

EDİTÖR

Prof. Dr. Sibel TAN

**TARIM
MAKİNELERİ
VE
TEKNOLOJİLERİ
MÜHENDİSLİĞİ**

Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler

**ARALIK
2024**

İmtiyaz Sahibi / Yaşar Hız
Yayına Hazırlayan / Gece Kitaplığı
Birinci Basım / Aralık 2024 - Ankara
ISBN / 978-625-7702-36-2

© copyright

2024, Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir
yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
0312 384 80 40
www.gecekitapligi.com / gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt

Bizim Büro
Sertifika No: 42488

**TARIM MAKİNELERİ VE
TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE
DEĞERLENDİRMELER**

EDİTÖR

Prof. Dr. Sibel TAN

gece
kitaplığı

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

PAMUK HASAT MAKİNELERİNİN BAKIM-ONARIM ANALİZİ: ROTA ANALİZİ VE MAKİNE İHTİYACI

Dursun Yenal ERZURUMLU,

Sait Muharrem SAY 7

BÖLÜM 2

MOBİL TARIM ROBOTLARINDA SÜRÜŞ SİSTEMLERİ VE TEMEL YAPILAR

Osman ECEOĞLU, İlker ÜNAL 31

BÖLÜM 3

SERALARDA PESTİSİT UYGULAMALARINDA KULLANILAN MAKİNE VE TEKNOLOJİLER

Ergin DURSUN 53

”

BÖLÜM 1

PAMUK HASAT MAKİNALARININ BAKIM-ONARIM ANALİZİ: ROTA ANALİZİ VE MAKİNE İHTİYACI¹

*Dursun Yenil ERZURUMLU²,
Sait Muharrem SAY³*

1 Doktora tezinden üretilmiştir. Danışman: Doç. Dr. Sait Muharrem SAY, Tez no.: 893718

2 Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Teknolojileri ve Mühendisliği Bölümü, Sarıçam, Adana, Türkiye. yenalerezurumlu@gmail.com ORCID ID 0000-0001-7773-2101

3 Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Teknolojileri ve Mühendisliği Bölümü, Sarıçam, Adana, Türkiye. saitmsay@cu.edu.tr ORCID 0000-0003-2525-734X

1.GİRİŞ

Tarımsal işletmelerde karlılık ve sürdürülebilirlik, büyük ölçüde mekanizasyon yatırımları konusunda alınacak kararların doğruluğuna bağlıdır. Doğru bir seçim ise ancak işletme koşullarına uygun verilerin kullanılması ve işletme özelliklerinin dikkate alınması ile gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla, tarımın gelişmesinde ve tarımsal ürünlerin arttırılmasında, ileri tarım tekniklerinin ve modern tarım makinelerinin kullanılması yanında, mevcut makinelerin uygun ve verimli bir şekilde çalıştırılması da etkili bir faktördür (Yahya, 2016).

Bilindiği gibi pamuk üretiminin en önemli kısımlarından olan hasat periyodunda yüksek maliyetli pamuk hasat makinaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Pamuk hasat makinalarıyla çalışmada beklenen; teknolojik gelişmelere bağlı olarak çalışma performansı, sürücü konforu ve ekonomik işletme koşullarının üst düzeye taşınmasıdır. Verimli bir hasat süreci için hasat esnasındaki maksimum performansın, pamuk hasat makinasının kullanım ömrünün (saat, yıl) ve farklı bölgelerde farklı dönemlerde gerçekleşen optimum sürenin bilinmesi gerekmektedir. Bu noktada makinelerin çizdiği rota önem arz etmektedir. Pamuk hasat makinası diğer tarımsal ekipmanlara kıyasla daha kısa bir dönem içerisinde faaliyet göstermektedir. Türkiye’de, bölgesel koşullara bağlı olarak genellikle Eylül ayı başı Kasım ayı sonu olmak üzere yıl içerisinde maksimum 3 aylık bir dönemde hasat işlemi gerçekleştirilmektedir, bölgesel koşullara bağlı olarak bu dönem içerisinde süreler değişebilmektedir. Meteorolojik koşullar ele alındığında bir pamuk hasat makinası günün belirli saatlerinde çalışabilmektedir. Bu çalışma periyotları ayrıca kanunen sınırlanmış ve denetlemeye tabidir. Pamuk hasat makinasının günlük çalışma periyodu ortalama 10 saat/gün olarak hesaplanmaktadır (Sınav, 2009). Bu süre içerisinde makinanın nakliye veya seyahat süresi de bulunmaktadır. Bu nedenle performans hesaplamalarına makinanın çizeceği rota da dahil edilmelidir. Verim hesaplamalarında gider hesaplarının yanısıra, işlemlerin optimum zamanda tamamlanmasına yönelik kayıp zaman tahminlemesi için de benzer verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin; mütehayit olarak çalışan makine sahiplerinin o bölgedeki potansiyeli bilmeli, tahminlemeli ve hasat planlamasını bu doğrultuda yapması gerekmektedir. Rota verileri de bu planlama içerisinde değerlendirilmelidir.

Pamuk hasat makinası traktör gibi sabit bir alanda çalışmayıp belirli bir rota çizmektedir. Bu rota farklı koşullarda (bölgelerde) çalışma anlamına gelir. Bu koşulların, bakım durumları ve olanakları üzerine etkisi, işletme gelir-gider hesaplamaları için hasat kapasitesinin, tahmini çalışma süresinin ve bu sürenin o bölge koşullarına göre yatırım kararı vermesi üzerine etkisinin makine sahipleri bakımından bilinmesi gerekir. Rota, ayrıca makinelerin çalışma kapasitesi üzerinde de etki edebilmektedir. Örneğin böl-

gede ekilen pamuk alanının hasadını yapabilecek kapasitede makine adeti yok ise bu bölgeye bir hareket olması veya bölgede bulunan makinaların fazla çalışması mümkün olabilmektedir. Bu da arıza ve bakım olasılıklarını artırabilmektedir. Bu olasılıkların bilinmesi sezon sonu ve sezon öncesi bakım planlaması için önemli bir veri kaynağıdır. Yapılmış bazı çalışmalara göre; belirli bir makinenin bakım-onarım maliyetlerinin; toprak tipi, çalışma yeri ve iklimsel değişiklikler nedeniyle bir bölgeden başka bölgeye (rotaya) göre farklılıklar gösterdiği, aynı bölge içinde ise işletmeden işletmeye farklı bakım stratejisi ve operatör dikkati sebebiyle değiştiğini belirlemiştir (Edwards, 1989). Makine ihtiyacı da tarımsal işletmeler ve bu konuda planlama yapan kurumlar için bilinmesi gereken önemli faktörlerden biridir. İşletmelerin satın alma kararları üzerine ve planlama kurumlarının ise gelecek stratejilerin planlaması bakımından önemli bir faktörü oluşturmaktadır. Rota ve makine ihtiyacı bölgesel olarak analiz edilebilir ancak bölgenin arazi ve meteorolojik koşulların kısa mesafelerde bile değişim gösterebilmektedir. Bununla beraber ziraat odaları hasat planlamaları ile ilgili kuralları bölge bazında değil il bazında vermektedir. Bu nedenle rota ve makine ihtiyacı en az iller bazında hesaplanmalıdır bu sayede daha doğru ve detaylı bir analiz gerçekleştirilebilir.

2. METERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, çizelge 3.1'de görüldüğü üzere, ülkemizde pamuk üretimi yapılan, Adana, Adıyaman, Antalya, İzmir, Aydın, Balıkesir, Batman, Bursa, Denizli, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Iğdır, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Osmaniye, Siirt, İzmir, Şanlıurfa ve Şırnak illeri verilerine göre gerçekleştirilmiştir.

Analizler için öncelikle il bazında makine sayıları ve ekilen arazi miktarları belirlenmiştir. Veriler TÜİK aracılığı ile elde edilmiş ve çizelgelere aktarılmıştır. Daha sonra makine başına düşen hasat alanı belirlenip makinanın o bölgede maksimum ne kadar hesap yapabileceği hesaplanması gerekir. Bunların sonucunda makinaların rotaları ile ilgili yorumlar yapılabilir. Makine başına düşen pamuk hasat alanını belirlememiz için iller bazında toplam ekim alan verisinin yine iller bazındaki mevcut makine sayısına oranlanması gerekmektedir. Aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$MBDHA = HEA / MS \quad (2.1)$$

Bu formülde;

MBDHA: Makine Başına Düşen Hasat Alanı (ha/adet),

HEA: Hasat Edilecek Alan (ha),

MS: Makine sayısı (adet).

Bu veriler tüm iller bazında yıl ve adet verilerine karşılık gelecek şekilde oranlanmış ve çizelgeler ile belirtilmiştir. Makine başına düşen hasat alanının hasat kapasitesine göre yorumlanabilmesi için hasat kapasitesinin hesaplanması gerekir. Maksimum teorik hasat kapasitesi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. Ortalama efektif tarla kapasitesi yapılan çalışmalar ile 4 sıralı makine için 0,87 ha/h olarak belirlenmiş bu değer hesaplamalarda sabit bir değer olarak kullanılmıştır (Anonim-3, 2016).

$$HK_{\text{mak}} = ST\check{C}GS \times G\check{I}\check{C}Z \times ETK, \quad (2.2)$$

Bu formülde;

HK_{mak} : Maksimum Hasat Kapasitesi (ha),

ST \check{C} GS: Sezon İçinde Toplam alışılabilecek Gün Sayısı (gün),

G \check{I} Z: Gün İçinde alışılabilecek Zaman (h/gün)

ETK: Efektif Tarla Kapasitesi (da/h).

Sezon içinde toplam çalışılabilecek gün sayısı ve gün içinde çalışılabilecek zaman bölgeye ve meteorolojik koşullara göre değişmektedir. Bu veriler ile ilgili keskin ve sabit bir zaman aralığı bulunmamaktadır. Bu veriler tarım il müdürlükleri, il-ile ziraat oda başkanlıkları, tarımsal birlikler, tarımsal özel şirketlerin yayınladığı raporlar ve anketler aracılığı ile ortalamalar alınarak elde edilmiştir.

Makine ihtiyacı hesaplanırken; il bazında pamuk ekim alanları ve makine sayıları bellidir. Bölge bazında bir makinanın pamuk hasat sezonu içerindeki hasat kapasitesi de belli olduğuna göre bu veriler üzerinden aşağıdaki formül ile il bazında pamuk hasat makinası ihtiyaçları belirlenebilir. Mevcut alan, hasat kapasitesine oranlanarak makine gerekliliği bulunmuş bu rakam mevcut makine miktarından çıkarılmıştır. Elde edilen veriler ile bölgeye ait makine ihtiyacı ve iller arasında meydana gelen rotalar arasında yorumlar yapılmıştır.

$$M\check{I} = (EA/HK) \cdot MS \quad (2.3)$$

Bu formülde;

M \check{I} : Makine İhtiyacı (adet),

EA: Ekim Alanı (ha),

HK_{mak} : Hasat Kapasitesi (da),

MS: Makine Sayısı (adet).

Ekim yapılmayan iller için bu değerler hesaplanmamıştır. Saha gerçeklerine göre 5 ha ve altında ekim yapılan illerde makine rotası oluşma ihtimalinin bulunmaması nedeniyle ile bu bölgeler için de hesaplama yapılmamıştır. Hesaplanan bu veriler tüm iller bazında yıllık olarak çizelgelerle belirtilmiştir.

3. ROTA ANALİZİ BULGULAR

3.1. İl ve İlçeler Bazında Pamuk Ekim Alanı ve Makine Sayıları

Çalışmaların bu safhasında, İller bazında, pamuk ekim alan bilgileri ve pamuk hasat makinası adetleri çıkartılarak makine başına düşen pamuk hasat alanı (ha/adet) ve buna bağlı olarak adet ölçüsünde makine İhtiyaçları belirlenmiştir. Bu bilgiler makine rotalarının oluşturulması için bir veri kaynağı oluşturacaktır. Son 3 yıl içerisinde pamuk üretimi yapılan Adana, Adıyaman, Antalya, İzmir, Aydın, Balıkesir, Batman, Bursa, Denizli, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Iğdır, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Osmaniye, Siirt, İzmir, Şanlıurfa ve Şırnak illeri düzeyinde pamuk ekim alanları ve pamuk hasat makinası adetleri çıkarılmıştır. Pamuk ekim alanları ve pamuk hasat makinası adetleri Çizelge 3.1 ve 3.2’de verilmiştir (Anonim-1 ve 2, 2024).

Çizelge 3.1. İller Bazında Pamuk Ekim Alanı (ha)

İller	Ekim Alanı (ha)			İller	Ekim Alanı (ha)		
	2021	2022	2023		2021	2022	2023
Adana-1	21890	30284	18292	Kahramanmaraş-46	3808	7086	4306
Adıyaman-2	6117	8189	6538	Kilis-79	445	412	316
Antalya-7	4379	4734	4280	Malatya-44	0	3	0
Aydın-9	49310	57413	56536	Manisa-45	12398	17418	14456
Balıkesir-10	111	166	151	Mardin-47	5954	10198	8198
Batman-72	551	1309	1134	Mersin-33	2992	4470	1834
Bursa-16	0,3	4	2	Muğla-48	363	714	1216
Denizli-20	9685	12360	12280	Osmaniye-80	170	460	466
Diyarbakır-21	55247	82915	70516	Siirt-56	666	1108	788
Gaziantep-27	4219	5907	4716	İzmir-35	26221	33265	24853
Hatay-31	38962	45951	38888	Şanlıurfa-63	183461	242478	203434
Iğdır-76	0	100	0	Şırnak-73	5331	6220	4242

Çizelge 3.2. İller Bazında Pamuk Hasat Makinası Adeti (adet)

İller	Pamuk Hasat Makinası (adet)			İller	Pamuk Hasat Makinası (adet)		
	2021	2022	2023		2021	2022	2023
Adana-1	105	102	101	Kilis-79	1	2	2
Adıyaman-2	56	57	57	Kırklareli-39	1	0	0
Antalya-7	16	16	16	Manisa-45	36	38	41
Aydın-9	242	241	345	Mardin-47	26	25	27
Batman-72	3	3	3	Mersin-33	10	10	10
Denizli-20	42	48	59	Muğla-48	3	4	4
Diyarbakır-21	216	230	238	Osmaniye-80	5	5	5
Gaziantep-27	25	21	23	İzmir-35	132	137	129
Hatay-31	129	138	136	Şanlıurfa-63	400	416	430
Kahramanmaraş-46	30	31	31	Şırnak-73	5	8	10

3.2. Hasat Kapasitesi ve Makine Başına Düşen Hasat Alanı Verileri ile Rota Analizi

Makine başına düşen pamuk hasat alanını belirlememiz için iller bazında toplam ekim alan verisinin yine iller bazındaki mevcut makine sayısına oranlanması gerekmektedir. 2.1 numaralı formül üzerinden bu bilgiler hesaplanmış ve sonuçlar, Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. İl Düzeyinde Makine Başına Düşen Teorik Hasat Alanı (ha/adet)

İller	MBDHA (ha/adet)			İller	MBDHA (ha/adet)		
	2021	2022	2023		2021	2022	2023
Adana-1	208,5	296,9	181,1	Kilis-79	445,0	206,0	158,0
Adıyaman-2	109,2	143,7	114,7	Manisa-45	344,4	458,4	352,6
Antalya-7	273,7	295,9	267,5	Mardin-47	229,0	407,9	303,6
Aydın-9	203,8	238,2	163,9	Mersin-33	299,2	447,0	183,4
Balıkesir-10	N/A	N/A	N/A	Muğla-48	121,0	178,5	304,0
Batman-72	183,7	436,3	378,0	Osmaniye-80	34,0	92,0	93,2
Denizli-20	230,6	257,5	208,1	Siirt-56	N/A	N/A	N/A
Diyarbakır-21	255,8	360,5	296,3	İzmir-35	198,6	242,8	192,7
Gaziantep-27	168,8	281,3	205,0	Şanlıurfa-63	458,7	582,9	473,1
Hatay-31	302,0	333,0	285,9	Şırnak-73	1066,2	777,5	424,2
Kahramanmaraş-46	126,9	228,6	138,9	x	x	x	x

Özellikle tarım makinelerine ilişkin hesaplamalarında değerlendirilmesi en zor olan faktör zamanlılıktır. Zamanlılık, bir ürünün kalite ve miktarının en iyi olduğu bir dönemde herhangi bir tarımsal işlemin yerine getirebilme olasılığı şeklinde ifade edilmektedir (Say, 2001). Bu verilerin doğrudan net bir şekilde ölçülebilmesi için bölgede çalışan ilk makinanın ve son makinanın başlama ve bitirme verileri ve durağan veya aktif çalı-

şan dönemlerde elde edilen zaman verileri elde edilmelidir. Bu da uzaktan takip yöntemleri ile mümkündür. Günümüz makine teknolojilerinin çoğu bu yapıya sahip olmadığından resmi makamlar aracılığı ile yayınlanan ölçüm verilerinin kullanılması doğru bir yöntem olacaktır. Bu doğrultuda, il bazında, sezon içinde toplam çalışılacak ortalama gün sayısı ve gün içinde çalışılacak zaman, tarım il müdürlükleri, il-ilçe ziraat oda başkanlıkları, tarımsal birlikler, tarımsal özel şirketlerin yayınladığı raporlar ve anketler aracılığı ile elde edilmiştir (Anonim-4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20). Bu değerler çizelge 3.4’de gösterilmiştir. Verilerin genelinde 2021, 2022 ve 2023 için ortak değerler elde edilmiştir bu nedenle her üç yıl içinde aynı veriler kullanılmıştır.

Çizelge 3.4. Sezon İçinde Toplam Çalışılacak Ortalama Gün Sayısı ve Gün İçinde Çalışılacak Süre

İl	SİTÇOĞS (gün)	GİÇS (h/gün)	İl	SİTÇOĞS (gün)	GİÇS (h/gün)
Adana	45	10	Kilis	45	10
Adıyaman	45	10	Manisa	45	8
Antalya	45	8	Mardin	40	10
Aydın	45	8	Mersin	45	10
Batman	35	10	Muğla	40	10
Denizli	40	8	Osmaniye	45	10
Diyarbakır	45	10	İzmir	40	8
Gaziantep	45	10	Şanlıurfa	55	10
Hatay	45	10	Şırnak	40	10
Kahramanmaraş	40	10	x	x	x

Makine başına düşen hasat alanının hasat kapasitesine göre yorumlanabilmesi için öncelikle hasat kapasitesinin hesaplanması gerekir. Hasat kapasitesi her bir il için formül 2.2 kullanılarak hesaplanmıştır. Etkifit tarla kapasitesi yapılan çalışmalar ile 4 sıralı makine için 8,70 da/h olarak belirlenmiştir ve bu değer sabit olarak alınmıştır (Anonim-3, 2016). Türkiye’de kullanılan makinaların %72’si 4 sıra, %24’ü 2 sıra, %4’ü ise 6 sıralı makinalardır (Erzurumlu, 2020). 2 sıralı makinalar Adıyaman ili, 6 sıralı makinaların ise yoğunluğu Şırnak ilinde bulunmaktadır. Bu illerde etkiifit tarla kapasitesi hesaplamaları bu doğrultuda düzenlenecektir.

Sezon içinde toplam çalışılacak ortalama gün sayısı ve gün içinde çalışılacak zaman Çizelge 3.4’de verilmiştir. Bu değerler il bazında 2.2 ‘de verilen formülde eşitliğe yerleştirildiğinde il bazında maksimum hasat kapasiteleri ortaya çıkmaktadır. Makine başına düşen hasat alanı ve hasat kapasitesi belirlendikten sonra iller bazında oluşacak hasat rotası ile ilgili yorumlar aşağıda il bazında sıralanmıştır.

Adana ili için hasat maksimum kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$HK_{\text{mak}} = 45 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 391,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, makine parkında yıllara göre az bir oranda azalış olmasına rağmen özellikle 2023 yılında bir önceki yıla göre alandaki azalış makine başına düşen teorik hasat alanını düşürmüştür. Bu veriler şu sonuçları ortaya çıkarmaktadır; son üç yıl içinde mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Adana bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya sınırlı olması ve makinaların kapasitelerini tamamlaması için Adana dışında diğer bölgelere geçişinin mümkün olmasıdır.

Adıyaman genelinde 2 sıralı pamuk hasat makinası çalışmaktadır. İki sıralı pamuk hasat makinası dört sıralı makine kapasitesinin yarısına sahiptir bu nedenle Adıyaman'da diğer bölgelerden farklı olarak efektif tarla kapasitesi 4,5 da/h olarak alınmıştır. Adıyaman ili için hasat maksimum kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$HK_{\text{max}} = 45 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,45 \text{ ha/h} = 202,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, 2023 yılında bir önceki yıla göre alanda azalış ve makine parkında büyük bir değişim olmadığı tespit edilmiştir. Son üç yıl için makine başına düşen hasat alanının hasat kapasitesinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler şu sonuçları ortaya çıkarmaktadır; mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Adıyaman bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya sınırlı olması ve makinaların Adıyaman dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Antalya ili için hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$HK_{\text{max}} = 45 \text{ gün} \times 8 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 313,2 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, son üç yıl içerisinde ekilen alanda çok fazla bir değişim olmadığı ve makine parkında değişim olmadığı tespit edilmiştir. Makine başına düşen hasat alanının hasat kapasitesine yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler

su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Antalya bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için Antalya dışında diğer bölgelere geçişinin mümkün olmasıdır.

Aydın ili için hasat maksimum kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 45 \text{ gün} \times 8 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 313,2 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, son üç yıl içerisinde ekilen alanda çok fazla bir değişim olmadığı ve makine parkında özellikle 2023 yılında yüksek oranda artış olduğu tespit edilmiştir. Her üç yıl içinde de makine başına düşen hasat alanının hasat kapasitesine göre düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 2023 yılında bu düşüş geçmiş iki yıla göre daha düşük seyretmiştir. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; her üç yıl için de mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Aydın bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için Aydın dışında diğer bölgelere geçişinin mümkün olmasıdır. Bu geçişin 2023 yılında daha fazla olduğu ifade edilebilir.

Batman ili için hasat maksimum kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 35 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 304,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, son üç yılda makine sayısında değişimin olmadığı belirtilebilir. Özellikle 2022 yılında daha fazla olmak üzere 2022 ve 2023 yıllarında ekim alanında artış meydana gelmiştir. Makine sayısının değişmemesinden dolayı makine başına düşen hasat alanında bir artış meydana getirmiştir. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; 2022 ve 2023 yılları için mevcut makinaların kapasitesinin üstünde çalışmış olması, diğer bölgelerden Batman bölgesine bir makine geçişinin olmasıdır. 2021 yılı için ise mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Batman bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya sınırlı olması, makinaların kapasitelerini tamamlaması için Batman dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Balıkesir ili için çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde pamuk hasat makinası sayısı son üç yıl için sıfır olarak tespit edildiğinden makine başına düşen hasat alanı hesaplanamamıştır. İl genelinde de ekim miktarı düşük bir seyirde ilerlemiştir. Diğer bölgelerden Balıkesir bölgesine bir makine geçişinin olabileceği belirtilebilir.

Denizli ili için hasat maksimum kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 40 \text{ gün} \times 8 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 278,4 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, 2022 ve 2023 yılında birbirine yakın ve 2021 yılına göre ekilen alanda artış ve makine sayısında da son üç yıl içinde artış meydana gelmiştir. Ekim alanının artmasına karşın makine sayısının da benzer oranda artması ile makine başına düşen hasat alanının hasat kapasitesine göre bir miktar düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; her üç yıl için de mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Denizli bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için Denizli dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir. Bu geçişin makine sayısı artışına paralel olarak 2023 yılında daha fazla olduğu ifade edilebilir.

Diyarbakır ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 45 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 391,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, son üç yıl içerisinde her yıl için makine artışı gerçekleşmiştir. 2023 yılında 2022 yılına göre ekim alanında bir daralma olmuştur. Genel anlamda 2023'de daha büyük bir oranda görülmek üzere makine başına düşen hasat alanı, hasat kapasitesinin altında kalmıştır. Bu veriler şu sonuçları ortaya çıkarmaktadır; mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Diyarbakır bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için Diyarbakır dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Gaziantep ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 45 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 391,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, son üç yıl içerisinde her yıl için makine sayısında çok fazla bir değişim olmamıştır. 2023 yılında 2022 yılına göre ekim alanında bir daralma olmuştur. Genel anlamada, makine başına düşen hasat alanı, hasat kapasitesinin altında kalmıştır. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; mevcut makinelerin kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Gaziantep bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinelerin kapasitelerini tamamlaması için Gaziantep dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Hatay ili için hasat maksimum kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 45 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 391,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, 2022 yılında, bir önceki yıla göre ekim alanında ve makine sayısında artış meydana gelmiştir. Alan artışı oransal olarak makine sayısından fazla olunca 2022 için makine düşen hasat alanında bir önceki yıla göre artış meydana gelmiştir. Hasat kapasitesine yakın bir değer elde edildiğinden 2022 yılı için bölge dışından Hatay'a, Hatay'dan da il bölge dışına geçiş sınırlı olmuştur ancak 2021 ve 2023 yılı verileri şu sonuçları ortaya çıkarmaktadır; mevcut makinelerin kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Hatay bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinelerin kapasitelerini tamamlaması için Hatay dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Iğdır ili genelinde PHM sayısı son beş yıl için sıfır olarak tespit edildiğinden makine başına düşen hasat alanı hesaplanamamıştır. Çizelge 3.1'de elde edilen verilere göre 2022 yılında 100 ha lık bir ekim görünse de diğer yıllar için bir ekim olmamıştır. Bu veriler doğrultusunda sadece 2022 yılı için diğer bölgelerden Iğdır bölgesine bir makine geçişinin olabileceği belirtilebilir.

Kahramanmaraş ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 40 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 348,0 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, İl genelinde, 2022 yılında, bir önceki yıla göre ekim alanında artış meydana gelmiştir. Alan artışı oransal olarak makine artış sayısından fazla olunca 2022 için makine düşen hasat alanında bir önceki yıla büyük oranda artış meydana gelmiştir. Bu artışa rağmen makine başına düşen hasat alanı, hasat kapasitesinin altında seyretmiştir. Diğer yıllar için makine düşen hasat alanı daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; son üç yıl için mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Kahramanmaraş bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için Kahramanmaraş dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Kilis ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 45 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 391,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, son üç yıl içinde ekim alanında azalma meydana gelmiştir. Makine sayısında yüksek oranda artış görünse de adet anlamında 2021'den sonra sadece bir makine artışı meydana gelmiştir. Makine sayısındaki bu artış son iki yıl için makine düşen hasat alanında bir azalma meydana getirmiştir. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; 2021 yılında mevcut makine kapasitesinin üstünde çalışmış veya dışarıdan makine gelmiştir. 2022 ve 2023 yılı için ise mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Kilis bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için Kilis dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Manisa ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 45 \text{ gün} \times 8 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 391,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il ge-

nelinde, son üç yılda makine sayısında bir miktar artış meydana gelmiştir. 2022 yılında, bir önceki yıla göre ekim alanında bir artış meydana gelmiştir. Makine sayısındaki artış oransal olarak hasat alanında düşük olduğu için makine başına düşen hasat alanında bir artış meydana getirmiştir. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; 2022 yılı için mevcut makinaların kapasitesinin üstünde çalışmış olması, diğer bölgelerden Manisa bölgesine bir makine geçişinin olmasıdır. 2021 ve 2023 yılı için ise mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Manisa bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya sınırlı olması, makinaların kapasitelerini tamamlaması için Manisa dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Mardin ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 40 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 348,0 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, son üç yılda makine sayısında çok büyük değişimlerin olmadığı belirtilebilir. 2022 yılında, bir önceki yıla göre ekim alanında büyük oranda bir artış meydana gelmiştir. Makine sayısındaki sınırlı değişimden dolayı makine başına düşen hasat alanında bir artış meydana getirmiştir. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; 2022 yılı için mevcut makinaların kapasitesinin üstünde çalışmış olması, diğer bölgelerden Mardin bölgesine bir makine geçişinin olmasıdır. 2021 ve 2023 yılı için ise mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Mardin bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya sınırlı olması, makinaların kapasitelerini tamamlaması için Mardin dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Mersin ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 45 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 391,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, son üç yılda makine sayısında değişim olmadığı belirtilebilir. 2022 yılında, bir önceki yıla göre ekim alanında büyük oranda bir artış meydana gelmiştir. Makine sayısında değişim olmamasından dolayı makine başına düşen hasat alanında bir artış meydana getirmiştir. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; 2022 yılı için mevcut makinaların kapasitesinin

üstünde çalışmış olması, diğer bölgelerden Mersin bölgesine bir makine geçişinin olmasıdır. 2021 ve 2023 yılı için ise mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Mersin bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya sınırlı olması, makinaların kapasitelerini tamamlaması için Mersin dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Muğla ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 40 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 348,0 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, son üç yılda ekim alanında artış meydana gelmiştir. Makine sayısındaki artış sınırlı kalmıştır. Alan artışı oransal olarak makine sayısından fazla olmasına rağmen son üç yılda makine başına düşen hasat alanı düşük oranda seyretmiştir. Bu miktar hasat kapasitesinin altında seyretmiştir. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Muğla bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için Muğla dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir. 2023 yılında bu geçiş diğer yıllara göre daha sınırlı kalacaktır.

Osmaniye ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 45 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 391,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, 2022 ve 2023 yılında birbirine yakın olmak üzere 2021 yılına göre 3 katı civarında ekimde bir olmuştur. Özellikle 2022 ve 2023 yıllarında ekim alan artışı yüksek miktarda artış gösterse de makine sayısındaki fazlalıktan dolayı makine başına düşen hasat alanı çok düşük oranda seyretmiştir. Bu veriler şu sonuçları ortaya çıkarmaktadır; mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Osmaniye bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için Osmaniye dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Siirt ili genelinde PHM sayısı son üç yıl için sıfır olarak tespit edildiğinden makine başına düşen hasat alanı hesaplanamamıştır. Çizelge 3.1'de elde edilen verilere göre son üç yıl içerisinde el ile toplanamayacak düzeyde bir ekim görülmektedir. Bu veriler doğrultusunda son üç yıl için diğer

bölgelerden Siirt bölgesine bir makine geçişinin olabileceği belirtilebilir. Bu geçişin lojistik olanaklarından dolayı daha çok Batman ve Diyarbakır illerinden olduğu tahmin edilebilir.

İzmir ili için hasat maksimum kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 40 \text{ gün} \times 8 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 313,2 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, 2022 yılında, bir önceki ve sonraki yıllara göre ekim alanında büyük oranda bir artış meydana gelmiştir. Makine sayısında da ekim oranına paralel olarak bir artış-azalış olduğu için makine başına düşen hasat alanında büyük değişimler gözlenmemiştir. Sadece 2022'de ekim alanı artışına paralel olarak bir miktar daha artış olmuştur. Bu veriler su sonuçları ortaya çıkarmaktadır; mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden İzmir bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için İzmir dışında diğer bölgelere geçişinin olabilmesidir.

Şanlıurfa ili için maksimum hasat kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 55 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 0,87 \text{ ha/h} = 478,5 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, İl genelinde, son üç yılda makine sayısında her yıl için artış meydana gelmiştir. 2022 yılında, bir önceki yıla göre ekim alanında büyük oranda bir artış meydana gelmiştir bu nedenle 2022 yılında makine başına düşen hasat alanı hesaplanan hasat kapasitesinden çok daha yüksek oranda seyretmiştir. Bu veriler şu sonuçları ortaya çıkarmaktadır; 2021 ve 2022 yılları için mevcut makinaların kapasitesinin üstünde çalışmış olması veya diğer bölgelerden Şanlıurfa bölgesine bir makine geçişinin olmasıdır. 2023 yılında ise makine başına düşen hasat alanı ile maksimum hasat kapasitesi birbirine yakın seyretmiştir. Bu yıl için mevcut makinaların kapasitesine yakın çalışmış, diğer bölgelerden Şanlıurfa bölgesine makine geçişinin sınırlı olması şeklinde yorumlanabilir.

Şırnak genelinde altı sıralı pamuk hasat makinası çalışmaktadır. Altı sıralı pamuk hasat makinası dört sıralı makine kapasitesinin %50 fazlasına sahiptir bu nedenle Şırnak'ta diğer bölgelerden farklı olarak efektif tarla etkinliği (EFE) 13,05 da/h olarak alınmıştır.

Şırnak ili için hasat maksimum kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

$$HK_{\max} = 40 \text{ gün} \times 10 \text{ h/gün} \times 1,305 \text{ da/h} = 522,0 \text{ ha.}$$

Çizelge 3.1, 3.2. ve 3.3'den elde edilen veriler doğrultusunda, il genelinde, son üç yılda makine sayısında her yıl için artış meydana gelmiştir. 2022 yılında, bir önceki yıla göre ekim alanında büyük oranda bir artış meydana gelmiştir. 2021 yılında ise makine sayısı diğer yıllara göre düşüktür. Bu nedenle 2021 ve 2022 yılında makine başına düşen hasat alanı, hesaplanan hasat kapasitesinden çok daha yüksek oranda seyretmiştir. Bu veriler şu sonuçları ortaya çıkarmaktadır; 2021 ve 2022 yılları için mevcut makinaların kapasitesinin üstünde çalışmış olması veya diğer bölgelerden Şırnak bölgesine bir makine geçişinin olmasıdır. 2023 yılında ise makine başına düşen hasat alanı ile maksimum hasat kapasitesi birbirine yakın seyretmiştir. Mevcut makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması, diğer bölgelerden Şırnak bölgesine bir makine geçişinin olmaması veya makinaların kapasitelerini tamamlaması için Şırnak dışında diğer bölgelere geçişinin olabilesidir.

4.MAKİNA İHTİYACI BULGULAR

Rota verilerinden de görüldüğü gibi il bazında bazı bölgelerde ekim olmasına rağmen makine sayısının sıfır veya makine başına düşen hasat alanının hasat kapasitesinden daha fazla olduğu olarak görülmektedir. Bu bölgelere doğru bir makine rotası olduğu belirlenmiştir. Bazı bölgelerde ise bazı yıllar için makine başına düşen hasat alanının hasat kapasitesinden daha az olduğu belirlenmiştir. Bu bölgelerden dışarıya doğru bir rotanın oluştuğu belirlenmiştir. Buradan da anlaşılmaktadır ki yıl bazında bazı bölgelerde PHM park fazlalığı bazı bölgelerde ise PHM park eksikliği bulunmaktadır. Çalışmanın bu aşamasında iller bazında PHM park ihtiyaçları hesaplanmıştır.

İl bazında pamuk ekim alanları ve makine sayıları Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir ve bu veriler bellidir. İl bazında bir makinanın pamuk hasat sezonu içerisindeki hasat kapasitesi de belli olduğuna göre bu veriler üzerinden 2.3 numaralı formül ile il bazında pamuk hasat makinası ihtiyaçları belirlenmiştir. Mevcut alan, hasat kapasitesine oranlanarak makine gerekliliği bulunmuş bu rakam mevcut makine miktarından çıkarılmıştır. Ekim yapılmayan iller için bu değerler hesaplanmamıştır. Ortalama 50 da ve altında ekim yapılan illerde makine rotası oluşma ihtimalinin olmaması

gerekçesi ile bu bölgeler için de hesaplama yapılmamıştır. Elde edilen veriler çizelge 4.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Türkiye Geneli Teorik Makine İhtiyacı (adet)

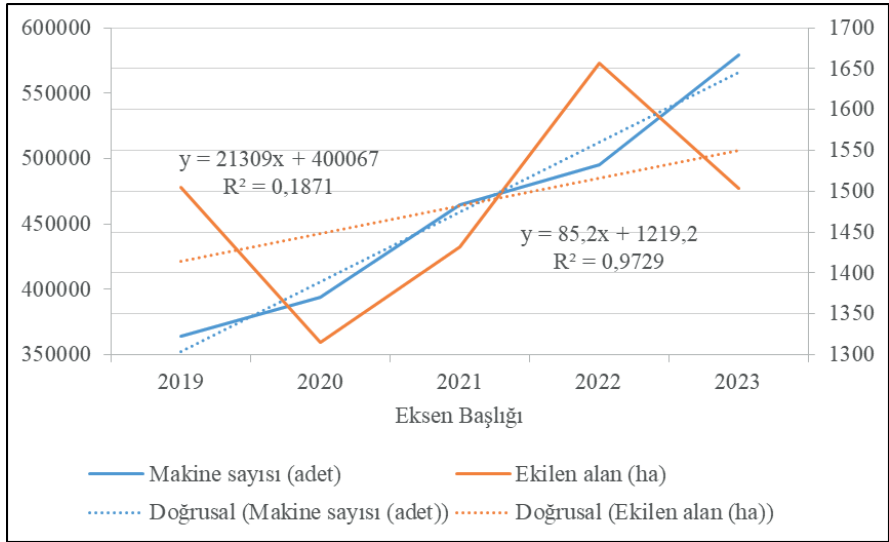
İller	Makine İhtiyacı (adet)			İller	Makine İhtiyacı (adet)		
	2021	2022	2023		2021	2022	2023
Adana-1	-49,1	-24,6	-54,3	Kilis-79	0,1	-0,9	-1,2
Adıyaman-2	-25,8	-16,6	-24,7	Manisa-45	-4,3	6,5	-4,1
Antalya-7	-2,0	-0,9	-2,3	Mardin-47	-8,9	4,3	-3,4
Aydın-9	-84,6	-57,7	-164,5	Mersin-33	-2,4	1,4	-5,3
Batman-72	-1,2	1,3	0,7	Muğla-48	-2,0	-1,9	-0,5
Denizli-20	-7,2	-3,6	-14,9	Osmaniye-80	-4,6	-3,8	-3,8
Diyarbakır-21	-74,9	-18,2	-57,9	İzmir-35	-48,3	-30,8	-49,6
Gaziantep-27	-14,2	-5,9	-11,0	Şanlıurfa-63	-48,5	48,5	-40,3
Hatay-31	-29,5	-20,6	-36,7	Şırnak-73	5,2	3,9	-1,9
Kahramanmaraş-46	-19,1	-10,6	-18,6	Toplam	-307,5	-157,5	-384,1

Çizelge 4.1.’den elde edilen verilere dayanarak şu bilgiler verilebilir; Adana ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Adana ilinde bu değer 2023 yılı için -54,3 makine olarak hesaplanmıştır. Adıyaman ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Adıyaman ilinde bu değer 2023 yılı için -24,7 makine olarak hesaplanmıştır. Antalya ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Antalya ilinde bu değer 2023 yılı için -2,3 makine olarak hesaplanmıştır. Aydın ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Aydın için bu değer 2023 yılı için 164,5 makine olarak hesaplanmıştır. Batman ili için 2021 yılı mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. 2022 ve 2023 yılında ekim alanının artışına paralel olarak mevcut park bölge ihtiyacı için yetersiz kalmıştır. Batman ilinde bu değer 2023 yılı için -0,7 makine olarak hesaplanmıştır. Balıkesir ilinde makine varlığı yoktur. Bu durumda bu bölge için makine ihtiyacı hesaplanmıştır ancak bir ekim alanı da mevcuttur. Ekim alanı bir makinanın hasat kapasitesinden daha düşük olduğu için bu bölgede bir makine ihtiyacı olsa bile istenilen verimlilikte çalışamayacaktır bu nedenle bu bölge için yakın bölgelerden makine getirilmesi daha uygun olacaktır. Denizli ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Denizli ilinde bu değer 2023 yılı için 14,9 makine olarak hesaplanmıştır. Diyarbakır ilinde bu değer PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Diyarbakır ilinde bu değer 2023 yılı için -57,9 makine olarak hesaplanmıştır. Gaziantep ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla

olduğu belirlenmiştir. Gaziantep ilinde bu değer 2023 yılı için -11 makine olarak hesaplanmıştır. Hatay ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Hatay ilinde bu değer 2023 yılı için -36,7 makine olarak hesaplanmıştır. Iğdır ilinde makine varlığı yoktur. Bu durumda bu bölge için makine ihtiyacı hesaplanmıştır ancak 2022 yılında bir ekim alanı da mevcuttur. Ekim alanı bir makinanın hasat kapasitesinden daha düşük olduğu için bu bölgede bir makine ihtiyacı olsa bile istenilen verimlilikte çalışmayacaktır bu nedenle bu bölge için yakın bölgelerden makine getirilmesi daha uygun olacaktır. Kahramanmaraş ilinde bu değer mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Kahramanmaraş için bu değer 2023 yılı için -18,6 makine olarak hesaplanmıştır. Kilis ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Kilis ilinde bu değer -1,2 makine olarak hesaplanmıştır. Manisa ilinde bu değer 2021 ve 2023 yılı için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. 2022 yılında ekim alanının artışına paralel olarak mevcut park bölge ihtiyacı için yetersiz kalmıştır. Manisa ilinde bu değer 2023 yılı için -4,1 makine olarak hesaplanmıştır. Mardin ilinde bu değer 2021 ve 2023 yılı için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. 2022 yılında ekim alanının artışına paralel olarak mevcut park bölge ihtiyacı için yetersiz kalmıştır. Mardin ilinde bu değer 2023 yılı için -3,4 makine olarak hesaplanmıştır. Mersin ili için 2021 ve 2023 yılı için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. 2022 yılında ekim alanının artışına paralel olarak mevcut park bölge ihtiyacı için yetersiz kalmıştır. Mersin ilinde bu değer 2023 yılı için -5,3 makine olarak hesaplanmıştır. Muğla ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Muğla ilinde bu değer 2023 yılı için -0,5 makine olarak hesaplanmıştır. Osmaniye ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Osmaniye ilinde bu değer 2023 yılı için -3,8 makine olarak hesaplanmıştır. Siirt ilinde makine varlığı yoktur. Bu durumda bu bölge için makine ihtiyacı hesaplanmıştır ancak son üç yıl için de bir ekim alanı mevcuttur. Ekim alanı en az bir makinanın hasat kapasitesinden daha yüksek olduğu için bu bölgede bir makine ihtiyacı vardır. İzmir ili için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. İzmir ilinde bu değer 2023 yılı için -49,6 makine olarak hesaplanmıştır. Şanlıurfa ili için 2021 ve 2023 yılı için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. 2022 yılında ekim alanının artışına paralel olarak mevcut park bölge ihtiyacı için yetersiz kalmıştır. Şanlıurfa ilinde bu değer 2023 yılı için -40,3 makine olarak hesaplanmıştır. Şırnak ilinde 2023 yılı için mevcut PHM parkının bölge için ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. 2021 ve 2022 yılında ekim alanının artışına ve makine sayısındaki düşüklüğe paralel olarak mevcut park, bölge

ihtiyacı için yetersiz kalmıştır. Şırnak ilinde bu değer 2023 yılı için -1,9 makine olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1’den elde edilen veriler doğrultusunda 2023 yılı için Türkiye genelinde mevcut PHM parkının ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Türkiye geneli için bu değer 2021 yılı için -307,5, 2022 yılı için -157,5, 2023 yılı için -384,1 makine olarak hesaplanmıştır. 2023 yılı için Negatif değer en yüksek Aydın ilinde -164,5 olarak, pozitif değer ise en yüksek olarak Batman ilinde 0,7 olarak hesaplanmıştır. 2023 yılı için -384,1 olarak hesaplanan teorik ihtiyaç fazlası park adeti fazla görülsede işlevselliğini yitirmiş (ekonomik ömrünü tamamlamış) makinaların halen sistem içinde bulunması ve kiralık olarak çalışmayan makinaların düşük kapasiteler ile çalışması bu değerın pratikte daha da düşük olabileceği yönünde bulguları artırmaktadır. Toplam değerın negatif olması makinaların düşük kapasite ile çalıştıklarını göstermektedir. Ekim alan oransal olarak en yüksek il olan Şanlıurfa için bir örnek verilirse; Şanlıurfa ilinde 2023 yılında makine sayısı 2022 yılında ki gibi olursa mevcut ekim alanı ile makine ihtiyacı -26,3 olarak meydana gelecektir. Bu değer 2022 yılı için 48,5 ‘di. Bu da gösteriyor ki ekilen alan miktarının makine ihtiyacı üzerinde büyük oranda etkisi vardır.



Şekil 3.1. Yıllara Göre PHM Makine Sayısı ve Ekilen Alan Grafiği

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere ülkemizde pamuk ekim alanlarındaki trende bakıldığında bir yükseliş eğrisi görülse de yıldan yıla değişimlerin olduğu, doğrusal bir artışın olmadığıdır. Buna karşın makine sayılarında

doğrusal bir artış görülmektedir. Ekonomik ömürlerini dolduran makinaların halen çalışması, ikinci el ithalatının önünde sıkı engeller olmayışı ve iç piyasa satışları ile PHM parkını artmaktadır. Bu verilere dayanarak; makine sayıları her yıl bir önceki yıla göre arttığı için makinaların kapasitesi oranında ekim artışının da olması makinaların verimli bir şekilde çalışmasını sağlayabilir ancak ekim alanındaki değişimin sabit bir şekilde devam etmemesi yıllar bazında makinaların verimli bir şekilde kullanılmaması, hasat kapasitesini tamamlayamaması şeklinde yorumlanabilir. Bu örnekte; 2022 yılı makinaların hasat kapasitesi bakımından verimli bir yıl olduğu ancak 2023 yılı için istenilen hasat kapasitelerine ulaşamadığı belirtilebilir.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Rota analizi ve makine ihtiyacı sonucunda elde edilen veriler ile ilgili sonuç ve öneriler aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.

1.Pamuk hasat makinası traktör gibi sabit bir alanda çalışmayıp belirli bir rota çizmektedir. Bu rota farklı koşullarda (bölgelerde) çalışma anlamına gelir. Bu koşullara göre arıza durumlarının değişimi, bakım durumları üzerine etkisi de makine sahipleri bakımından bilinmesi gerekir çünkü bazı alanlara göre satış sonrası desteği farklı etkilerde olabilmektedir. Satış sonrası hizmet noktasına uzak olan bir makinede oluşacak bir arızada arızalı kalma süresi artabilir.

2.Ortalama 5 da ve altında ekim yapılan illerde (Bursa ve Malatya) makine rotası oluşma ihtimalinin olmaması gerekçesi ile bu bölgeler için de hesaplama yapılmamıştır. 5 h üstünde ekim yapılan fakat makine varlığı olmayan Balıkesir bölgesi için bu bölgeye bir makine rotasının olduğu fakat makina ihtiyacının olmadığı, Siirt ili için ise bir makine rotasının olduğu ve ekim alanı en az bir makinanın hasat kapasitesinden daha yüksek olduğu için bu bölgede bir makine ihtiyacı olduğu belirtilebilir.

3.Pamuk ekilen illerde 2021 yılı için Kilis ve Şırnak ili hariç, 2022 yılı için Batman, Manisa, Mardin, Mersin, Şanlıurfa ve Şırnak ili hariç, 2023 yılı için ise Batman ve kısmen Şanlıurfa hariç diğer illerde MBDHA maksimum MK'den düşük çıkmıştır. Bu da bu bölgelerdeki makinalar için makinaların kapasitesinin altında çalışmış olması veya bu kapasiteyi tamamlamak için farklı bölgelere bir rota yapmış olma ihtimalinin olduğunu göstermektedir.

4. Bir makinanın hasat kapasitesini ve verimliliğini artırması için rota yapabilir ancak rota yapabilmesi için farklı bölgelerde bu kapasitenin olması gerekmektedir. 2022 yılı için Batman, Manisa, Mardin, Mersin, Şanlıurfa ve Şırnak illerinde bu potansiyeli vardır ancak 2023 yılı için bu durum sınırlıdır. Bu nedenle 2023 yılı için Türkiye genelinde tüm makine parkının istenilen kapasiteye ve verimliliğe ulaşmamış olduğu belirtilebilir.

5. Bölge bazında ekilen arazi miktarının makine sayısına kıyasla rota oluşumuna daha büyük etki yaptığı tespit edilmiştir. Şanlıurfa için bir örnek verilirse; Şanlıurfa ilinde 2023 yılında makine sayısı 2022 yılında ki gibi olursa mevcut ekim alanı ile makine ihtiyacı -26,3 olarak meydana gelecektir. Bu değer 2022 yılı için 48,5'dir. Bu da gösteriyor ki ekilen alan miktarının makine ihtiyacı üzerinde büyük oranda etkisi vardır.

6. Elde edilen veriler doğrultusunda Türkiye genelinde mevcut PHM parkının ihtiyaç olan parktan fazla olduğu belirlenmiştir. Türkiye geneli için bu değer 2023 yılı için -384,1 makine olarak hesaplanmıştır. Negatif değer en yüksek Aydın ilinde -164,5 olarak, pozitif değer ise en yüksek olarak Batman ilinde 0,7 olarak hesaplanmıştır.

7. 2023 yılı için Türkiye genelinde -384,1 olarak hesaplanan makine ihtiyacı verisi sonucunda PHM parkı adeti fazla görülse de işlevselliğini yitirmiş makinelerin halen sistem içinde bulunma olasılığı ve kiralık olarak çalışmayan makinelerin düşük kapasiteler ile çalışması bu değerlerin daha da düşük olabileceği yönünde yorumlanabilir.

8. 2022 yılında 2023 yılına kıyasla tüm illerde makine ihtiyacında pozitif bir değişim meydana gelmiştir. Bunun nedeni 2023 yılına göre ekim alanındaki artıştır. 2023 yılında 2022 yılına göre bir artış olsa da an etken ekim alanı artışı olarak belirtilebilir.

9. Şekil 3.1'de görüldüğü üzere ülkemizde pamuk ekim alanlarındaki trende bakıldığında bir yükseliş eğrisi görülse de yıldan yıla değişimlerin olduğu, doğrusal bir artışın olmadığıdır. Buna karşın makine sayılarında doğrusal bir artış görülmektedir. Ekonomik ömürlerini dolduran makinelerin halen çalışması, ikinci el ithalatının önünde sıkı engeller olmayışı ve iç piyasa satışları ile PHM parkını artmaktadır.

10. Makine sayıları her yıl bir önceki yıla göre artışı için makinelerin kapasitesi oranında ekim artışının da olması makinelerin verimli bir şekilde çalışmasını sağlayabilir ancak ekim alanındaki değişimin sabit bir şekilde devam etmemesi yıllar bazında makinelerin verimli bir şekilde kullanılmaması, hasat kapasitesini tam anlamıyla tamamlayamaması şeklinde yorumlanabilir.

5. KAYNAKLAR

- Anonim-1, 2021. TÜİK, Temel İstatistikler / Bitkisel Üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> son erişim: 03.10.2024.
- Anonim-2, 2021. TÜİK, Temel İstatistikler / Tarımsal Alet ve Makina İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=134&locale=tr> son erişim: 03.10.2024.
- Anonim-3. 2016. Deneysel rapor. John Deere Marka 9970 Model 4 Sıralı, Kendi Yürür Pamuk Toplama Makinası. 2016-1412/PTM-03. Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Adana.
- Anonim-4, 2023. T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Adana İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Eylül Ayı Tarım Takvimi. <https://adana.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=69> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-5, 2023. GAP TEYAP Adıyaman ili Tarım Takvimi, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.gapteyap.org/wp-content/uploads/2014/10/ADIYAMAN-TARIM-TAKVIM%C4%B0M%C4%B0.pdf son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-6, 2023 Antalya ili damızlık sığır yetiştiricileri birliği Tarım Takvimi, https://www.antalyadsyb.org/index_tr.asp?mn=29&bn=&in=100 son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-7, 2023. Balıkesir Ziraat Odası Tarım Takvimi, <https://balikesirziraatodasi.org/takvim/eylul/> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-8, 2023. Denizli Ziraat Odası Tarım Takvimi, <https://denizli.tarimorman.gov.tr/Menu/32/Tarim-Takvimi> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-9, 2023. GAP TEYAP Diyarbakır İli Tarım Takvimi, <https://www.gapteyap.org/diyarbakir-tarim-takvimi.html> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-10, 2023. GAP TEYAP Diyarbakır İli Tarım Takvimi, <https://www.gapteyap.org/category/gaziantep> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-11, 2023. T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Kahramanmaraş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Tarım Takvimi. <https://kahramanmaras.tarimorman.gov.tr/Menu/27/Tarim-Takvimi> son erişim 01.10.2023.
- Anonim-12, 2023. GAP TEYAP Kilis İli Tarım Takvimi, <https://www.gapteyap.org/category/kilis> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-13, 2023. Kula Ziraat Odası Başkanlığı, Kula Tarımsal Danışmanlık, Tarım Takvimi <https://www.kulatarimsaldanismanlik.org/18/tarim-takvimi> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-14, 2023. GAP TEYAP Mardin İli Tarım Takvimi, <https://www.gapteyap.org/category/mardin> son erişim: 01.10.2023.

- Anonim-15, 2023. T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Eylül Ayı Tarım Takvimi. <https://mugla.tarimorman.gov.tr/Menu/84/Tarim-Takvimi> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-16, 2023. GAP TEYAP Siirt İli Tarım Takvimi, <https://www.gapteyap.org/category/siirt> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-17, 2023. Ege Gübre İzmir İli Tarım Takvimi, <https://www.egegubre.com.tr/takvim.html> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-18, 2023. GAP TEYAP Şanlıurfa İli Tarım Takvimi, <https://www.gapteyap.org/category/sanlıurfa> son erişim: 01.01.2023.
- Anonim-19, 2023. T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Eylül Ayı Tarım Takvimi. <https://sirnak.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=15> son erişim: 01.10.2023.
- Anonim-20, 2023. Batman İli Tarım Takvimi. Gap tarımsal eğitim ve yayım projesi. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gapteyap.org/wp-content/uploads/2014/10/BATMAN-S%C4%B0%C4%B0RT-TAR.TAK_.pdf son erişim: 01.10.2023.
- Edwards, J.R., 1989, Industrial Cost Accounting Developments in Britain to 1830: A Review Article, Accounting and Business Research, Vol. 18, No. 76: 305-317 pp.
- Erzurumlu, D.Y., 2020. “Türkiye’de Pamuk Hasadında Kullanılan Makinalar Üzerindeki Teknolojiler ve Kattığı Değerler”. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Ayhan Şahenk Tarımsal Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi. Black Sea Journal of Agriculture 3(3): 178-188.
- Say. S., M., 2001. Biçerdöverle Hasatta Biçerdöver Çalışma Güvenilirliğinin Belirlenmesi ve Park Planlaması Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- Sınav, E., 2009. Aydın Yöresinde Pamuk Hasat Makinalarının Kullanım Olanakları ve Gelişimi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Aydın.
- Yahya, M., 2016. Tarım Traktörlerinde Periyodik Bakım Uygulamaları, Arızalar ve Arıza Kaynaklarının Ceylanpınar Tarım İşletme Müdürlüğü Örneğinde Belirlenmesi. Ege Üniveristesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı. 2016.

”

BÖLÜM 2

MOBİL TARIM ROBOTLARINDA SÜRÜŞ SİSTEMLERİ VE TEMEL YAPILAR

Osman ECEOĞLU¹, İlker ÜNAL²

¹ Öğr. Gör. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Antalya/Türkiye, Orcid: 0000-0001-5778-6655, osmaneceoglu@akdeniz.edu.tr

² Doç. Dr., Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Burdur/Türkiye. ORCID: 0000-0002-5188-4438, iunal@mehmetakif.edu.tr

1. Giriş

Tarım sektörü, dünya nüfusunun hızla artması, tarımsal alanların azalması ve iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkileri gibi küresel zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için sürdürülebilir ve verimli tarım uygulamalarına olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Hassas tarım, bu bağlamda, tarımsal kaynakların optimize edilmesi ve üretim süreçlerinin daha verimli hale getirilmesi için önemli bir çözüm olarak ön plana çıkmıştır. Bu yaklaşım, modern teknolojilerin tarım alanında kullanılmasını teşvik etmekte, özellikle de mobil tarım robotları gibi yenilikçi sistemlerin uygulanabilirliğini artırmaktadır. Mobil tarım robotları, tarımsal süreçlerde otomasyonu artırarak iş gücünü azaltmak, maliyetleri düşürmek ve tarımsal girdilerin etkin kullanımını sağlamak amacıyla geliştirilen teknolojiler arasında yer almaktadır (Beloev vd., 2021).

Mobil tarım robotları, hassas tarım uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. Bu robotlar, tarımsal alanların izlenmesi, veri toplanması, toprak analizi ve mahsul yönetimi gibi çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Hassas tarımın gerektirdiği doğru bilgiye dayalı karar mekanizmalarını desteklemek için, mobil robotlar genellikle yüksek hassasiyetli sensörler, otonom kontrol algoritmaları ve yapay zekâ tabanlı sistemlerle donatılmıştır. Örneğin, tarla içi sulama ve gübreleme işlemlerini optimize etmek için kullanılan robotlar, su tüketimini %30 oranında azaltabilirken üretim verimliliğini artırmaktadır (Colucci vd., 2022).

Şekil 1’de Politecnico di Torino’da geliştirilen Agri.Q mobil prototipi görülmektedir.



Şekil 1: Agri.Q mobil prototipi (Colucci vd., 2022)

Hassas tarım, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlamak için ileri teknolojilere dayanmaktadır. Bu bağlamda, GNSS (Global Navigation Satellite System) tabanlı navigasyon, görüntü işleme sistemleri, LiDAR (Light Detection and Ranging) sensörleri ve diğer otonom kontrol cihazları, tarımsal robotlarda kullanılan temel bileşenlerdir. GNSS teknolojisi, tarımsal uygulamalarda hassas konumlandırma sağlarken, LiDAR ve görüntü işleme teknolojileri, çevre algılama ve engel tespiti gibi kritik görevleri yerine getirmektedir. Özellikle tarla içi navigasyon ve rota planlama gibi görevlerde bu teknolojilerin kullanımı, insan müdahalesine olan ihtiyacı minimum seviyeye indirmektedir (Jin & Han, 2024).

Mobil tarım robotlarının performansı, büyük ölçüde kullanılan sürüş sistemlerinin tasarımı ve yetenekleri ile belirlenir. Arazi koşullarına uyum sağlayan, enerji verimliliği sağlayan ve tarımsal faaliyetlerin hızını artıran sürüş sistemleri, bu robotların başarısında kritik bir öneme sahiptir. Güncel araştırmalar, mobil tarım robotlarının farklı arazi türlerinde kullanılabilmesi için elektrikli motorlar, hibrit güç sistemleri ve diferansiyel tahrik sistemleri gibi çeşitli sürüş mekanizmalarının etkinliğini incelemektedir. Özellikle diferansiyel tahrik sistemleri, manevra kabiliyetini artırırken enerji tüketimini optimize etme potansiyeline sahiptir (Botta & Cavallone, 2022).

2. Mobil Tarım Robotlarında Sürüş Sistemlerinin Temel Yapıları

Mobil tarım robotları, zorlu arazi koşullarında verimli bir şekilde çalışabilmek ve çeşitli tarımsal görevleri yerine getirebilmek için dizi teknolojik bileşene sahiptir. Bu bileşenler, robotların manevra kabiliyeti, enerji verimliliği ve görev başarımı üzerinde doğrudan etkilidir. Aşağıda, mobil tarım robotlarının temel bileşenleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

2.1. Mobil Robotların Ana Bileşenleri

2.1.1. Şasi Tasarımı

Mobil tarım robotlarının şasi tasarımı, robotların zorlu tarımsal arazilerde çalışabilmesini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Şasi, stabiliteyi, manevra kabiliyetini ve yük taşıma kapasitesini optimize edecek şekilde tasarlanmaktadır. Güncel literatürde, farklı arazi koşullarına uygun çeşitli şasi tasarımları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

2.1.1.1. Dört Tekerlekli Yapılar

Dört tekerlekli şasi tasarımları, tarım robotlarında yaygın olarak kullanılan bir yapı olup, özellikle düz ve hafif engebeli arazilerde etkin performans göstermektedir. Bu tasarımlar, yüksek manevra kabiliyeti ve düşük enerji tüketimi özellikleriyle dikkat çekmektedir. Bu özellikler, dört tekerlekli robotların tarımsal uygulamalarda zaman tasarrufu ve yüksek verim-

lilik sunmasını sağlamaktadır (Singh, Singh, & Solanki, 2016).

Dört tekerlekli yapılar, basit mekanik yapıları ve düşük bakım maliyetleri ile tarım sektöründe ekonomik bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Tekerleklerin bağımsız olarak yönlendirilmesi, robotların dar alanlarda hassas manevralar yapmasına olanak tanırken, toprak sıkışmasını azaltan hafif tasarımlar çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Özellikle, sıralı bitki yetiştiriciliğinde dört tekerlekli şasiler, hassas tarım operasyonları için ideal bir çözüm sunmaktadır (Yao vd., 2023).

Ancak, dört tekerlekli tasarımlar bazı sınırlamalara sahiptir. Dik eğimli veya çamurlu zeminlerde çekiş gücünün azalması, bu sistemlerin performansını sınırlayan önemli bir faktördür. Bu gibi durumlarda, kayma direncini artırmak için özel lastik tasarımları ve dinamik ağırlık dengeleyici sistemler kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, daha karmaşık arazi koşullarında dört tekerlekli sistemlerin performansını artırmak için hibrit sürüş sistemleri ve elektrik destekli çekiş mekanizmaları geliştirilmektedir (Xu vd., 2021).

Dört tekerlekli sistemler ayrıca, yük taşıma kapasitesini artırmak ve tarımsal operasyonlarda daha fazla esneklik sağlamak amacıyla modüler yapılarla entegre edilmektedir. Dinamik süspansiyon sistemleri ve gerçek zamanlı kontrol algoritmalarıyla desteklenen bu tasarımlar hem operatör kontrolünde hem de otonom operasyonlarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Qu vd., 2022).

Sonuç olarak, dört tekerlekli şasi tasarımları, tarımsal uygulamalarda verimlilik ve hassasiyet sağlayarak modern tarım robotlarının vazgeçilmez bir bileşeni haline gelmiştir. Bu sistemlerin daha geniş arazi koşullarında etkili bir şekilde çalışabilmesi için yeni malzeme teknolojileri ve tasarım iyileştirmelerine yönelik araştırmalar devam etmektedir. Araziye uyum ve enerji verimliliği sağlayan bu çözümler, tarım robotlarının gelecekte daha geniş bir uygulama alanına ulaşmasına olanak tanıyacaktır.

Şekil 2'de yüksek çerçeve ile dört tekerlekten çekişli, dört tekerlekten yönlendirmeli bir robot görülmektedir.



Şekil 2: Dört tekerli tarım robotu (Grimstad & From, 2017)

2.1.1.2. Paletli Yapılar

Paletli şasi tasarımları, tarım robotlarının zorlu arazi koşullarında etkili bir şekilde çalışmasını sağlayan yenilikçi bir çözümdür. Çamur, kum, kar gibi düşük taşıma kapasitesine sahip zeminlerde üstün performans gösteren bu sistemler, tarımsal uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Paletli sistemler, geniş temas yüzeyi sayesinde toprağa uygulanan basıncı azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Bu özellik, tarım arazilerinde bitki köklerine ve toprak yapısına zarar vermemesi açısından büyük avantaj sağlamaktadır (Chen vd., 2024).

Paletli şasiler, düşük hızlarda çalışmasına rağmen yüksek çekiş gücü sunmakta ve kayma direnci sayesinde zorlu koşullarda görev sürekliliğini sağlamaktadır. Araziye uyum sağlama kapasitesi, bu sistemlerin en büyük avantajlarından biridir. Özellikle eğimli veya engebeli arazilerde, paletli robotlar stabiliteyi koruyarak güvenli bir şekilde çalışabilmektedir. Bu sistemler, toprak sıkışmasını minimum seviyede tutarak tarımsal üretimin verimliliğini artırmaktadır (Mou vd., 2023).

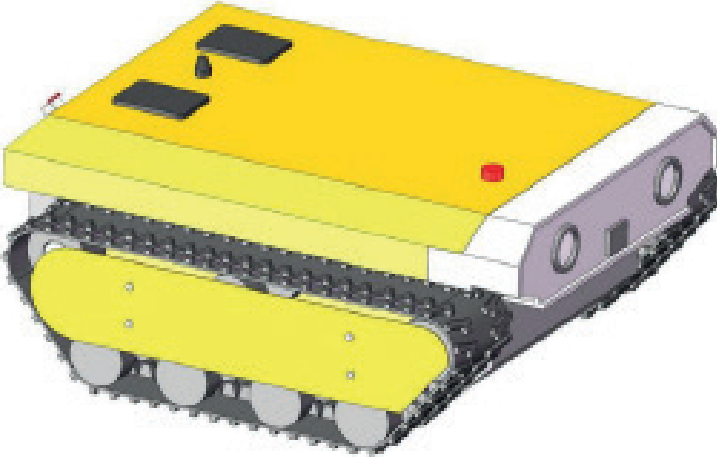
Paletli yapılar, aynı zamanda robotların engel aşma yeteneğini artırmakta ve karmaşık arazilerde daha esnek bir kullanım sağlamaktadır.

Örneğin, patates hasadı gibi özel uygulamalarda kullanılan paletli şasiler, bitki sıraları arasında hareket ederek hem mahsul verimliliğini artırmakta hem de çevresel etkileri azaltmaktadır (Wang vd., 2024).

Ancak, paletli sistemlerin bazı sınırlamaları da bulunmaktadır. Yüksek enerji tüketimi ve karmaşık bakım gereksinimleri, bu sistemlerin daha yaygın bir şekilde kullanılmasını zorlaştırabilmektedir. Bununla birlikte, enerji tüketimini azaltmak ve sistem dayanıklılığını artırmak için hafif malzemeler ve optimize edilmiş tasarım çözümleri üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Paletli sistemlerin daha esnek ve dayanıklı hale getirilmesi, tarımsal robotların farklı uygulamalara daha geniş ölçekte adapte edilmesini sağlayacaktır (Liu vd., 2019).

Bu bağlamda, paletli şasi tasarımları, modern tarım robotlarının en zorlu arazi koşullarında dahi güvenilir bir şekilde çalışmasına olanak tanımaktadır. Bu sistemlerin geliştirilmesi, tarımda hem verimlilik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli kazanımlar sağlayacaktır. Paletli şasiler, zorlu arazilerdeki tarımsal görevlerde etkin bir çözüm sunarak tarım robotlarının gelecekteki uygulama alanlarını genişletecek potansiyele sahiptir.

Şekil 3'te Wuxi Kalman Navigation Technology Co., Ltd. (Wuxi, Çin) tarafından üretilen G33 çim biçme makinesinin kinematik modeli görülmektedir.



Şekil 3: G33 çim biçme makinesi (Liu vd., 2024)

2.1.1.3. Araziye Özel Şasiler

Arazi koşullarına uyum sağlamak amacıyla, bazı tarımsal uygulamalar için özel olarak tasarlanmış şasiler geliştirilmektedir. Düzensiz zeminlerde daha iyi stabilite sağlamak için bağımsız süspansiyon sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler, özellikle engebeli arazi koşullarında robotun denge ve hareket kabiliyetini artırarak tarımsal faaliyetlerin kesintisiz bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Eğimli tarım alanlarında ise stabiliteyi artırmak amacıyla eğilebilir şasi mekanizmaları tercih edilmektedir. Bu tür tasarımlar, dik yamaçlar veya eğimli yüzeylerde robotun devrilme riskini azaltarak güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır (Botta & Cavallo, 2022). Ayrıca, kullanım alanına göre özelleştirilebilen modüler şasiler de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tür şasiler, robotların çok işlevli olmasını sağlayarak hasat, gübreleme veya ilaçlama gibi farklı tarımsal görevlerde kullanım esnekliği sunmaktadır. Modüler yapılar, farklı tarımsal ihtiyaçlara hızlı adaptasyon sağlayarak zaman ve maliyet açısından önemli avantajlar sunmaktadır (Pecka & Osadcuks, 2018).

2.1.1.4. Yüksek Mesafeli Şasiler

Yüksek mesafeli şasiler, özellikle mısır ve ayçiçeği gibi yüksek boyutlu bitkiler arasında çalışabilmek için tasarlanan özel tarım araçlarıdır. Bu şasiler, bitkilerin zarar görmesini engellemek amacıyla dar taban genişliği ve ayarlanabilir tekerlek mesafesi ile donatılmaktadır. Yerden yüksekliği artırılmış bu tasarımlar, bitkilerle fiziksel teması en aza indirerek gübreleme, ilaçlama gibi hassas tarımsal işlemlerin daha etkili bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımakta ve bu süreçte tarımsal verimliliği artırarak ürün kalitesinin korunmasını sağlamaktadır (Xu vd., 2024).

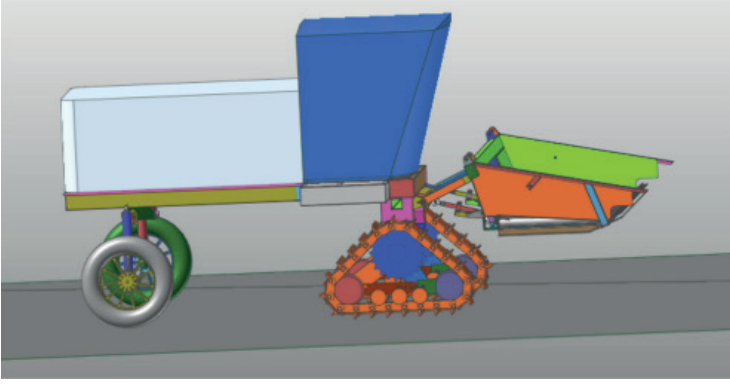
Bu tür şasiler, yalnızca bitki koruması sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda ağır tarım ekipmanlarının taşınmasını da kolaylaştırmaktadır. Yüksek mesafeli şasiler, genellikle geniş tekerlek aralığı sayesinde stabiliteyi artırmakta ve engebeli arazilerde güvenli hareket etmeye olanak tanımaktadır. Özellikle dik eğimli veya taşlı zeminlerde, şasinin ağırlık merkezi optimize edilerek devrilme riski azaltılmaktadır (Chen vd., 2020).

Bu tasarımların bir diğer önemli özelliği, modüler yapı ile farklı arazi koşullarına uyarlanabilmesidir. Örneğin, ayarlanabilir yükseklik mekanizmaları, tarladaki farklı bitki boylarına göre çalışma yüksekliğini optimize etmektedir. Ayrıca, bu şasilerde kullanılan amortisör ve süspansiyon sistemleri, engebeli arazilerde oluşan titreşimleri azaltarak robotun stabilitesini ve hassasiyetini artırmaktadır. Bu, özellikle gübreleme, ilaçlama veya hasat gibi işlemlerin daha etkili bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır (Lu vd., 2023).

Yüksek mesafeli şasiler, aynı zamanda enerji verimliliği açısından da avantaj sunmaktadır. Hafif malzemelerden üretilen bu şasiler, robotun

toplam ağırlığını azaltmakta ve enerji tüketimini optimize etmektedir. Bu tasarımlar, modern tarımın sürdürülebilirlik hedeflerini desteklerken, operasyonel maliyetleri de düşürmektedir. Bununla birlikte, zorlu arazilerde daha dayanıklı malzemeler ve yenilikçi mühendislik çözümleriyle bu sistemlerin performansı artırılmaktadır (Jin vd., 2022).

Kanola sap biçme makinesi için tekerlek-palet yüksek şasi yapısının üç boyutlu yapısı Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4: Kanola sap biçme makinesinin üç boyutlu modeli (Jin vd., 2022)

Dolayısıyla, yüksek mesafeli şasiler, modern tarım robotlarının hassasiyet, verimlilik ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemektedir. Bu sistemlerin daha geniş uygulama alanlarına ulaşabilmesi için enerji verimliliği ve dayanıklılığı artırmaya yönelik araştırmaların sürdürülmesi gerekmektedir. Ek olarak, bu teknolojilerin otonom navigasyon sistemleriyle entegrasyonu, tarım robotlarının gelecekte daha karmaşık görevleri başarıyla yerine getirmesine olanak tanıyacaktır.

2.1.1.5. Çok Tekerlekli ve Çok Ayaklı Yapılar

Çok tekerlekli ve çok ayaklı robot tasarımları, tarımsal robot teknolojilerinde hem stabilite hem de çeviklik gerektiren uygulamalarda önemli avantajlar sunmaktadır. Altı veya sekiz tekerlekli yapılar, tarım robotlarının zorlu arazi koşullarında dengeli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bu tür sistemler, özellikle yumuşak ve çamurlu arazilerde kayma direncini artırmakta ve yüksek çekiş gücü sunmaktadır (Shafaei & Mousazadeh, 2023).

Çok tekerlekli tasarımlar, tekerleklerin bağımsız hareket edebilmesi sayesinde karmaşık arazilerde manevra kabiliyetini artırmaktadır. Bu özellik, bitki sıraları arasında hassas işlemler gerçekleştiren tarım robotlarının, toprağa zarar vermeden etkili bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Geniş

tekerlek yüzey alanı, toprak sıkışmasını azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunurken, enerji verimliliği sağlayan yenilikçi mekanik çözümler, bu sistemlerin uzun süreli tarımsal operasyonlarda tercih edilmesine neden olmaktadır (Liu vd., 2017).

Biyomimetik ayaklı robot tasarımları, özellikle engebeli ve heterojen zeminlerde hareket kabiliyeti açısından dikkat çekmektedir. Doğadan ilham alan bu sistemler, robotların zorlu koşullarda dengesini koruyarak tarımsal görevleri yerine getirmesini mümkün kılmaktadır. Bacak benzeri yapılar, robotların yumuşak yüzeylerde batmadan hareket etmesini sağlarken, yük taşıma kapasitesini artıran dinamik dengeleme mekanizmaları da bu sistemlerin verimliliğini artırmaktadır. Bu tür robotlar, toprağın yapısına zarar vermeden çalışarak çevresel sürdürülebilirliği de desteklemektedir (Kondoyanni vd., 2022).

Şekil 5'te Arugga AI Farming tarafından geliştirilen ve derin öğrenmeden yararlanarak bitkilerde çapraz tozlaşmayı kolaylaştıran robot arı görülmektedir.



Şekil 5: Arugga AI Farming İsrail tarafından çapraz tozlaşma için geliştirilen robot arılar (Kondoyanni vd., 2022)

2.1.2. Sensörler ve Aktüatörler

Mobil tarım robotlarında kullanılan sensörler ve aktüatörler, robotların çevreyle etkileşimini sağlayan kritik bileşenlerdir. Bu teknolojiler, robotların çevresel koşulları algılamasına, hareket kabiliyetlerini artırmasına

ve çeşitli tarımsal görevleri otonom bir şekilde gerçekleştirmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle hassas tarım uygulamalarında, doğru veri toplama ve analiz için sensör teknolojileri büyük önem taşımaktadır.

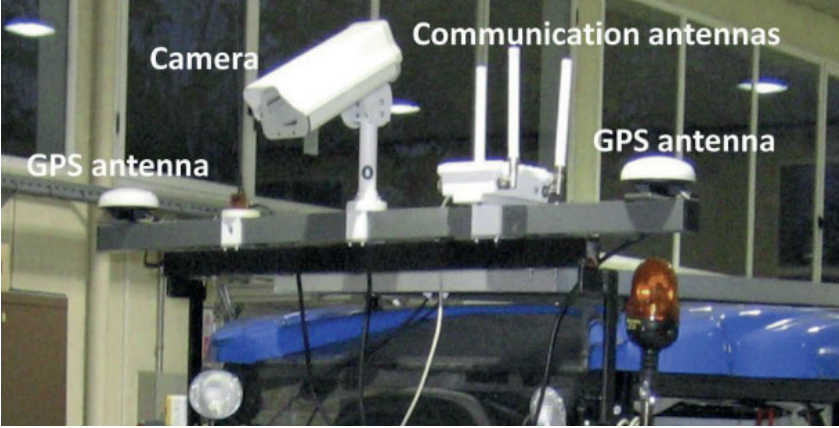
2.1.2.1. Sensörlerin Rolü

Sensörler, tarımsal robotların çevresel koşulları algılaması ve bu verilere dayalı olarak karar alabilmesi için kritik öneme sahiptir. Görsel sensörler, tarla ve mahsul izleme gibi görevlerde sıklıkla kullanılmakta ve yabancı ot tespiti, bitki olgunlaşma düzeyinin değerlendirilmesi gibi işlemlerde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sensörler, yüksek çözünürlüklü kameralarla donatılmış olup, görüntü işleme algoritmaları ile entegre bir şekilde çalışarak bitki sağlığını analiz edebilmektedir. Görsel sensörlerin sağladığı veriler, mahsul yönetimi süreçlerini optimize etmekte ve üretkenliği artırmaktadır (Emmi vd., 2014).

LiDAR sensörleri ise çevre haritalaması, engel algılama ve robot navigasyonu gibi görevlerde kullanılmaktadır. Lazer ışığını kullanarak çalışan bu sensörler, robotun etrafındaki nesnelere ve engelleri hassas bir şekilde algılamakta ve üç boyutlu haritalar oluşturmaktadır. Bu özellik, özellikle karmaşık ve engebeli tarım arazilerinde otonom hareket için kritik bir avantaj sağlamaktadır. LiDAR, ayrıca robotun tarım alanında doğru bir şekilde yönlendirilmesini sağlayarak enerji verimliliğini artırmaktadır (Xie vd., 2022).

Toprak sensörleri, tarımsal robotların önemli bir bileşeni olarak, toprak nem, pH seviyesi ve sıcaklık gibi parametrelerin ölçümünde kullanılmaktadır. Bu sensörler, robotların sulama ve gübreleme planlamasını optimize etmesine olanak tanımakta, böylece kaynakların verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Elde edilen veriler, robotun sulama sıklığını belirlemesine, toprağın besin değerlerini optimize etmesine ve bitki gelişimini desteklemesine yardımcı olmaktadır. Özellikle hassas tarım uygulamalarında, toprak sensörlerinden alınan veriler, robotların çevresel koşullara adapte olmasını kolaylaştırarak, üretkenliği artırmaktadır (Oliveira, Moreira, & Silva, 2021).

Şekil 6'da ticari bir traktör şasisi üzerine inşa edilmiş aracın üzerindeki ana sensörler görülmektedir.



Şekil 6: Traktör üzerindeki sensörler (Emmi vd., 2014)

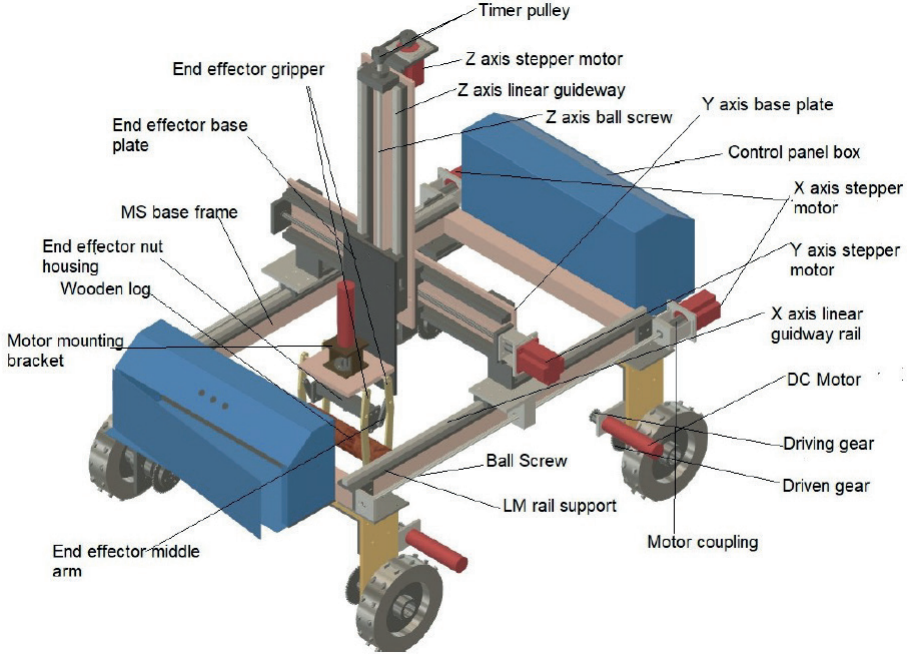
2.1.2.2. Aktüatörlerin Rolü

Manipülatörlerde kullanılan aktüatörler, tarımsal robotların bitki hasadı, ilaçlama ve tohum ekimi gibi görevleri yerine getirmesinde temel bir role sahiptir. Bu sistemler, robotların hassas işlemleri güvenilir bir şekilde gerçekleştirmesini sağlamak ve enerji verimliliğini artırmaktadır. Elektrikli aktüatörler, düşük enerji tüketimi ve yüksek hassasiyet özellikleriyle öne çıkmaktadır. Narin bitki yapraklarının zarar görmeden toplanabilmesi, aktüatörlerin hassas kontrol mekanizmaları ile entegre bir şekilde çalışmasıyla mümkün olmaktadır (Xie vd., 2022).

Hidrolik aktüatörler, ağır yüklerin taşınması ve kaldırılması gibi yüksek güç gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu tür sistemler, meyve ve ağaçlarından büyük miktarda ürün toplanmasında veya ağır ekipmanların hareket ettirilmesinde önemli bir avantaj sunmaktadır (Kumar, Mohan, & Skitova, 2023). Pnömatik aktüatörler ise hassas hareketlerin gerektiği tarımsal görevlerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Tohum yerleştirme veya bitkilerin nazik bir şekilde taşınması gibi görevlerde, pnömatik sistemlerin kontrol kolaylığı ve esnekliği ön plana çıkmaktadır.

Aktüatörlerin manipülatör sistemlerine entegrasyonu, tarımsal robotların çok yönlü görevleri yerine getirme kapasitesini artırmaktadır. Sensör teknolojileriyle uyumlu bir şekilde çalışan bu sistemler, çevresel koşullara adaptasyonu kolaylaştırmakta ve tarımsal süreçlerde hem iş gücünü azaltmakta hem de üretkenliği artırmaktadır (Bechar & Vigneault, 2016).

Şekil 7’de Kumar ve arkadaşlarının geliştirdiği tarım robotunun genel yapısı ve ana bileşenleri görülmektedir.



Şekil 7: Mobil manipulatörün konsept tasarımı (Kumar, Mohan, & Skitova, 2023)

2.1.3. Kontrol Sistemleri

Mobil tarım robotlarında kontrol sistemleri, otonom ve güvenilir bir çalışma için gerekli olan temel teknolojileri içermektedir. Mikrodenetleyiciler ve entegre kontrol birimleri, robotların hareketlerini, görevlerini ve çevreyle olan etkileşimlerini yöneterek bu sistemlerin temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Sensörlerden gelen verilerin işlenmesi ve robotun bu verilere uygun şekilde yönlendirilmesi kontrol sistemleri sayesinde gerçekleştirilmektedir.

Mikrodenetleyiciler, düşük güç tüketimi ve yüksek performans gerektiren uygulamalarda kritik bir rol oynamaktadır. Hassasiyetin önemli olduğu manipulatör hareketleri gibi görevlerde, gerçek zamanlı işlem kapasitesi sunmaktadır. Daha karmaşık sistemler için kullanılan entegre kontrol birimleri, sensörlerden gelen verileri eş zamanlı olarak işleyebilmekte ve çevresel değişimlere hızlı şekilde yanıt vermektedir. Örneğin, LiDAR sensörlerinden alınan engel algılama verileri, kontrol birimleri tarafından işlenerek robotun rotasının dinamik şekilde güncellenmesini sağlamaktadır (Xie vd., 2022).

Ayrıca, kontrol sistemleri, robotların çevresel koşullara adaptasyonunu artırma kapasitesine sahiptir. Tarımsal alanlarda kullanılan otonom

traktörlerdeki kontrol birimleri, GPS destekli navigasyon sistemleriyle entegre çalışarak rotaların hassas bir şekilde takip edilmesine olanak tanımaktadır (Grimstad & From, 2017). Bunun yanı sıra, ağ tabanlı kontrol sistemleri birden fazla robotun koordinasyonunu sağlayarak tarımsal süreçlerin daha verimli şekilde yönetilmesine katkıda bulunmaktadır (Nevludov vd., 2021).

Şekil 8’de Nevludov ve arkadaşlarının deneysel amaçlı kullandıkları tarım robotu görülmektedir.



Şekil 8: Tarım robotunun deneysel tasarımı (Nevludov vd., 2021)

2.2. Sürüş Mekanizmaları

Tarım robotlarında kullanılan sürüş mekanizmaları, robotların farklı tarımsal görevleri verimli ve etkili bir şekilde yerine getirmesini sağlamak için geliştirilmiştir. Bu mekanizmalar, robotun hareket kabiliyetini artırmanın yanı sıra farklı arazi koşullarına adaptasyonunu kolaylaştırmaktadır. Elektrikli, hidrolik ve hibrit sistemlerin yanı sıra, özel arazi koşullarına uygun tasarlanmış yapılar, modern tarımsal robotların en önemli bileşenleri arasında yer almaktadır.

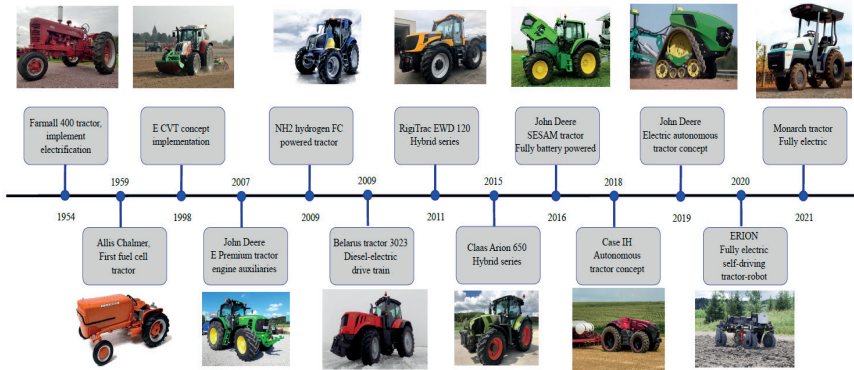
2.2.1. Elektrikli Sürüş Sistemleri

Elektrikli sürüş sistemleri, tarımsal robotların enerji verimliliğini artıran ve çevresel etkiyi azaltan kritik teknolojiler arasında yer almaktadır. Elektrik motorları, düşük gürültü seviyeleri ve minimum bakım gereksinimleri ile hassas tarım uygulamalarında geniş kullanım alanı bulmaktadır. Bu sistemler, yenilenebilir enerji kaynakları ile entegrasyonu mümkün kılarak, enerji maliyetlerini düşürmekte ve sürdürülebilir tarım teknolojilerine katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda, elektrikli sürüş sistemleri, sensörler ve aktüatörlerle entegre çalışarak otonom navigasyonu desteklemektedir (Yadav vd., 2022).

Elektrikli sürüş mekanizmalarının önemli bir avantajı, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla bütünleşmiş çalışabilmesidir. Güneş enerjisi panelleriyle donatılmış sistemler, enerji bağımsızlığı sağlayarak operasyonel süreleri uzatmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Çevresel sürdürülebilirliği destekleyen bu tür yenilikçi çözümler, karbon ayak izini azaltma potansiyeline de sahiptir (Gorjian vd., 2021).

Elektrikli sürüş sistemlerinin bazı sınırlamaları da bulunmaktadır. Batarya ömrü ve şarj süreleri, özellikle uzun süreli tarımsal operasyonlar için önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Bu tür sistemlerde, bataryaların performansı ve dayanıklılığı, kullanılan malzemelerin özelliklerine ve enerji yönetim stratejilerine bağlıdır. Ayrıca, sıcaklık ve nem gibi zorlu çevresel koşullar, elektrikli motorların ve bataryaların dayanıklılığını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle, bu sınırlamaların üstesinden gelmek için yeni malzeme ve tasarım çözümleri üzerine çalışmalar sürmektedir (Ghobadpour vd., 2022).

Tarımda kullanılan tanınmış bazı hibrit elektrikli traktörlerin zaman çizelgesi Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9: Tarımda kullanılan bazı ticari hibrit elektrikli traktörlerin tarihsel zaman çizelgesi (Ghobadpour vd., 2022)

Bu nedenle, elektrikli sürüş sistemleri, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik potansiyeli ile modern tarım teknolojilerinin temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları ile entegrasyonun yaygınlaşması, bu sistemlerin gelecekteki tarımsal uygulamalarda daha geniş bir kullanım alanı bulmasını sağlayacaktır (Bechar & Vigneault, 2016).

2.2.2. Hidrolik ve Hibrit Sistemler

Hidrolik ve hibrit sürüş sistemleri, modern tarım robotlarının güç ve verimlilik açısından ihtiyaçlarını karşılamak üzere geliştirilmiş yenilikçi teknolojilerdir. Hidrolik sistemler, yüksek güç ve tork gerektiren uygulamalarda, özellikle ağır yüklerin taşınması ve zorlu arazi koşullarında stabilitenin sağlanması gibi görevlerde öne çıkmaktadır. Sıvı basıncıyla enerji aktarımı gerçekleştiren bu sistemler, yüksek dayanıklılık ve esneklik sunarak tarımsal görevlerde kritik bir rol oynamaktadır. Güncel araştırmalar, hidrostatik transmisyonların, değişken hızlarda yüksek çekiş gücü sağlayarak tarımsal operasyonların esnekliğini artırdığını göstermektedir (Moce-
ra, Martini, & Somà, 2022).

Hibrit sistemler ise, enerji verimliliğini artırmak ve karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla elektrikli ve hidrolik sistemleri birleştiren bir yapı sunmaktadır. Bu sistemler, özellikle enerji kaynaklarının daha etkin kullanımını sayesinde yakıt tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Hibrit motorlarla donatılmış traktörler, tarımsal görevlerde yakıt tasarrufu ve yüksek performans sağlamaktadır. Araştırmalar, hibrit sistemlerin hem çevresel hem de ekonomik faydalar açısından geleneksel sistemlere kıyasla üstün olduğunu vurgulamaktadır (Azzam vd., 2022).

Hibrit sistemlerin bir diğer önemli avantajı, farklı enerji kaynaklarının bir araya getirilmesiyle enerji verimliliği ve görev hassasiyetini optimize edebilmesidir. Örneğin, hidrolik sistemlerin yüksek güç kapasitesi, elektrikli sistemlerin hassasiyeti ve düşük enerji tüketimiyle birleştirildiğinde, tarım robotlarının karmaşık görevleri başarıyla yerine getirmesi mümkün olmaktadır. Özellikle, hibrit sürüş mekanizmaları, büyük ölçekli tarımsal projelerde operasyonel süreleri uzatarak daha sürdürülebilir bir tarım teknolojisi sağlamaktadır (Hu, Zhang, & Qi, 2021).

Şekil 10'da deneysel amaçlı hidrolik güç istasyonu görülmektedir.



Şekil 10: Hidrolik güç istasyonu (Hu vd., 2021)

Genel bir değerlendirme yapıldığında, hidrolik ve hibrit sürüş sistemleri, tarımsal süreçlerin daha etkili, verimli ve çevre dostu bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu sistemler, tarım robotlarının hem gücünü artırmakta hem de enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını desteklemektedir.

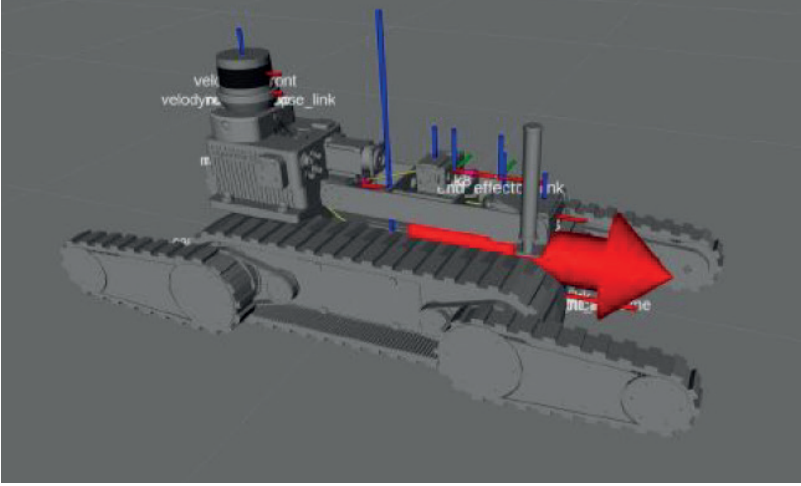
2.2.3. Arazi Koşullarına Özel Yapılar

Tarım robotları, farklı arazi koşullarına uyum sağlayacak şekilde tasarlanmış sürüş sistemleri sayesinde zorlu çevresel şartlarda etkin bir performans sergileyebilmektedir. Bu yapılar, özellikle engebeli, bataklık ya da eğimli zeminlerde hareket kabiliyeti sağlamak amacıyla optimize edilmektedir. Geniş temas yüzeyi sunan paletli şasiler, düşük taşıma kapasiteli zeminlerde üstün performans gösterirken, bağımsız süspansiyon sistemleri, engebeli arazi koşullarında stabilite ve titreşim kontrolü sağlamaktadır. Ayrıca, eğimli zeminlerde çalışan tarım robotlarında eğilebilir şasi tasarımları, ağırlık merkezini optimize ederek devrilme riskini azaltmaktadır (Edlinger vd., 2021).

Zorlu çevresel koşullara yönelik özel tasarımlar, araziye bağlı olarak güç ve tork dağılımını düzenleyen algoritmalarla desteklenmektedir. Bu tür sistemler, robotun çekiş gücünü artırarak görev sürekliliğini sağlamakta ve kayma gibi sorunları minimize etmektedir. Ayrıca, bu sistemler gerçek zamanlı olarak rotayı güncelleyebilen sensörlerle entegre edilerek tarımsal

süreçlerdeki verimliliği artırmaktadır (Hizatate & Noguchi, 2023).

Şekil 11’de URDF (Unified Robot Description Format) modeli ve stabilite vektörü görülmektedir.



Şekil 11: URDF modeli ve stabilite vektörü (Edlinger vd., 2021)

Bazı tarım robotlarında ise modüler ve hafif yapılar tercih edilmektedir. Modüler şasi tasarımları, farklı tarımsal görevlerde kullanılmak üzere özelleştirilebilirken, hafif malzemeler robotun arazi üzerindeki baskısını azaltarak toprak sıkışmasını önlemektedir. Böylelikle, bu yapılar çevresel sürdürülebilirliği de desteklemektedir (Rana vd., 2024).

Bu bağlamda, araziye özel şasi ve sürüş mekanizmaları, modern tarım teknolojilerinde büyük bir ilerleme sağlamaktadır. Bu yapılar, tarım robotlarının hem zorlu çevresel koşullara uyum sağlamasına hem de verimliliği artırarak tarımsal süreçlerin daha sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır.

3. Sonuç ve Öneriler

Mobil tarım robotları, tarım sektörünün karşılaştığı modern zorluklara çözüm sunan ve tarımsal süreçleri dönüştüren yenilikçi teknolojiler arasında yer almaktadır. Bu robotlar, otomasyon, hassasiyet ve enerji verimliliği gibi alanlarda sağladığı katkılarla tarımsal operasyonları daha etkili ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşturmuştur. Tarım robotlarının işlevselliği, büyük ölçüde sürüş sistemleri, sensör teknolojileri, yapay zekâ destekli kontrol sistemleri ve araziye uyumlu tasarımlar gibi teknolojik bileşenlerle mümkün hale gelmektedir.

Mobil tarım robotlarının en önemli özelliklerinden biri, farklı arazi koşullarında etkin bir şekilde çalışabilme yeteneğidir. Özel tasarlanmış şasi sistemleri ve sürüş mekanizmaları, robotların stabilite, manevra kabiliyeti ve zorlu çevresel koşullara adaptasyonunu artırmaktadır. Elektrikli, hidrolik ve hibrit sürüş sistemlerinin gelişimi, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda tarım robotlarının daha geniş bir uygulama alanına ulaşmasını sağlamaktadır. Örneğin, elektrikli sürüş sistemleri, karbon emisyonunu azaltırken, yenilenebilir enerji kaynakları ile entegrasyon olanakları sunmaktadır. Hidrolik sistemler ise ağır yük taşıma gibi güç gerektiren görevlerde önemli avantajlar sunarken, hibrit sistemler bu iki teknolojiyi birleştirerek verimliliği en üst düzeye çıkarmaktadır.

Sensör ve aktüatörlerin tarım robotlarında sağladığı katkılar da dikkate değerdir. Toprak analizi, çevresel algılama ve bitki sağlığı izleme gibi görevlerde kullanılan sensörler, tarım robotlarının veri odaklı kararlar almasına olanak tanımaktadır. LiDAR ve GNSS gibi ileri teknolojiler, robotların çevreyle etkileşimini optimize ederken, yapay zekâ destekli kontrol sistemleri robotların bağımsız hareket kabiliyetini artırmaktadır. Bu bileşenler, yalnızca verimliliği artırmakla kalmayıp, tarımda kaynak kullanımını da optimize etmektedir.

Gelecekte mobil tarım robotlarının daha akıllı ve ekonomik çözümler sunması için araştırmaların hızlandırılması gerekmektedir. Örneğin, enerji yönetim sistemlerinin geliştirilmesi, batarya ömrü ve şarj süreleri gibi temel sınırlamaların aşılmasına yardımcı olacaktır. Bunun yanı sıra, otonom kontrol sistemlerinde yapay zekâ ve makine öğreniminin daha etkili entegrasyonu, tarım robotlarının karar alma süreçlerinde daha yüksek doğruluk ve hız sağlayacaktır. Ayrıca, robotlar arasında veri paylaşımı ve koordinasyonu mümkün kılan kooperatif navigasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması, geniş tarım arazilerinde operasyonel verimliliği artıracaktır.

Araziye uyumlu ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyen tasarımlar, tarımsal süreçlerde robotların etkisini daha da artıracaktır. Modüler şasi tasarımlarının yaygınlaştırılması, robotların farklı tarımsal görevlerde kullanılmasını sağlayarak esnekliği artıracaktır. Aynı zamanda, 5G ve ileri iletişim protokollerinin entegrasyonu, robotların gerçek zamanlı veri paylaşımı ve uzaktan kontrolünü kolaylaştıracaktır.

Sonuç olarak, mobil tarım robotları, tarım sektöründe dönüşümü mümkün kılan bir teknoloji olarak kritik bir rol oynamaktadır. Sürüş sistemlerindeki yenilikler, sensör ve kontrol sistemlerindeki gelişmelerle bir araya geldiğinde, bu robotlar hem tarımsal verimliliği artıracak hem de çevresel sürdürülebilirliği destekleyecektir. Mobil tarım robotlarının sürekli gelişimi, küresel gıda güvenliği ve kaynak verimliliği hedefleri doğrultusunda gelecekteki tarımsal ihtiyaçların karşılanmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

4. Kaynaklar

- Azzam, I., Pate, K., Garcia-Bravo, J., & Breidi, F. (2022). Energy Savings in Hydraulic Hybrid Transmissions through Digital Hydraulics Technology. *Energies*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/en15041348>
- Bechar, A., & Vigneault, C. (2016). Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, C. 149, ss. 94-111. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.06.014>
- Beloev, I., Kinaneva, D., Georgiev, G., Hristov, G., & Zahariev, P. (2021). Artificial intelligence-driven autonomous robot for precision agriculture. *Acta Technologica Agriculturae*, 24(1), 48-54. <https://doi.org/10.2478/ata-2021-0008>
- Botta, A., Cavallone, P. (2022). Robotics Applied to Precision Agriculture: The Sustainable Agri.q Rover Case Study. In: Quaglia, G., Gasparetto, A., Petuya, V., Carbone, G. (eds) *Proceedings of I4SDG Workshop 2021. I4SDG 2021. Mechanisms and Machine Science*, vol 108. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87383-7_5
- Chen, Y., Wang, Z., Zhang, H., Liu, X., Li, H., Sun, W., & Li, H. (2024). Investigation of the Traveling Performance of the Tracked Chassis of a Potato Combine Harvester in Hilly and Mountainous Areas. *Agriculture (Switzerland)*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/agriculture14091625>
- Chen, Yu, Mao, E. R., Li, W., Zhang, S., Song, Z. H., Yang, S. J., & Chen, J. (2020). Design and experiment of a high-clearance self-propelled sprayer chassis. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 13(2), 71-80. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20201302.5262>
- Colucci, G., Botta, A., Tagliavini, L., Cavallone, P., Baglieri, L., & Quaglia, G. (2022). Kinematic Modeling and Motion Planning of the Mobile Manipulator Agri.Q for Precision Agriculture. *Machines*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/machines10050321>
- Edlinger, R., Fols, C., Froschauer, R., & Nuchter, A. (2021). Stability metrics and improved odometry prediction for tracked vehicles with tactile sensors. 2021 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics, SSR 2021, 77-83. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SSRR53300.2021.9597864>
- Emmi, L., Gonzalez-de-Soto, M., Pajares, G., & Gonzalez-de-Santos, P. (2014). Integrating sensory/actuation systems in agricultural vehicles. *Sensors (Switzerland)*, 14(3), 4014-4049. <https://doi.org/10.3390/s140304014>
- Ghobadpour, A., Monsalve, G., Cardenas, A., & Mousazadeh, H. (2022, Eylül 1). Off-Road Electric Vehicles and Autonomous Robots in Agricultural Sector: Trends, Challenges, and Opportunities. *Vehicles*, C. 4, ss. 843-864. MDPI. <https://doi.org/10.3390/vehicles4030047>

- Gorjian, S., Ebadi, H., Trommsdorff, M., Sharon, H., Demant, M., & Schindele, S. (2021, Nisan 10). The advent of modern solar-powered electric agricultural machinery: A solution for sustainable farm operations. *Journal of Cleaner Production*, C. 292. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126030>
- Grimstad, L., & From, P. J. (2017). The Thorvald II agricultural robotic system. *Robotics*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/robotics6040024>
- Hizatate, T., & Noguchi, N. (2023). Work schedule optimization for electric agricultural robots in orchards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107889>
- Hu, K., Zhang, W., & Qi, B. (2021). Analysis and design of auto-adaptive leveling hydraulic suspension for agricultural robot. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 18(5). <https://doi.org/10.1177/17298814211040634>
- Jin, M., Zhang, M., Wang, G., Liang, S., Wu, C., & He, R. (2022). Analysis and Simulation of Wheel-Track High Clearance Chassis of Rape Windrower. *Agriculture (Switzerland)*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/agriculture12081150>
- Jin, T., & Han, X. (2024). Robotic arms in precision agriculture: A comprehensive review of the technologies, applications, challenges, and future prospects. *Computers and Electronics in Agriculture*, 221. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108938>
- Kondoyanni, M., Loukatos, D., Maraveas, C., Drosos, C., & Arvanitis, K. G. (2022). Bio-Inspired Robots and Structures toward Fostering the Modernization of Agriculture. *Biomimetics*, C. 7. MDPI. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020069>
- Kumar, S., Mohan, S., & Skitova, V. (2023). Designing and Implementing a Versatile Agricultural Robot: A Vehicle Manipulator System for Efficient Multitasking in Farming Operations. *Machines*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/machines11080776>
- Liu, L., Wang, X., Wang, X., Xie, J., Liu, H., Li, J., ... Yang, X. (2024). Path Planning and Tracking Control of Tracked Agricultural Machinery Based on Improved A* and Fuzzy Control. *Electronics (Switzerland)*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/electronics13010188>
- Liu, P., Li, H., Wei, W., Zhang, S., & Yi, R. (2017). All terrain adaptive locomotion chassis equipped with ultra-low-pressure tyres (ATALCULPT) to reduce mechanical soil compaction. *Proceedings of the 2017 ASABE Annual International Meeting*. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers. <https://doi.org/10.13031/aim.201700458>
- Liu, Y., Zhang, T., Xie, N., & Liang, J. (2019). Multi-body dynamic modeling and verification of small agricultural crawler chassis. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 35(7), 39-46. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2019.07.005>

- Lu, L., Liu, B., Mao, E., Song, Z., Chen, J., & Chen, Y. (2023). Design and Optimization of High Ground Clearance Self-Propelled Sprayer Chassis Frame. *Agriculture (Switzerland)*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agriculture13020233>
- Mocera, F., Martini, V., & Somà, A. (2022). Comparative Analysis of Hybrid Electric Architectures for Specialized Agricultural Tractors. *Energies*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/en15051944>
- Mou, X., Luo, Q., Ma, G., Wan, F., He, C., Yue, Y., ... Huang, X. (2023). Simulation Analysis and Testing of Tracked Universal Chassis Passability in Hilly Mountainous Orchards. *Agriculture (Switzerland)*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/agriculture13071458>
- Nevludov, I., Sychova, O., Reznichenko, O., Novoselov, S., Mospan, D., & Mospan, V. (2021). Control System for Agricultural Robot Based on ROS. *Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2021*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.9598560>
- Oliveira, L. F. P., Moreira, A. P., & Silva, M. F. (2021). Advances in agriculture robotics: A state-of-the-art review and challenges ahead. *Robotics*, C. 10. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/robotics10020052>
- Pecka, A., & Osadcuks, V. (2018). Conceptual design of modular multi functional agricultural mobile robot. *Research for Rural Development*, 1, 202-206. Jelgava : Latvia University of Agriculture. <https://doi.org/10.22616/rrd.24.2018.031>
- Qu, J., Li, H., Zhang, Z., Xi, X., Zhang, R., & Guo, K. (2022). Performance Analysis and Optimization for Steering Motion Mode Switching of an Agricultural Four-Wheel-Steering Mobile Robot. *Agronomy*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy12112655>
- Rana, A., Petitti, A., Ugenti, A., Galati, R., Reina, G., & Milella, A. (2024). Towards Digital Twin of Off-Road Vehicles using Robot Simulation Frameworks. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3509226>
- Shafaei, S. M., & Mousazadeh, H. (2023). Experimental comparison of locomotion system performance of ground mobile robots in agricultural drawbar works. *Smart Agricultural Technology*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100131>
- Singh, S. P., Singh, M. K., & Solanki, R. C. (2016). Design and development of four wheel weeder for wide-row crops. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 86(1), 42-49. <https://doi.org/10.56093/ijas.v86i1.55196>
- Wang, B., Zhu, J., Chai, X., Liu, B., Zhang, G., & Yao, W. (2024). Research status and development trend of key technology of agricultural machinery chassis in hilly and mountainous areas. *Computers and Electronics in Agriculture*, C. 226. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109447>

- Xie, D., Chen, L., Liu, L., Chen, L., & Wang, H. (2022). Actuators and Sensors for Application in Agricultural Robots: A Review. *Machines*, *C*. 10. MDPI. <https://doi.org/10.3390/machines10100913>
- Xu, H., Chen, Y., Hu, M., Yu, G., Zheng, C., Zhang, Z., ... Zhao, X. (2024). Design and test on high-gap wheeled agricultural chassis for harvesting broccoli. *Engineering Research Express*, *6*(4). <https://doi.org/10.1088/2631-8695/ad8537>
- Xu, Q., Li, H., Wang, Q., & Wang, C. (2021). Wheel Deflection Control of Agricultural Vehicles with Four-Wheel Independent Omnidirectional Steering. *Actuators*, *10*(12). <https://doi.org/10.3390/act10120334>
- Yadav, V. S., Singh, A. R., Raut, R. D., Mangla, S. K., Luthra, S., & Kumar, A. (2022). Exploring the application of Industry 4.0 technologies in the agricultural food supply chain: A systematic literature review. *Computers and Industrial Engineering*, *169*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108304>
- Yao, L., Yuan, H., Zhu, Y., Jiang, X., Cao, W., & Ni, J. (2023). Design and Testing of a Wheeled Crop-Growth-Monitoring Robot Chassis. *Agronomy*, *13*(12). <https://doi.org/10.3390/agronomy13123043>

”

BÖLÜM 3

SERALARDA PESTİSİT UYGULAMALARINDA KULLANILAN MAKİNA VE TEKNOLOJİLER

Ergin DURSUN¹

¹ Prof. Dr. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü ORCID: 0000-0001-5109-6071

1. GİRİŞ

Bildiği üzere dünya nüfusunun hızla artması, tüketici alışkanlıklarının değişmesi, sağlıklı ve güvenilir gıdaya olan talebin artması, iklim değişiklikleri, tarımsal üretim alanlarının kentleşme ve sanayileşme gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak giderek azalması insanları seracılık yani örtü altı yetiştiricilik gibi yeni arayışlara yöneltmektedir. Örtü altı yetiştiricilik, iklim faktörünün etkisi ortadan kaldırarak, gerekli özel çevre koşullarının sağlanması ile alçak ve yüksek sistemler içinde yapılan sebze, meyve ve süs bitkileri yetiştiriciliği için kullanılan genel tanımlamadır. Örtü altında yetiştiriciliğin birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar; birim alandan daha fazla ürün elde edilebilmesi, üretimin kontrol altında tutulması, bilinçli yapıldığında sağlıklı, güvenilir, izlenebilir ve standart ürünler elde edilebilmesi şeklinde sıralanabilir. Bir diğer avantajı da ürünlerin açık alanda yetiştirildiği dönemler dışında yetiştirilmesi nedeniyle üretici açısından oldukça kârlı bir faaliyet olmasıdır.

Dünyada toplam 500 bin hektar alanda seracılık faaliyetleri yürütülmekle birlikte bu sera alanının yarısından fazlası Avrupa ülkelerinde yer almaktadır. Seracılık, Avrupa ülkelerinde 19. yüzyılın başında ticari olarak gelişmeye başlamış, ancak özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra çok hızlı bir gelişme göstermiştir. Seralar 1960' larda, özellikle tarımda plastik kullanımı nedeniyle daha az ısıtma sorunu olan ılıman iklimlerde yaygınlaşmıştır. Seracılık sektöründe iyi olan AB ülkeleri sırasıyla, İspanya, İtalya, Almanya, İngiltere, Fransa ve Hollanda'dır. Avrupa'da örtü altı alan büyüklüğü bakımından İspanya ve Türkiye'yi Hollanda ve İtalya takip etmektedir. Ülkemiz seracılık açısından oldukça elverişli bir konuma sahip olup sera alanı açısından dünyada Çin, Güney Kore ve İspanya'nın ardından dördüncü, Avrupa'da ise İspanya'nın ardından ikinci sırada yer almaktadır (Türktemel, 2016).

Türkiye'de seracılık faaliyetleri 1940'lı yıllarda başlamış fakat 1960'lı yıllara kadar çok yavaş gelişmiş ülke genelinde sadece Antalya ve İzmir etrafında üretim yapılmıştır. Devam eden yıllarda plastik örtü materyali olarak kullanılmaya başlamış dolayısıyla seracılık faaliyetleri hız kazanmıştır. Ülkemizdeki seracılık yapılan alanlarda görülen en önemli artış ise 1975-1985 yılları arasında gerçekleşmiştir, devam eden yıllarda artış görülmekle birlikte artış oran düşmüştür. Türkiye'de yıllara göre örtü altı alanlarındaki değişim kayda değer miktardadır ve bu değer 1995 yılından 2019 yılına kadar %88 oranında artmıştır (Öztek ve Örs, 2022). 2019 yılı verilerine göre ülkemizde toplam sera alanı 789.604 dekar olup, bu alanın 111.038 dekarı yüksek tünel, 224.400 dekarı alçak tünel, 378.670 dekarı plastik ve 75.495 dekarı ise cam sera alanlarından oluşmaktadır (TUİK, 2019).

Ülkemizde seralar ağırlıklı olarak güney sahil şeridinde yoğunlaşmış

olmakla birlikte Ege, Marmara, Karadeniz Bölgeleri ile uygun mikro kliması olan yörelerde de seracılık yapılmaktadır. Sera varlığı bakımından öne çıkan illerimiz Antalya, Mersin, Adana, Muğla, Samsun, İzmir, Aydın, Hatay ve Burdur şeklinde sıralanabilir (Anonim, 2024a). Ülkemiz seralarında çoğunlukla sebze üretimi yapılmakla beraber meyve üretimi ve süs bitkileri üretimi de yapılmaktadır. 2019 yılı verilerine göre ülkemizde örtü altında en çok yetiştirilen ürün 4.083.681 ton ile domates olup bunu 1.156.997 ton ile hıyar, 877.505 ton ile karpuz 749.769 ton ile biber, 323.000 ton ile patlıcan ve 211.953 ton ile kabak takip etmiştir (TUİK, 2019).

Seralar, ürünleri dönemi dışında yetiştirme imkânı sağlayabilen üretim alanları olduğu için bitkilerin ihtiyacı olan faktörlerin seralarda yapay olarak oluşturulması gerekmektedir. Bu faktörler; ısıtma, havalandırma, bitkinin ihtiyaç duyduğu su ve gübre, hem toprak hem de iç ortamda bulunan hastalık ve zararlılarla mücadele şeklinde sıralanmakta olup, modern seralarda tüm bu faktörler kurulan teknolojik sistemlerle sağlanmaktadır. Ülkemiz seracılık konusunda oldukça hızlı bir gelişme kaydetmiş olup, hem seracılık sektörüne devletin sağlamış olduğu yapısal destekler hem de özel sektörün tarıma ve seracılığa olan ilgisinin artmasıyla birlikte sera teknolojilerinin geliştirilmesi ve kullanımı konusunda ülkemiz önemli ülkeler arasına girmiş durumdadır.

2. SERALARDA PESTİSİT UYGULAMALARI VE KARŞILANILAN SORUNLAR

Seralarda üretim genellikle oldukça basit yapılar altında yapıldığından, uygun olmayan sera içi iklim koşulları, özellikle plastik sera ve tünellerde önemli ürün kayıplarına neden olan fungal ve bakteriyel hastalıkların ortaya çıkışını hızlandırmaktadır. Ülkemiz seralarında en sık rastlanan ve önemli ekonomik kayıplara yol açabilen başlıca zararlılar; beyaz sinekler (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*), kırmızı örümcekler (*Tetranychus urticae*, *T. cinnabarinus*), yaprak bitleri (*Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*), yaprak galeri sinekleri (*Liriomyza* spp.) ve domates pas akarı (*Aculops lycopersici*) dir. Seralarda hastalık ve zararlılarla mücadelede en yaygın kullanılan yöntem pestisitler kullanılarak yapılan kimyasal savaş yöntemidir. Toplam pestisit tüketimimiz gelişmiş ülkelere göre çok düşük düzeylerde kalmakla beraber seralarımızda kullanılan pestisit miktarı ne yazık ki çok yüksektir Seralarda dekara kullanılan pestisit miktarı 10 kg civarındadır (Türemiş, 2015).

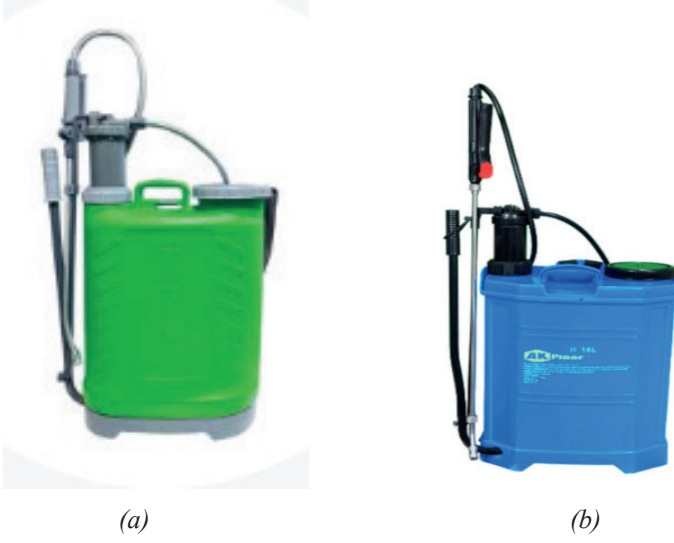
Seralarda kullanılan bazı pestisitler çevre açısından önemli tehlikeler taşımakta olup, bu kimyasallar özellikle insanlar ve diğer canlılara ciddi zarar verebilme potansiyeline sahiptir. Çevre için tehlikeli olan klorlu hidrokarbonlar, ağır metal içerenler, metil bromit, vb. pestisitlerin toplam tüketimdeki payı yaklaşık % 30 seviyesindedir.

Seralarda bitki hastalık ve zararlıları ile mücadelede karşılaşılan sorunlar; hastalık ve zararlıların yanlış teşhis edilmesi ve buna bağlı olarak yanlış pestisit kullanılması, pestisitlerin uygulanmasında doğru makinanın seçilmemesi, kullanılan makinanın doğru işletme koşullarında çalıştırılmaması ve özellikle kalibrasyonun doğru yapılamaması nedeniyle yanlış ve yüksek dozlarda pestisit uygulaması, çeşitli pestisitlerin karıştırılarak ya da yaprak gübrelere ile uygulanması, art arda aynı pestisit kullanılması nedeniyle pestisitlere karşı dayanıklılık yaratılması şeklinde sıralanabilir.

Ayrıca, ülkemizdeki seralarda yaygın bir şekilde kullanılan konvansiyonel hidrolik (basınç enerjili) arabalı pülverizatörlerle çok yüksek basınç ve hacimlerde yıkama şeklinde ilaçlamalar yapılmakta ve bunun sonucunda aşırı ilaç kullanımı nedeniyle ürünlerde kalıntı sorunu ortaya çıkmakta, özellikle toprağa ilaç kayıpları nedeniyle çevre kirliliği oluşmakta ve ilaçlama maliyeti artmaktadır. Diğer yandan, kullanılan ilaçlama makinesinin tipi ne olursa olsun ilaçlamayı yapan kişilerin ilaçlama esnasında koruyucu önlemleri yeterince almadıkları, genellikle günlük giysileri ile ilaçlama yaptıkları ve ilaçlama sırasında ilaca maruz kaldıkları için ilaçların elbise ve ciltlerine bulaşma miktarının oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, hastalık ve zararlılarla mücadelede kullanılan pestisitler insan sağlığı ve çevreyi tehdit ettiği için, seracılıkta da çevresel ve ekonomik anlamda sürdürülebilirliğin sağlanması için gereken önlemler alınmalıdır.

3. SERALARDA PESTİSİT UYGULAMALARINDA KULLANILAN MAKİNALAR VE TEKNOLOJİLER

Türkiye’de seralarda hastalık ve zararlılarla mücadelede kullanılan pülverizatörler seraların fiziki yapısına uygun olmak zorundadırlar. Ülkemiz seralarının büyük çoğunluğu küçük ölçekli aile işletmeleri şeklinde olup, genellikle ürünü don zararından korumaya yönelik basit yapılar şeklinde ve teknoloji kullanımı sınırlı düzeyde olan seralardan oluşturmaktadır. Ancak, son yıllarda teknolojik alt yapıya sahip modern seraların sayısında önemli artışlar görülmüş olup, kullanılan ilaçlama makinaları ve teknolojileri konusunda da önemli gelişmeler olmuştur. Seralarda pestisit uygulamalarında çeşitli tip ve teknik özelliklerde pülverizatörler kullanılmakla beraber elde taşınan pülverizatörler, sırtta taşınan pülverizatörler ve arabalı tip pülverizatörler yaygın olarak kullanılmaktadır (Coşkun ve ark. 2009). Şekil 1’de sırtta taşınan ve elle çalıştırılan düşük basınçlı pülverizatörler görülmektedir. Bu pülverizatörler basınç enerjisiyle çalışan konik ve yelpaze hüzmeli konvansiyonel memelere sahiptirler. Elde ve sırtta taşınan pülverizatörlerle küçük işletmelerde uygulamalar yapılabilmektedir. İş başarısı ve işçilik yönünden değerlendirme yapıldığında, bu tip pülverizatörlerle nispeten daha büyük seralarda ve yoğun yapraklı alanlara sahip bitkilerde yüksek iş başarısında çalışmak mümkün değildir (Dursun ve ark., 2015).



Şekil 1. Sırtta taşınan ve elle hareket verilen düşük basınçlı pülverizatörler (Anonim, 2024bc)

Son yıllarda ülkemiz seralarında yapılan pestisit uygulamalarında çok yaygın olmamakla beraber ULV formunda ilaçlama yapan soğuk sisleyiciler ve termal prensiple çalışan sıcak sisleyiciler de kullanılmaya başlamıştır. Bu makinelerle çapları 20-60 mikron arasında değişen damlalar üretilmekte ve sıvı debisi değiştirilerek damla çapı değiştirilebilmektedir.

Soğuk sisleyicilerde ya çok yüksek basınçlarda çalışmakta, ya da girdaplı memeler kullanılmaktadır. Girdaplı memelerde, sıvı ilaç yüksek hızlı ve girdaplı hava akımıyla çok düşük damlalara dönüştürülmektedir. Sisleyicilerin depo kapasiteleri 10-20 L, ilaç çıkış debisi 1-30 L/h arasında, boş ağırlıkları 7.5-15 kg arasında değişmektedir. Güç kaynağı olarak elektrik motoru ya da benzinli motor kullanıldığı gibi son yıllarda şarjlı akülü tipleri de kullanılmaya başlamıştır. Sıcak (temik) sisleyicilerde, ısı enerjisiyle çalışan memeler sıvı ilacın bir sis bulutu şeklinde yayılmasını sağlarlar (Çilingir ve Dursun, 2018). Bu memelerle elde edilen küçük damlalı ve sis şeklindeki pülverizasyon, özellikle uçucu böceklere karşı yapılan uygulamalarda oldukça yararlıdır (Balıcı ve Yağcıoğlu, 1994).

Tekdüze ve küçük damlalar üreten bu tip makinelerle çalışmada su, ilaç ve zamandan önemli oranda tasarruf sağlanabilmektedir. Bu makinelerle oluşturulan damlacıklar tekdüze yani üniform olduğu için hedef bitkiler üzerinde daha iyi kaplama oranı elde etmek mümkün olmakta, uçucu böceklere karşı da başarıyla mücadele edilebilmektedir (Apaydın ve ark., 2013). Seralarda ULV formunda ilaçlama yapan sıcak ve soğuk sisleme makinelerinin elde ve sırtta taşınan tipleri olduğu gibi bir araba üzerine monte

edilen başlıkları ile sıra aralarında bir işçi tarafından çekilerek kullanılan tipleri de mevcuttur. Şekil 2’ de sırtta taşınan tip ve arabalı tip soğuk sisleyici modelleri, Şekil 3’ de ise elde taşınan sıcak sisleyici görülmektedir. Soğuk sisleyicilerin elektrik motorlu tipleri olduğu gibi benzinli motordan hareket alarak çalışan tipleri de mevcuttur. Ayrıca soğuk sisleyicilerin bazı tiplerinde fanlar bulunmaktadır. Bu tip soğuk sisleyicilerde başlık tarafından oluşturulan sis boyutundaki damlacıklar fan tarafından sağlanan hava akımıyla bitkiler üzerine daha etkin bir şekilde taşınmaktadır.



a)



b)

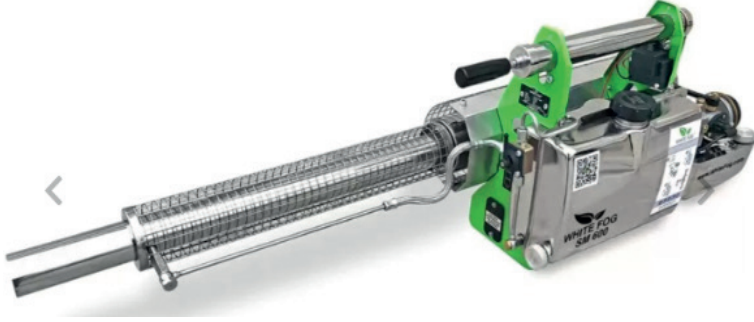


c)



d)

Şekil 2. Soğuk sisleyiciler (a. Sırtta taşınan tek başlıklı, b. Sırtta taşınan çift başlıklı, c. Elle çekilen arabalı çift başlıklı, d. Elle çekilen arabalı dört başlıklı ve fanlı tip) (Anonim, 2024d)



Şekil 3. Elde taşınan sıcak sisleyici (Anonim, 2024e)

Seralarda pestisit uygulamalarında merkezkaç kuvveti ile yani santrifüj enerji kullanarak damla oluşumunu sağlayan döner diskli memeye sahip pülverizatörler de kullanılabilir. Bu tip santrifüj pülverizatörler genellikle elde taşınır tipte olup pil ya da akü ile çalışmaktadırlar. Döner diskli memeler tarafından oluşturulan damlaların hedefe daha etkin ulaşmasını sağlamak amacıyla fanlı modelleri de bulunmaktadır (Koçer ve ark., 2000). Bu tipler yardımcı hava akımlı döner diskli pülverizatörler ya da yardımcı hava akımlı santrifüj pülverizatörler olarak adlandırılmaktadır. Bu tip pülverizatörlerde fan tarafından oluşturulan hava akımı, döner disk tarafından oluşturulan damlaları hedefe daha etkin bir şekilde taşır (Çilingir ve Dursun, 2018). Şekil 4’de elle taşınan tip döner diskli santrifüj bir pülverizatör ve Şekil 5’de ise elle taşınan yardımcı hava akımlı döner diskli pülverizatör görülmektedir. Elde taşınan döner diskli santrifüj pülverizatörle düşük hacimli (LV) ve çok düşük hacimli (ULV) ilaç uygulamaları yapılabilir. Döner diskli santrifüj pülverizatörlerin disk devir sayıları $4000-10000 \text{ min}^{-1}$ arasında değişmekte olup damla çapları (VMD olarak) LV uygulamalarında $100-150 \mu\text{m}$, ULV uygulamalarında ise $50-100 \mu\text{m}$ arasındadır. Elde taşınan yardımcı hava akımlı döner diskli pülverizatörlerde disk devir sayısı $10000-12000 \text{ min}^{-1}$ arasında olup püskürtme debisine bağlı olarak damla çapları $50-60 \mu\text{m}$ arasındadır.



Şekil 4. Elle taşınan döner diskli santrifüj pülverizatör (Anonim, 2024f)



Şekil 5. Elde taşınan yardımcı hava akımlı döner diskli pülverizatör (Anonim, 2024f)

Ülkemizde seralarda pestisit uygulamalarında arabalı tip yüksek basınçlı pülverizatörler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu tip elle hareket ettirilen arabalı pülverizatörlerde pompa hareketini elektrik ya da içten yanmalı motordan hareket almaktadır. Pülverizatör sera dışında ya da içinde çalıştırılmakta ve uzun bir hortumun ucuna bağlanan püskürtme tabancası yardımıyla işçiler sıra aralarına girerek ilaçlama yapmaktadırlar (Şekil 6). Bu tip pülverizatörlerin iş başarısı elle ve sırtta taşınan pülverizatörlere oranla yüksektir. Ancak, arabalı tip pülverizatörlerle genellikle çok yüksek basınç ve hacimlerde bitkileri yıkama şeklinde ilaçlama yapılmaktadır. Pülverizasyon sonucu oluşturulan damlalarda tekdüzelik sağlanamamakta, ilaç hedef üzerinde tutunamamakta, akma ve sıçrama nedeniyle toprağa ya da ilaçlama yapan kişinin üzerine bulaşmaktadır (Dursun ve ark., 2015).



Şekil 6. Arabalı tip pülverizatör (Anonim, 2024g)

Geleneksel sera işletmelerinde pestisit uygulamaları yukarıda açıklandığı gibi genellikle elde ve sırtta taşınan pülverizatörlerle ya da arabalı tip püskürtme tabancalı pülverizatörlerle yapılmasına karşın modern ve büyük seralarda pestisit uygulamalarının daha kısa sürede yapılabilmesine olanak sağlayan pülverizatörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla sera zeminindeki ısıtma boruları üzerinde ya da sıra aralarındaki raylar üzerinde hareket edebilen dikey püskürtme (bum) sistemine sahip ilaçlama sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, sıvı ilacın hazırlandığı ve basınçlandırıldığı merkezi bir depo bulunmakta olup bu depodan hortum ile püskürtme sistemine basınçlandırılan sıvı ilaç dikey püskürtme sistemi üzerinde bulunan memeler tarafından bitkiler üzerine püskürtülmektedir. Merkezi depolu ve dikey püskürtme sistemine sahip ilaçlama makinalarının bir kısmı elle çekilir tip iken bir kısmı kendi yürür makinalardır. Şekil 7’de elle çekilir tip bir püskürtme sistemi, Şekil 8’de ise kendi yürür ilaçlama makinası görülmektedir. Kendi yürür ilaçlama makinalarının kontrolü bir operatör tarafından yapılmaktadır.

Geleneksel sera işletmelerinde pestisit uygulamalarında kullanılan makinalarla karşılaştırıldığında, özellikle kendi yürür ilaçlama makinalarının çok önemli avantajları bulunmaktadır. Bu makinalarla kısa süre içerisinde geniş alanlar ilaçlanabilmekte, operatörün ilaçla teması en düşük seviyeye indirilmekte, operatörden kaynaklanan hatalar bertaraf edilerek hedef bitkiler üzerinde daha düzgün bir ilaç dağılımı ve kaplama sağlanarak ilaç uygulama etkinliği artırılmaktadır (Austerweil ve Grinstein, 1997; Yousep ve Burrkst, 2007; Jordi Llop ve ark., 2015).

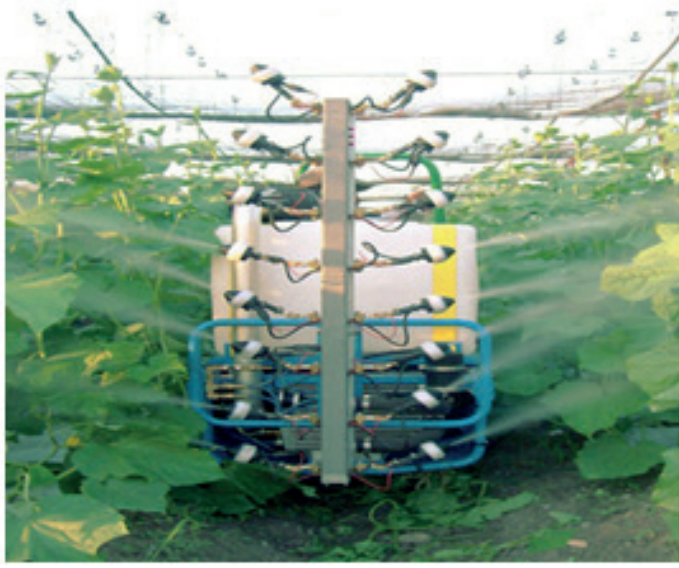


Şekil 7. Sera zemininde ısıtma boruları üzerinde veya sıra aralarında elle çekilir tip dikey püskürtme sistemine sahip ilaçlama sistemi (Anonim, 2024g)



Şekil 7. Isıtma boruları veya raylar üzerinde hareket eden kendi yürür dikey püskürtme sistemine sahip ilaçlama makinaları (Anonim, 2024gh)

Modern ve büyük seralarda sıra arası mesafesinin yeterli olması durumunda küçük güçlü ve iz genişliği küçük olan traktörlere asılır tip dikey püskürtme sistemine sahip pülverizatörler de kullanılabilir. Gelişmiş ülkelerde son yıllarda kullanımı gittikçe artan, ülkemizde de bazı pülverizatör imalatçıları tarafından üretilmeye başlanan ve piyasaya ticari olarak sürülen elektrostatik yüklemeli pülverizatörlerde seralarda pestisit uygulamalarında kullanılmaktadır. Elektrostatik ilaçlama yönteminde, püskürtülen sıvı ilaç damlaları statik elektrikle yüklenmekte ve yüklenmiş damlalar bitkiye yaklaşırken bitkide zıt bir yük oluşmaktadır. Böylece damlalar ve bitki yüzeyleri arasında oluşturulan elektrostatik çekim kuvveti sayesinde statik elektrikle yüklü damlaların bitki yüzeyleri üzerine çekilmesini sağlanmakta, yaprak yüzeylerinde sağlanan kaplama oranı artmakta ve bitki içlerine daha iyi penetrasyon sağlanmaktadır (Çilingir ve Dursun, 201; Dursun ve ark., 2015). Şekil 8'de seralarda pestisit uygulamalarında kullanılan bir elektrostatik pülverizatör görülmektedir.



şekil 8. Seralarda elektrostatik pülverizatör ile ilaçlama (Anonim, 2024i)

Büyük ölçekli modern seralarda pestisit uygulamalarında kullanılan ilaçlama sistemlerinden biri de doğrusal hareketli ve üzerinde çok sayıda memenin bulunduğu yatay bir püskürtme sistemidir. Sera tavanına asılan ve doğrusal olarak hareket eden bu sistem hem sulama hem de ilaçlama amacıyla kullanılabilir (şekil 9). İlaçlama amacıyla kullanılacağı zaman püskürtme sistemi üzerine amaca uygun ilaçlama memeleri takılmakta, çalışma basıncı ayarlanarak ilaçlama yapılmaktadır.



şekil 9. Sulama ve ilaçlama için kullanılabilen püskürtme sistemi (Anonim, 2024i)

Akıllı ve modern seralarda pestisit uygulamalarında kullanılan en son teknoloji ise akıllı ilaçlama robotlarıdır. Çeşitli sensörler ve aktüatörlerle donatılmış bu robotlar bitki tacını algılayarak püskürtme yapmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Akıllı ilaçlama robotu (Anonim, 2024j)

4. SONUÇ

Seracılık açısından oldukça elverişli bir konuma sahip olup ülkemiz sera alanı açısından dünyada Çin, Güney Kore ve İspanya'nın ardından dördüncü, Avrupa'da ise İspanya'nın ardından ikinci sırada yer almasına karşın seralarda yapılan tarımsal üretimde modern teknolojiler yeterince kullanılmamaktadır. Seralarda yapılan tarımsal üretimde en önemli işlemlerden biri hastalık ve zararlılarla mücadeledir. Hastalık ve zararlılarla mücadelede en yaygın kullanılan yöntem ise pestisitler kullanılarak yapılan kimyasal savaş yöntemidir. Tarımsal üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otları yok ederek büyük yararlar sağlayan pestisitler, birçok olumsuz etkileri nedeniyle insan ve çevre sağlığı bakımından zararlı maddelerdir. Seralarda kullanılan bazı pestisitler çevre açısından çok önemli tehlikeler taşımakta, insanlar ve diğer canlılara ciddi zarar verebilme potansiyeline sahiptirler.

Ülkemizdeki seralarda bitki hastalık ve zararlılarına karşı pestisit uygulamalarında bazı sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunlar arasında ilaçlama makinası ile ilgili olanlar; doğru makinanın seçilmemesi, seçilen makinanın doğru işletme koşullarında çalıştırılmaması ve özellikle kalibrasyonun doğru yapılamaması nedeniyle yanlış ve yüksek dozlarda pestisit uygulaması şeklinde sıralanabilir. Ülkemizdeki seralarda özellikle arabalı tip pülverizatörlerle çok yüksek basınç ve hacimlerde yıkama şeklinde ilaçlamalar yapılması sonucunda aşırı ilaç kullanımı nedeniyle ürünlerde kalıntı sorunu ortaya çıkmakta, toprağa ilaç kayıpları nedeniyle çevre kirli-

liği oluşmakta ve ilaçlama maliyeti artmaktadır. Ayrıca, ilaçlama esnasında ilaçlamayı yapan kişilerin koruyucu tedbir almadıkları, genellikle günlük giysileri ile ilaçlama yaptıkları ve ilaçlama esnasında ilaca maruz kaldıkları bilinmektedir. Seralarda hastalık ve zararlılarla mücadelede kullanılan pestisitler insan sağlığı ve çevreyi tehdit ettiği için, hem çevresel hem de ekonomik anlamda sürdürülebilirliğin sağlanması için ilaçlama uygulamalarında ileri teknolojiye sahip sistemlerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Pestisit uygulamalarında kullanılan yeni teknolojiler bitki üzerinde daha fazla miktarda ilaç toplanmasını ve ilacın daha düzgün dağılmasını sağlayarak ilaç uygulama etkinliğini artırdığı gibi ilaç kayıplarını da azaltmaktadırlar. Özellikle kendi yürür ve uzaktan kumanda edilebilen pülverizatörlerin kullanılması durumunda ilaçlamayı yapan operatörün ilaca maruz kalması önleneyeği gibi ilaçlama iş başarısı da önemli ölçüde artacaktır. Ayrıca, elektrostatik yüklemeli pülverizatörlerin sağladığı üstünlükler göz önüne alındığında seralarda daha fazla kullanılmasına özen gösterilmelidir. Diğer yandan tarla ve bağ-bahçe ilaçlamalarında kullanılan yardımcı hava akımlı pülverizatörlerin seralarda da kullanılacak şekilde tasarlanması ilaç uygulama etkinliğinin artırılması bakımından önemli faydalar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2024a). <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/11/ortualti-uretiminde-dunyada-dorduncu-siradayiz> (Erişim Tarihi: 13.12.2024)
- Anonim, (2024b). <https://karaoglantarim.com/urun/16-litre-manuel-sirt-pompasi/> (Erişim Tarihi: 11.12.2024).
- Anonim, (2024c). <https://globaltaral.com/urunler/taral-urunleri/bahce-ve-tarla-pulverizatorleri/> (Erişim Tarihi: 11.12.2024).
- Anonim, (2024d). <https://www.aksuilaclama.com.tr/ECE-10.htm> (Erişim Tarihi: 11.12.2024).
- Anonim, (2024e). <https://www.balsuzen.com.tr/white-fog-sm600-portatif-benzinli-termal-sisleyici> (Erişim Tarihi: 11.12.2024).
- Anonim, (2024f). <https://www.micronweedmanagement.com/en/herbi-4-xtra-8m837893.html> (Erişim Tarihi: 11.12.2024).
- Anonim, (2024g). <https://www.kaantarim.com/t-200-pro-benzinli-arabali-pulverizator/> (Erişim Tarihi: 13.12.2024).
- Anonim, (2024g). <https://seomak.com/urun-kategori/sera-ilaclama-makineleri> (Erişim Tarihi: 12.12.2024).
- Anonim, (2024g). <https://www.seraymak.com/oim-02-otomatik-ilaclama-makinesi> (Erişim Tarihi: 12.12.2024).
- Anonim, (2024i). <http://maxcharge.com/product/80sr/> (Erişim Tarihi: 13.12.2024).
- Anonim, (2024i). <https://www.statagri.com/akilli-seralarin-avantaj-ve-dezavantajlari/> (Erişim Tarihi: 13.12.2024).
- Anonim, (2024j). <https://www.openpr.com/news/1924427/smart-greenhouse-market-is-expected-to-showcase-significant>
- Apaydın, M., Caner, Ö., Güler, H., & Urkan, E. (2013). Türkiye’de örtüaltı tarımında pestisit uygulama teknolojisinde mevcut durum, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. I. Bitki Koruma Ürünleri ve Makinaları Kongresi Bildiri Kitabı, s:127-139, Antalya.
- Austerweil M., & Grinstein A. (1997). Automatic pesticide application in greenhouses. *Phytoparasitica*, 718-808.
- Balcı, Y., & Yağcıoğlu, A. (1994). Sırt pülverizatörlerinde kullanılan bazı hidrolik memelerin volümetrik dağılım karakteristikleri. 15. Tarımsal mekanizasyon Kongresi Bildiriler Kitabı, 231-240, Antalya.
- Coşkun A., Kılıç, T., & Ünlü, A. (2009). Örtüaltı sebze yetiştiriciliği. T.K.B. Yayın Dairesi Başkanlığı, Yayın No:53, Baskı:1, 278-270.

- Çilingir, İ., & Dursun, E. (2018). Bitki Koruma Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Yayın No: 1531, Ders Kitabı: 484, 248 s., Ankara.
- Dursun, E., Urkan, E., Pekitkan, F.G., Caner, Ö., Tozan, M., & Güler, H. (2015). Pestisit uygulama teknolojilerindeki gelişmeler. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı-1, 321-349, Ankara.
- Koçer H., Yaşar, N., Tücer, A., & Hıncal, P. (2000). Örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde entegre mücadele programında ilaçlama hacminin düşürülmesi amacıyla döner diskli pülverizatörler üzerinde araştırmalar. Tarımsal mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi, 213-218, Erzurum.
- Llop, J., Gil, E., Llorens, J., Gallart, M., & Balsari, P. (2015). Influence of air-assistance on spray application for tomato plants in greenhouses. Crop Protection, 78 (2015) : 293-301.
- Öztekin, Y., & Örs, S. (2022). Antalya ili Kumluca ilçesi sera işletmelerinin incelenerek Erzurum ili seralarının geliştirilme olanaklarının araştırılması. Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 5(2):26-37.
- Türemiş, N. (2015). Türkiye’de örtü altı yetiştiriciliği ders notları.
- Türktemel, E., 2016. Ülkemiz seracılığının dünyadaki yeri ve önemi, 2. Ulusal Seracılık Çalıştayı, Ankara.
- TUİK, 2019. Tarım İstatistikleri Özeti. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Yousep, J., & Burrkst, F. (2007). Greenhouse robot navigation using KLT feature tracking for visual odometry. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ATOE 07015, Vol. IX.