K. (2024). Effects of tillage regime on soil aggregate-associated carbon, enzyme activity, and microbial community structure in a semiarid agroecosystem. *Plant and Soil*, 498, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06453-1>

6. Doran, J. W., Elliott, E. T., & Paustian, K. (1998). Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil and Tillage Research*, 49(1–2), 3–18. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(98\)00150-0](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00150-0)
7. Schjønning, P., Thomsen, I. K., Petersen, S. O., Kristensen, K., & Christensen, B. T. (2011). Relating soil microbial activity to water content and tillage-induced differences in soil structure. *Geoderma*, 163(3–4), 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.04.022>
8. Sándor, Z., Tállai, M., Kincses, I., László, Z., Kátai, J., & Vágó, I. (2020). Effect of various soil cultivation methods on some microbial soil properties. *DRC Sustainable Future*, 1(1), 14–20. <https://doi.org/10.37281/drcsf/1.1.3>
9. McVay, K. A., Budde, J. A., Fabrizzi, K., Mikha, M. M., Rice, C. W., Schlegel, A. J., Peterson, D. E., Sweeney, D. W., & Thompson, C. (2006). Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. *Soil Science Society of America Journal*, 70, 434–438. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0249>
10. Ng, J., Hollister, E., Gonzalez Chavez, M. del C., Hons, F. M., Zuberer, D., Aitkenhead-Peterson, J., Loeppert, R., & Gentry, T. (2012). Impacts of cropping systems and long-term tillage on soil microbial population levels and community composition in dryland agricultural setting. *ISRN Ecology*, 2012, Article 487370. <https://doi.org/10.5402/2012/487370>
11. Hungria, M., Franchini, J. C., Brandão-Junior, O., Kaschuk, G., & Souza, R. A. (2009). Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. *Applied Soil Ecology*, 42(3), 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.05.005>
12. Mathew, R. P., Feng, Y., Githinji, L., Ankumah, R., & Balkcom, K. S. (2012). Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, Article 548620. <https://doi.org/10.1155/2012/548620>
13. Aslam, T., Choudhary, M., & Sagar, S. (1999). Tillage impacts on soil microbial biomass C, N and P, earthworms and agronomy after two years of cropping following permanent pasture in New Zealand. *Soil and Tillage Research*, 51, 103–111. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00032-X](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00032-X)
14. Feng, Y., Motta, A. C., Reeves, D. W., Burmester, C. H., Van Santen, E., & Osborne, J. A. (2003). Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. *Soil Biology & Biochemistry*, 35, 1693–1703. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.08.016>
15. Spedding, T., Hamel, C., Mehuys, G., & Madramootoo, C. (2004). Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems. *Soil Biology & Biochemistry*, 36(3), 499–512. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.10.026>
16. Malhi, S. S., Lemke, R., Wang, Z. H., & Chhabra, B. S. (2006). Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emissions. *Soil and Tillage Research*, 90, 171–183. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.09.001>
17. Li, Y., Zhang, Q., Cai, Y., Yang, Q., & Chang, S. X. (2020). Minimum tillage and residue retention increase soil microbial population size and diversity: Implications for conservation tillage. *Science of the Total Environment*, 716, 137164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137164>
18. Mohammadi, K. (2011). Soil microbial activity and biomass as influenced by tillage and fertilization in wheat production. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 10, 330–337.
19. Kraut-Cohen, J., Zolti, A., Shaltiel-Harpaz, L., Argaman, E., Rabinovich, R., Green, S. J., & Minz, D. (2020). Effects of tillage practices on soil microbiome and agricultural parameters. *Science of the Total Environment*, 705, 135791. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135791>
20. Farhangi-Abriz, S., Ghassemi-Golezani, K., & Torabian, S. (2021). A short-term study of soil microbial activities and soybean productivity under tillage systems with low soil organic matter. *Applied Soil Ecology*, 168, 104122. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104122>

Bölüm 7

MAKİNE ÖĞRENMESİ DESTEKLİ MİKROALGAL BİYOPROSESLERİN OPTİMİZASYONU VE DÖNGÜSEL BİYOEKONOMİDE KULLANIMI

**F. Özge UYSAL¹
Önder UYSAL²**

49. GİRİŞ

Mikroalg temelli biyoprosesler; atıksu arıtımı, biyoyakıt üretimi, biyogübre geliştirilmesi ve yüksek katma değerli ürün sentezi gibi çok yönlü uygulama alanlarıyla döngüsel biyoekonominin temel bileşenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, mikroalgal kültürasyon sistemlerinde ışık, sıcaklık, pH, besin konsantrasyonu, hidrolik bekleme süresi ve karbon kaynağı gibi çok sayıda değişkenin eş zamanlı olarak proses performansını etkilemesi, geleneksel modelleme ve optimizasyon yaklaşımlarının yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bu noktada makine öğrenmesi algoritmaları; karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkilerin modellenmesi, proses verimliliğinin tahmin edilmesi ve gerçek zamanlı kontrol stratejilerinin geliştirilmesi açısından güçlü araçlar sunmaktadır.

Bu bölümde, mikroalgal biyoproseslerde kullanılan başlıca makine öğrenmesi algoritmaları kapsamlı olarak ele alınmakta ve biyokütle üretimi, besin giderimi, lipid verimi ve karbon tutma performansının tahminine yönelik uygulamalar değerlendirilmektedir. Ayrıca sensör tabanlı veri toplama sistemleri ile entegre edilen yapay zekâ destekli üretim yaklaşımlarının, enerji tüketimi, su ayak izi ve proses sürdürülebilirliği üzerindeki etkileri tartışılmaktadır. Mikroalg tabanlı biyorafineri konsepti çerçevesinde makine öğrenmesi destekli optimizasyonun, kaynak geri kazanımı ve akıllı tarım uygulamalarına entegrasyonu bütüncül bir bakış açısıyla sunulmaktadır. Bu bölüm, mikroalgal sistemlerin dijitalleşmesi ve otonom üretim altyapılarının geliştirilmesine yönelik gelecek perspektiflerini

¹ Dr., Università Degli Studi di Napoli Federico II, CAISIAL, zm.ozgeuysal@gmail.com,
ORCID iD: 0000-0001-7764-7580

² Doç. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri
Mühendisliği AD, onderuysal@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-8019-5260

transferi, kütle transferi ve çevresel değişkenlik gibi sınırlayıcı faktörler, veri temelli simülasyon ve tahmin modelleri ile önceden analiz edilerek optimum tasarım ve işletme stratejileri geliştirilebilmektedir (17). Bu durum mikroalgal biyorafineri yaklaşımının ticari uygulanabilirliğini güçlendirmekte ve biyobazlı üretim teknolojilerinin sanayiye entegrasyonunu hızlandırmaktadır.

Sonuç olarak makine öğrenmesi destekli mikroalgal biyorafineri sistemleri; kaynak geri kazanımına dayalı, düşük karbon ayak izine sahip ve enerji verimli üretim platformlarının geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu dönüşüm, biyoproses mühendisliği, veri bilimi, çevre mühendisliği ve akıllı tarım teknolojilerinin kesişiminde yer alan disiplinler arası bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Gelecekte açıklanabilir yapay zekâ modellerinin geliştirilmesi, büyük ölçekli zaman serisi veri tabanlarının oluşturulması ve dijital ikiz tabanlı kontrol stratejilerinin endüstriyel sistemlere uygulanması, mikroalgelerin döngüsel biyoekonomideki rolünü daha da güçlendirecek araştırma alanları olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

1. Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25(3), 294–306.
2. Chew, K. W., Yap, J. Y., Show, P. L., Suan, N. H., Juan, J. C., Ling, T. C., ve Chang, J. S. (2017). Microalgae biorefinery: High value products perspectives. *Bioresource Technology*, 229, 53–62.
3. Pittman, J. K., Dean, A. P., ve Osundeko, O. (2011). The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources. *Bioresource Technology*, 102(1), 17–25.
4. Markou, G., ve Georgakakis, D. (2011). Cultivation of filamentous cyanobacteria in agro-industrial wastes and wastewaters: A review. *Applied Energy*, 88(10), 3389–3401.
5. Lam, M. K., ve Lee, K. T. (2012). Microalgae biofuels: A critical review of issues, problems and the way forward. *Biotechnology Advances*, 30(3), 673–690.
6. Singh, J., ve Gu, S. (2010). Commercialization potential of microalgae for biofuels production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 2596–2610.
7. Khan, M. I., Shin, J. H., ve Kim, J. D. (2018). The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry. *Bioresource Technology*, 255, 371–380.
8. Chiamonti, D., Prussi, M., Casini, D., Tredici, M. R., ve Rodolfi, L. (2017). Review of energy balance in raceway ponds for microalgae cultivation: Re-thinking a traditional system is possible. *Applied Energy*, 185, 100–112.
9. Lu, Y., Xu, J., ve Wang, Z. (2015). Microalgae-based wastewater treatment for nutrient recovery: A review. *Bioresource Technology*, 184, 79–87.
10. Renuka, N., Sood, A., Ratha, S. K., Prasanna, R., ve Ahluwalia, A. S. (2018). Evaluation of microalgal consortia for treatment of primary treated sewage effluent and biomass production. *Journal of Applied Phycology*, 30(2), 1095–1103.
11. Posten, C. (2009). Design principles of photo-bioreactors for cultivation of microalgae. *Engineering in Life Sciences*, 9(3), 165–177.
12. Carvalho, A. P., Meireles, L. A., ve Malcata, F. X. (2011). Microalgal reactors: A review of enclosed system designs and performances. *Biotechnology Progress*, 27(5), 1214–1235.

- 13 Janssen, M., Tramper, J., Mur, L. R., ve Wijffels, R. H. (2003). Enclosed outdoor photobioreactors: Light regime, photosynthetic efficiency, scale-up, and future prospects. *Biotechnology and Bioengineering*, 81(2), 193–210.
14. Hu, Q., Sommerfeld, M., Jarvis, E., Ghirardi, M., Posewitz, M., Seibert, M., ve Darzins, A. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: Perspectives and advances. *The Plant Journal*, 54(4), 621–639.
15. Ugwu, C. U., Aoyagi, H., ve Uchiyama, H. (2008). Photobioreactors for mass cultivation of algae. *Bioresource Technology*, 99(10), 4021–4028.
16. Molina Grima, E., Fernández, J., Ación, F. G., ve Chisti, Y. (1999). Photobioreactors: Light regime, mass transfer, and scale-up. *Journal of Biotechnology*, 70(1–3), 231–247.
17. Chisti, Y. (2013). Constraints to commercialization of algal fuels. *Journal of Biotechnology*, 167(3), 201–214.
18. Li, T., Zheng, Y., Yu, L., ve Chen, S. (2020). Mixotrophic cultivation of microalgae for biomass production: A review. *Bioresource Technology*, 314, 123724.
19. Mayfield, S. P., ve Golden, S. S. (2015). Engineering algae for biofuel production. *Nature Reviews Microbiology*, 13(1), 1–14.
20. Glassey, J., Gernaey, K. V., Clemens, C., Schulz, T. W., Oliveira, R., Striedner, G., ve Mandenius, C. F. (2011). Process analytical technology for biopharmaceuticals. *Biotechnology Journal*, 6(4), 369–377.
21. von Stosch, M., Oliveira, R., Peres, J., ve Fayo de Azevedo, S. (2014). Hybrid semi-parametric modeling in process systems engineering: Past, present and future. *Computers ve Chemical Engineering*, 60, 86–101.
22. Lopes, R., Teixeira, J. A., ve Rocha, I. (2018). Machine learning in bioprocesses: A review. *Biochemical Engineering Journal*, 137, 79–90.
23. Zhang, Q., Wang, F., ve Yuan, Z. (2019). Application of machine learning in fermentation process: A review. *Bioresource Technology*, 294, 122145.
24. Kroll, P., Hofer, A., Stelzer, I. V., Herwig, C., ve Kuprijanov, A. (2017). Soft sensor for biomass concentration in mammalian cell culture by multivariate data analysis. *Biotechnology Progress*, 33(5), 1307–1315.
25. Kumar, K., Dasgupta, C. N., Nayak, B., Lindblad, P., ve Das, D. (2011). Development of suitable photobioreactors for CO₂ sequestration addressing global warming using microalgae: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(7), 329–335.
26. Davis, R., Aden, A., ve Pienkos, P. T. (2011). Techno-economic analysis of autotrophic microalgae for fuel production. *Applied Energy*, 88(10), 3524–3531.
27. Nizami, A. S., Rehan, M., Waqas, M., Naqvi, M., Ouda, O. K. M., Shahzad, K., ve Ismail, I. M. I. (2017). Waste biorefineries: Enabling circular economy in developing countries. *Bioresource Technology*, 241, 1101–1117.
28. Zhang, Y., Min, Q., ve Hu, W. (2021). Digital twin-driven smart biomanufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 69, 102074.

Bölüm 8

KARAMAN KOŞULLARINDA LAVANTA ÜRETİMİNİN ENERJİ KULLANIM ETKİNLİĞİ VE SERA GAZI EMİSYONLARI

Sadiye Ayşe ÇELİK¹
Osman ÖZBEK²
İrem AYRAN ÇOLAK³
Mehmet Emin GÖKDUMAN⁴

60. GİRİŞ

Lamiaceae familyasının önemli bir üyesi olan lavanta (*Lavandula* spp.), dünya genelinde yaklaşık 39 tür ve 400'ün üzerinde çeşit ile temsil edilen çok yıllık tıbbi-aromatik bir bitkidir (1, 2, 3). Ana vatanı Akdeniz Havzası olan bu bitki; zengin uçucu yağ içeriği ve farmasötik değerinin yanı sıra süs bitkisi olarak kullanımıyla da küresel ölçekte geniş bir üretim alanına sahiptir. Ekonomik değeri en yüksek türlerin başında *Lavandula angustifolia* Mill. (tıbbi lavanta / İngiliz lavantası) ve *Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel. (lavandin) gelmektedir. *L. angustifolia* özellikle parfümeri ve kozmetik sektöründe aranan yüksek kaliteli uçucu yağı ile bilinirken, lavandin türü birim alandan alınan yüksek biyokütle verimiyle ticari üretimde stratejik bir rol oynamaktadır (4, 5, 6).

Lavanta, yarı kurak iklim koşullarına adaptasyon yeteneği yüksek, iyi drene edilmiş kireçli topraklarda optimal gelişim gösteren bir bitkidir. Düşük girdi gereksinimi, lavantayı sürdürülebilir tarım sistemleri ve marjinal alanların değerlendirilmesi açısından oldukça avantajlı kılmaktadır (4). Türkiye'de lavanta tarımı son on yılda ivme kazanmış; 2015 yılında 3.200 hektar olan ekim alanları,

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tıbbi Bitkiler ADsacelik@selcuk.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-0765-642X

² Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri AD, ozbek@selcuk.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-0034-9387

³ Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tıbbi Bitkiler AD irem.ayran@selcuk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8005-8231

⁴ Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği AD, mehmetgokduman@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-0002-8612

kullanımından kaynaklanmış olup, yakıt tüketimi hem enerji hem de çevresel yük açısından belirleyici faktör olmuştur.

Sonuç olarak, Karaman gibi yarı kurak bölgelerde lavanta üretimi agronomik açıdan uygun olmakla birlikte, sürdürülebilirlik açısından enerji verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Özellikle yakıt tüketiminin azaltılması, azotlu gübre kullanımının optimize edilmesi ve yenilenebilir enerji seçeneklerinin değerlendirilmesi, karbon ayak izinin düşürülmesi ve çevresel performansın iyileştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Not: Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP tarafından desteklenen '24401100 numaralı Bazı Tıbbi Bitkilerde Uygulanan Geleneksel ve Modern Hasat Yöntemlerinin Bitki Kalite Parametreleri, Hasat Kalitesi ve Enerji Tüketimleri Üzerine Etkisinin Araştırılması' konulu projeden yapılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Passalacqua NG, Tundis R, Upson TM. A new species of *Lavandula* sect. *Lavandula* (Lamiaceae) and review of species boundaries in *Lavandula angustifolia*. *Phytotaxa* 2017; 292(2), 161-170.
2. Salehi B, Mnayer D, Özçelik B, Altın G, Kasapoğlu KN, Daskaya-Dikmen C, Sharifi-Rad M, Selamoglu Z, Acharya K, Sen S, Matthews KR, Fokou PVT, Sharopov F, Setzer WN, Martorell M, Sharifi-Rad J. Plants of the genus *Lavandula*: From farm to pharmacy. *Natural Product Communications* 2018; 13(10), 1934578X1801301037.
3. Perović AB, Karabegović IT, Krstić MS, Veličković AV, Avramović JM, Danilović BR, Veljković VB. Modern insights into traditional lavender oil production: Methods, optimization, kinetics, and perspectives. *Separation & Purification Reviews* 2025; 54(1), 1-25.
4. Akyön YB, Özel ÇA. Lavanta bitkisinin tıbbi aromatik özellikleri ve *Lavandula angustifolia*'nın doku kültürü uygulamaları. In: Çiğ F, Soysal S, eds. *Tarla Bitkilerinde Verimlilik ve Sürdürülebilirlik*. 2024; 17-48.
5. Gök SB, Erdoğan Y. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from six lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) cultivars. *Plant, Soil & Environment* 2024; 70(2), 1-8.
6. Dal A, Dündar Ö, Demircioğlu H. Lavanta (*Lavandula × intermedia* var. *super* A.)'da farklı toplama zamanları ve muhafazanın hasat sonrası kalite üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 2025; 30(1), 154-166.
7. Kolaylı S, Can Z, Kara Y, Ozkok A, Ozmert Ergin S, Kemal M, Demir Kanbur E. Physicochemical characteristics, phenolic components, and antioxidant capacities of lavender honey (*Lavandula* spp.) from Isparta region of Türkiye. *Chemistry & Biodiversity* 2024; 21(9), e202400718.
8. Ayran Çolak İ, Çelik SA. Determination of essential oil yields and composition of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula* sp.) cultivated in Tuzlukçu, Konya. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Science* 2023; 37(3), 582-588.
9. Mykhailenko O, Hurina V, Ivanauskas L, Marksa M, Skybitska M, Kovalenko O, Lytkin D, Vladymyrova I, Georgiyants V. *Lavandula angustifolia* herb from Ukraine: Comparative chemical profile and in vitro antioxidant activity. *Chemistry & Biodiversity* 2024; 21(9), e202400640.
10. Dětár E, Németh ÉZ, Gosztola B, Demján I, Pluhár Z. Effects of variety and growth year on the essential oil properties of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.). *Biochemical Systematics and Ecology* 2020; 90, 104020.

11. Wells R, Truong F, Adal AM, Sarker LS, Mahmoud SS. *Lavandula* essential oils: A current review of applications in medicinal, food, and cosmetic industries of lavender. *Natural Product Communications* 2018; 13(10), 1934578X1801301038.
12. Karakaş Ü. Lavanta yağı ve genetik etkileşim: Epigenetik perspektiften sağlık üzerine bir inceleme. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi* 2025; 15(1), 69-76.
13. Ergen FD. Kırsal turizm bölgesindeki işletme sahiplerinin bakış açısıyla turist davranışlarının değerlendirilmesi: Kuyucak Köyü örneği. *Journal of Academic Tourism Studies* 2022; 3(1), 59-71.
14. Alkaya ÜÖ, Yaşar E. Lavanta kokulu köyün yaratıcı turizm potansiyelinin araştırılması. *Journal of Applied Tourism Research* 2024; 5(1), 21-27.
15. Gökdoğan O, Baran MF, Erdoğan O. Energy balance of the lavender oil production. *Derim* 2016; 33(1), 69-76.
16. Handa SS. An overview of extraction techniques for medicinal and aromatic plants. *Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants* 2008; 1(1), 21-40.
17. Hedayati S, Tarahi M, Madani A, Mazloomi SM, Hashempur MH. Towards a greener future: Sustainable innovations in the extraction of lavender (*Lavandula* spp.) essential oil. *Foods* 2025; 14(1), 100.
18. Çıtlı E, Özbek O, Çelik SA, Gökdoğan O. On the study of energy use efficiency and greenhouse gas emissions of Kaman walnut (*Juglans regia* L.) production in Türkiye. *Applied Fruit Science* 2025; 67(3), 125.
19. Özbek O, Gökdoğan O. Determining the energy use and greenhouse gas emissions of kumquat (*Fortunella* spp.) production in Türkiye. *Applied Fruit Science* 2025; 67(3), 146.
20. Gökdoğan ME, Gökdoğan O, Yılmaz D. Determination of energy-economic balance and greenhouse gas (GHG) emissions of avocado (*Persea americana* Mill.) production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 2022; 64(4), 759-766.
21. Oğuz HI, Gökdoğan O, Baran MF. Determination of energy balance in organic wolfberry (*Lycium barbarum* L.) production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 2019; 61(1), 61-66.
22. Demirel MH, Şengül Z, Baran MF, Gökdoğan O. Effect of input usage on wheat yield: An application of artificial neural networks (ANN). *Journal of Agricultural Science and Technology* 2024; 26(2), 233-245.
23. Gökdoğan O. Energy and economic efficiency of kiwi fruit production in Turkey: A case study from Mersin province. *Erwerbs-Obstbau* 2022; 64(1), 55-60.
24. Çelik SA, Çolak İA, Özbek O, Tokur V, Gökdoğan O. Determination of energy productivity and greenhouse gas emissions in white cherry (*Prunus avium* L.) growing. *Applied Fruit Science* 2025; 67, Article 105.
25. Demir C, Gökdoğan O, Baran MF. Determination of energy use and greenhouse gas emissions in lavender production. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío* 2022; 34(S5), 192-202.
26. Dilay Y, Gökdoğan O. Determining the energy utilization and greenhouse gas emissions (GHG) of quinoa production. *Fresenius Environmental Bulletin* 2021; 30(6B), 7713-7722.
27. Yılmaz H, Gökdoğan O, Özer S. Energy use efficiency and economic analysis of black cumin production in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 2021; 30(10), 11395-11401.
28. Baran MF, Gökdoğan O. Determination of energy use efficiency of sesame production. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 2017; 14(3), 73-79.
29. Özbek O, Çelik SA, Ayran Çolak İ, Gökdoğan O. Energy balance and greenhouse gas (GHG) emissions of sesame (*Sesamum indicum* L.) production in Türkiye. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 2024; 12(6), 911-917.
30. Çelik SA, Özbek O, Çolak İA, Gökdoğan O. Determination of energy use efficiency and greenhouse gas (GHG) emissions of pecan (*Carya illinoensis*) production in Türkiye. *Applied Fruit Science* 2024; 66, 1955-1962.

31. Özbek O, Yalçın Dokumacı K, Gökdoğan O. Analysis of energy use efficiency and greenhouse gas emissions of lemon (*Citrus lemon* L.) production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 2023; 20, 1-8.
32. Türkeş M. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology* 1996; 16(9), 1057-1076. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199609\)16:9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199609)16:9).
33. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). Karaman ili uzun yıllar (1991-2020) iklim verileri. 2023, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr>
34. Mandal KG, Saha KP, Ghosh PK, Hati KM, Bandyopadhyay KK. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy* 2002; 23, 337-345.
35. Mohammadi A, Tabatabaefar A, Shahin S, Rafiee S, Keyhani A. Energy use and economical analysis of potato production in Iran: A case study of Ardabil province. *Energy Conversion and Management* 2008; 49, 3566-3570.
36. Mohammadi A, Rafiee S, Mohtasebi SS, Rafiee H. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy* 2010; 35, 1071-1075.
37. Hughes DJ, West JS, Atkins SD, Gladders P, Jeger MJ, Fitt BD (2011) Effects of disease control by fungicides on greenhouse gas emissions by UK arable crop production. *Pest Manag Sci* 67:1082-1092.
38. Karaağaç HA, Baran MF, Mart D, Bolat A, Eren Ö (2019) Nohut üretiminde enerji kullanım etkinliği ve sera gazı (GHG) emisyonunun belirlenmesi (Adana ili örneği). *Avrupa Bilim Teknol Derg* 16:41-50 (in Turkish).
39. Houshyar E, Dalgaard T, Tarazgar MH, Jorgensen U (2015) Energy input for tomato production what economy says, and what is good for the environment. *J Clean Prod* 89:99-109.
40. Khoshnevisan B, Shariati HM, Rafiee S, Mousazadeh H (2014) Comparison of energy consumption and GHG emissions of open field and greenhouse strawberry production. *Renew Sustain Energy Rev* 29:316-324.
41. Singh H, Mishra D, Nahar NM (2002) Energyuse pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India-part I. *Energy Convers Manag* 43(16):2275-2286.
42. Koçtürk OM, Engindeniz S. Energy and cost analysis of sultana grape growing: A case study of Manisa, West Turkey. *African Journal of Agricultural Research* 2009; 4(10), 938-943.
43. Gökdoğan O. Determination of input-output energy and economic analysis of lavender production in Turkey. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 2016; 9(3), 154-161.
44. Lal R. Carbon emission from farm operations. *Environment International* 2004; 30(7), 981-990.
45. Özalp A, Yılmaz I, Demircan V. Energy balance and greenhouse gas emissions in agricultural production systems: A case study from Turkey. *Journal of Environmental Management* 2018; 223, 722-730.
46. Singh H. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India—Part I. *Energy Conversion and Management* 2002; 43(16), 2275-2286.
47. Akbolat D, Ekinci K, Demircan V, Erdal G. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production in Turkey. *Energy* 2014; 69, 102-109.
48. Nassiri SM, Singh S. Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. *Applied Energy* 2009; 86, 1320-1325.
49. Soni P, Sinha R, Perret SR. Energy use and efficiency in selected rice-based cropping systems of the Middle-Indo Gangetic Plains in India. *Energy Reports* 2018; 4, 554-564.
50. Ekinci K, Akbolat D, Demircan V, Erdal G. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions in agricultural production systems: A case study of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research* 2020; 27, 123-135.
51. Acaroğlu M. Energy from biomass and applications. *Selçuk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences*, Textbook, 1998.

Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği I

52. Azizi A, Heidari S. A comparative study on energy balance and economical indices in irrigated and dry land barley production systems. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2013; 10, 1019-1028.
53. Dyer JA, Desjardins RL. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. *Biosystems Engineering* 2006; 93(1), 107-118.