

ISSN 1306-0007
e-ISSN 2651-4230

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Machinery Science



2025

CİLT
VOLUME

21

SAYI
NUMBER

1

Tarım Makinaları Derneği Yayınıdır
Published by Agricultural Machinery Association

DERGİMİZİN BU SAYISINI TARIM MAKİNALARI BİLİMİ ALANINDA ÇALIŞMALAR YAPARAK KATKI SAĞLAYAN DEĞERLİ EMEKLİ HOCALARIMIZA İTHAF EDİYORUZ...

Prof. Dr. Numan SUNGUR

Muş'ta doğan Sungur, 1954 yılında Ankara Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde yükseköğrenime başladı ve 1958 Haziran döneminde "1 numaralı" öğrenci olarak mezun oldu. Aynı yıl Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Alet ve Makinaları Kürsüsü'nde Asistan olarak göreve başladı. 1964 yılında doktora çalışmasını tamamlayarak Doktor ünvanını aldı ve Ekim 1964-Aralık 1966 tarihleri arasında 26 ay süreyle Almanya'da Giessen Justus-Liebig Üniversitesi Tarım Tekniği Enstitüsü'nde



araştırmacı olarak bulundu. Mart 1968 tarihinde Doçent ünvanını kazanan SUNGUR, daha sonra farklı sürelerle yurt dışında bulunarak, Giessen Justus-Liebig Üniversitesi Tarım Tekniği Enstitüsü ile Ege Bölgesi'nde yürütülen her biri 3-4 yıl süren 4 projeyi sonuçlandırdı. 1972-1974 yıllarında askerlik görevini yaptıktan sonra, Haziran 1975'te "Profesör" ünvanını aldı.

1976 yılında Dekan Yardımcısı oldu ve bu görevi 1979 tarihine kadar yürüttü. Eylül 1988'de Bölüm Başkanlığı'na seçildi ve Kasım 1993 tarihine kadar bu görevi sürdürdü. 27.4.1993 tarihinde Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı'na atandı ve bu görevi 27.4.1999 tarihine kadar yürüttü.

Evli ve üç kızı olan SUNGUR, 2000 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden emekliye ayrıldı.

Prof. Dr. Erdoğan UZ

Isparta, Senirkent doğumlu UZ, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları Bölümü'nden 1958 yılında mezun oldu. 1964 yılında Giessen Justus Liebig Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde "Doktor", 1964 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ziraat Alet ve Makinaları Kürsüsü'ne "Asistan", 1969 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde "Eylemli Doçent", 1975 tarihinde "Profesör" oldu. 1982-1988 yılları arasında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölüm Başkanlığı yaptı. Tarımsal Sulama Mekanizasyonu, Tarımda Enerji ve Bağ Mekanizasyonu uzmanlık alanlarında araştırma ve eğitim faaliyetlerinde bulunan UZ, aynı zamanda Üniversite-Sanayi işbirliğinin geliştirilmesinde önemli katkılarda bulundu. Almanca ve İngilizce bilen UZ, 2002 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden emekliye ayrıldı.



Prof. Dr. Şinasi YETKİN

Adıyaman, Kahta doğumlu YETKİN, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları Bölümünden 1962 yılında mezun oldu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları Bölümü Ziraat Kuvvet Makinaları Kürsüsüne asistan olarak atandı. Doktora eğitimini ve Doçentliğini Ankara Üniversitesinde tamamladı. Almanya'da Braunschweig Üniversitesinde araştırmacı olarak çalıştı. 1983 yılında Selçuk Üniversitesinde Profesörlüğe atandı. Selçuk Üniversitesinde 1983-2000 yılları arasında kurucu Bölüm Başkanlığı yaptı. 1984-1985 yılları arasında Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı görevini yürüttü. "Mekanik Teknoloji ve Takım Tezgahları", "Meliorasyon Makine ve Ekipmanları", "Ziraat Arazisinin Tesviyesinde Kullanılan Alet ve Makinalar Üzerinde Bir Araştırma", "Tarım Traktörlerinde Kuyruk Milinin Önemi, Kuyruk Milinde Gelişmeler ve Kullanımlarına İlişkin Bazı Örnekler" isimli kitapları yazdı. Mesleki dergilerde çok sayıda araştırma makalesi yayınlandı. 2000 yılında Selçuk Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünden emekli oldu.



Prof. Dr. Bahri GÖKÇEBAY

Profesör GÖKÇEBAY, 1964 yılında Ankara Üniversitesi'nden mezun oldu. Toprak işleme tekniği, Ekim dikim gübreleme makinaları konularında çalışan Gökçebay, Ankara Üniversitesi Kastamonu Meslek Yüksek Okulu Müdürlüğü ve Kastamonu Üniversitesi Rektörlüğü yaptı. 2013 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden emekli oldu.



Prof. Dr. Bilge ERDİLLER

Eskişehir doğumlu ERDİLLER, 1964 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları Bölümü'nden mezun oldu. 1969 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları Bölümünde Doktorasını tamamladı. 1977 yılında Doçent, 1982 yılında Profesör olarak atandı. 1985 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde Profesör kadrosunda çalışmaya devam etti. Bölüm Başkanlığı, Dekan Yardımcılığı, Dekanlık ve Rektör Yardımcılığı gibi çeşitli idari görevlerde bulundu. Farklı araştırma projelerinde görev yapan Erdiller, danışmanlığında 14 Yüksek Lisans ve 8 Doktora çalışması tamamlandı. DAAD bursuyla 1975-1977 tarihlerinde Federal Almanya'da bulundu.



Prof. Dr. Rahmi KESKİN

Gümüşhane Kelkit'te doğan Keskin, 1964 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları Bölümü'nü bitirmiş, aynı yıl mezun olduğu Bölümde Asistan olarak göreve başlamıştır. 1969 yılında Prof. Dr. Rasim DOĞUŞ danışmanlığında Doktora çalışmasını tamamlamış, 1978 yılında Doçent, 1988 yılında Profesör ünvanı almıştır. 1975-1977 yıllarında Batı Almanya Institut für Landmaschinenforschung Braunschweig'de DAAD Bursu ile çalışmalarda bulunmuştur. Profesör Keskin, 04.06.1981-25.10.1983 tarihleri arasında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kurucu Üyesi, 1981-1982 yıllarında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölüm Başkanı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölüm Başkan Yardımcısı, 1997-2006 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölüm Başkanı olarak çok çeşitli kademelerde görevler yapmıştır. Tarım makinaları, toprak işleme aletleri, ekim-dikim-bakım ve gübreleme makinaları, su çıkartma makinaları, hasat-harman makinaları ve tohum temizleme makinaları uzmanlık alanlarıdır ve bu konularda dersler vermiştir. Alanında çalışanlara her zaman yol gösterici olan yazarlarından biri olduğu Akışkanlar Mekanığı, Sulama Makinaları ve Hasat Harman Makinaları gibi temel kitapların yazılmasın da çok önemli katkıları olmuştur. Danışmanlığında çok sayıda yüksek lisans ve doktora çalışması ile araştırma projesi tamamlanmıştır. Lisansüstü danışmanlığını yaptığı 8 öğrencisi bugün değişik üniversitelerde akademik yaşamlarını sürdürmektedir.



Prof. Dr. İlyas Kurtuluş TUNÇER

İlyas Kurtuluş Tunçer Marmaris'te dünyaya geldi. 1963 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ni bitirdikten sonra, 1968 yılında Almanya Göttingen Üniversitesi Ziraat Enstitüsünde doktorasını tamamladı. 1978 yılına kadar Atatürk Üniversitesi ve 1978-2010 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmanın yanı sıra, Bölüm Başkanlığı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde Rektör Yardımcılığı ve Ziraat Fakültesinde Dekanlık görevlerini yürüttü. Tarım tekniğinde ürünlerin işlenmesi ve tarımsal işlemler esnasında çalışan insan ve kullanılan makinaların emniyeti konularında çeşitli akademik çalışma ve yayınları bulunmaktadır. 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden emekli oldu. Halen Ankara'da yaşamaktadır. Evli bir kız babasıdır.



Prof. Dr. Hakkı Ünal EVCİM

Evcim lisans, yüksek lisans, doktora ve doktora sonrası akademik ünvanlarını Ege Üniversitesinde elde etti. Evcim, 1983 yılında Koç grubuna bağlı Türk Traktör'de danışmanlık hizmeti vermeye başladı ve bu hizmetini aynı grubun Trakmak ve New Holland-Trakmak şirketlerini de kapsayacak şekilde 2012 yılına kadar sürdürdü. Bu arada, 1995-1999 yılları arasında 5 yıl süreyle Case Corp (ABD) ile birlikte Pamuk Hasat Mekanizasyonu projesini koordine etti; 1999-2002 yılları arasında 3 yıl süre ile John Deere Türkiye'de Münhasır Yönetim Danışmanlığı görevinde bulundu. Ayrıca 6-9. Beş Yıllık Kalkınma Planlarında Traktör Komitesi Başkanlığı ve Komite Raporları editörlüğü yapmış ve Ulusal Pamuk Konseyi kurucu icra kurulunda görev aldı. 2012 yılında Hisarlar Makina'da danışman olarak göreve başlayan Evcim, bu görevini 31 Mayıs 2017 itibarıyla sonlandırdı. Evcim, 2010 yılında akademik görevinden emekliye ayrıldı, o günden bu yana Ulusal Pamuk Konseyinde Genel Sekreter olarak çalışmaktadır.



Prof. Dr. Doğan ERDOĞAN

Tarsus'ta doğan Erdoğan, Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora eğitimini Ankara Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Tarım Makinaları Bölümünde tamamlamış, 1988 yılında Profesör ünvanını almıştır. Akademik kariyeri boyunca meyve-sebze hasat makineleri, traktör ve motor performansı ile yenilenebilir enerji sistemleri üzerinde çalışmalar yapmıştır. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakóltesi'nde uzun yıllar öğretim üyeliği yapan Prof. Dr. Erdoğan, yurt içi ve dışında birçok görevde bulunmuş; Almanya, Polonya, Tunus ve Kırgızistan'da çeşitli akademik faaliyetlerde yer almıştır.



DAAD bursuyla 1981–1982 yıllarında Almanya Göttingen Üniversitesi'nde görev yapmıştır. Tarım Makinaları, Arazi Tesviye Makinaları, Malzeme Bilgisi gibi derslerin yanı sıra lisansüstü düzeyde Bahçe Bitkileri Hasat Mekanizasyonu ve Malzeme Seçimi derslerini vermiştir. Ayrıca Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi Ziraat Fakóltesi kurucu Dekanlığı (2008–2009) ve Ankara Üniversitesi Kalecik MYO Müdürlüğü (1993–2008) gibi çeşitli idari görevlerde bulunmuştur.

Prof. Dr. M. Özcan ÜLTANIR

Profesör Ültanır, makina mühendisliği ve ekonomi dallarında birbirinden ayrı iki yüksek öğrenim görmüştür. Doktora, Doçentlik ve Profesörlükle ilgili akademik tezlerini enerji konuları üzerinde sunmuştur. Doktorasıyla Türkiye’de güneş enerjisi üzerinde çalışmalar yapan ilk bilim adamları arasında yer almıştır. Doçentlik teziyle de alternatif yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kırsal kesim enerji sistemleri planlamasını ülkemizde ele alan ilk bilim adamı olmuştur. 1989 yılında profesörlüğe yükseltilmiş olup, profesörlük takdim çalışması da güneş enerjisiyle devitilen soğutma sistemlerinin termodinamik ve enerjistik simülasyonu üzerinde özgün bir konudur.

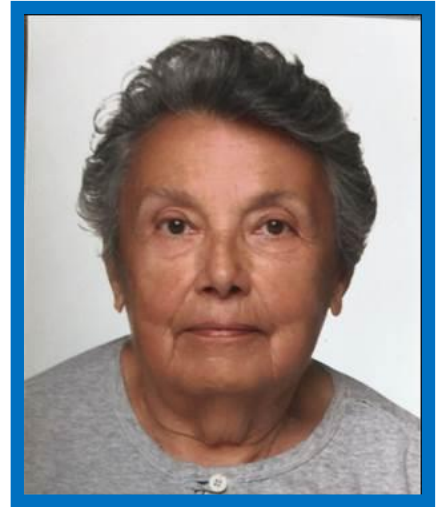


1965-2010 yılları arasında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü’ndeki 45 yıl 1 ay süren öğretim üyeliğinin ardından, 24 Kasım 2010 tarihinde emekli olmuştur.

Yurtiçi ve yurt dışında yayınlanmış akademik makalelerinden başka, gazete ve dergilerde yer alan çokça basın makalesinin yanısıra, yine enerji konuları ve sorunları üzerinde çok sayıda radyo ve televizyon programlarıyla medya yayınları bulunmaktadır.

Prof. Dr Tülay HARZADIN

Ankara doğumlu Harzadın, 1961-1965 döneminde Ankara Üniversitesi Ziraat Makinaları Bölümünde okudu, bölümün ilk kadın mezunudur. 1965-1966 yıllarında Almanya Rehinstahl Traktör fabrikasında konstrüktör Mühendis olarak çalıştı. 1966-1976 yılları arasında Ziraat Bakanlığı Ziraai Araştırma Enstitüsü’nde Tarım Makinaları Test ve Araştırma Labarotuvârını kurdu. 1973’de Doktorasını Ziraat Fakültesinde tamamladı. 1976 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde öğretim üyeliğine başladı. 1981 yılına aynı üniversitede Doçentliğini aldı. 1989 yılında Dokuz Eylül Üniversitesinde Profesörlük kadrosuna atandı. 2004 yılında emekli oldu, halen İzmir Urla’da yaşamını sürdürmektedir.



Prof. Dr. M. Ediz ULUSOY

Aydın Söke’de doğan Ulusoy. İlkokulu Söke’de, Orta öğrenimini Bornova Maarif Koleji’nde tamamladıktan sonra 1967 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nden Ziraat Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Tarım Makinaları Kürsüsü’ne asistan olarak atandı ve Almanya Braunschweig FAL Tarım Makinaları Temel Araştırma Enstitüsü ile Giessen Justus Liebig Üniversitesi Tarım Makinaları Enstitüsü’nde “Aşınma” konusunda yaptığı çalışmalarla 1971 sonunda Doktor ünvanını aldı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü’nde 1978 yılında Doçent, 1988 yılında Profesör kadrosuna atandı. Araştırmaları ve dersleri Tarım Makinaları Tasarım ve Konstrüksiyonu, Bitkisel Üretim Sistemleri, Pamuk Üretim Teknikleri ve Araştırma Planlama konularında yoğunlaştı. 1986-1993 yılları arasında Dekan Yardımcılığı, 2001-2009 yılları arasında Tarım Makinaları Bölüm Başkanlığı yapan ULUSOY, başta İzmir-Giessen Üniversiteleri İşbirliği Koordinatörlüğü, IAESTE Teknik Stajyer Değişim Koordinatörlüğü, Fakülte Yönetim Kurulu Üyeliği, Türk Tarım Makinaları İmalatçıları Birliği (TARMAKBİR) Koordinatörlüğü, Tarımsal Mekanizasyon Kurulu Başkanlığı, Tarım Makinaları Derneği (TARMAKDER) Yönetim Kurulu Başkanlığı, Bornova Anadolu Lisesi Eğitim Vakfı (BALEV) Başkanlığı olmak üzere çeşitli Fakülte, Üniversite ve Sivil Toplum Örgütü çalışmalarında görev üstlendi, Alman Teknik İşbirliği Kurumu GTZ tarafından ülkemizde desteklenen pek çok projenin hazırlık ve kabul aşamalarında moderatörlük yaptı. Giessen Justus Liebig Üniversitesi tarafından 2007 “Justus Liebig Madalyası” ile ödüllendirilen Prof. Dr. M. Ediz ULUSOY’un 150’den fazla yayını bulunmakta, Almanca ve İngilizce bilmektedir. Kendisine TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası tarafından 2018 Hizmet Ödülü verildi. Evli olan Ulusoy’un iki oğlu vardır. 2011 yılında emekli olan Ulusoy, tarım makinaları sektörü ile ilişkilerini sürdürmekte ve Söke’de çiftçilik yapmaktadır.



Prof. Dr. Rauf UÇUCU

1944 yılında İzmir'de dünyaya gelen Rauf UÇUCU, ilk ve orta öğrenimini İzmir'de tamamladıktan sonra 1961 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne girmiş ve 1965 yılında bu Fakülteden “Ziraat Yüksek Mühendisi” olarak mezun olmuştur. Aynı yıl askere giden UÇUCU, iki yıllık askerlik görevini Kağızman-Kars'da, Yedek Subay olarak tamamladıktan sonra 1969 yılında, açılan sınavı kazanarak Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Alet ve Makinaları



Kürsüsü'ne asistan olarak atanmıştır. 1972 yılında E.Ü. Ziraat Fakültesi ile Justus Liebig Üniversitesi arasındaki “İşbirliği Anlaşması” çerçevesi içinde DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst) (Alman Akademik Mübadele Kurumu) bursuyla doktora yapmak üzere Almanya'ya gönderilen UÇUCU, 1976 yılında Tarım Makinaları dalında doktora çalışmasını Justus Liebig Üniversitesi'nde tamamlayarak “Doktor” ünvanını almıştır. Doktora sonrası bilimsel çalışmalarını Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde sürdüren UÇUCU, 1982 yılında “Üniversite Doçenti”, 1988 yılında da “Profesör” ünvanını kazanmıştır.

Prof. Dr. R. UÇUCU, 2011 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden emekli olmuştur.

Prof. Dr. İsmet ÖNAL

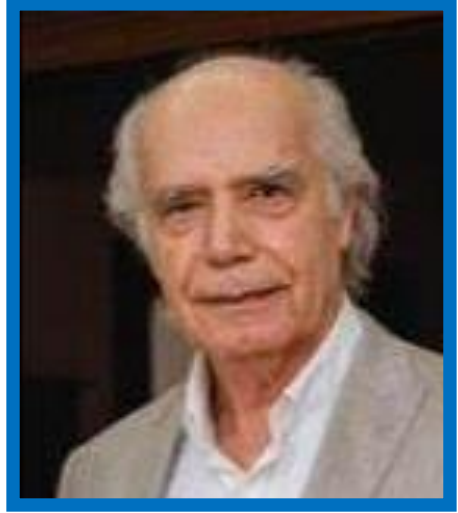
Merzifon'da doğan ÖNAL, İlk ve Ortaokulu Merzifon'da okudu. Çorum Lisesi Fen kolundan 1962 yılında Pekiyi derece ile mezun oldu. Yüksek Öğrenimini, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Makinaları Bölümü'nde 1966 yılında Pekiyi derece ile Fakülte Birincisi olarak tamamladı. Aynı yıl, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ziraat Makinaları Bölümüne asistan olarak atandı. 1971 yılında, Prof. Dr. Emin MUTAF'ın yönetiminde Doktora çalışmasını yaptı. 1977 yılında "Seyreltme Yönünden Değişik Ekim



Yöntemlerinin Matematik-İstatistik Esasları ve Ülkemiz Koşullarında Pamuk Seyreltmesinin Mekanizasyon Olanakları Üzerinde Bir Araştırma" konulu Doçentlik çalışması ile "1978 YILI TÜBİTAK TEŞVİK ÖDÜLÜ"ne layık görüldü. 1972 yılında DAAD; 1982 yılında Alexander von Humboldt (AvH) Bursuyla toplam iki yıl Bonn Friedrich Wilhems Üniversitesi Tarım Tekniği Enstitüsünde, Prof.Dr. Ing. Wolfgang BRINKMANN'ın yanında, araştırma ve incelemelerde bulundu. 1988, 1998, 2002 ve 2007 yıllarında, AvH Bursuyla, üçer aylık sürelerle, Giessen Justus Liebig Üniversitesi Tarım Tekniği Enstitüsü ile Braunschweig Araştırma Kurumu (FAL)'nda ve Stuttgart Hohenheim Üniversitesi Tarım Tekniği Enstitüsü'nde bilgi, görgü ve deneyimini arttırdı. 1987 yılında bir hafta süreyle İsrail Volcani Center (Bet-Dagan)'ı ziyaret etti. 1988 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Üniversite Profesörü ünvanını aldı. 1994-2000 yılları arasında aynı bölümde Bölüm Başkanlığı ve Ana Bilim Dalı Başkanlığı görevlerinde bulundu. 2009 yılında Ege Üniversitesi Elginkan Vakfı ve Ebiltem işbirliğinde yapılan "Özgün Çözümler Proje Pazarı ve Yarışması"nda "Sırtta Taşınan Çay Gübreleme Makinesi Prototipi" konulu çalışmasıyla İkincilik Ödülü kazandı. Evli olup, iki çocuk babası ve üç torun sahibidir.

Prof. Dr. Yusuf ZEREN

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü'nde 1967 yılında lisans eğitimini tamamladı. 1974 yılında Doktora çalışmasını Çukurova Üniversitesi'nde bitirdi. Aynı üniversitede 1978 yılında Doçent, 1989 yılında Profesör olarak atandı. 1988-1993 yıllarında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümünde eğitim-öğretim-idari görevler ve araştırma hizmetlerinde bulundu. 1993-2012 yıllarında Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde Kurucu



Dekanlık ve Makine Mühendisliği Bölümü Başkanlığı, eğitim-öğretim ve Rektör Danışmanlığı, idari görevler ve araştırma faaliyetleri yürüttü. 2012-2020 yıllarında ise Toros Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde Kurucu Dekanlık ve Endüstri Mühendisliği Bölümü Bölüm Başkanlığı yaptı. 2020-2023 döneminde Mersin Ticaret ve Sanayi Odası Yönetim Kurulu Başkan Danışmanlığı yaptı. Zeren, Mersin Sanayi ve İş İnsanları Derneğinin fahri üyesidir ve sanayi işletmeleri gönüllü danışmanlık hizmetleri vermektedir. Evli, 2 erkek çocuk sahibidir, 3 kız torunu vardır. Tenis, yüzme ve kitap okumaktan hoşlanmaktadır.

Prof. Dr. Ali BAŞÇETİNCİLİK

1946 yılında Ankara’da doğdu, ilk ve orta öğrenimini Ankara Gazi Lisesinde tamamladı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden Haziran-1970 döneminde mezun oldu. TZDK Ankara Bölge Müdürlüğünde on bir ay çalıştıktan sonra Mart-1972 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesine atandı. Türkiye’de Yerli Olarak Yapılan Elektriksel Işık Kaynaklarının Tarımsal Amaçlarla İlgili Aydınlatma Karakteristiklerine ilişkin doktora



çalışmasını 22 Mart 1977 tarihinde tamamladıktan sonra sera k0ntrol tekniğine ilişkin araştırma çalışması için Mayıs-Temmuz 1977 tarihleri arasında Hollanda’da bulundu. Ağustos 1979-Ekim 1980 tarihleri arasında Hollanda Teknik Yardım ve İşbirliği bursunu kazanarak Hollanda Tarım Mühendisliği Enstitüsü (IMAG) Kontrol Tekniği Bölümünde araştırmacı olarak çalıştı. Eylül 1981 döneminde Tarımda Enerji alanında doçentlik tezi, kolokyum ve deneme dersini başarı ile tamamladı ve 18 Mayıs 1982 tarihinde Üniversite Doçenti ünvanını aldı. Çeşitli ulusal ve uluslararası toplantıların düzenlenmesinde görev almış ve FAO-CNRE çalışma grubu toplantılarına ülkemiz temsilcisi olarak katılmıştır. 1985 yılında 2547 sayılı YÖK yasasına göre Van Yüzüncüyıl Üniversitesi Ziraat Fakültesine Öğretim üyesi olarak rotasyonla görevlendirilmiştir. 1988 yılında Tarım Makinaları Anabilim dalında Profesör olan Başçetinçelik, 3 Ekim 1988-31 Aralık 1992 tarihleri arasında Çukurova Üniversitesine bağlı Antakya Meslek Yüksekokulu Müdürü olarak görev yapmıştır. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1990-1995) özel ihtisas komisyonunda üye ve VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005) Tarım Alet Ve Makinaları Sanayii ve Rekabet Edebilirlik Özel İhtisas Komisyonunda ise Mevzuat ve Diğer Konular Komisyon Başkanı olarak görev yapmıştır. 1993-1999 tarihleri arasında Çukurova Üniversitesinin farklı birimlerinde Yönetim Kurulu Üyeliği, 37. Dönem 2000-2002 TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Onur Kurulu Üyeliği, 1994-2000 yılları arasında Anabilim Dalı ve Bölüm Başkanlığı ile 2003-2006 yılları arasında ise Avrupa Birliği LIFE kapsamında Uluslararası bir projenin yürütücülüğünü yapmıştır. 25.12.2013’de Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden emekli olmuştur. Ulusal ve uluslararası 200’ün üzerinde yayını bulunmaktadır.

Prof. Dr. Abdulkadir YAĞCIOĞLU

İstanbul'da doğan Yağcıoğlu, 1968 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden Ziraat Yüksek Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 1968-1970 yılları arasında askerlik hizmetini yaptı. 1970-1972 tarihleri arasında Malya ve Altınova Devlet Üretme Çiftliklerinde Makine Şube Şefi olarak çalıştı. Haziran 1972 tarihinde Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı asistanlık sınavını kazanarak atandı. 1976 yılında Tarımsal Elektrifikasyon bilim dalında doktora çalışmasını tamamlayarak Bilim Doktoru ünvanını aldı. 1979-1980 yılları arasında Newcastle Üniversitesi Ziraat Mühendisliği Bölümünde (İngiltere) tarım ürünlerinin kurutulması konusunda çalışmalar yaptı.



1982 yılında Tarımda Enerji Kullanımı bilim dalında Doçent oldu. 1988 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı'na Profesör olarak atandı. 1999-2002 yılları arasında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı ve Bölümü Başkanlığı görevlerini yaptı. Temmuz 2008 tarihinde emekli oldu.

Akademik görev yaptığı süre içinde, temel mühendislik derslerinin yanı sıra tarım makineleriyle ilgili çeşitli meslek derslerini verdi. Ege Üniversitesi Yayınları içinde yayınlanmış beş adet ders kitabı bulunmaktadır. Evli ve bir çocuk sahibidir.

Prof. Dr. Aziz ÖZMERZİ

Çankırı’da doğan ÖZMERZİ, 1969 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü’nden mezun oldu. Aynı bölümde 1974 yılında Doktor, 1982 yılında Doçent oldu. 1986 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü’nde göreve başladı ve 1988 yılında aynı bölüme Profesör olarak atandı. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölüm Başkanlığı, Yüksek Okul Müdürlüğü ve Ziraat Fakültesi



Dekanlığı gibi çeşitli idari görevler yaptı. Farklı dönemlerde İngiltere ve Almanya’da araştırma faaliyetleri yürüttü. Ekim Makinaları, Dikim Makinaları ve Seralara Çevre Kontrolü ve Bahçe Bitkileri Mekanizasyonu konularında çalışan Özmerzi, birçok uluslararası/Ulusal kongreye katıldı. Danışmanlığında birçok Yüksek Lisans ve Doktora çalışması tamamlandı. 2009 yılında emekli olmuştur. İngilizce bilmektedir, 2 evlat ve 5 torun sahibidir.

Prof. Dr. Fikret DEMİR

Kastamonu/Hanönü Yenice Köyünde dünyaya gelmiştir. İlkokulu Yenice Köyünde, orta ve lise tahsilini Ankara’da tamamlamıştır. 1973 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden mezun olduktan sonra Tarım Alet ve Makina Test Merkezi Müdürlüğünde Ziraat Yüksek Mühendisi olarak göreve başlamıştır. 1975 ve 1977 yılları arasında Almanya’da Deutsche Lehranstalt für Agrartechnik (Alman Tarım Tekniği



Eğitim Enstitüsü) eğitim enstitüsünde Tarım Mühendisliği alanında uygulamalı kurs görmüştür. 1983 yılında Ankara Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalında doktora eğitimini tamamlamıştır. 1986 yılında Konya Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Yrd.Doç.Dr. ünvanıyla akademik göreve başlamıştır. 1997 yılında Doçentlik, 2002 yılında ise Profesörlük ünvanını almıştır. 2014 yılında Konya Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesinden emekli olmuştur. Halen Konya’da ikamet etmekte olup evli ve 5 çocuk babasıdır.

NOT: Sunulan bilgiler hocalarımızdan veya görev yaptıkları bölümlerimizden alınmıştır.

Doğum tarihlerine göre sıralanmıştır.

YIL (YEAR) 2025

CİLT (VOLUME) 21

SAYI (ISSUE) 1

Sahibi (President)

Tarım Makinaları Derneği Adına
(On Behalf of Agricultural Machinery Association)

Can ERTEKİN

Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Editör Kurulu (Editorial Board)

Sayı Editörü (Issue Editor)

İlknur ALİBAŞ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa

Editörler (Editors)

Türkan AKTAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

İlknur ALİBAŞ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa

Anıl ÇAY

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

Alan Editörleri (Field Editors)

Yüksel AYDOĞAN

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın

Heinz BERNHARDT

Technical University of Munich, Germany

Sorin-Stefan BIRIS

Politehnica University of Bucharest, Romania

Zeynep DUMANOĞLU

Bingöl Üniversitesi, Bingöl

Ömer EREN

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay

Shoojin JUN

Hawaii University, USA

Gürkan Alp Kağan GÜRDİL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Aslı AYHAN ARSLAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa

Gürkan Alp Kağan GÜRDİL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Bernhard STREIT

Bern University of Applied Sciences, Switzerland

Shuichi YAMAMOTO

Yamaguchi University, Japan

Seher Yusnieva KADİROVA

University of Ruse "Angel Kanchev", Ruse, Bulgaria

Engin ÖZGÖZ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat

Bahadır SAYINCI

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik

Mizanpaj Editörü (Layout Editor)

Ersen OKUR

Dergi Hakkında (About Journal)

**Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Tarım Makinaları Derneği'nin bir yayınıdır.
Tarım Makinaları Bilimi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanır.**

(Journal of Agricultural Machinery Science is published three times in a year by
Agricultural Machinery Association.)

Yayın Hakları (Copyright Policies)

**Bu derginin yayın hakları Tarım Makinaları Derneği'ne aittir. Derginin hiçbir
bölümü, yayıncının izni olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.**

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the
prior permission of the publisher.)

Tarandığı İndeksler (Indexing)



**ROOT
INDEXING**



**Google
Scholar**



**Academic
Journal
Index**



**Eurasian
Scientific
Journal Index**



**ASOS
INDEX**



CiteFactor
Academic Scientific Journals



Tarım Makinaları Derneği (TARMAKDER)

Yazışma Adresi (Correspondence Address)

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve
Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya
ertekin@akdeniz.edu.tr +90 505 257 90 80

Dernek Adresi (Association Address)

1462. Sok. No:33
Alsancak – İzmir / Türkiye
<https://www.tarmakder.org.tr>

İçindekiler (Contents)

Araştırma Makaleleri (Research Articles)

Sayfa (Page)

Üzüm Bağlarında İHA Kullanımı: Uçuş Parametrelerinin Pestisit Dağılımına Etkileri

Use of UAVs in Vineyards: Effects of Flight Parameters on Pesticide Distribution

1-17

Hasan Berk Özyurt, İlker Hüseyin Çelen, Mehmet Efnan Koyunlu

Domates Meyvesinde Bazı Hastalıkların YOLOv8 Derin Öğrenme Algoritması ile Tespit Edilmesi

Detection of Some Diseases in Tomato Fruit Using the YOLOv8 Deep Learning Algorithm

18-35

Mesut Yaşar, Nurhayat Yurtaslan

SWOT Analysis for Hemp Farming in the Black Sea Region and Mechanization in Enterprises

Karadeniz Bölgesi Kenevir Tarımı İçin Swot Analizi ve İşletmelerde Mekanizasyon

36-50

Derya Saltık, Gürkan A. K. Gürdil

Determination of GPS-Based Land Leveling System Performance in Land Conditions

Arazi Koşullarında GPS Tabanlı Arazi Tesviye Sisteminin Performansının Belirlenmesi

51-64

Bahattin Akdemir

Fındık Harmanlama İşleminde Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Yönelik Ergonomik Risk Değerlendirmesi

Ergonomic Risk Assessment for Musculoskeletal Disorders in Hazelnut Threshing Process

65-84

Tanju Kara, Selçuk Arslan

Üzüm Bağlarında İHA Kullanımı: Uçuş Parametrelerinin Pestisit Dağılımına Etkileri

Use of UAVs in Vineyards: Effects of Flight Parameters on Pesticide Distribution

Hasan Berk Özyurt ^{1,*} İlker Hüseyin Çelen ¹ Mehmet Efnan Koyunlu ¹

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): H.B. Özyurt, e-mail (e-posta): berkozyurt@nku.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 25.09.2024
Düzeltilme tarihi : 20.12.2024
Kabul tarihi : 26.12.2024

Anahtar Kelimeler:

Damla
Pestisit
İnsansız hava aracı
Üzüm bağı
Dron

Atıf için:

Özyurt, H.B., Çelen, İ.H., Koyunlu, M.E. (2025).
"Üzüm Bağlarında İHA Kullanımı: Uçuş
Parametrelerinin Pestisit Dağılımına
Etkileri", *Journal of Agricultural
Machinery Science*, 21(1): 1-17.

ÖZET

Konvensiyonel tarımsal mekanizasyon araçları ile pestisit uygulamalarının zor, zaman ve maddi maliyeti yüksek veya imkânsız olduğu arazilerde bu uygulamaları zirai insansız hava araçları ile yapmak mümkündür. Ancak bu teknolojinin beraberinde getirdiği zorluklardan en önemlisi, zirai insansız hava araçları ile yapılan uygulamalarda konvensiyonel uygulamalara göre düşük püskürtme normu, yüksekte uçuş, pervanelerin yarattığı aşağı yönlü hava akımının damlalardaki sürüklenme etkisiyle beraber ilaç dağılım düzgünlüğünün azalmasıdır. Bu düzgünlük de hedef yüzey üzerinde yeteri kadar pestisit birikiminin olmamasına ve pestisit etkinliğinin düşmesine yol açmaktadır. Üzüm bağlarında da damla dağılım düzgünlüğünün yüksek olması için, omcaların alt yapraklarında da damla birikiminin düzgün olması gerekmektedir. Bu çalışmada da, üzüm bağlarında yüksek damla düzgünlüğü için en uygun uçuş parametrelerinin belirlenmesi için farklı uçuş yönü ve farklı damlacık boyutları ile uçuş yapılarak, üzüm bağlarında asmalar üzerindeki damla dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemeler Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü'ne ait Papazkarası şaraplık üzüm parsellerinde yürütülmüştür. DJI marka T40 model, 40 litre tank kapasitesine sahip, üzerinde disk memeler bulunan zirai insansız hava aracı ile üç farklı damlacık boyutuyla (100,300,500 µm) ve iki farklı ilerleme yönüyle (sıraya paralel, sıraya dik) üç tekerrürlü olarak 3 m yükseklik ve 3.5 m/s hız ve 0.4 L/ha püskürtme normu ile uçuşlar yapılmıştır. Damla dağılımını ölçmek amacıyla bir omca üzerine üst, orta ve alt yapraklara üçer tekerrürlü olarak suya duyarlı kağıtlar asılmıştır. Uçuşlardan sonra suya duyarlı kağıtlar toplanıp hava ve nem geçirmez kaplara konulmuş, daha sonra tarayıcı yardımı ile bilgisayar ortamına aktararak DepositScan yazılımında damla analizi yapılmıştır. Ortalama damla çapları, kaplama yüzdesi, damla yoğunluğu değerleri ölçülerek en yüksek damla dağılım düzgünlüğünün hangi uçuş parametrelerinde elde edildiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ortalama damla çapları büyüdükçe, damla yoğunluğu azalmıştır. Benzer şekilde alt yapraklardaki birikim de azalış göstermiştir. Sıraya paralel uçuş yönünde 100 ve 300 µm damla çapında kaplama yüzdesi, sıraya dik uçuş yönüne göre daha yüksek ölçülmüştür. En yüksek damla dağılımı 100 µm damla çapında ve sıraya paralel ilerleme yönünde yapılan uygulamada elde edilmiştir. Bu durum insansız hava aracının yarattığı aşağı yönlü hava akımıyla, hafif damlacıkların alt yapraklara ve yatay yönde daha iyi dağılabileceği ile açıklanabilir.

Article Info

Received date : 25.09.2024
Revised date : 20.12.2024
Accepted date : 26.12.2024

Keywords:

Droplet
Pesticide
Unmanned aerial vehicle
Vineyard
Drone

How to Cite:

Özyurt, H.B., Çelen, İ.H., Koyunlu, M.E. (2025).
"Üzüm Bağlarında İHA Kullanımı: Uçuş
Parametrelerinin Pestisit Dağılımına
Etkileri", *Journal of Agricultural
Machinery Science*, 21(1): 1-17.

ABSTRACT

In areas where pesticide applications with conventional agricultural mechanization tools are difficult, time and financial costly or impossible, it is possible to make these applications with agricultural unmanned aerial vehicles. However, the most important of the difficulties brought along by this technology is the decrease in the uniformity of pesticide distribution due to the low spray norm, high flight, and the drag effect of the downward air flow created by the propellers on the drops in applications made with agricultural unmanned aerial vehicles compared to conventional applications. This unevenness leads to insufficient pesticide accumulation on the target surface and decrease in pesticide efficacy. In vineyards, in order for the uniformity of drop distribution to be high, the accumulation of drops should be uniform on the lower leaves of the vertebrae. In order to carry out these controls with agricultural unmanned aerial vehicles, it is essential to determine the most suitable flight and application parameters with the aim of good distribution uniformity. In order to have a high uniformity of droplet distribution in vineyards, the droplet accumulation on the lower leaves of the vertebrae should also be uniform. In this study, in order to determine the most suitable flight parameters for high droplet uniformity in vineyards, it was aimed to determine the droplet distribution uniformity on the shoulder blades in vineyards by flying with different flight direction and different droplet sizes. The experiments were carried out in Papazkarası wine grape plots of Tekirdağ Viticulture Research Institute. Flights were made with 3 different droplet sizes (100,300,500 microns) with 3 different droplet sizes (100,300,500 microns) and 2 different progress directions (parallel to the row, perpendicular to the row) with 3 m height and 3.5 m / s speed and 4 L / da spray norm in 3 replicates with an agricultural unmanned aerial vehicle with a DJI brand T40 model, 40 liter tank capacity and

disc nozzles on it. In order to measure the droplet distribution, water-sensitive papers were hung on the upper, middle and lower leaves of a shoulder in triplicate. After the flights, the water-sensitive papers were collected and placed in airtight and moisture-proof containers, then transferred to the computer environment with the help of a scanner and analyzed with DepositScan software. Average droplet diameters, coverage percentage and droplet density values were measured and the flight parameters with the highest droplet distribution uniformity were determined. According to the results obtained, as the average droplet diameter increased, droplet density decreased. Similarly, the accumulation on the lower leaves also decreased. The percentage of coverage at 100 and 300 micron droplet diameter in the flight direction parallel to the row was higher than in the flight direction perpendicular to the row. The highest droplet distribution was obtained in the treatment with a droplet diameter of 100 microns and in the direction parallel to the row. This can be explained by the fact that with the downward air flow created by the unmanned aerial vehicle, light droplets can be better distributed on the lower leaves and in the horizontal direction.

1. GİRİŞ

Ilıman kuşak bitkisi olan asma (*vitis cinifera L.*), dünya üzerinde 30 ve 40° kuzey ve güney enlemleri arasında yetişmektedir (Deliorman vd., 2011). Dünya’da 2023 yılı itibariyle 28 milyon ton sofralık (Foreign Agricultural Service (FAS),2023), 23,7 milyon ton şaraplık üzüm üretimi gerçekleşmiştir (International Organisation of Wine and Vine, 2024). Türkiye’de de 2023 yılı itibariyle üzüm üretimi 3.4 milyon tondur. Bu rakamlarla Türkiye dünya üzüm üretiminde 5. sıradadır. Ülkemizde üzüm sofralık, şaraplık-şıralık, kurutmalık olarak yetiştirilmekle beraber Ege, Marmara, Akdeniz ve İç Anadolu’da üzüm üretimi yaygın şekilde yapılmaktadır (Statagri, 2023). Her tarımsal üretimde olduğu gibi üzümde de hastalıklar ve zararlı otlarla mücadele yapılmaktadır. Üzüm bağlarında başlıca hastalıklar Bağ küllemesi (*Erysiphe/uncinula necator*) ve Bağ Mildiyözü (*Plasmopara viticola*); başlıca zararlılar Salkım güvesi (*Lobesia botrana*), Bağ Piralisi (*Sparganothis pilleriana*) ve Unlu Bittir (*Planococcus citri*). Bağ arazilerinde en çok mücadele edilen yabancı otlar da Domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium L.*), Kırmızı köklü tilki kuyruğu (*Amaranthus retroflexus L.*), Köpek (it) üzümü (*Solanum nigrum*) ve Sirkendir (*Chenopodium album L.*) (Anonim, 2021).

Üzüm bağlarında hastalıklar, zararlılar ve yabancı otlarla mücadele amacıyla yapılan pestisit uygulamalarında geleneksel olarak sırt atomizörleri, yardımcı hava akımlı bahçe tipi pülverizatörler kullanılmaktadır. 2023 yılı verilerine göre Türkiye’de 139 bin adet atomizör, 410 bin adet kuyruk milinden hareketli pülverizatör bulunmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2023). Bu pülverizatörler telli terbiye sistemi ile dikilmiş bağ alanlarında verimli olarak çalışabilmektedir. Düzensiz aralıklarla dikilmiş, yamaca dikilmiş veya traktörün ve pülverizatörlerin giremeyeceği kadar dar sıra aralıklarında dikim yapılmış bahçelerde bu tip pülverizatörlerle uygulama mümkün olmamaktadır.

Son yıllarda geleneksel pülverizatörlere alternatif olarak, üzerinde ilaç tankı, pompa ve püskürtme memeleri monte edilmiş insansız hava araçları (İHA) ile de pestisit uygulamaları yapılmaya başlanmıştır. Türkiye’de de ithal ve yerli üretim olan birçok insansız hava aracı tarımda kullanılmaktadır. Bu amaçla geliştirilen İHA’larla engebeli, düzensiz ve sık dikilmiş bağlarda pestisit uygulamalarının yapılması mümkündür. Ancak İHA’lar ile pestisit uygulamalarının etkinliği konusunda engeller bulunmaktadır (Önler vd., 2023). Geleneksel uygulamalara göre düşük uygulama hacmi kullanımı sebebiyle, hedef yüzeyde düşük pestisit birikimi, alt yapraklarda üst yapraklara göre daha düşük birikim ve havadan ilaçlama yapıldığı için damla sürüklenmesi, İHA’lar ile pestisit uygulamalarında çözülmesi gereken problemler olarak karşımıza çıkmaktadır (Özyurt ve Çelen, 2022).

Bağ alanlarında İHA’lar ile yapılan pestisit uygulamaları konusunda en iyi damla dağılımı için uygun İHA parametrelerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Biglia vd. (2023), pestisit kayıplarını önlemek için sadece asmalara püskürtme yapacak şekilde iki farklı püskürtme memesinin etkinliğini karşılaştırmışlar, ancak sonuçta meme açılarının pestisit kayıplarını engellemede bir etkisi olmadığı sonucuna varmışlardır. Yine Biglia vd. (2022), bağlarda insansız hava araçları ile pestisit uygulamaların etkinliğini belirlemek için iki farklı ilaçlama modu, iki farklı ilerleme hızı ve iki farklı püskürtme memesi ile denemeler yapmış, şerit şeklinde uygulamada en iyi damla birikimi elde edilse de, yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörü ile en iyi kaplama ve dağılım gözlemişlerdir. Sassu vd. (2024) da yaptıkları çalışmada bağ ilaçlamaları için en iyi İHA parametrelerinin 2 m yükseklik, 1,5 m/s ilerleme hızı ve sıra arasından uçuşlarda elde edildiğini belirtmişlerdir. Wang vd. (2021), 3 farklı tipteki insansız hava aracı ve 2 farklı tipteki püskürtme memelerini yapay bir üzüm bağında yaptıkları

denemelerde düşük sürüklenme ve pestisit dağılımı yönünden karşılaştırdıklarında, başarı ve verimlilik sıralamasında göre 6 rotorlu İHA, 8 rotorlu İHA ve helikopter tipi İHA olarak sıralamışlardır. Morales-Rodriguez (2022), bağ arazilerinde geleneksel ilaçlama ve İHA ilaçlamasını ekonomik, verimlilik ve etkinlik yönünden karşılaştırmış, İHA'lar daha hızlı ve verimli olsa da, ilk yatırım maliyeti ve pestisit uygulama etkinliği bakımından dezavantajlı oldukları için geleneksel ilaçlamanın hala popüler olduğunu ifade etmişlerdir.

Yüksek boylu bitkilerde pestisit etkinliğinin önündeki en büyük engellerden biri penetrasyon, diğer bir deyişle damlaların bitkinin alt ve iç yapraklarına ulaşabilme miktarıdır. Bu çalışmada da üzüm bağlarında insansız hava araçları ile pestisit uygulamalarında farklı uçuş yönü ve damlacık boyutu ile en iyi damla dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. İnsansız Hava Aracı (İHA)

Püskürtme denemelerinde DJI marka Agras T40 model, pestisit ve gübreleme uygulamaları için tasarlanmış insansız hava aracı kullanılmıştır (Şekil 1). Kullanılan İHA, sınırları önceden belirlenmiş arazide belirlenen yükseklik, püskürtme normu, uçuş hızı, iş genişliği ve damla çapı ile otonom bir şekilde uygulama yapıp kalkış noktasına gelebilmektedir. Bu modelin en önemli özelliği, üzerinde hidrolik püskürtme memelerinin aksine, santrifüj meme bulunmasıdır. Bu sayede damlacık boyutu 50-500 µm çapları arasında ayarlanabilmektedir. Santrifüj memelerin, hidrolik memelere kıyasla düşük hacimli (ULV) uygulamalarda daha etkili olduğu bilinmektedir (Gong ve ark, 2019; He, 2018). İnsansız Hava Aracı ile ilgili teknik özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İnsansız Hava Aracının Teknik Özellikleri (Anonim,2024)

Özellikler	Değerler
Toplam Boş Ağırlık	38 kg
Ölçüler (mm)	2800 × 3150 × 780 mm (kollar ve pervaneler açık) 1125 × 750 × 850 mm (kollar kapalı)
Maksimum Güç Tüketimi (W)	6400
Maksimum Uçuş Süresi (dakika)	18
Bitki Üzeri En Düşük Uçuş Yüksekliği (m)	0,5
Meme Tipi ve Sayısı	Döner diskli meme 2 adet
Meme debisi (l min ⁻¹)	6
Tank Kapasitesi (litre)	40
Maksimum Teorik İş Genişliği (m)	11/2,5 metrede
Maksimum Uçuş Hızı (m s ⁻¹)	12

Deneme arazisi sınırlarının önceden belirlenmesi ve bağ sıralarının üç boyutlu biçimde görüntülenmesi amacıyla, püskürtme denemelerinden önce DJI marka Mavic 3 Pro model, üzerinde multispektral kamera bulunan İHA ile deneme parsellerinde uçuş yapılmıştır. Arazinin 3 boyutlu modeli çıkartılıp, portala yüklenerek, püskürtme denemelerinin yapılacağı İHA için uçuş koşulları hazırlanmıştır.



Şekil 1. DJI Agras T40 İHA ve DJI Mavic 3 Pro Multispektral

2.2. Deneme Arazisi ve Koşulları

Denemeler 02.08.2024 tarihinde Tekirdağ Süleymanpaşa'da bulunan Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü'nde (Şekil 2/a) Papazkarası çeşidi şaraplık üzüm parsellerinde gerçekleştirilmiştir (40° 58'15.0''K, 27° 28'23'' D). Toplam parsel alanı 700 m² olarak ölçülmüştür. Denemelerin yapıldığı tarihte Papazkarası asmaları BBCH 73-75 (Şekil 2/b) evresindedir (Lorenz vd., 1995). Bu dönemde asmaların taç yoğunluğu yüksek seviyede olduğu için, alt yapraklara damlacık ulaşmasının en zor olduğu koşullarda denemelerin daha doğru olacağı düşünülmüştür. Deneme yapılan arazide iki sıra arası 2.2 m ve omçaların yüksekliği en yüksek 1.8 m olarak ölçülmüştür.



(a)



(b)

Şekil 2. Deneme alanı ve papazkarası asmaları

Püskürtme denemelerinde rüzgâr hızı, bağıl nem ve hava sıcaklığı değerleri Testo 605-H1 termohidrometre (Testo SE & Co. KGaA, 2023) ve Lutron AM 4202 anemometre (Lutron Instruments, 2023) ile ölçülmüştür. Ortalama hava sıcaklığı 29,7 °C, bağıl nem %57,3, 2 metre yükseklikte rüzgâr hızı ise 2,4 m/s olarak belirlenmiştir.

2.3. Deneme Planı

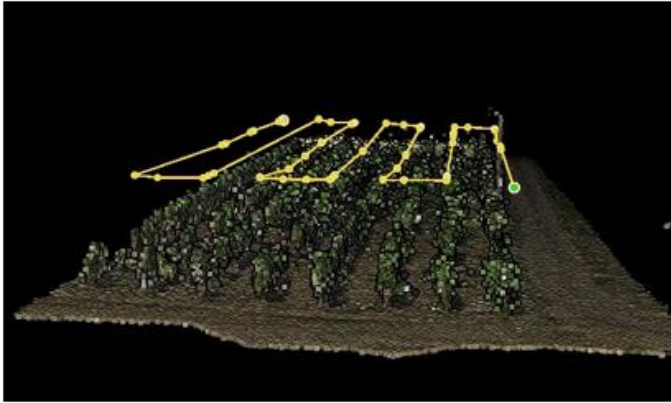
Asma sıralarına paralel ve sıralara dik olarak iki farklı uçuş yönü ile 100, 300 ve 500 µm olmak üzere üç farklı ortalama damla çapı değerleri ile toplam altı farklı uçuş yapılmıştır. Tüm denemelerde uçuş hızı

3,5 m/s, püskürtme normu ise 0.4 L/ha ve uçuş yüksekliği omca tacı üzerinden 3 m olarak sabit tutulmuştur (Çizelge 2). Tüm denemelerde püskürtme sıvısı olarak çeşme suyu kullanılmıştır.

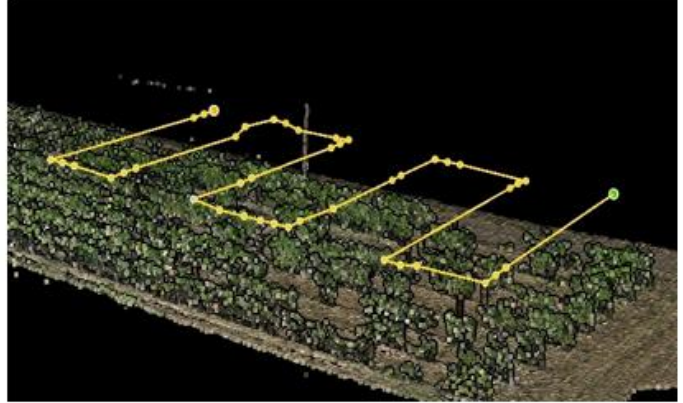
Çizelge 2. Deneme Planı

Deneme No	Uçuş Yönü	Damlacık Boyutu (μm) $Dv_{0.5}$	Uçuş Hızı (m/s)	Uygulama Hacmi (L/ha)	Uçuş Yüksekliği (m)
1	Sıraya paralel	100	3,5	0.4	3
2	Sıraya paralel	300	3,5	4	3
3	Sıraya paralel	500	3,5	4	3
4	Sıraya dik	100	3,5	4	3
5	Sıraya dik	300	3,5	4	3
6	Sıraya dik	500	3,5	4	3

Deneme planlamasında, 50 m uzunlukta toplam 8 asma sırası belirlenip, DJI Mavic 3 Multispektral İHA ile uçuş rotaları bu sınırlar içerisinde oluşturulmuştur (Şekil 3/a ve b). Üst üste binme veya dönüşlerde yaşanabilecek damla dağılım düzensizliğini engellemek için Agras T40, belirlenen arazi sınırlarından 5 m önceden püskürtmeye başlamış ve 5 m sonra püskürtmeyi durdurmuştur (Özyurt ve Çelen, 2023).



(a)



(b)

Şekil 3. Uçuş Rotaları

2.4. Damlacık Tespiti ve Analizleri

Damla analizleri için, uçuş rotasında rastgele şekilde 3 adet asma bitkisi seçilmiştir. Asmalar üst, orta ve alt yaprak olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır. Her bölgeye farklı yapraklara üçer adet suya duyarlı kâğıtlar ataçlarla tutturulmuştur. Bu şekilde her uçuşta toplam 27 adet suya duyarlı kâğıt kullanılmıştır (Şekil 4).

Her uçuştan sonra, üzerlerinde damla biriken ve kuruyan suya duyarlı kâğıtlar toplanarak, kapalı kaplara konulmuştur. Ardından bir sonraki uçuş için yeni suya duyarlı kâğıtları tekrar yapraklara yerleştirilmiştir. Tüm denemeler bittikten sonra suya duyarlı kâğıtlar tarayıcı ile 600 dpi çözünürlükte taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış, DepositScan yazılımı ile damla analizleri yürütülmüştür (Zhu vd., 2011). Görüntü işleme tekniğinin hızlı, efektif ve kolay olduğu bilinmektedir (Beyaz vd., 2017). Damla analizlerinde hacimsel orta çap, kaplama oranı, damla yoğunluğu ve efektif uygulama hacmi değerleri

hesaplanmıştır. Daha sonra her denemede hesaplanan damla parametreleri için standart sapma değerleri ve varyasyon katsayıları hesaplanarak, damla dağılım düzgünlüğü incelenmiştir.



Şekil 4. Suya duyarlı kağıtların asma üzerindeki yerleşimi

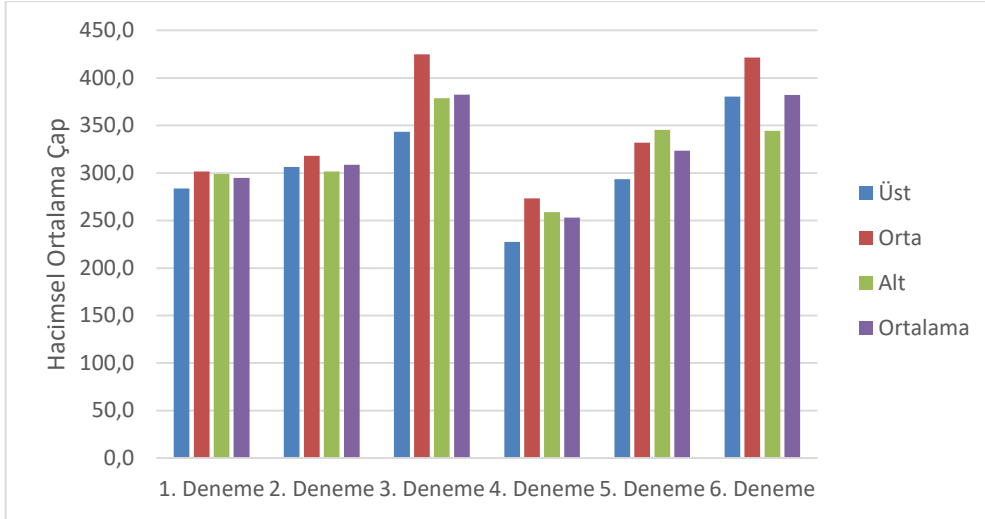
2.5. Veri Analizleri

Elde edilen sonuçların normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla veriler Shapiro Wilk testine göre değerlendirilmiştir. Testler sonucunda veriler normal dağılım göstermediği için Mann-Whitney U testleri yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

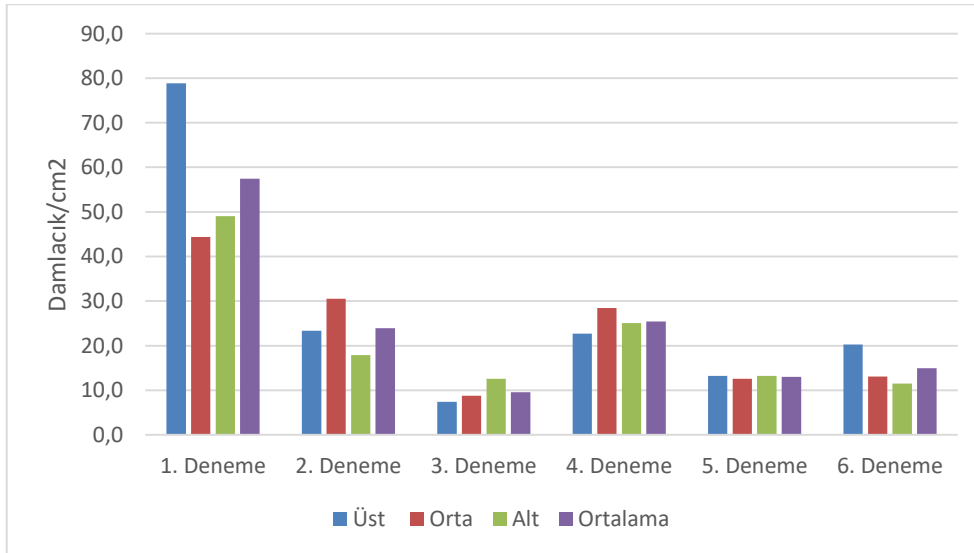
Tüm deneme uçuşlarından ve damla analizlerinden sonra elde edilen değerler grafikler halinde gösterilmiş ve parametre değişkenleri buna göre değerlendirilmiştir.

DepositScan programında hacimsel orta çaplar belirli bir düzeltme katsayısı ile hesaplanmaktadır. Tüm denemelere ait hacimsel orta çap değerleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Denemelerde, her uçuştan önce damla çapları Agras T40'ın kontrol kumandası üzerinden deneme planına göre ayarlanmıştır. 100 µm ile yapılan 1. ve 4. denemeler hariç diğer denemelerde hedeflenen ortalama damla çaplarının elde edildiği, Çizelge 3'te de görüleceği üzere düşük varyasyon katsayıları elde edildiği, buna göre damla çaplarının homojen bir dağılım gösterdiği ifade edilebilir.



Şekil 5. Hacimsel orta çap

Şekil 6'da cm^2 deki damlacık yoğunluğu grafiklerden incelendiğinde 1. denemede cm^2 de ortalama 58 damla ile en yüksek damla yoğunluğu elde edilmiştir. En düşük damla yoğunluğu ise ortalama 10 damla/ cm^2 ile 3. denemede ölçülmüştür. Damla çapının artmasıyla beraber alt yapraklarda damla birikimi azalmıştır. Damla çapı büyüdükçe damlalar ağırlaşmakta, bu da damlaların yatay yönlü hareketini zorlaştırmaktadır. Daha küçük damlalar, hem İHA'nın ilerleme hızı hem de pervanelerin yarattığı aşağı yönlü akımla yatay olarak hareket edebilmekte, böylece bağ sıralarına doğru ilerleyen damlaların yatay yönlü hareket edip alt yapraklarda da damla birikimi elde edilmektedir (Wang vd., 2022). Damlacık yoğunluğunun İHA tarafından üretilen damla çaplarına göre değişimi istatistiki olarak incelendiğinde, hem sıraya dik hem sıraya paralel uçuşlarda 100-300 μm ve 100-500 μm arasında anlamlı olarak bulunmuştur (Şekil 9). Uçuş yönüne göre incelendiğinde ise sadece 100 μm ile yapılan uygulamalarda iki rota arasındaki fark anlamlı elde edilmiştir (Şekil 10).

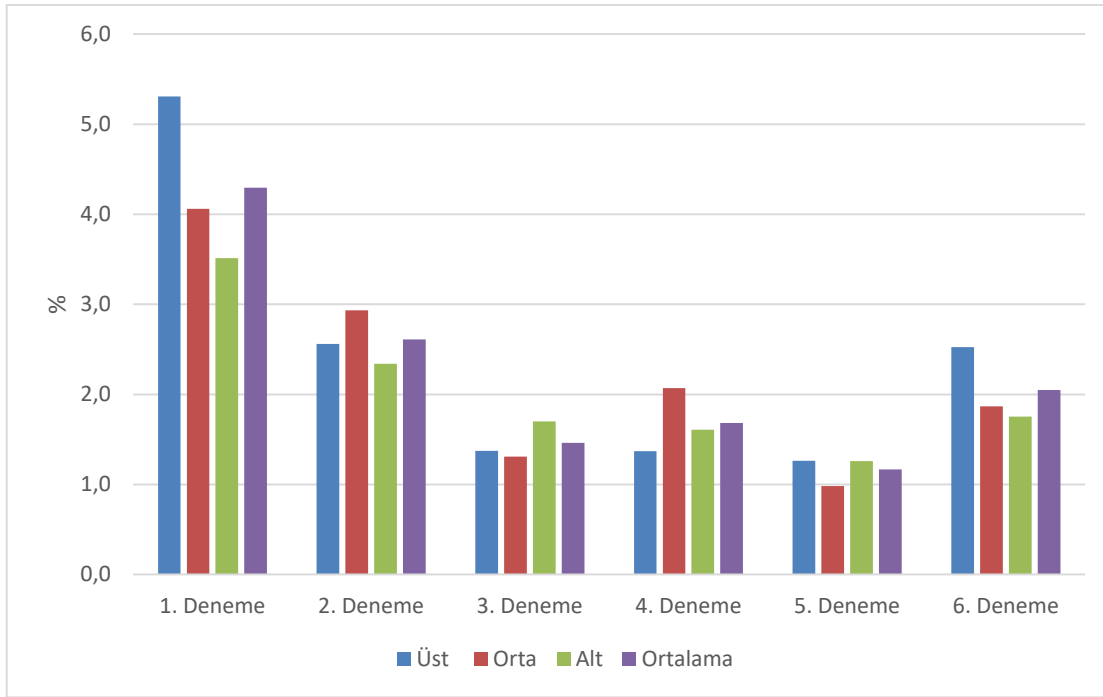


Şekil 6. Damlacık Yoğunluğu

Suya duyarlı kağıt yüzeylerinin alan olarak yüzde kaçının sıvıyla kaplandığını ifade edilen kaplama yüzdesi değerleri Şekil 7'de gösterilmiştir. En çok yüzey kaplama 1. denemede (%4,2); en düşük

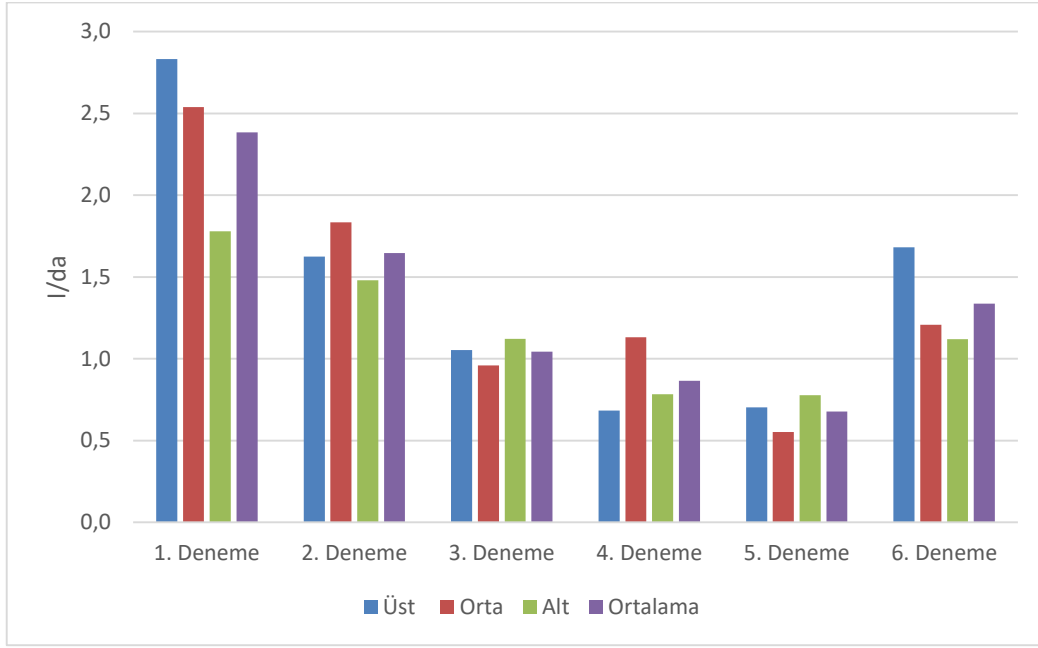
yüzey kaplama oranı 5. denemede (%1,1) ölçülmüştür. Bu grafik damlacık yoğunluğu grafiği ile pozitif korelasyon göstermektedir; çünkü yüksek damlacık yoğunluğu aynı zamanda yüksek kaplama oranına da sebep vermektedir. Yapılan istatistik analizde de damlacık yoğunluğu ve kaplama oranı arasındaki ilişki önemli bulunmuştur. Yine de en yüksek kaplama oranı bile konvensiyonel uygulamalara göre (%60-70) oldukça düşük kalmaktadır (Mahmood vd., 2004; Sedlar vd., 2013). Ancak İHA'larla yapılan diğer çalışmalarda %2 (Meng vd., 2020), %4,5 (Chen vd., 2022) gibi değerler de bulunmaktadır.

Sıraya paralel uçuşlarda, damlacık boyutunun artması ile özellikle alt yapraklarda damla birikiminin azaldığı gözlenmiştir. Bunun sebebi yine damlacık yoğunluğu grafiklerinde açıklandığı gibi, ağırlaşan tanelerin yatay yönde hareketinin azalması olarak ifade edilebilir. Sıraya dik olan uçuşlarda ise en yüksek kaplama yüzdesi 6. denemede (%2,1) elde edilmiştir. Sıraya dik uçuşta, asmaların üzerinden geçerken İHA'dan çıkan tüm damlacıklar aşağı yönde ilerlediği için alt yapraklarda birikim artmıştır. Sıraya paralel uçuşlarda ise, sıra aralarına denk gelen uçuş rotalarında düşey yönlü hareket eden damlalar bahçe zeminine ilerlemiştir. Kplama yüzdellerinde denemeler arasındaki ilişkiler istatistiki olarak incelendiğinde, sıraya paralel uçuşla yapılan denemelerde farklı damla çapları arasında ilişkiler anlamlı bulunmuştur. Farklı uçuş rotalarında ise sadece 100 µm ile yapılan uçuşlarda sıraya dik ve sıraya paralel uçuşlarda elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki anlamlı bulunmuştur (Şekil 9 ve Şekil 10).



Şekil 7. Kaplama Yüzdesi

Bu durumu Şekil 8'deki efektif norm grafikleri de desteklemektedir. Efektif norm, püskürtme uygulamasında elde edilen gerçek norm olarak ifade edilmektedir. İHA'nın uçuş planlamasında hedeflenen teorik püskürtme normu 4 L/da idi. Ancak grafikte görüldüğü gibi bu değere en çok yaklaşan deneme 2,7 L/da ile 1. deneme olmuştur. Sıraya paralel uçuşlarda, hafif damlaların üretilen hava akımları ile yatay yönde hareketinin sağlanmasıyla, bahçe zeminine doğru sürüklenme azalmıştır. Yine de tüm grafiklerde elde edilen efektif norm değerlerinin teorik norm değerlerinden bu denli düşük olması sadece zemine doğru sürüklenmeye bağlanamaz. Ağustos ayında yaklaşık 30 °C sıcaklıkta yapılan püskürtme denemelerinde buharlaşma etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır.

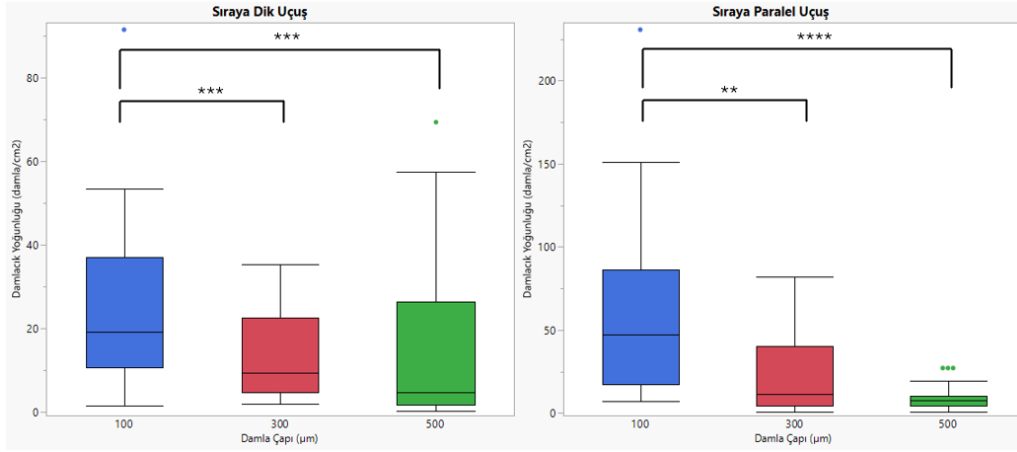


Şekil 8. Efektif Norm

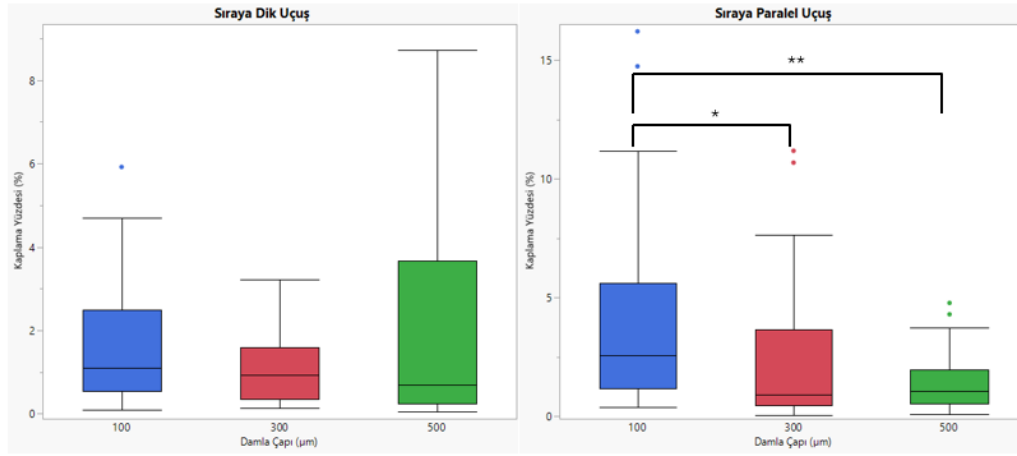
Pestisit uygulamalarında iyi bir damla dağılımı da uygulama verimliliği için önemli bir faktördür. Çizelge 3'te 4 farklı damlacık parametresi için hesaplanan farklı yaprak bölgeleri arasındaki standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Hacimsel orta çap değerlerinde en yüksek varyasyon katsayısı değeri %8,7'dir. Kullanılan İHA'nın ürettiği damlacıkların düzgün dağılım gösterdiği söylenebilir. Damla sayısı/cm² değerlerinde ise sıraya paralel uçuşlarda daha yüksek varyasyon katsayısı, dolayısıyla daha heterojen bir damla dağılımı elde edildiği gözlenmiştir. Bu da damlaların üst, orta ve alt yapraklar arasında sıraya dik uçuşlara göre daha düzensiz dağıldığını göstermektedir. Diğer parametrelere bakıldığında tüm denemelerde damla dağılımının düzgün olduğu sonucuna varılabilir.

Çizelge 3. Damla Dağılım Düzgünlüğü

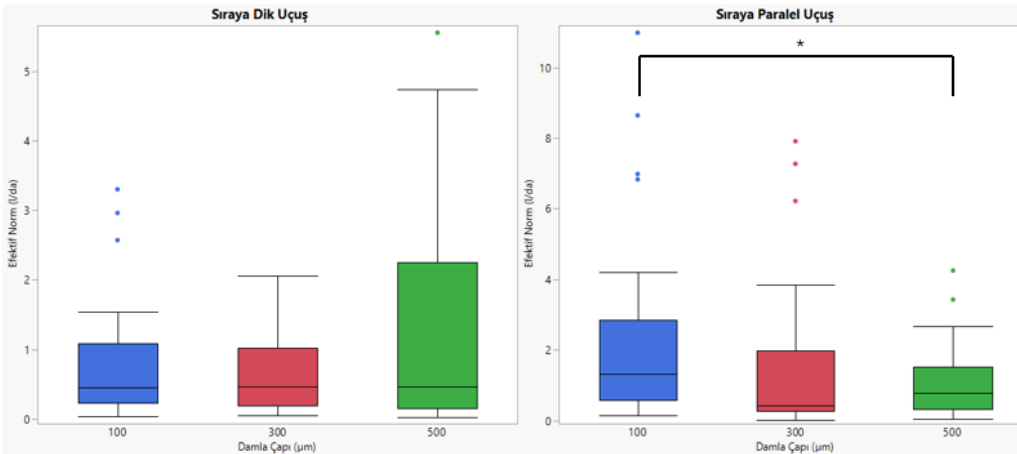
Uçuş Yönü	Damla Çapı	Hacimsel Orta- Çap ($Dv_{0,5}$)		Damla sayısı/cm ²		Kaplama oranı (%)		Efektif uygulama hacmi (L/da)	
		Ortalama	CV (%)	Ortalama	CV (%)	Ortalama	CV (%)	Ortalama	CV (%)
Sıraya Paralel	100	294,8±7,8	2,6	57,4±15,3	26,6	4,3±0,8	17,5	2,4±0,44	18,6
Sıraya Paralel	300	308,7±6,9	2,2	23,9±5,2	21,6	2,6±0,2	9,4	1,6±0,14	8,9
Sıraya Paralel	500	382,4±33,4	8,7	9,6±2,2	22,9	1,5±0,2	11,7	1±0,06	6,4
Sıraya Dik	100	253,3±19,1	7,5	25,4±2,4	9,3	1,7±0,3	17,3	0,9±0,19	22,3
Sıraya Dik	300	323,6±21,9	6,8	13,0±0,3	2,4	1,2±0,1	11,3	0,7±0,1	13,8
Sıraya Dik	500	382,1±31,5	8,2	14,9±3,8	25,4	2,0±0,3	16,6	1,3±0,2	18,5



a. Damlacık Yoğunluğu



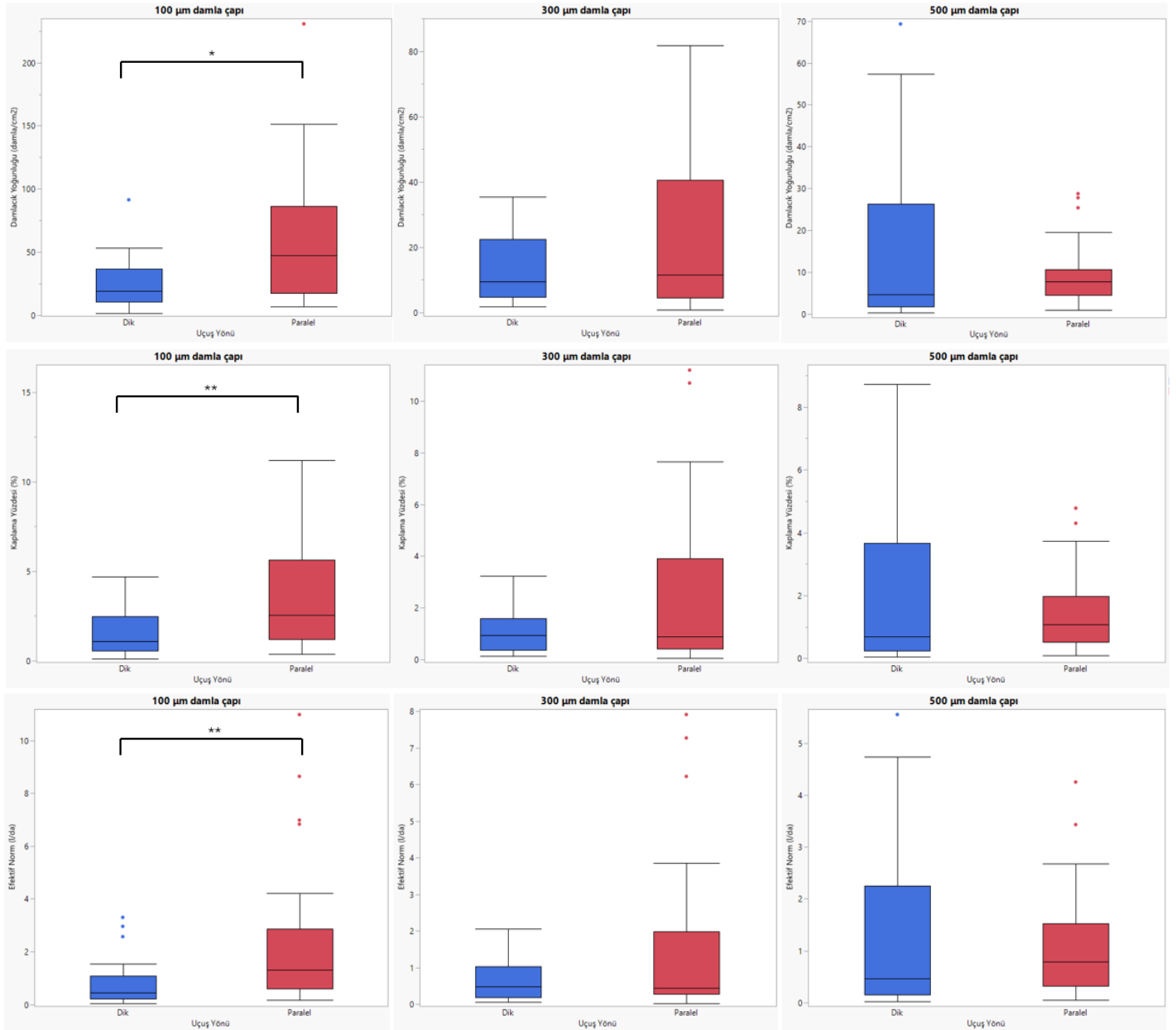
b. Kaplama Yüzdesi



c. Efektif Norm

Şekil 9. Damlacık yoğunluğu, kaplama yüzdesi ve efektif norm değerlerinin damla çaplarına göre değişimi

Not: Grafikteki yıldızlar, Mann-Whitney U testi kullanılarak belirlenen uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir. Yıldız sayısı p değerlerine göre değişmektedir (*: $p \leq 0.05$; **: $p \leq 0.01$; ***: $p \leq 0.001$; ****: $p \leq 0.0001$).



Şekil 10. Damlacık yoğunluğu, kaplama yüzdesi ve efektif norm değerlerinin uçuş yönüne göre değişimi

Not: Grafikteki yıldızlar, Mann-Whitney U testi kullanılarak belirlenen uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir. Yıldız sayısı p değerlerine göre değişmektedir (*: $p \leq 0.05$; **: $p \leq 0.01$; ***: $p \leq 0.001$; ****: $p \leq 0.0001$).

4. SONUÇ

Pestisit uygulamaları için özel tasarlanan İHA'ların farklı bitki, pestisit ve çalışma koşullarında performanslarını değerlendirmek amacıyla bilim insanları, bu teknoloji ortaya çıktığından beri çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmada da, üzüm bağlarında zirai insansız hava araçları ile yapılacak pestisit uygulamalarında en etkili püskürtmenin hangi uçuş yönü ve damlacık boyutu ile elde edilebileceği araştırılmıştır. Sıraya paralel ve dik uçuş yönü ve 100, 300 ve 500 µm damla çapları ile toplam 6 uçuş yapılarak, asmalara yerleştirilen suya duyarlı kağıtlar ile damla analizleri yürütülmüş;

hacimsel orta çap, damla yoğunluğu, yüzey kaplama oranı ve efektif norm değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sıraya paralel yapılan uçuşlarda, İHA'nın ilerleme hızından ve pervanelerin aşağı yönlü yarattığı hava akımından kaynaklı düşük boyutlu, dolayısıyla daha hafif damlaların yatay yönlü hareketleri ile asmaların alt yapraklarına kadar ulaşabildiği gözlenmiştir. Sıraya dik uçuşlarda ise, aşağı yönlü hareket eden büyük çaplı damlaların alt yapraklara daha iyi ulaşabildiği gözlenmiştir. En yüksek damla yoğunluğu 58 damlacık /cm², en iyi yüzey kaplama yüzdesi %4.2 ve 100 µm damlacık boyutu ile sıraya paralel uçuşta elde edilmiştir.

Çalışmada püskürtme sıvısı olarak su kullanılarak sadece damla analizleri ile, potansiyel pestisit uygulamalarında yol gösterici olması açısından öneriler belirtilmiştir. Gelecek çalışmalarda belirlenen parametrelerde pestisitlerle yapılacak uygulamalarda, biyolojik etkinlik de hesaplanarak literatüre eklenmelidir.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2024). *DJI Agras T40 specifications*. DJI. <https://www.dji.com/global/t40/specs>
- Anonim. (2021). *Bağ hastalıkları ve mücadele yöntemleri*. Bayer Crop Science. <https://www.cropscience.bayer.com.tr/turkiye/tarim-haberleri/bag-hastaliklari-mucadele.html>
- Beyaz, A., Dağtekin, M., Çilingir, I., & Gerdan, D. (2017). Evaluation of droplet size spectra for agricultural pesticide applications using water sensitive paper and image analysis techniques. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12A), 102–108.
- Biglia, A., Comba, L., Alcatrão, L. E., Sopegno, A., Messina, C., Mozzanini, E., Bloise, N., Guglieri, G., & Grella, M. (2023). Comparison between 60° and 30° hollow cone nozzles for targeted UAV-spray applications in vineyards. In *Precision agriculture'23* (pp. 67–73). Wageningen Academic Publishers.
- Biglia, A., Grella, M., Bloise, N., Comba, L., Mozzanini, E., Sopegno, A., Pittarello, M., Dicembrini, E., Alcatrão, L. E., Guglieri, G., Balsari, P., Ricauda Aimonino, D., & Gay, P. (2022). UAV-spray application in vineyards: Flight modes and spray system adjustment effects on canopy deposit, coverage, and off-target losses. *Science of the Total Environment*, 845, 157292.
- Chen, P., Ouyang, F., Zhang, Y., & Lan, Y. (2022). Preliminary evaluation of spraying quality of multi-unmanned aerial vehicle (UAV) close formation spraying. *Agriculture*, 12(8), 1149.
- Deliorman, O. D., Ergun, F., & Orhan, N. (2011). Anadolu medeniyetlerinde asma (*Vitis vinifera* L.). *Tarih Araştırmaları Dergisi*, 30(50), 69–80.
- Foreign Agricultural Service. (2023). *Coffee: World markets and trade*. U.S. Department of Agriculture. <https://fas.usda.gov/data/production/commodity/0575100>
- Gong, J., Fan, W., & Peng, J. (2019). Application analysis of hydraulic nozzle and rotary atomization sprayer on plant protection UAV. *International Journal of Precision Agricultural Aviation*, 2(1).
- He, X. (2018). Rapid development of unmanned aerial vehicles (UAV) for plant protection and application technology in China. *Outlooks on Pest Management*, 29(4), 162–167.

- International Organisation of Vine and Wine. (2024, April). *State of the world vine and wine sector in 2023*.
https://www.oiv.int/sites/default/files/202404/OIV_STATE_OF_THE_WORLD_VINE_AND_WINE_SECTOR_IN_2023.pdf
- Lorenz, D. H., Eichhorn, K. W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., & Weber, E. (1995). Growth stages of the grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)—Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 100–103.
- Mahmood, H. S., Iqbal, M., Hussain, K. A., & Hamid, T. (2004). Improved surface coverage with environmentally effective university boom sprayer. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 41(3/4), 152.
- Meng, Y., Su, J., Song, J., Chen, W. H., & Lan, Y. (2020). Experimental evaluation of UAV spraying for peach trees of different shapes: Effects of operational parameters on droplet distribution. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105282.
- Morales-Rodríguez, P. A., Cano Cano, E., Villena, J., & López-Perales, J. A. (2022). A comparison between conventional sprayers and new UAV sprayers: A study case of vineyards and olives in Extremadura (Spain). *Agronomy*, 12, 1307. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061307>
- Önler, E., Özyurt, H. B., Şener, M., Arat, S., Eker, B., & Çelen, İ. H. (2023). Spray characterization of an unmanned aerial vehicle for agricultural spraying. *The Philippine Agricultural Scientist*, 106(1), 39–46.
- Özyurt, H. B., & Çelen, İ. H. (2022). İnsansız hava araçları ile yapılan pestisit uygulamalarında farklı meme tiplerinin damla dağılımına etkisinin incelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(3), 157–172.
- Özyurt, H. B., & Çelen, İ. H. (2023, September). Effect of different flight parameters on spraying efficacy in pesticide applications with unmanned aerial vehicle in sunflower. In *AGRIBALKAN 2023 V. Balkan Agricultural Congress* (p. 231).
- Sassu, A., Psiroukis, V., Bettucci, F., Ghiani, L., Fountas, S., & Gambella, F. (2024). Unmanned aerial system plant protection products spraying performance evaluation on a vineyard. *Precision Agriculture*, 25(4), 2082–2112. <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10155-8>
- Sayıncı, B. (2020). Pülverizatör memelerinde pülverizasyon karakteristiklerinin görüntü işleme yöntemiyle belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(1), 44–62.
- Sedlar, A. D., Bugarin, R. M., Nuyttens, D., Turan, J. J., Zoranovic, M. S., Ponjican, O. O., & Janic, T. V. (2013). Quality and efficiency of apple orchard protection affected by sprayer type and application rate. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(4), 935–944.
- StatAgri. (2023). Üzüm istatistikleri. <https://www.statagri.com/uzum-istatistikleri/>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *Tarımsal alet ve makine sayıları*. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>
- Wang, C., Liu, Y., Zhang, Z., Han, L., Li, Y., Zhang, H., Yangfan, L., Zhang, H., Wongsuk, S., Li, Y., Wu, X., & He, X. (2022). Spray performance evaluation of a six-rotor unmanned aerial vehicle sprayer for

pesticide application using an orchard operation mode in apple orchards. *Pest Management Science*, 78(6), 2449–2466.

Wang, C., Herbst, A., Zeng, A., Wongsuk, S., Qiao, B., Qi, P., ... & He, X. (2021). Assessment of spray deposition, drift and mass balance from unmanned aerial vehicle sprayer using an artificial vineyard. *Science of the Total Environment*, 777, 146181.

Zhu, H., Salyani, M., & Fox, R. D. (2011). A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(1), 38–43.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Although unmanned aerial vehicles have been used in defence industry, communication, health, combating natural disasters, entertainment, remote sensing for many years, their use in agriculture is developing and diversifying day by day. In areas where pesticide applications with conventional agricultural mechanisation tools are difficult, time and financial costs are high or impossible, it is possible to carry out these applications with agricultural unmanned aerial vehicles. Electric or fossil fuelled agricultural unmanned aerial vehicles with a pesticide tank, pump and spray nozzles have become widespread in the world and in Turkey. The most important of the difficulties brought about by this widespread use of agricultural unmanned aerial vehicles is the decrease in the uniformity of pesticide distribution due to the low spray rate, flight altitude, and the droplet drift due to the downward air flow created by the propellers on the droplets. This uniniformity leads to insufficient pesticide deposition on the target surface and a decrease in pesticide efficacy. Table and wine grapes are produced in vineyards in almost every region of Turkey, and chemical control of many harmful organisms is carried out in these vineyards for high quality and yield. In order to carry out these controls with agricultural unmanned aerial vehicles, it is essential to determine the most suitable flight and application parameters with the aim of good distribution uniformity. In order to have a high uniformity of droplet distribution in vineyards, the droplet accumulation on the lower leaves of the vine should also be uniform. In this study, in order to determine the most suitable flight parameters for high droplet uniformity in vineyards, it was aimed to determine the droplet distribution uniformity on the vines in vineyards by flying with different flight direction and different droplet sizes.

Methodology

The experiments were carried out in Papazkarası wine grape plots of Tekirdağ Viticulture Research Institute. Flights were made with 3 different droplet sizes (100,300,500 μm) and 2 different flight directions (parallel to the row, perpendicular to the row) with 3 m height and 3.5 m / s speed and 4 L / da spray norm in 3 replicates with an agricultural unmanned aerial vehicle with a DJI brand T40 model, 40 litre tank capacity and centrifugal nozzles on it. In order to measure the droplet distribution, water-sensitive papers were hung on the upper, middle and lower leaves of a shoulder in triplicate. After the flights, the water-sensitive papers were collected and placed in airtight and moisture-proof containers, then transferred to the computer environment with the help of a scanner and analysed with DepositScan software. Average droplet diameters, coverage percentage and droplet density values were measured and the flight parameters with the highest droplet distribution uniformity were determined.

Results and Conclusions

According to the results obtained, as the average droplet diameter increased, droplet density decreased. Similarly, the accumulation on the lower leaves also decreased. The percentage of coverage at 100 and 300 micron droplet diameter in the flight direction parallel to the row was higher than in the flight direction perpendicular to the row. The highest droplet distribution was obtained in the treatment with a droplet diameter of 100 microns and in the direction parallel to the row. This can be explained by the fact that with the downward air flow created by the unmanned aerial vehicle, light droplets can be better distributed on the lower leaves and in the horizontal direction.

YAZARLARIN BİYOGRAFİSİ



Hasan Berk ÖZYURT

08.06.1994 yılında Tekirdağ'da doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Tekirdağ'ın Muratlı ilçesinde tamamladı. 2017 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2021 yılında yüksek lisans eğitimini bitirdikten sonra aynı yıl doktora eğitimine başladı. 2020 yılından beri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Tarımda Makine Sistemleri Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Tarım makineleri, bitki koruma makine ve teknolojileri ve insansız hava araçlarının tarımda ve ilaçlamada kullanımı alanlarında çalışmalar yürütmektedir.

İletişim

berkozyurt@nku.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-0775-1723>



Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

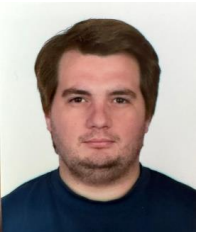
08.03.1971 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Hatay İskenderun ilçesinde tamamladı. 1992 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı Bölümde 1995 yılında Yüksek Lisans Eğitimini tamamladı. 1994 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve aynı Bölümde 1999 yılında Doktora eğitimini bitirdi. 2000 yılında Yardımcı Doçent olarak Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümüne atandı. 2011 de Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümüne Doçent olarak atandı ve aynı Bölümde 2018 yılında Profesör oldu. Tarım Makinaları ve özellikle Bitki Koruma Makinaları ve otomasyonu konusunda çalışmalar yapan araştırmacı konusunda birçok kongrede bildiri sunmuş, yurt içi ve yurt dışı birçok makalesi yayınlamıştır. Birçok projede görev alarak 3 adet patent sahibi olmuştur. Ayrıca yayınladığı 2 kitap ve bölüm yazarlıkları vardır.

İletişim

icelen@nku.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-1652-379X>



Mehmet Efnan KOYUNLU

06.01.1999 yılında Edirne'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Tekirdağ'ın Çorlu ilçesinde tamamladı. 2023 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünden Biyosistem Mühendisliği olarak mezun oldu. Aynı bölümde 2023 yılında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Tarım makineleri, otonom araçlar, insansız hava araçları ile bitki koruma uygulamaları alanında çalışmalar yürütmektedir.

İletişim

efnankynl@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0009-0009-9531-9308>

Domates Meyvesinde Bazı Hastalıkların YOLOv8 Derin Öğrenme Algoritması ile Tespit Edilmesi

Detection of Some Diseases in Tomato Fruit Using the YOLOv8 Deep Learning Algorithm

Mesut Yaşar^{1,*}  Nurhayat Yurtaslan¹ 

¹Varaka Kağıt Sanayi A.Ş., Balıkesir, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): M. Yaşar, e-mail (e-posta): yasarmesut10@gmail.com

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 09.12.2024
Düzeltilme tarihi : 07.02.2025
Kabul tarihi : 09.02.2025

Anahtar Kelimeler:

Tarım Makineleri
YOLO Algoritması
Bitki Sağlığı İzleme
Derin Öğrenme

Atfiiçin:

Yaşar, M., Yurtaslan, N. (2025). "Domates Meyvesinde Bazı Hastalıkların YOLOv8 Derin Öğrenme Algoritması ile Tespit Edilmesi", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 21(1): 18-35.

ÖZET

Tarım sektörü, artan dünya nüfusu ve çevresel faktörler nedeniyle sürdürülebilir üretim ve verimlilik artırma konusunda önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Artan nüfus, bitki hastalıkları ve verim kayıplarıyla mücadele etmeyi zorlaştırmaktadır. Bitki hastalıkları zamanında tespit edilmezse hızla yayılıp büyük kayıplara yol açabilmektedir. Erken tespit, müdahale ve çevresel zararları engellemeyi sağlar, tedavi maliyetlerini düşürür. Geleneksel yöntemler zaman alıcı ve verimsizken, yapay zeka ve derin öğrenme tabanlı algoritmalar daha hızlı ve doğru tespit imkanı sunar. Doğru zamanlamada yapılan müdahale, verimliliği artırır ve sürdürülebilir tarımı destekler. Bu makale, YOLOv8 algoritmasının domates meyvesi hastalıklarını tespit etme uygulamaları ve tarımda sürdürülebilirliği nasıl destekleyeceğini incelemektedir. YOLOv8, hastalıklar, zararlılar ve stres belirtilerini hızlı ve doğru bir şekilde tespit edebilen bir modeldir. Makale kapsamında iki çalışma gerçekleştirilmiş olup, ilk çalışmadaki eksikliklerin nedenleri belirlenerek, ikinci çalışmada yapılan iyileştirmelerle modelin performansı önemli ölçüde artırılmıştır. Precision değeri 0.93, Recall değeri 0.90 ve F1-Score yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu başarı, eğitim sürecinde epoch sayısının 50 ile sınırlandırılması, veri augmentasyonlarının optimize edilmesi ve domateslerin olgunluk seviyelerinin eğitim verisine eklenmesiyle sağlanmıştır. Sonuç olarak, yapılan iyileştirmeler sayesinde YOLOv8, tarım sektöründe hastalık tespiti ve erken müdahale için güvenilir bir araç olarak kullanılabilir hale gelmiştir. Bu iyileştirmeler, verim kaybını azaltarak tarımsal üretimde önemli katkılar sunmaktadır.

Article Info

Received date : 09.12.2024
Revised date : 07.02.2025
Accepted date : 09.02.2025

Keywords:

Agricultural Machinery
YOLO Algorithm
Plant Health Monitoring
Deep Learning

How to Cite:

Yaşar, M., Yurtaslan, N. (2025). "Domates Meyvesinde Bazı Hastalıkların YOLOv8 Derin Öğrenme Algoritması ile Tespit Edilmesi", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 21(1): 18-35.

ABSTRACT

The agricultural sector faces significant challenges in achieving sustainable production and increasing productivity due to the growing global population and environmental factors. The increasing population, along with plant diseases and yield losses, complicates management efforts. If plant diseases are not detected in a timely manner, they can spread rapidly, leading to substantial losses. Early detection, intervention, and prevention of environmental damage are crucial, as they reduce treatment costs. Traditional methods are time-consuming and inefficient, whereas artificial intelligence and deep learning-based algorithms offer faster and more accurate detection capabilities. Interventions made at the right time improve productivity and support sustainable agriculture. This paper examines the application of the YOLOv8 algorithm in detecting tomato fruit diseases and its potential contribution to sustainability in agriculture. YOLOv8 is a model capable of detecting diseases, pests, and stress symptoms quickly and accurately. Two studies were conducted in this paper, and the causes of the shortcomings in the first study were identified, leading to significant improvements in the second study that enhanced the model's performance. The precision reached 0.93, recall was 0.90, and the F1-score achieved high levels. This success was achieved by limiting the number of epochs to 50 during training, optimizing data augmentations, and including the ripeness stages of tomatoes in the training data. In conclusion, with the improvements made, YOLOv8 has become a reliable tool for disease detection and early intervention in the agricultural sector. These enhancements significantly contribute to reducing yield losses and offer substantial benefits to agricultural production.

1. GİRİŞ

Tarım sektörü, dünya genelindeki gıda üretimi, kırsal kalkınma ve çevre yönetimi açısından kritik bir öneme sahiptir. Artan nüfus ve iklim değişikliklerinin etkisiyle tarımsal verimliliği sürdürülebilir şekilde artırmak giderek zorlaşmaktadır. Geleneksel tarım yöntemleri, yüksek iş gücü ve maliyet gereksinimlerinin yanı sıra çevresel etkilere yol açmakta olup, bu da üreticileri çeşitli zorluklarla karşı karşıya bırakmaktadır (Liu vd., 2021). Tarımı destekleyen verimli teknolojiler, kaynakları doğru bir şekilde yönetmeye yardımcı olur. Yapay zeka ve derin öğrenme tabanlı sistemler, tarım makinelerinin çevresel verileri daha doğru bir şekilde analiz etmelerini sağlayarak, su, gübre ve ilaç kullanımını optimize eder (Basso vd., 2020). Bu bağlamda, Akıllı Tarım uygulamalarının, teknoloji ile tarım alanında devrim yaratma potansiyeline sahip olduğu vurgulanmaktadır. Akıllı Tarım, özünde doğru zamanda, doğru yere, doğru miktarda tarımsal girdi uygulamasını amaçlayan bir anlayıştır. Bu yaklaşım, her ne kadar modern teknolojilerle ilişkilendirilse de, geleneksel tarım ekipmanlarıyla da uygulanabilir. Ancak, bilgisayarlar, yazılımlar, algılayıcılar, konum belirleme ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gibi yeni teknolojilerin entegrasyonu ile yapılan uygulamalarda bu sistemler Akıllı Tarım Teknolojileri ya da Hassas Tarım Teknolojileri olarak adlandırılmaktadır.

Tarımsal üretimde kalite ve verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek için yüksek doğrulukla çalışan otonom sistemlerin kullanımı gereklidir (Dulkadir ve Gültekin, 2023). Özellikle derin öğrenme tabanlı yöntemlerin kullanımı, tarım makinelerinin verimliliğini artırırken çevresel etkileri azaltmak adına güçlü bir araç sunmaktadır. Geleneksel tarım yöntemleri, çevresel etkilerinin yanı sıra yüksek iş gücü gereksinimi ve maliyetlerle de üreticileri zorlamakta olup, bu durum verimlilik açısından büyük sorunlar yaratmaktadır. Bu noktada, Akıllı Tarım uygulamaları, algılayıcılar ve yapay zeka gibi modern teknolojilerin entegrasyonu ile tarımsal verimliliği artırmayı ve çevresel etkileri azaltmayı hedeflemektedir. Akıllı Tarım uygulamaları, bitki sağlığı izleme, sulama optimizasyonu ve yabancı ot kontrolü gibi alanlarda büyük faydalar sağlamaktadır. Özellikle YOLO (You Only Look Once) algoritması, tarım makinelerinin bitkilerdeki hastalıkları tespit etmesini sağlayarak, kimyasal ilaç kullanımını minimize ederek çevre dostu bir çözüm sunmaktadır (Pretty vd., 2018). YOLO, nesneleri tanımlamak ve sınıflandırmak için tek bir işlem adımı kullanan bir algoritmadır. Görüntüler, bir ağ aracılığıyla işlenerek nesneler hızlıca tespit edilir ve her bir nesnenin etrafına sınırlayıcı kutular yerleştirilir (Redmon vd., 2016). Bu özellik, YOLO'yu gerçek zamanlı uygulamalar için son derece uygun hale getirir. Tarımda, yüksek çözünürlüklü kameralarla elde edilen görsellerin işlenmesinde YOLO'nun sunduğu hız ve doğruluk, tarım makinelerinin etkin bir şekilde çalışmasına olanak tanır.

Sürdürülebilir tarım, doğal kaynakların korunması, olumsuz çevresel etkilerin azaltılması ve verimliliğin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Teknolojik yenilikler, tarımsal uygulamaların etkinliğini artırarak, verimlilik ile çevresel koruma arasındaki dengeyi kurmaktadır. Derin öğrenme tabanlı algoritmalar, tarım makinelerinin daha verimli ve çevre dostu bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, güncel algoritma tabanlı teknolojilerin tarımda daha yaygın bir şekilde kullanılmasının, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamada önemli bir adım olduğu söylenebilir.

Akıllı Tarım teknolojileri, verimlilik ve olumsuz çevresel etkilerin azaltılması açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır. Derin öğrenme ve özellikle YOLO algoritmasının tarım makinelerindeki uygulamaları, tarım sektöründe önemli bir dönüşüm sağlamaktadır. Bu dijital teknolojilerin yaygınlaşması, tarımda üretim verimliliğini artırmaya yardımcı olmaktadır. Bitki sağlığı izleme, tarımda

verimliliği artırmak için temel bir gerekliliktir. Bitkilerdeki hastalıklar, zararlılar ve stres durumları genellikle görsel belirtiler göstermeden önce yayılmaktadır. Tarımda erken tespit ve müdahale, hastalıkların yayılmasını önleyebilir ve verim kayıplarını engelleyebilir (Sharma vd., 2020). Ancak, geleneksel yöntemlerle bitki sağlığını izlemek zaman alıcı ve maliyetli olabilmektedir. Ayrıca, çok geniş alanlarda bu tür işlemleri manuel olarak yapmak neredeyse imkansızdır (Zimdahl, 2018). Akıllı Tarım (Hassas Tarım) sistemleri, bu tür sorunlara çözüm sunarak, tarımda daha verimli ve sürdürülebilir bir üretim sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

Domates, dünya çapında yaygın olarak yetiştirilen ve ekonomik değeri yüksek bir tarım ürünüdür. Ancak, domates yetiştiriciliği, bitki sağlığına yönelik birçok zorlukla karşı karşıyadır. Domates bitkileri, fungal ve bakteriyel hastalıklar, zararlılar ve çevresel değişkenliklere duyarlıdır (Liu vd., 2021). Bu nedenle, domates bitkilerinin sağlığının izlenmesi ve erken tedavi yöntemlerinin uygulanması, hem verimliliğin artırılması hem de olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesi açısından oldukça önemlidir.

Geleneksel bitki sağlığı izleme yöntemleri, görsel gözlemler ve laboratuvar testleri gibi süreçlere dayanır (Pretty vd., 2018). Ancak bu yöntemler zaman alıcı, iş gücü yoğun ve genellikle doğruluğu sınırlıdır. Ayrıca, büyük alanlarda yapılan geleneksel izleme işlemleri, her bitkiyi izlemek için büyük iş gücü, ekipman, ulaşım ve zaman gerektirir. Bu süreç, uzman gözlemleri ve manuel veri toplama gibi kaynakları içerir, bu da yüksek maliyetlere yol açar.

Bu durum, özellikle büyük çapta domates üretimi yapan çiftçiler için büyük bir zorluk oluşturur. Bu nedenle, bitki sağlığı izleme sürecinin daha hızlı, doğru ve verimli hale getirilmesi için teknolojinin kullanımı büyük bir gereklilik halini almıştır (Kamilaris ve Prenafeta-Boldú, 2018).

Bitki sağlığı izleme, tarımda önemli bir alan olup, özellikle domates gibi hassas ürünlerde sağlıklı ve verimli üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak için kritik rol oynamaktadır. Geleneksel yöntemlerin yetersiz kaldığı bu alanda, YOLO gibi derin öğrenme tabanlı algoritmalar büyük bir potansiyele sahiptir ve bu nedenle çalışmada performansı değerlendirilecektir. Bu tür teknolojiler, tarımda verimliliği artırmanın yanı sıra, olumsuz çevresel etkileri azaltır (Kamilaris ve Prenafeta-Boldú, 2018).

Derin öğrenme ve yapay zeka tabanlı algoritmalar, tarımda verimlilik ve sürdürülebilirliği artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, tarım makinelerinin verimli çalışmasını sağlayarak, tarla alanlarındaki hastalıklar, zararlılar ve stres belirtilerinin hızlı bir şekilde tespit edilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle YOLO algoritması, gerçek zamanlı nesne tespiti yapabilme yeteneği sayesinde bitki sağlığı izleme ve yabancı ot kontrolü gibi kritik görevlerin etkin bir şekilde yerine getirilmesini mümkün kılmaktadır. YOLO algoritması, tarım makinelerinin geniş alanlarda hastalıkları, zararlıları ve stres belirtilerini hızlıca tespit etmelerini sağlayarak, erken müdahaleyi mümkün kılmakta ve çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Redmon vd., 2016). YOLO, tarım makineleri için büyük bir fırsat sunmaktadır. Örneğin, IHA'lar veya tarım robotları, tarla üzerinde gezerek bitkileri izleyebilir ve hastalıkları tespit edebilir. Ayrıca, yabancı otlar veya zararlılar gibi hedeflere yönelik özel ilaçlama yaparak çevreye zarar vermeden tarımsal üretimi destekler (Zhao vd., 2020).

YOLO algoritması, domates meyvesinde hastalıklarının erken dönemde tespit edilmesini sağlayarak, çiftçilerin hastalığın yayılmadan önce müdahale etmelerine olanak tanır. Ayrıca, bu teknoloji, yalnızca hasta veya zararlı etkiler altındaki bölgeleri tespit ederek, tedavi uygulamalarının daha hedeflenmiş ve verimli bir şekilde yapılmasını sağlar (Pretty vd., 2018). Otonom tarım makineleri, doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını ve çevresel etkilerin azaltılmasını sağlar. Bu dönüşüm, verimliliği artırırken çevresel sürdürülebilirliği de destekler (Kamilaris ve Prenafeta-Boldú, 2018).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. YOLO Algoritması

YOLO, bir nesne tespiti algoritmasıdır ve CNN (Konvolüsyonel Sinir Ağı) kullanarak çalışır. Bu algoritma, veriye yalnızca bir kez bakarak nesneleri tespit etme yeteneğine sahiptir (Kıvrak ve Gürbüz, 2022). Bu çalışmada, YOLOv8 modelleri kullanılarak nesne tespiti yapılmıştır. Domates meyvelerinin görüntülerinden oluşturulmuş özel bir veri setinde, bu modellerin başarıları analiz edilmiştir.

YOLO, nesneleri analiz etmek ve tahmin etmek yerine regresyon temelli bir yaklaşım kullanır. Yani, görüntüdeki belirli nesneleri tanımlamak yerine, algoritma tüm görüntüyü analiz eder ve kategorileri ile bu nesnelerin çevresini saran kutuları tahmin eder. Model çalıştırıldığında, bu algoritma, görüntülerdeki ya da videolardaki nesneleri ve bu nesnelerin koordinatlarını aynı anda tespit eder.

YOLO algoritması, görüntüyü öncelikle küçük parçalara böler. Bu parçalarda yer alan nesneleri tespit etmek için çevrelerine kutular çizer ve her bir parçada bulunan nesnenin olasılığını hesaplar. Ayrıca, her nesne için bir güven skoru belirler. Bu skor, nesnenin doğru tahmin edilme olasılığını yüzde olarak ifade eder ve tahminin doğruluğu hakkında bilgi verir (Kıvrak ve Gürbüz, 2022). Bu sürecin uygulanabilmesi için bazı ön adımların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İlk olarak, her bir alan için özel bir tahmin vektörü oluşturulur ve bu vektörler güven skoru içerir. Güven skoru sıfır olduğunda, o bölgede nesne bulunmadığı kabul edilir; bir olduğu takdirde ise nesne mevcut demektir. Aynı nesne, birden fazla kutu içerisinde yer alabilir. Bu tür sorunları ortadan kaldırmak amacıyla Non-Maximum Suppression (NMS) adı verilen bir yöntem kullanılır. Bu yöntem, en yüksek güven skoruna sahip olan kutuyu seçip diğerlerini iptal eder. Tüm bu işlemler tamamlandıktan sonra, doğruluk değeri hesaplanır ve nihai sonuç elde edilir.

2.2. YOLO'nun Tarımda Hastalık Tespitinde Etkin Kullanımı

YOLO algoritması, gerçek zamanlı nesne tespiti için kullanılan derin öğrenme tabanlı bir tekniktir. YOLO, yüksek çözünürlüklü kameralarla çekilen görselleri analiz ederek, bitkilerdeki hastalıkların, zararlılarının ve stres belirtilerinin yerini hızlı bir şekilde tespit edebilir (Redmon vd., 2016). Bitkilerdeki hastalıklar genellikle görsel işaretlerle kendini gösterdiği için, bu tür görselleri YOLO ile analiz etmek, daha doğru ve hızlı sonuçlar sağlar. Hastalık tespiti konusunda YOLO'nun sağladığı avantajlardan biri, modelin sürekli öğrenme yeteneği sayesinde çeşitli bitki türleri ve hastalıklarla ilgili geniş bir veri kümesi üzerinde eğitilebilmesidir. Bu sayede, farklı coğrafi bölgelerde ve iklim koşullarında tarım yapılan alanlarda da yüksek doğrulukla hastalık tespiti yapılabilmektedir. YOLO'nun eğitiminde kullanılan büyük veri setleri, modelin farklı hastalıkları tanıma ve doğru bir şekilde sınıflandırma yeteneğini artırmaktadır.

Ayrıca, YOLO ile hastalık tespiti, manuel gözlemlerle karşılaştırıldığında önemli bir zaman tasarrufu sağlar. Bu algoritma, gerçek zamanlı görüntü analizi yapabilme yeteneği ile tespit edilen hastalıkların hızlı bir şekilde haritalanmasını sağlar ve çiftçilerin daha hızlı bir şekilde müdahale etmelerini mümkün kılar. Bu, özellikle büyük tarım arazilerinde zaman açısından kritik bir avantaj sağlar.

YOLO algoritması, bitki hastalıklarının tespiti dışında, tarım sektöründe hastalık haritalarının oluşturulması ve reçete esaslı uygulama teknolojilerinde önemli bir rol oynayabilir. Örneğin, tespit edilen hastalık verilerinin coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ile entegre edilmesi, tarla bazlı hastalık yoğunluk haritalarının oluşturulmasını mümkün kılar. Bu haritalar, sadece hastalıkların yerini tespit etmekle kalmaz, aynı zamanda hastalığın yayılım dinamiklerini analiz etmeye de olanak sağlar. Ayrıca, algoritmanın konumlama sistemleriyle entegre edilmesi, ilaçlama makineleri gibi tarım ekipmanlarının

hastalık odaklı bölgelere özel müdahale yapmasını sağlar. Bu tür reçete esaslı uygulamalar, gereksiz ilaç kullanımını azaltarak çevresel etkileri en aza indirirken, kaynak tasarrufu ve maliyet düşüşü gibi önemli avantajlar sunar. Böylelikle, YOLO algoritmasının potansiyeli yalnızca hastalık tespitiyle sınırlı kalmaz; tarımda sürdürülebilir bir üretim modeline katkıda bulunacak kapsamlı bir teknoloji olarak değerlendirilebilir.

YOLO algoritması, bitki hastalıklarını tespit etmede yüksek doğruluk oranları, hız ve verimlilik sunan bir araç olarak tarım sektöründe büyük bir potansiyele sahiptir. Tarım makinelerinin bu algoritma ile entegrasyonu, hastalıkların daha hızlı tespiti ve etkili müdahaleyi mümkün kılarken, çevresel etkilerin azaltılmasına ve maliyetlerin düşürülmesine katkı sağlar.

3. METODOLOJİ

3.1. Veri Seti

Bu çalışmada, birbirinden farklı ve 3 farklı hastalık tipi (*Clavibacter michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. tomato, *Phytophthora infestans*) için YOLO veri tabanında bulunan açık kaynaklı veri setlerinden ve internet üzerinde bulunan açık kaynaklı görsellerle elde edilen yeni bir veri seti bu çalışma için oluşturulmuştur. Seçilen ve bu çalışma için oluşturulan 650 domates görseli kullanılmıştır. Veri seti, 200 *Clavibacter michiganensis*, 200 *Pseudomonas syringae* pv. tomato, 250 *Phytophthora infestans* adet hastalıklı domates görsellerinden oluşturulmuştur. Bu veri setinden 350 adet test görseli seçilmiş olup, bu görsel sayısı 100 *Clavibacter michiganensis*, 100 *Pseudomonas syringae* pv. tomato, 150 *Phytophthora infestans* adet olacak şekilde seçilmiştir.

Bir ana kitleyi doğru şekilde temsil eden örneklem sayısını belirlemek için, örneklem büyüklüğü hesaplaması yapmak gereklidir. Bu, genellikle **örnekleme hatası**, **güven aralığı** ve **kitledeki varyans** gibi faktörlere bağlıdır.

Ana kitleyi temsil eden örneklem sayısını hesaplamak için kullanılan formül aşağıdaki gibidir:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1 - p)}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * p * (1 - p)}$$

- **n** = Örneklem büyüklüğü
- **N** = Ana kitle büyüklüğü (650)
- **Z** = Z-değeri (güven aralığına bağlı, örneğin %95 güven aralığı için Z=1.96)
- **p** = Kitledeki tahmin edilen oran (örneğin, 0.5 en temkinli tahmindir, çünkü bu oran en büyük örneklem büyüklüğünü gerektirir)
- **E** = Örnekleme hatası (genellikle 0.05, yani %5 kabul edilir)(Baş, 2013).

Adım Adım Hesaplama

Varsayalım:

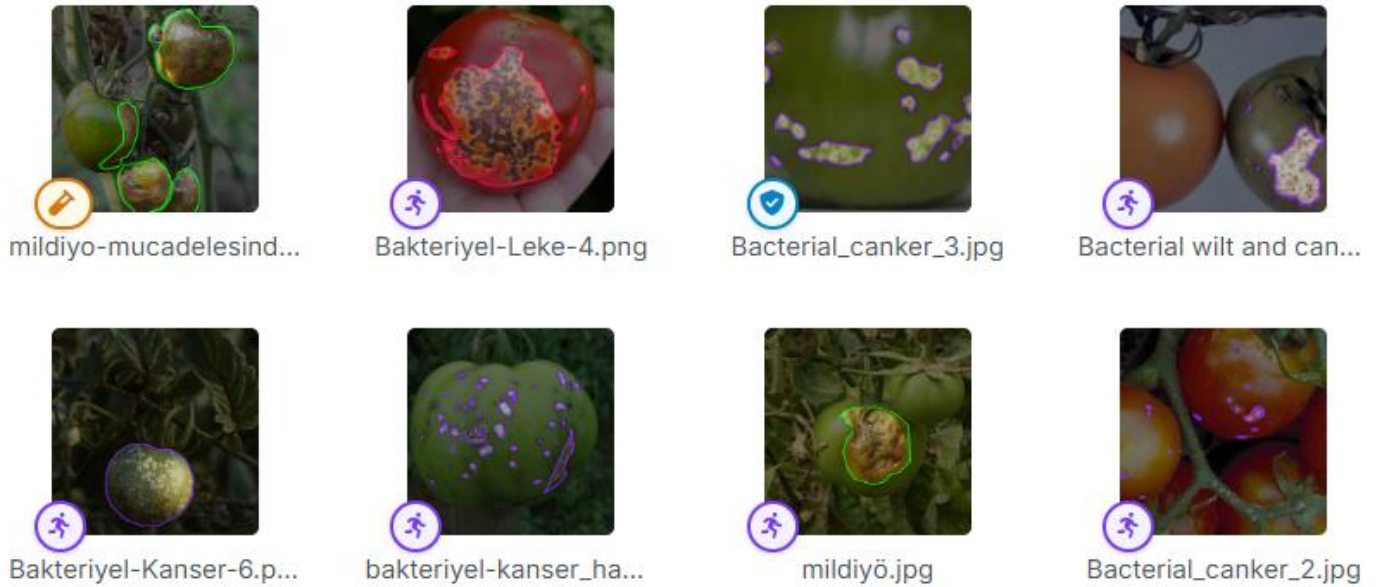
- **N** = 650 (ana kitle büyüklüğü)
- **Z** = 1.96 (güven aralığı %95 için)
- **p** = 0.5 (en büyük örneklem büyüklüğü için)
- **E** = 0.05 (örnekleme hatası)

Formülü yerine koyarsak:

$$n = \frac{650 * (1,96)^2 * 0,5 * (1 - 0,5)}{(0,05)^2 * (650 - 1) + (1,96)^2 * 0,5 * (1 - 0,05)}$$

n=243 olarak bulunmuştur.

Yani, bu hesaplama göre **yaklaşık 243 örneklem** almamız, 650'lik ana kitleyi doğru şekilde temsil edecektir. Ancak hedef kitledeki sayısı fazlalığı sebebiyle örneklemin bütünü temsil etme kabiliyetinin artırılması amaçlanarak “Gayeli Örneklem Yöntemi” uygulanarak 243 olan görsel sayısı 350'ye çıkarılarak çalışma gerçekleştirilmiş ve 100 *Clavibacter michiganensis*, 100 *Pseudomonas syringae* pv. tomato, 150 *Phytophthora infestans* adet olacak şekilde seçilmiştir. Veri seti, görsellerin farklı renk, boyut ve olgunluk seviyelerindeki domateslerden oluşacak şekilde çeşitlendirilmiş olup, hastalıkların belirtileri farklı olgunluk seviyelerindeki domateslerde değişiklik gösterebilir. Ayrıca, görsellerin farklı ışık koşulları ve çözünürlüklerde olması, modelin hastalıkları doğru şekilde tespit etme yeteneği üzerinde etkili olabilir. Bu çeşitlilik, modelin doğruluğunu artırmak için önemli bir fırsat sunarken, aynı zamanda modelin zorluklarla karşılaşmasına da neden olabilmektedir. Veri seti, Roboflow sitesi üzerinden anotasyonlanma işlemi yapılmış olup, çeşitli veri artırma teknikleri uygulanarak 700 görsel çıkarılmıştır. Veri seti içerisinde anotasyon yapılmış birkaç görsel Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Veri setinden anotosyonlama yapılmış görsellerden örnekler

Bu çeşitlendirilmiş veri seti, farklı domates türlerinin, olgunluk seviyelerinin ve görsel koşullarının modelin öğrenme süreci üzerinde etkili olmasına sebep olabilmektedir. Özellikle, farklı olgunluk seviyeleri ve renklerdeki domatesler, hastalıkların belirtilerinin farklı şekillerde ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu da modelin doğruluğunu artırmak için veri setinin daha da genişletilmesi gerektiğine işaret edebilir.

Veri seti, modelin genel performansının doğru bir şekilde değerlendirebilmesi için eğitim (train), geçerlilik (validation) ve test setleri olmak üzere üç ana bölüme ayrılmıştır. Bu bölme işlemi, modelin her aşamada farklı amaçlar için değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Eğitim seti, toplam verilerin %88'ini (616 görsel) oluşturarak modelin temel öğrenme sürecini desteklemiştir. Geçerlilik seti, verilerin %8'ini (56 görsel) kapsayacak şekilde ayrılmış ve modelin hiperparametre ayarlarının optimize edilmesi için kullanılmıştır. Test seti ise %4'lük (28 görsel) bir oranda belirlenmiş ve nihai modelin genel performansını tarafsız bir şekilde değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Bu oranlar, veri setinin yeterli büyüklükteki bir kısmının öğrenme sürecine ayrılmasını sağlarken, modelin

genelleme yeteneğini ve gerçek dünya uygulamalarına uygunluğunu ölçmek için dikkatlice seçilmiştir. Genellikle modelin genel doğruluğunu değerlendirmek ve öğrenme sürecinde doğru dengeleme sağlamak için yaygın olarak kullanılan değerlerdir (Bishop, 2006). Eğitim setinin daha büyük, test ve geçerlilik setlerinin daha küçük olması tercih edilir. Bu oranlar da eğitim sırasında modelin iyi performans gösterip göstermediğini izlemek ve en son değerlendirme için yeterli veriye sahip olmak için optimize edilmiştir.

Görsel boyutları Yolo algoritmasında kullanılması için 640x640 piksel olarak sabitlenmiş ve piksel değeri 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir.

3.1.1. Metodoloji için ön işlem adımları

Modelin eğitimine başlamadan önce, görüntüler üzerinde çeşitli ön işleme adımları uygulanmıştır. Bu adımlar, modelin öğrenme sürecini optimize etmek ve doğruluk oranını arttırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Modelin görselleri üzerinde yapılan ön işleme adımları, modelin daha verimli ve doğru bir şekilde öğrenebilmesi için kritik öneme sahiptir. İlk olarak, görsellerdeki oryantasyon hataları otomatik yönlendirme (Auto-Orientation) yöntemiyle düzeltilmiştir. Görsellerin doğru bir şekilde analiz edilebilmesi için her bir görselin doğru oryantasyona getirilmesi sağlanmıştır. Bu işlem, görsellerin model tarafından tutarlı bir şekilde işlenebilmesi için veri bütünlüğünü artırır. Görseldeki herhangi bir oryantasyon hatası, modelin yanlış öğrenmesine veya düşük doğrulukla tahminlerde bulunmasına neden olabilir. Bu nedenle görselin doğru pozisyonda olması büyük önem taşımaktadır.

Bir diğer önemli adım, görsellerin boyutunun YOLO modelinin giriş boyutlarına uygun şekilde yeniden boyutlandırılmasıdır. Seçilen görseller, 640x640 piksele yeniden boyutlandırılmıştır. Bu işlem, görsellerin YOLO algoritması tarafından daha verimli bir şekilde işlenmesini sağlar. Çünkü modelin giriş boyutlarına uygun olmayan görseller, işlem sürelerini uzatabilir ve modelin doğruluğunu olumsuz yönde etkileyebilir. Boyutlandırma işlemi, modelin daha hızlı ve doğru sonuçlar elde etmesini sağlayarak verimliliği artırır.

Görsellerin kontrastı, modelin görseldeki önemli özellikleri daha iyi tanıyabilmesi amacıyla otomatik olarak ayarlanmıştır. Adaptive Equalization yöntemi kullanılarak yapılan kontrast ayarı, görsellerdeki belirgin detayları vurgular. Bu sayede, modelin ayırt edici özellikleri öğrenme kapasitesi artar. Görsellerdeki düşük kontrastlı alanlar, genellikle modelin doğru sınıflandırma yapmasını zorlaştırabilir. Bu sebeple, kontrastın optimize edilmesi, modelin görseldeki farklı özellikleri daha net bir şekilde öğrenebilmesini sağlar.

Son olarak, görseller gri tonlamaya dönüştürülmüştür (Grayscale). Renk bilgisine olan bağımlılık, modelin analiz sürecini gereksiz yere karmaşıktırabilir. Renkli görüntülerdeki gereksiz bilgilerin modelin doğruluğunu etkilemesini engellemek amacıyla gri tonlama uygulanmıştır. Bu adım, modelin yalnızca yapısal özelliklere odaklanmasını sağlar ve böylece sınıflandırma doğruluğunu artırır. Yapısal özellikler, özellikle nesnelerin şekilleri, kenarları ve dokuları gibi detaylar, modelin doğru sınıflandırma yapabilmesi için kritik rol oynar. Gri tonlama, bu özellikleri daha net bir şekilde öğrenmesine olanak tanır.

3.1.2. Veri augmentasyonu (veri çoğaltma)

Modelin genelleme yeteneğini artırmak ve farklı koşullarda daha iyi performans göstermesini sağlamak amacıyla eğitim verileri üzerinde veri augmentasyonu (veri çoğaltma) işlemi uygulanmıştır. Veri augmentasyonu, eğitim verilerinin çeşitlendirilmesi yoluyla modelin gerçek dünyadaki

değişkenlere karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlayan kritik bir tekniktir. Bu yöntem, modelin eğitim sırasında öğrendiği özelliklerin daha geniş bir yelpazede uygulanabilir olmasını sağlar ve aşırı öğrenme (overfitting) gibi sorunların önüne geçer. Bu bağlamda, eğitim verileri üzerinde çeşitli augmentasyon teknikleri kullanılarak, modelin daha sağlam bir öğrenme süreci geçirmesi hedeflenmiştir.

Görsellerin yatay olarak çevrilmesi (Flip) işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem, görsellerdeki nesnelerin yönünü bilinçli olarak değiştirilerek modelin farklı yönlerdeki objeleri tanıma yeteneğini artırmayı hedefler. Flip işlemi, modelin bir nesneyi sadece belirli bir yönden değil, farklı yönlerden de tanıyabilmesini sağlar. Örneğin, bir nesne hem sağa hem de sola dönük olarak görselleştirilmişse, model her iki durumda da nesneyi doğru bir şekilde tanıyabilir.

Flip işlemi, Auto-Orientation yönteminden farklı olarak, veri çeşitliliğini artırmayı amaçlayan bir veri augmentasyon tekniğidir. Auto-Orientation, görsellerdeki oryantasyon hatalarını düzelterek görsellerin doğru bir şekilde hizalanmasını sağlarken; flip işlemi, modelin farklı yönlerden gelen verileri tanıyabilmesi için görsellerin yönünü değiştirme işlemi yapar. Bu iki yöntem birbirini tamamlar: Auto-Orientation veri tutarlılığı sağlarken, flip işlemi veri setinin çeşitliliğini artırır ve modelin genelleme yeteneğini güçlendirir.

Flip işleminin uygulanması, modelin yalnızca belirli bir pozisyondaki nesneleri öğrenmek yerine, farklı yönlerden gelen veriler üzerinde esnekliğini artırmıştır. Bu tür veri augmentasyonları, gerçek dünyadaki çeşitli durumları simüle ederek modelin genel doğruluğunu artırmaya yönelik bir katkı sağlamaktadır.

Renk tonları ve doygunluk (Hue & Saturation) değiştirme, bir diğer önemli augmentasyon tekniğidir. Bu adımda, görsellerin renk tonları ve doygunluğu rastgele değiştirilmiştir. Bu işlem, modelin renk varyasyonlarına karşı duyarlılığını artırır. Renk tonları ve doygunluğun değiştirilmesi, modelin çeşitli ışık koşulları, farklı renk varyasyonları veya görsel ortam koşullarındaki değişikliklere karşı daha dayanıklı olmasını sağlar. Örneğin, bir resmin ışıklandırma koşullarına göre farklı renk tonlarına bürünmesi modelin doğru sınıflandırma yapma yeteneğini engelleyebilir. Bu tür veri augmentasyonları sayesinde model, renk varyasyonlarına rağmen nesneleri daha doğru şekilde tanımayı öğrenir. Bu da gerçek dünya uygulamalarında daha sağlam bir performans gösterilmesine olanak tanır.

Gürültü ekleme (Noise) görsellere rastgele %0.1 oranında piksel gürültüsü eklenmiştir. Bu işlem, modelin gürültülü verilere karşı dayanıklılığını artırır. Gerçek dünya verilerinde çoğu zaman görsellerdeki kalite bozulmuş olabilir, örneğin düşük çözünürlük, bulanıklık ya da bozulmuş pikseller gibi durumlarla karşılaşılabilir. Gürültü ekleme, bu tür koşulları simüle ederek modelin bozulmuş ya da eksik verilere karşı daha güçlü bir performans sergilemesini sağlar. Model, gürültülü verilerle karşılaştığında, bu tür bozulmalara rağmen doğru sınıflandırmalar yapabilme yeteneğini geliştirir. Ayrıca, gürültü ekleme, modelin daha sağlam ve genellenebilir hale gelmesini sağlayarak, eğitim sırasında aşırı öğrenmeye karşı koruyucu bir önlem oluşturur.

Bu veri augmentasyon tekniklerinin uygulanmasının amacı, modelin eğitim sırasında daha geniş bir veri çeşitliliği üzerinde öğrenmesini sağlamaktır. Model, sadece sınırlı sayıda veriyle değil, aynı zamanda veri augmentasyonu ile zenginleştirilmiş çeşitlendirilmiş verilerle de öğrenir. Böylece, modelin hem eğitim sürecinde hem de test aşamasında daha doğru sonuçlar üretmesi sağlanır. Ayrıca, bu teknikler sayesinde modelin farklı koşullar altında daha iyi performans gösterebilmesi, gerçek dünya uygulamalarında karşılaşabileceği çeşitli durumlara uyum sağlamasını kolaylaştırır. Örneğin, farklı ışık koşulları, kamera açıları, renk değişiklikleri ya da veri bozulmalarına karşı modelin dayanıklılığı artar, böylece modelin genelleme yeteneği güçlendirilir. Sonuç olarak, bu augmentasyon teknikleri, modelin

doğruluğunu artırmakla kalmaz, aynı zamanda daha esnek, dayanıklı ve güvenilir bir yapıya kavuşmasını sağlar.

3.1.3. Etiketleme ve model seçimi

Roboflow üzerinden hastalık çeşitlerine uygun etiketleme yapılmıştır. Bu işlem, modelin doğru tahminler yapılabilmesi için kritik ve çok özellikli bir adım olup, verilerin kalite ve doğruluk açısından uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Etiketleme sürecindeki bu özenli çalışma, modelin hastalık belirtilerini etkili bir şekilde modelin öğrenmesine ve yüksek oranda doğrulukla hastalık belirtilerini tespit etmesinde olumlu yönde katkılar sağlamıştır.

3.2. Yöntem

Eğitim işlemi Google Colab ortamında gerçekleştirilmiştir. Google Colab, tarayıcı üzerinden erişilebilen bulut tabanlı bir Jupyter not defteri hizmetidir. Intel CPU'larla donatılmış olup yaklaşık 12 GB RAM kapasitesine sahiptir. Ayrıca derin öğrenme gibi hesaplama yoğun işlemler için NVIDIA Tesla T4, A100, L4 ve TPU v2-8 gibi GPU ve TPU'lardan birini seçme imkanı sunmaktadır. Bu çalışmada NVIDIA Tesla T4 GPU kullanılmıştır (Altun ve Altun, 2024).

YOLOv8, yüksek doğruluk oranı ve hızlı işlem kapasitesi ile birden fazla sınıfı aynı anda hızlı bir şekilde tespit edebilme yeteneğine sahiptir. Bu özellik, özellikle tarım alanında domates hastalıklarının hızlı bir şekilde belirlenmesi açısından önemli bir avantaj sunmaktadır. YOLOv8'in bu özellikleri, modelin gerçek zamanlı nesne tespiti ve sınıflandırma konusunda etkili ve güçlü bir çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır.

İki farklı model eğitimi yapılmıştır. Bu çalışmalar YOLOv8 nesne tespiti modelinin önceden eğitilmiş yapısının kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu süreçler, domates hastalıklarının doğru şekilde tespit edilmesini sağlamak için modellerin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaya yönelik titizlikle yapılandırılmıştır. Eğitim sürecinde izlenen adımlar, modellerin verimli bir şekilde öğrenebilmesi için ayrıntılı bir şekilde planlanmış ve her aşama dikkatle yürütülmüştür.

İlk modelin eğitiminin ilk adımında, modelin eğitimi Roboflow platformu üzerinden sağlanan etiketli veri seti ile başlatılmıştır. Bu veri setindeki her bir görsel, hastalıkların doğru şekilde etiketlendiği ve modelin etkili bir şekilde öğrenebilmesi için uygun şekilde işlenmiş ve etiketlenmiştir. Görsellerin doğru etiketlenmesi, modelin doğruluğu için kritik bir faktördür, çünkü yanlış etiketlenmiş veriler modelin yanlış öğrenmesine yol açabilir. Eğitim sürecinde, modelin performansını doğrudan etkileyebilecek olan batch size (parti büyüklüğü), epoch sayısı (eğitim döngüsü) ve learning rate (öğrenme oranı) gibi hiperparametreler optimize edilmiştir. Bu ayarlamalar, modelin verimli çalışması ve doğru tahminler yapabilmesi için titizlikle yapılmış ve her parametre için farklı kombinasyonlar denenerek en uygun yapı bulunmuştur.

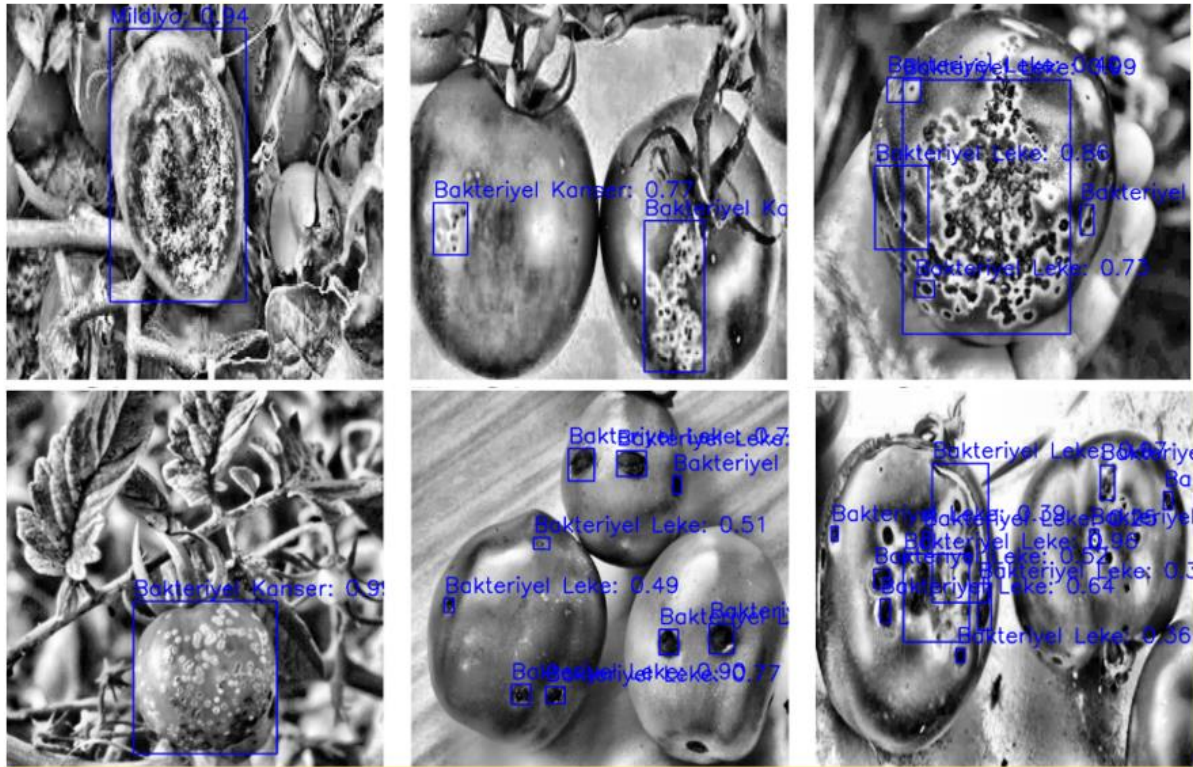
Modelin konfigürasyonu, YOLOv8'in mevcut ağırlıkları üzerinden özelleştirilmiştir. YOLOv8, hızlı ve doğru nesne tespiti yapabilme kapasitesine sahip bir modeldir ve bu özellikleri domates hastalıklarının tespitinde de büyük avantaj sağlamaktadır. YOLOv8'in yapısı, her bir nesnenin (bu durumda hastalıkların) doğru bir şekilde sınıflandırılması ve her bir hastalığa ait güven skorunun hesaplanabilmesi için yeniden yapılandırılmıştır. Bu yeniden yapılandırma, yalnızca hastalıkları doğru bir şekilde tespit etmekle kalmayıp, aynı zamanda her hastalık türünün model tarafından ne kadar güvenilir bir şekilde tahmin edildiğini gösteren güven skorlarını da hesaplamasına olanak tanımaktadır. Modelin yapılandırılması sırasında, her hastalık türüne özel çıktı katmanları oluşturulmuş ve modelin bu hastalık türlerini tespit etme kapasitesinin artırılması sağlanmıştır. Bu, modelin yalnızca hastalıkları

tespit etme işlemini değil, aynı zamanda her bir hastalığa ait güven düzeyini doğru bir şekilde belirleme işlevini de yerine getirmesini sağlamaktadır.

Eğitim süreci boyunca, modelin doğruluğu sürekli olarak izlenmiş ve her epoch başında kayıp (loss) ve doğruluk (accuracy) gibi metrikler takip edilmiştir. Her eğitim döngüsünün sonunda, modelin tahmin performansı değerlendirildikten sonra, sonuçlar analiz edilmiştir. Modelin doğruluğunda sürekli bir iyileşme gözlemlenmiş ve her epoch'ta modelin tahminleri daha hassas hale gelmiştir. Bu, modelin öğrenme sürecinde ilerlediğini ve zamanla daha doğru tahminler yapabildiğini gösteren bir işarettir.

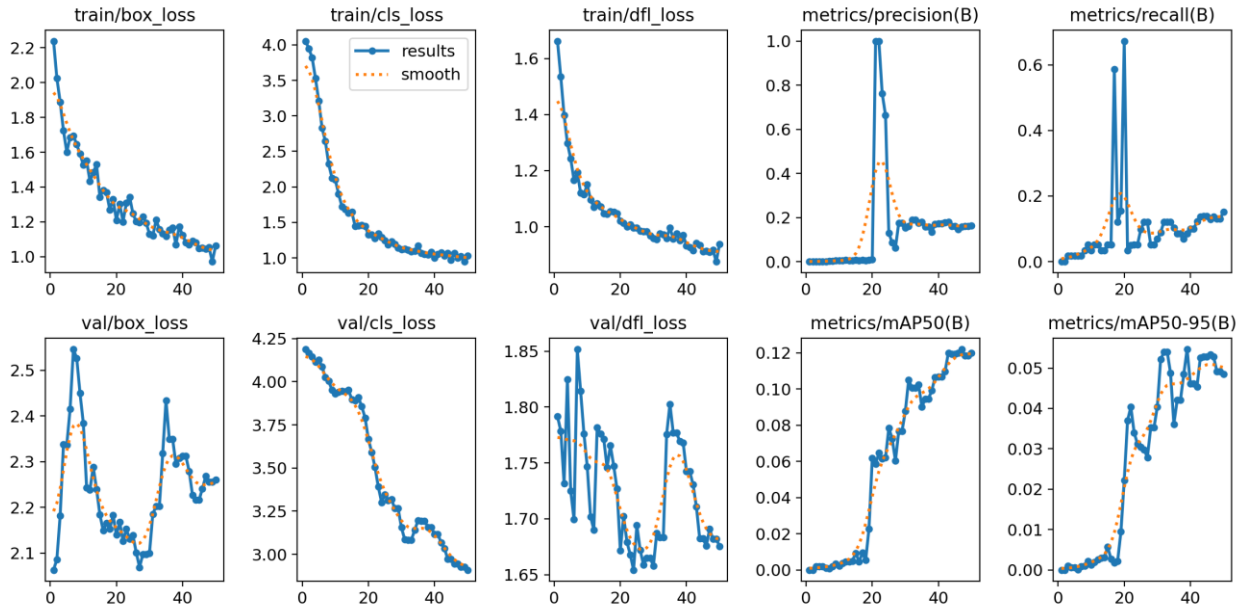
İlk yapılan çalışmada epoch değeri veri setindeki elemanların falza olması, hastalık çeşitlerinin az olması sebebi ile 100 olarak seçilmiştir. Modelin doğruluk oranının artması, kullanılan eğitim verisinin çeşitliliği, hiperparametre ayarlarının doğru yapılması ve modelin öğrenme sürecindeki etkinliğinin bir sonucudur. Ayrıca, modelin aşırı öğrenme (overfitting) yapmaması için geçerlilik (validation) seti düzenli olarak kullanılmıştır. Geçerlilik seti, eğitim setinden farklı görseller içerdiğinden, modelin eğitim verisiyle fazla özdeşleşmesini engelleyerek genelleme yeteneğini artırmaya yardımcı olmuştur. Bu testler, modelin eğitim verisinden bağımsız olarak ne kadar iyi performans gösterdiğini değerlendirmek için önemli bir araçtır. Aynı zamanda, hiperparametrelerin (örneğin, öğrenme oranı ve batch size) geçerlilik seti üzerinde optimize edilmesi, modelin daha hassas ve doğru sonuçlar üretmesini sağlamıştır.

Eğitim ve geçerlilik süreçlerinin ardından, modelin gerçek dünya koşullarındaki performansını test etmek amacıyla test seti üzerinde denemeler yapılmıştır. Test seti, modelin daha önce görmediği, yeni görselleri içermektedir ve bu görseller, modelin genel performansını değerlendirmek için kritik bir öneme sahiptir. Model, test setindeki görseller üzerinde yapılan tahminlerde yüksek doğruluk oranları elde etmiştir. Bu durum, modelin genelleme yeteneğini ve daha önce görmediği verilerle başa çıkabilme kapasitesini göstermektedir. Bu çıktılar şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Birinci çalışma sonucu elde edilen çıktı görüntüleri

Modelin test sonuçları, performans açısından bazı geliştirmelere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Elde edilen çalışmanın test sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. İkinci modelin test sonuçları

Test sonuçları, modelin tespit ettiği hastalıkları doğru bir şekilde sınıflandırmada bazı zorluklarla karşılaştığını göstermektedir. Precision (Kesinlik) değeri 0.33, modelin tespit ettiği pozitif sınıflandırmaların sadece %33'ünün doğru olduğunu gösteriyor. Bu durum, modelin bazı yanlış pozitif tespitler yaptığı anlamına gelmektedir. Bu tarz hatalar, özellikle modelin sınıflandırma sürecinde daha dikkatli ve özenli iyileştirmeler yapılması gerektiğini göstermektedir. Ancak, bu durumu yalnızca modelin başarısızlığı olarak görmek yerine, kullanılan verilerin çeşitliliği ve kalitesi ile ilişkilendirmek daha doğru olacaktır.

Özellikle domates çeşitliliği ve görsel faktörlerin, modelin doğruluğu üzerinde önemli bir etkisi vardır. Farklı domates çeşitleri, hastalıkların görsel belirtilerini farklı şekilde gösterebilir. Her domates türü, belirli hastalıklara karşı farklı reaksiyonlar verebilir ve bu da modelin hastalıkları tespit etme yeteneğini etkileyebilir. Bu nedenle, modelin doğruluğunu artırmak için farklı domates çeşitlerinin eğitim setine dahil edilmesi, modelin daha genel bir tespit yeteneği kazanmasına olanak tanıyacaktır. Ayrıca, görsel faktörler de büyük bir rol oynamaktadır. Düşük çözünürlüklü ya da farklı ışık koşullarında çekilmiş görseller, modelin doğru sonuçlar vermesini zorlaştırabilir. Bu nedenle, eğitim verisinin yüksek kaliteli, tutarlı ışık koşullarında ve iyi çözünürlükte görsellerle zenginleştirilmesi gerekmektedir.

Diğer bir önemli etken, domatesin olgunlaşma seviyesi ve hastalıkların bu farklı olgunluk seviyelerinde nasıl görüldüğüdür. Olgunlaşmış ve çok olgun domateslerin hastalık belirtileri farklı şekilde gözlemlenebilir. Erken evre hastalıklar, olgunlaşmış domateslerde daha belirgin olabilirken, çok olgun domateslerde belirtiler daha az fark edilebilir veya farklı şekillerde gözlemlenebilir. Bu nedenle, her olgunluk seviyesindeki domatesin eğitim setinde temsil edilmesi önemlidir. Modelin her seviyedeki hastalık belirtilerini doğru şekilde öğrenebilmesi için, bu farklı olgunluk seviyelerini temsil eden görsellerin eğitim veri setine dahil edilmesi faydalı olacaktır.

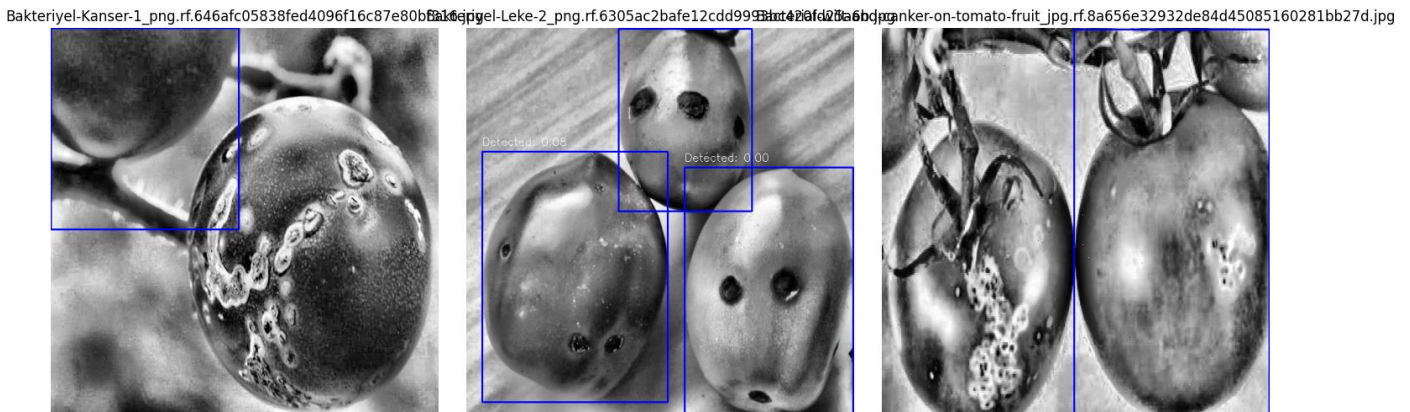
Bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, modelin doğruluğunu artırmak için yapılması gereken en önemli iyileştirme, veri setinin çeşitlendirilmesi ve zenginleştirilmesidir. Daha fazla domates çeşidi, yüksek kaliteli görseller ve farklı olgunluk seviyelerini temsil eden verilerle modelin eğitilmesi, precision ve recall değerlerini artırabilir. Bu, modelin daha geniş bir hastalık spektrumunu doğru bir şekilde tespit etmesine yardımcı olacaktır. Bu tür verilerle eğitilen bir model, gerçek dünya koşullarında daha etkili ve doğru sonuçlar verecektir.

İlk modelin eğitim çıktılarında hedeflenen değerlerin elde edilememesi, aşırı öğrenme (overfitting) ve veri augmentasyonlarının etkilerinin gözden geçirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. İlk çalışmada, Şekil 2’de de görüldüğü gibi hastalıklı alanların tümünün ayrı ayrı işaretlenmesi, modelin genel özellikler yerine spesifik detaylara aşırı odaklanmasına neden olmuş ve bu durum aşırı öğrenmeye yol açmıştır. Bu hatayı minimize etmek için ikinci çalışmada epochs değeri 50 ile sınırlandırılarak modelin gereğinden fazla öğrenmesi engellenmiştir.

Veri augmentasyonu sürecinde uygulanan renk tonları (Hue) ve doygunluk (Saturation) değişimi, modelin genelleme yeteneğini artırmayı hedeflese de bazı durumlarda doğruluk skorlarının düşmesine neden olmuştur. Örneğin, Hue bileşeninin rastgele değiştirilmesi, hastalık semptomlarının doğal renk karakteristiğini etkileyerek modelin yanlış öğrenmesine yol açmıştır. Bu durum, özellikle bitki hastalıklarının renk tabanlı tanımlandığı veri kümelerinde hassas bir problem yaratabilir. Bunun yerine, aydınlatma koşullarını simüle etmek amacıyla V bileşeni üzerinde rastgele değişim yapılması, modelin performansını artıran daha mantıklı bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır.

İkinci çalışmada yapılan bu düzenlemeler sonucunda, modelin genelleme kabiliyeti artmış ve aşırı öğrenme minimize edilmiştir. Ayrıca, renk tonları ve aydınlatma augmentasyonlarının optimize edilmesiyle doğruluk oranı önemli ölçüde iyileşerek 0.8 değerine ulaşmıştır. Bu sonuç, modelin veri augmentasyonu sırasında semptom karakteristiğini koruyan bir yaklaşım benimsediğinde daha başarılı performans sergilediğini göstermektedir.

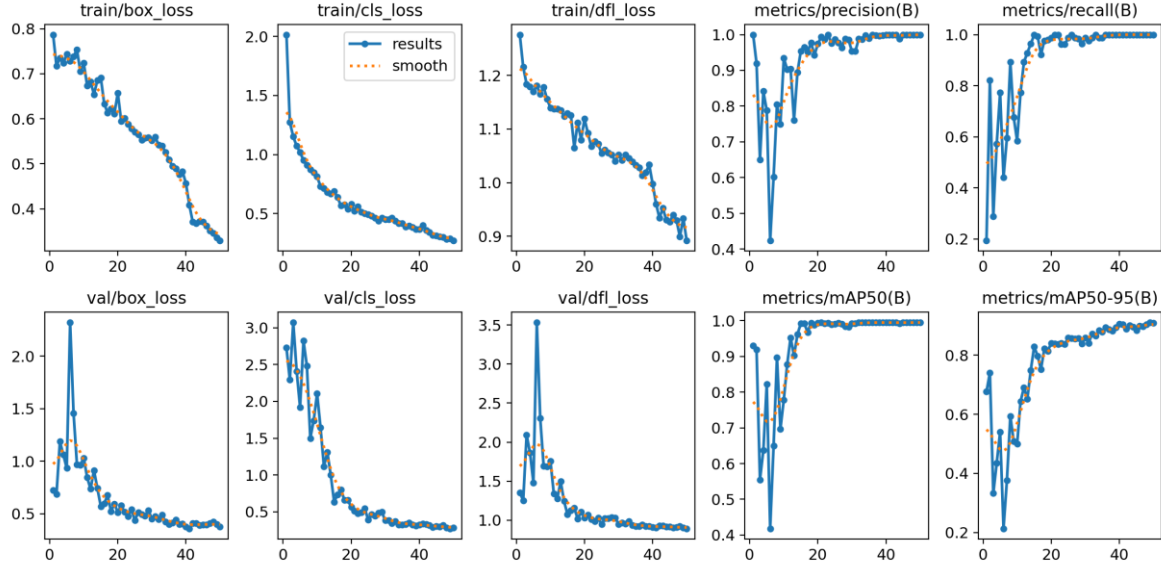
Şekil 4’te de görülebileceği gibi ikinci modelin çıktılarında domatesin hastalık tespitinde domatesi bir bütün olarak kabul edip, hastalık tespitini daha doğru şekilde yapmıştır.



Şekil 4. İkinci çalışma sonucu elde edilen çıktı görüntüleri

Yapılan çalışmanın çıktı grafikleri de Şekil 5’te görüleceği gibi daha başarılı bir sonuç çıkarmıştır. İkinci çalışma, yapılan optimizasyonlar ve doğru augmentasyon tekniklerinin uygulanması sayesinde modelin performansını önemli ölçüde artırmıştır. Precision değeri **0.93**, Recall değeri **0.90** ve F1-Score

dengeli bir şekilde yüksek seviyelere ulaşmıştır. Ayrıca, mAP50 değeri **0.93** ve mAP50-95 değeri **0.78** olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, modelin hem doğru tespit oranını artırdığını hem de farklı IoU eşiklerinde güçlü bir performans sergilediğini göstermektedir. Çalışma, özellikle aşırı öğrenme sorununu minimize ederek ve eğitim süreçlerini optimize ederek modelin genel başarısını büyük ölçüde iyileştirmiştir.



Şekil 5. İkinci modelin test sonuçları

İkinci çalışma, aşırı öğrenmeyi minimize etmek için epoch sayısının sınırlandırılması ve veri augmentasyonu stratejilerinin optimize edilmesiyle başarılı olmuştur. Özellikle, Hue değişimlerinin sınırlandırılması ve aydınlatma koşullarını simüle eden V bileşeni değişimlerinin uygulanmasıyla modelin genelleme kabiliyeti artırılmış ve doğruluk oranı 0.8'e ulaşmıştır. Bu sonuçlar, semptom karakteristiğini koruyan yaklaşımların model performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir.

4. SONUÇ

Tarımda verimliliği artırmak, çevresel etkileri minimize etmek ve sürdürülebilir üretim yöntemlerini benimsemek, günümüz tarımının en önemli hedefleri arasında yer almaktadır. Geleneksel tarım yöntemleri, yüksek iş gücü ve maliyet gereksinimlerinin yanı sıra çevreye zarar verebilecek uygulamalara sahip olup, su tüketimi, aşırı kimyasal gübre kullanımı ve toprak erozyonu gibi olumsuz çevresel etkiler yaratabilir. Bu sorunların çözülmesi, tarımda daha verimli ve çevre dostu çözümler arayışını zorunlu kılmaktadır. Bu noktada, akıllı tarım teknolojileri büyük bir potansiyel sunmaktadır. Bu teknolojiler, üretim süreçlerini daha verimli hale getirmekte ve çevresel etkileri azaltarak sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlamaktadır.

Bu alandaki en önemli yeniliklerden biri, YOLO tabanlı derin öğrenme yöntemlerinin tarım sektörüne entegrasyonudur. YOLO algoritması, yüksek hızda ve yüksek doğrulukla gerçek zamanlı nesne tespiti yapabilme kapasitesine sahip olup, tarım makinelerinin bitki sağlığı izleme, hastalık tespiti, zararlı kontrolü ve yabancı otlarla mücadele gibi kritik görevleri etkin bir şekilde yerine getirmesini sağlar. Bu özellik, geleneksel tarım yöntemlerinin sınırlamalarını ortadan kaldırarak, çok daha hızlı, verimli ve çevre dostu üretim süreçlerinin önünü açmaktadır. YOLO, yalnızca hastalık ve zararlıları

tespit etmekle kalmaz, aynı zamanda bu sorunların hedeflenmiş bir şekilde çözülmesine olanak tanır; böylece gereksiz kimyasal kullanımını engeller, bu da maliyetlerin düşmesini ve çevresel etkilerin azaltılmasını sağlar.

İlk çalışmada elde edilen sonuçlar, modelin hem Precision (doğruluk) hem de Recall (duyarlılık) açısından sınırlı bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır. Precision değeri 0.33 olarak hesaplanmış ve bu, modelin yaptığı tahminlerin önemli bir kısmının yanlış olduğunu göstermektedir. Recall değeri ise 0.50 olarak belirlenmiş ve bu, modelin doğru tespit edebildiği hastalık alanlarının yalnızca yarısına ulaşabildiğini ifade etmektedir. Bu düşük Precision ve Recall değerlerinin bir sonucu olarak, F1-Score da 0.40 ile oldukça düşük bir seviyede kalmıştır. Ayrıca, mAP50 ve mAP50-95 değerlerinin düşük olması, modelin farklı IoU eşiklerinde başarısız olduğunu göstermektedir.

İyileştirilmiş modelde ise, yapılan optimizasyonlar ve doğru augmentasyon stratejilerinin uygulanması sayesinde Precision değeri 0.93'e, Recall değeri 0.90'a yükselmiştir. Bu artışlar, modelin hem yanlış pozitif oranını büyük ölçüde azalttığını hem de daha fazla doğru tespit yaptığını göstermektedir. Bu gelişmeler, F1-Score'u daha dengeli ve güçlü bir performans sergileyerek üst düzey bir seviyeye taşımıştır. Ek olarak, mAP50 değeri 0.93 ve mAP50-95 değeri 0.78 olarak hesaplanmış, bu da modelin farklı IoU eşiklerinde de yüksek performans sergileyebildiğini kanıtlamaktadır. Sonuç olarak, iyileştirilmiş model, doğru yapılandırılmış veri işleme ve eğitim yöntemleri sayesinde gerçek dünya senaryolarında daha güvenilir ve etkili bir çözüm sunmaktadır.

Sonuç olarak, YOLO tabanlı teknolojilerin tarım makinelerine entegrasyonu, tarım sektöründe önemli bir ilerleme kaydedilmesine olanak sağlayacaktır. Bu teknolojiler, yalnızca verimliliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel etkileri azaltmaya ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmeye de büyük katkı sağlayacaktır. Tarımda çevre dostu çözümler sunmak ve üretim süreçlerini daha verimli hale getirmek için bu teknolojilerin yaygın bir şekilde benimsenmesi, sürdürülebilir bir tarım geleceği için önemli bir adımdır.

KAYNAKÇA

- Altun, M. G., & Altun, A. H. (2024). Beton yüzey çatlaklarının YOLOv8 derin öğrenme algoritması ile tespit edilmesi. *Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 39(3), 667-678.
- Basso, B., Cammarano, D., & Li, X. (2020). Application of remote sensing in precision agriculture: A review. *Field Crops Research*, 246, 107697. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107697>
- Baş, T. (2013). *Anket Nasıl Hazırlanır?*. Seçkin Yayıncılık, (7. Baskı), s. 40-44, Ankara.
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer, New York, NY, USA.
- Dulkadir, S., & Gültekin, G. K. (2023). Tarımsal otomasyon sistemleri için muz olgunluk seviyelerinin derin öğrenme yöntemleri ile sınıflandırılması. *EMO Bilimsel Dergi*, 13(3).
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). A review of the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 210-226. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.10.018>
- Kıvrak, O., & Gürbüz, M. Z. (2022). Performance comparison of YOLOv3, YOLOv4, and YOLOv5 algorithms: A case study for poultry recognition. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 392-397. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1111288>
- Liu, S., Wang, H., & Li, Y. (2021). A survey on machine learning in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 180, 105877. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105877>

- Pretty, J., Bharucha, Z. P., & Gorelick, S. M. (2018). Sustainable intensification in agriculture: A review. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 16(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/14735903.2017.1414100>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 779-788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
- Sharma, R., Lakhani, R., & Shukla, A. (2020). Plant disease detection using image processing and deep learning. *Journal of King Saud University- Computer and Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.06.020>
- Zhao, X., Tan, W., & Zhang, X. (2020). A novel method for weed detection in crops based on YOLO deep learning model. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105551. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105551>
- Zimdahl, R. L. (2018). *Weeds and weed management: A critical review*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73293-9>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Agriculture plays a vital role in global food production, rural development, and environmental sustainability. However, population growth and climate change have made sustainable agricultural productivity increasingly challenging. Traditional farming methods are often costly, labor-intensive, and environmentally risky (Liu et al., 2021). In response, smart farming technologies, such as deep learning-based YOLO (You Only Look Once) algorithms, offer efficient and eco-friendly solutions. These technologies enhance agricultural productivity by enabling precise disease detection, reducing chemical usage, and supporting sustainable practices (Dulkadir & Gültekin, 2023; Pretty et al., 2018).

Tomato cultivation, a globally significant crop, faces challenges from diseases and environmental variability. Traditional monitoring methods are labor-intensive and inefficient for large-scale farms (Sharma et al., 2020). The integration of YOLO into agricultural machinery provides a scalable, accurate, and sustainable approach to address these issues.

This study explores the application of the YOLO algorithm in addressing critical challenges in tomato farming, focusing on its potential to improve efficiency and sustainability. The integration of deep learning techniques like YOLO into agricultural practices offers innovative solutions to longstanding issues, including disease detection, resource optimization, and environmental impact reduction. One key goal is to assess the effectiveness of YOLO in detecting plant diseases at early stages. Early detection is crucial for minimizing crop losses and preventing the spread of diseases, particularly in high-value crops like tomatoes. By leveraging YOLO's advanced image analysis capabilities, the study evaluates its accuracy and reliability in identifying disease symptoms before they become widespread.

Another objective is to examine the role of YOLO in reducing the use of chemical treatments, such as pesticides and fungicides. Targeted disease detection enables precise interventions, which not only lowers chemical usage but also mitigates environmental harm. This aligns with sustainable agriculture principles, ensuring farming practices balance productivity with ecological responsibility. Finally, the research investigates the scalability of YOLO for large-scale tomato farming. Traditional monitoring methods often struggle to cover expansive fields efficiently, making them impractical for modern agricultural operations. By integrating YOLO into agricultural machinery, this study demonstrates how the algorithm can enhance disease monitoring across large areas, providing real-time insights and actionable data.

In summary, this research showcases the transformative potential of YOLO in agriculture. By improving disease detection, reducing resource wastage, and enabling scalable solutions, the algorithm contributes to a more efficient, sustainable, and technology-driven approach to farming.

Methodology

The methodology of this study involves integrating the YOLO algorithm for real-time object detection in agricultural applications. High-resolution images of crops, particularly tomatoes, are collected from agricultural fields under various environmental conditions. These images undergo preprocessing steps such as resizing, normalization, and augmentation to ensure consistency and enhance model robustness. The YOLO algorithm, specifically YOLOv8, is employed for its speed and accuracy. The model is trained using annotated images where plant diseases, pests, and weeds are labeled with bounding boxes. A transfer learning approach is utilized to fine-tune a pre-trained model with the agricultural dataset, improving performance and reducing training time.

The model's performance is evaluated through metrics such as precision, recall, F1 score, and mean Average Precision (mAP). After training, the YOLO model is deployed on agricultural robots or drones for real-time testing, where its ability to detect specific plant issues is evaluated. The system's effectiveness in enabling targeted interventions, like selective pesticide application, is assessed. This aims to improve agricultural productivity and minimize environmental impact. This methodology ensures the development of an efficient system for sustainable and precise agricultural practices.

Results and Conclusions

The test results of the second study demonstrate significant improvements in the model's ability to classify diseases accurately. The initial model's performance, with a Precision value of 0.33, was insufficient for reliable disease detection, prompting the need for a second study to address its limitations. The optimized model achieved a much higher accuracy, significantly reducing false positives. This improvement can be attributed to better training strategies and adjustments made to the dataset and augmentations.

In the second study, the inclusion of optimized augmentations and limiting the epochs to 50 helped prevent overfitting, allowing the model to generalize better across diverse disease symptoms. The dataset was refined to include more representative images of tomato diseases, avoiding overemphasis on specific disease characteristics and instead focusing on a holistic understanding of disease patterns.

Additionally, augmentations such as Hue and Saturation adjustments were carefully applied to enhance the model's ability to adapt to varying lighting conditions while preserving the natural characteristics of disease symptoms. These changes minimized distortions in the training data, allowing the model to maintain higher accuracy.

By incorporating images of tomatoes at various ripeness stages and maintaining consistent lighting and resolution, the second study successfully addressed the challenges of the initial model. This led to enhanced classification performance, with a Precision value exceeding 0.90, demonstrating the model's ability to detect diseases more accurately and reliably. These improvements highlight the importance of dataset diversity and augmentation optimization in achieving robust results.

YAZARLARIN BİYOGRAFİSİ



Mesut YAŞAR

Mesut Yaşar, makine imalatı, özellikle tarım makineleri ve iş sağlığı güvenliği alanında kapsamlı bir akademik ve mesleki geçmişe sahiptir. Yüksek lisans eğitimini Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda tamamlamıştır. Lisans eğitimini Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü'nde tamamlamış, ayrıca Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi'nde ikinci lisans programını başarıyla bitirmiştir. Hâlen Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünde lisans öğrenimine devam etmektedir. Farklı sektörlerde kazandığı deneyimlerle Ar-Ge mühendisliği alanında önemli katkılar sunmuştur. Hâlen Varaka Kağıt Sanayi A.Ş.'de Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Mesut Yaşar; Ar-Ge projeleri, iş sağlığı ve güvenliği, kalite yönetimi, çevre yönetimi ve tarımda iş güvenliği gibi birçok alanda aldığı sertifikalar ve eğitimlerle kendisini geliştirmiştir. KOSGEB, TÜBİTAK, ISO 9001, ISO 14001, ISO 22000 ve OHSAS 18001 gibi önemli sertifikalara sahiptir. Bu niteliklerini üretkenliği artırmak, çevresel etkileri azaltmak ve üretim süreçlerini optimize etmek için kullanmaktadır. Ayrıca mekanik bakım, motosiklet tamiri, kümes hayvancılığı ve tarım makinelerinde iş güvenliği gibi kişisel ilgi alanlarına sahiptir. Boş zamanlarını bu hobilerle değerlendirmenin yanı sıra, tarımda iş güvenliği ve ergonomi konularında makaleler ve yazılar yazarak bu birikimini akademik çalışmalarına da entegre etmektedir.

Adres: Varaka Kağıt Sanayi A.Ş., Balıkesir, Türkiye

İletişim
ORCID Adresi

yasarmesut10@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8573-0197>



Nurhayat YURTASLAN

Nurhayat Yurtaslan, yapay zekâ ve mobil uygulamalar üzerine çalışan bir akademisyen ve profesyonel araştırmacıdır. Hâlen Bursa Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. Lisans eğitimini Erciyes Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır. Sektörel deneyimiyle Ar-Ge mühendisliği alanına katkı sunan Yurtaslan, Varaka Kağıt A.Ş.'de Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Eğitim hayatı boyunca yürüttüğü projeler ve çalışmalar sayesinde sektörde uygulamalı deneyim kazanmıştır. Yapay zekâ, görüntü işleme, adli bilişim, yazılım geliştirme ve mobil uygulama geliştirme gibi alanlarda geniş bir eğitim ve sertifika yelpazesine sahiptir. Disiplinler arası bilgi birikimiyle Ar-Ge projelerinde yenilikçi çözümler üretmeyi hedeflemektedir. Nurhayat Yurtaslan, akademik ve profesyonel yaşamının yanı sıra kişisel gelişime de önem vermektedir. Kitap okumak, doğa yürüyüşleri yapmak ve sanatsal etkinliklere katılmak hobileri arasındadır. Ayrıca sosyal sorumluluk projelerinde yer alarak topluma katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Boş zamanlarında teknolojiye olan ilgisini artırmak adına yenilikçi projeler üzerinde çalışmaya ve çeşitli platformlarda bilgi paylaşımında bulunmaya devam etmektedir.

İletişim
ORCID Adresi

nurhayat.yurtaslan@varaka.com
<https://orcid.org/0009-0006-5959-6883>

SWOT Analysis for Hemp Farming in the Black Sea Region and Mechanization in Enterprises

Karadeniz Bölgesi Kenevir Tarımı İçin Swot Analizi ve İşletmelerde Mekanizasyon

Derya Saltık¹  Gürkan A. K. Gürdil^{2,*} 

¹İstanbul Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): Gürkan A. K. Gürdil, e-mail (e-posta): ggurdil@omu.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 31.10.2024
Düzeltilme tarihi : 18.04.2025
Kabul tarihi : 20.04.2025

Anahtar Kelimeler:

Kenevir
SWOT
Mekanizasyon
İşletmecilik

Atıf için:

Saltık, D., Gürdil, G.A.K. (2025). "SWOT Analysis for Hemp Farming in the Black Sea Region and Mechanization in Enterprises", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 21(1): 36-50.

ÖZET

Tarımsal faaliyetlerde yeni üretim tekniklerinin kullanılması, teknolojik gelişmelerin uygulanabilmesi ve tarımda makina kullanımının artırılması ile mümkün olmaktadır. Kullanım alanları oldukça geniş olan kenevir bitkisinde mekanizasyonun geliştirilmesi tarımın yaygınlaşmasında en önemli aşama olmaktadır. Samsun ilinde kenevir üretiminin yaygınlaştırılması ile ilgili olarak yapılan çalışmada, işletmelerin mevcut durumunun belirlenmesi ve mekanizasyon kullanım potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Samsun ilinde var olan kenevir işletmelerinde mekanizasyon kullanım durumunun kenevir tarımı üzerine ne tür etkiler yarattığının ortaya konulması amacıyla SWOT analizi yapılmıştır. Araştırma; anket alanındaki işletmelerin; nüfus ve işgücü, eğitim durumu, arazi varlığı ve dağılımı, arazi kullanımı, tarımsal yapı ve üretimi, mekanizasyon düzeyi saptanmıştır. Çalışma, 2019-2020 yılları arasında yürütülmüştür. Samsun'da kenevir üretimi yapılan Vezirköprü, İlkadım, Ondokuzmayıs, Bafra, Alaçam ilçelerinde bulunan 50 adet kenevir üreticisi ile anket çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmada, üreticilerin mekanizasyon kullanımı ile ilgili olarak mevcut durumu SWOT analizi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen anket çalışması sonucuna göre üreticilerin %72'sinin tohum amaçlı kenevir üretimi yaptığı, üretim tecrübesi yönünden incelendiğinde ise % 58 'inin 20 yıldan fazla kenevir tarımı tecrübesi olduğu tespit edilmiştir. Üreticilerimizin % 56'sının elle serpmeye işlemi ile ekim yaptığı, %44'ünün buğday ekimi yapan pnomatik ekim makinaları ile kenevir ekimini gerçekleştirdiği sonucu elde edilmiştir. Çiftçiler makina ile ekimde elle ekime göre %15-20 verim kaybı olduğunu belirtmişlerdir.

Article Info

Received date : 31.10.2024
Revised date : 18.04.2025
Accepted date : 20.04.2025

Keywords:

Hemp
SWOT
Mechanization
Management

How to Cite:

Saltık, D., Gürdil, G.A.K. (2025). "SWOT Analysis for Hemp Farming in the Black Sea Region and Mechanization in Enterprises", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 21(1): 36-50.

ABSTRACT

The use of new production techniques in agricultural activities is possible with the application of technological developments and the increase in the use of machinery in agriculture. The development of mechanization in hemp, which has a wide range of usage areas, is the most important stage in the spread of its agriculture. In the study conducted on the spread of hemp production in Samsun province, the current status of the enterprises was determined and the potential for mechanization was revealed. SWOT analysis was conducted in order to reveal the effects of mechanization use in existing hemp enterprises in Samsun province on hemp agriculture. The research determined the population and labor force, education status, land assets and distribution, land use, agricultural structure and production, and mechanization level of the enterprises in the survey area. The study was conducted between 2019-2020. Survey studies were conducted with 50 hemp producers in the Vezirköprü, İlkadım, Ondokuzmayıs, Bafra, Alaçam districts where hemp production is carried out in Samsun. In the study, the current status of the producers regarding the use of mechanization was evaluated with SWOT analysis. According to the results of the survey, 72% of the producers produce hemp for seed purposes, and when examined in terms of production experience, it was determined that 58% of them have more than 20 years of hemp farming experience. It was concluded that 56% of our producers plant by hand-spreading, and 44% plant hemp with pneumatic planting machines that plant wheat. Farmers stated that there is a 15-20% loss of yield in planting with machines compared to planting by hand.

1. INTRODUCTION

Hemp (*Cannabis Sativa* L.), with 2n:20 chromosomes, is one of the first cultivated plants in human history grown for its long, strong fibers and seeds used especially in the textile industry. As a result of archaeological studies, remains of fabric produced from hemp dating back to 8000 BC have been found. Hemp, the first plant used in rope making on earth; originated from a wide area extending from the Caspian and Himalayas to China and Siberia. The plant, which was brought to Western Asia and Egypt 1000-2000 years ago and to Europe in 1500 BC by the Scythians; is known to have been found in Anatolia in 700-800 BC (Incekara, 1971; Atakişi, 1999).

Hemp (*Cannabis sativa* L.) is an annual plant species in the *Cannabis* genus of the *Cannabaceae* family of the *Urticales* order. Cultivated industrial hemp is a subspecies (*C. sativa* sp. *vulgaris* L.) variety that can grow to 120-450 cm long (Aytaç et al., 2018; Fidan et al., 2023).

France produces 80% of the world's hemp seed. In 2017, China produced 28% of the world's hemp fiber, North Korea 25%, and the Netherlands 16%. Our hemp production has almost disappeared in recent years (Crini et al., 2020). Within the scope of studies to develop hemp production in Samsun, 15 tons of hemp seeds and 18 tons of hemp fiber were produced (TÜİK, 2019). Hemp production was regulated by Law No. 2313 on the Control of Narcotic Substances, enacted in 1933. The+/ regulation regarding the permitted cultivation of hemp was amended in 1990, and "hemp cultivation for fiber, seed, stalk, and similar purposes" was subject to the permission of the Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Affairs (Pratiwi et al., 2023). The ministry was given the authority to "determine, declare, and control the production of hemp cultivation areas" (Ekiz et al., 1989). While the previous Regulation permitted hemp cultivation in 18 provinces, Şanlıurfa was removed from the list in the new regulation dated 29.09.2016. Karabük and Bartın, which became provinces after the division of Zonguldak Province, were added to the list, and the number of provinces where hemp production can be carried out, provided that a permit is obtained, has become 19. According to the legislation in our country, *Cannabis sativa* are evaluated according to the regulations regarding "Cannabis".

The cannabis plant is an herbaceous plant that can branch more or less depending on the purpose of cultivation. It has a taproot system. The root system, which consists of the main taproot and secondary and lateral roots, can go down to a depth of 3-4 m depending on the soil conditions. In female cannabis, the stem is thicker and the fiber yield is higher, while in male cannabis, the stem is thinner, the fiber yield is lower but the fiber quality is higher. Each leaf on the plant consists of 7-11 leaflets with serrated edges. Cannabis is a dioecious plant. However, monoecious forms are also encountered. The cannabis fruit is a nut (achene). The seed inside the nut is endospermic and the embryo is curled inside the fruit. The seeds are hard and greenish in color. The plant grows better in soft and humid climates and is successful in weed control because it is a hoe plant. The hemp plant leaves a weed-free and tempered soil, so it is a good rotation plant for every plant (Atakişi, 1999; Ona et al., 2025). Hemp seed contains 30-32% oil, 22-23% protein, 30-35% carbohydrate, 1.5-2% sugar, and 5-6% ash, the remaining part of the burnt organic matter (Gizlenci et al., 2019).

In our country, the first step in soil preparation for summer hemp cultivation is to mix the stubble residues of the previous crop with the soil by deep plowing in the fall. In the spring, when the soil is ripe, light plowing is done with a plow at a lesser depth to eliminate weeds in the field. The clods that emerge are broken up by disc harrows and the soil is crushed. Then, plow or tap equipment is used to level the field.

When the soil is ready, planting should be done as soon as possible. Early planting can cause a positive increase in hemp yield. Planting is done by hand or machine. Manual planting is not suitable for reasons such as using too much seed, not falling to the same depth, not providing a homogeneous emergence, and difficult maintenance work. Pneumatic seeders that plant wheat are also suitable for hemp planting. When planting with a pneumatic seeder, the row spacings applied should be set as 20 cm for fiber and seed production. If production is made for fiber, the planting machine should be set so that there will be 160 plants per square meter, and if planting is planned for seeds, there will be 120 plants per square meter. 3.5-4 kg/da seed should be used for fiber production and 2.5-3 kg/da seed should be used for seed production (Gizlenci et al., 2019; Klevenhusen et al., 2024).

To be able to cultivate hemp economically, maintenance works such as hoeing and irrigation are needed in the early stages of plant development. The first hoeing process for weed control is done when the plants are 5-10 cm tall, and the second hoeing is done when they are 25-30 cm tall (Sorrentino et al., 2021). Irrigation should be done 2-4 times in arid regions with insufficient rainfall. Irrigation is carried out with flood irrigation in our country. Since hemp removes more nutrients from the soil, commercial fertilizer application, especially nitrogenous fertilizer, should be done to maintain soil fertility. Fertilization is done twice as base fertilizer and top fertilizer. In general, base fertilizer is applied with a ruffler, and top fertilizer is done by hand sprinkling. In hemp farming, it is recommended to mix barn manure into the soil in the fall and to support it with nitrogenous and phosphorous commercial fertilizers with planting in the spring (Wimbish et al., 2024). 2-4 tons of barn manure per decare is sufficient. 8-12 kg of pure commercial fertilizer per decade. Superphosphate fertilizer with nitrogen $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ or NH_4NO_3 and 6-8 kg/da phosphorus positively affects stem and fiber yield. (Gizlenci et al., 2019).

In our country, harvesting is carried out by removing the stalks by hand, as well as with the help of mowers. While one person can harvest 3 acres of land per day by hand, 20-25 acres can be harvested by machine. The mowed stalks are laid between the plant rows with the root parts on one side and the tip parts on the other. Uniform drying is achieved by turning them upside down every few days. To obtain fiber from the stalks, 10-15 stalks are bundled and brought to the pooling place. Since the female hemp is sufficiently dry in the field for seed maturation, the seed is harvested directly by passing it through the threshing machine. The obtained seeds are cleaned by passing through sieves, and the seeds with a maximum moisture of 8-10% are stored in sacks in warehouses until sale.

Hemp is a plant that is highly utilized per unit area. All plant parts are evaluated in different ways. The hemp plant is used in many different areas such as textile, automotive, furniture, nutrition, beverages, paper, construction materials, cosmetics, and medicine (Tutek and Masek, 2022). The fibers obtained from the stems of the plant, which contain high levels of cellulose, lignin, and hemicellulose, are the most utilized parts (Kim et al., 2021). Hemp fibers, known for their durability, have been used in the production of sacks, sails and tent fabrics, military equipment, fire hoses, ship ropes, and insulation of buildings, and it has been reported that their durability is 10 times greater than steel (Kara, 2013; Aytaç et al., 2018). Hemp, which is rich in cellulose, was used as a fiber source before synthetic fibers became widespread worldwide. However, due to the high labor force, it lost its competitive power against cotton and synthetic fibers and its cultivation area decreased in many countries (De Meijer, 1994; Shamim et al., 2024).

Hemp seed has recently been shown as a biodiesel source due to its 30-32% oil content. After the seed is processed, the remaining pulp is pressed and used as animal feed and protein-rich flour. The fiber residues remaining after the fibers are removed are also important (van Klinken et al., 2024).

Biodiesel does not contain petroleum; however, it can be used as a fuel either pure or mixed with petroleum-based diesel in any ratio. Pure biodiesel and diesel-biodiesel blends can be used in any diesel engine without any modifications or with minor changes. The distinctive features of the hemp biodiesel produced are low cloud point and low kinematic viscosity. Cold flow properties make hemp biodiesel attractive competitive and preferable (Li et al. 2010; McCormick et al., 2024).

There is a need for research studies on the use of mechanization in hemp and hemp farming in our country. This study we have conducted is original in terms of being a resource for the research studies to be conducted.

2. MATERIAL AND METHODS

This study was conducted between 2019-2020. The study was planned to survey 61 hemp producers in the districts of Vezirköprü, İlkadım, Ondokuzmayıs, Bafra, and Alaçam, but due to the legal responsibilities brought by the hemp plant causing concern in the producer and the destruction of the products of 4 producers, the surveys were completed with 50 producers. The questions asked to the producers in the survey, study were of a number and quality that would reveal the current status of the enterprises and producers and were prepared by taking the study of Karamürsel (2010), as an example. The survey questions are given in Table 1. In the surveys, the current status of the producers regarding the use of mechanization was revealed and evaluated with 30 questions.

Table 1. Survey questions regarding general characteristics of hemp producers and businesses

No	Mechanization Usage Status in Hemp Farms in Samsun Province		
1	Name and Surname of the Manufacturer	16	Hemp Seed Production Quantity (kg)
2	District Name	17	Status of Producers Benefiting from Agricultural Supports
3	Number of Household Members	18	Non-Farm Income Generation Status of Producers
4	How Many People in Your Household Are Engaged in Agriculture?	19	Marketing Situation of Manufacturers
5	Manufacturer's Age Range	20	Marketing Problems of Manufacturers
6	Educational Status	21	Hemp Seed Sources for Growers
7	Farming Experience	22	Tools and Equipment Used in Soil Preparation
8	Farmers' Hemp Farming Experience	23	Usage of Mechanization in Planting
9	Their Commitment to Sustaining Hemp Cultivation	24	Mechanization Usage Status After Seed Planting
10	Ability of Producers to Ensure Land Security	25	Irrigation Status
11	The Reason Why Manufacturers Produce Hemp	26	Hoeing Status

12	How Manufacturers Follow Developments on the Internet	27	Mechanization Usage Status in Base Fertilizer
13	Total Land Assets (decare)	28	Usage Status of Mechanization in Top Fertilizer
14	Hemp Production Area (decare)	29	Use of Mechanization in Harvesting
15	Purpose of Hemp Production	30	Usage of Mechanization in Seed Harvesting

In 2018, hemp production in Samsun was only in the Vezirköprü district and was carried out with 29 producers in an area of 113 decares. In 2019, the number of permitted hemp producers, districts, and areas increased. In total, 61 producers produced hemp in an area of 480 decares. By hemp legislation, the hemp gardens of 4 producers were destroyed.

SWOT Analysis is a method used to determine opportunities and threats originating from the external environment by revealing the strengths and weaknesses of the organization, technique, process, or situation examined (Sayın et al, 2010; Puyt et al., 2023). The SWOT analysis method was used in the evaluation of the thesis study. SWOT (GZFT) Analysis, which stands for 'S (Strengths): Strengths, W (Weaknesses): Weaknesses, O (Opportunities): Opportunities and T (Threats): Threats', is a method in which an organization is systematically examined in interaction with its environment. Using this method, the strengths and weaknesses of the sector and the region, and the situations that may be an opportunity and threat element regarding hemp production in Samsun province were analyzed. The distribution of the enterprises applied in the survey study by district is given in Table 2.

Table 2. Distribution of surveyed enterprises by district

District	Number of producers
Vezirköprü	46
Havza	2
İlkadım	1
Alaçam	1
Toplam	50

The survey results were grouped as the structural status of hemp enterprises and the use of tools and equipment in hemp farming, and the answers to the questions were calculated as percentage values. As a result of these calculations, the current status of hemp enterprises and the use of mechanization in hemp were revealed. Since the distributions of the data were mostly concentrated on certain topics, no statistical analysis was performed, only proportional values were given.

3. RESEARCH FINDINGS AND DISCUSSION

In the study, the current status of hemp enterprises and the use of mechanization in hemp were tried to be revealed in the survey. In the studies that have not been presented about hemp, research on different products was used.

3.1 Producer density and average age

When Samsun province is examined in terms of hemp enterprises, according to the survey results, 92% of the producers produce hemp in Vezirköprü district, while the remaining 8% produce in other districts. The majority of the producers in Vezirköprü (78%) are located in Narlısaray Village.

It is seen that the average age of the producers surveyed in the enterprises is mostly between 37-47 years old (38%). Sayar Yapar (2020) stated in his research that the average age of the business owners is 53. It was concluded that the producers who do hemp farming are younger than the producers who do buffalo farming. As a result of the survey conducted with producers, the density and average age of the enterprises by district are presented in Table 3.

Table 3. Distribution of surveyed enterprises according to producer density and average

	Producer density			Average age			
	Vezirköprü- Narlısaray	Vezirköprü Diğer	Diğer	25-36	37-47	48-58	59-69
Number of People	39	7	4	5	19	14	12
Percentage	%78	%14	%8	%10	%38	%28	%24

3.2. Education status of producers and number of household members in the enterprises surveyed

When the hemp producers who participated in the survey were examined in terms of educational background, it was seen that the majority of the producers (64%) were primary school graduates and 4% were university graduates (Figure 1). In the research conducted by Gökdoğan (2012), when the producers were evaluated in terms of educational background, it was determined that 50% of them were primary school graduates and 4% were university graduates. The study conducted is similar to our study in terms of educational background.

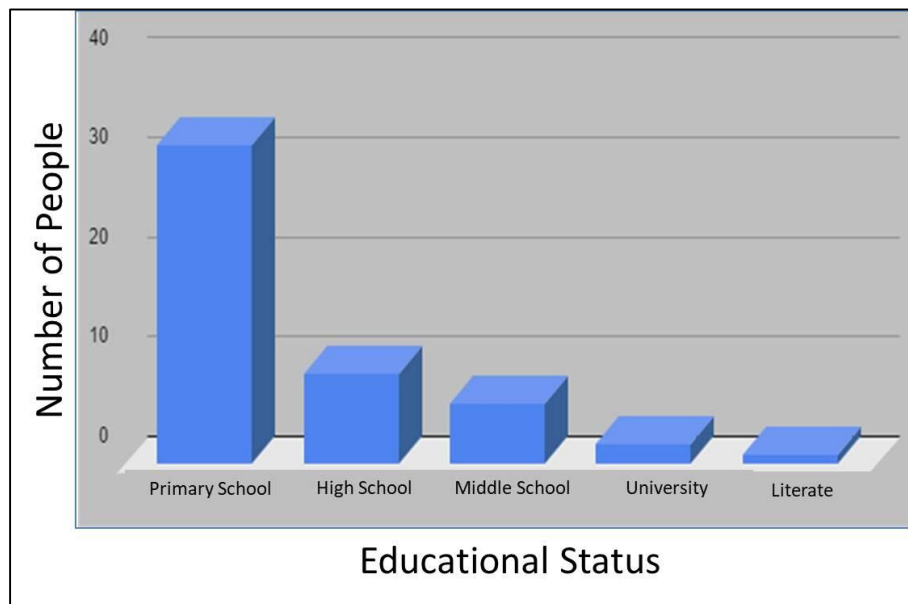


Figure 1. Educational status of the surveyed enterprises

According to the survey results, the majority of producers (48%) have a household number between 2-5, while 42% have a household number between 6-9 (Table 4). According to the values obtained from the survey, there is an average of 3 people per farm in businesses engaged in agriculture. These values reveal that the land assets allocated for hemp in the businesses in the survey area do not pose a problem in terms of labor. However, during certain periods, labor is needed, especially in jobs that require intensive labor, such as harvesting.

3.3 Examination of enterprises in terms of farming experience and hemp farming experience

It was concluded that the farmers participating in the survey had an average of 35 years of farming experience and had been involved in farming since childhood, and when hemp farmers were examined, it was seen that 18 people had more than 20 years of hemp farming experience. According to these results, 15 people had just started hemp farming, and it was concluded that the culture of hemp production in hemp enterprises had been going on for many years and 30% were new producers. In the research conducted by Gökdoğan (2012), it was seen that 49.10% of agricultural enterprises had been operating for more than 21 years. It is parallel to our study.

3.4 Examining the status of businesses following developments on the Internet

When the surveyed hemp producers were examined in terms of their internet usage, it was determined that 22% of the producers were following the developments on the internet, were open to innovations, and followed the changes, while 78% did not use the internet and produced hemp as they had seen from their family elders and without looking for anything different

3.5 Examination of hemp production areas of enterprises

When the hemp producers participating in the survey are examined in terms of hemp production areas, it is seen that 86% of the producers produce hemp in an area below 10 decares, and 10% produce hemp in an area above 20 decares (Figure 9).

Ayberk and Hurşitoğlu (2002) concluded in their study in Kayseri province that agricultural enterprises are generally small enterprises, our study similarly concluded that hemp production areas have an agricultural structure dominated by small family enterprises based on private property

3.6 Examining the amount of hemp seed production by enterprises

When the hemp producers who participated in the survey were examined in terms of hemp seed production amount, it was concluded that 84% of the producers produced less than 500 kg of hemp seeds and 18% produced more than 1000 kg of hemp seeds.

3.7 Examination of the hemp production purpose and marketing situations of the enterprises

It is seen that 72% (36 people) of the hemp production purpose produce hemp for seed purposes and 4% (2 people) produce seeds only for fiber purposes (Table 4).

The producer who produces seeds benefits from the fiber, even if it is of second quality. When hemp producers are examined in terms of hemp marketing problems, it is concluded that 60% of the producers (30 people) do not have problems with hemp marketing, while 40% (20 people) have problems with marketing. In particular, the producers stated that they could not find buyers for hemp stalks.

3.8. Examining the sources from which hemp producers obtain their seeds

When the hemp producers participating in the survey are examined in terms of hemp seed sources, it is seen that 76% of the producers use seeds they grow with their means, while 24% carry out production by purchasing seeds from outside.

Table 4. Hemp production purpose and marketing status of the surveyed enterprises

	Purpose of hemp production			The state of hemp marketing		
	Seed	Fiber	Seed Fiber	Broker	TİGEM	Broker TİGEM
Number of people	36	2	12	28	10	12
Percentage	%72	%4	%24	%56	%20	%24

3.9. Examining the non-agricultural income generation status of hemp producers

When the hemp producers who participated in the survey were examined in terms of whether they had any source of income other than hemp production, it was concluded that 66% of the producers earned income from hemp production and other herbal products, and 34% earned income from sources other than agriculture. 12 of the enterprises participating in the survey generate non-agricultural income. The results of this study are parallel to the results of our study.

3.10. Examination of the use of tools and equipment used by hemp producers in soil preparation

In the land where hemp is cultivated, the soil is brought to the pan and processed deeply using plows, harrows, and crowbars, and made ready for planting. 86% of the producers surveyed use plows, crowbars, and harrows. The remaining producers (14%) do not feel the need to use crowbars because they think that the field does not need to be processed deeply due to the soil structure.

It was emphasized that soil preparation for hemp cultivation should start in the autumn, first if there is stubble in the field, this stubble should be mixed with the soil, then deep plowing should be done with a plow in the autumn (Kim et al., 2020). In the spring, a good seed bed should be prepared by pulling a crowbar and a harrow to the field where hemp will be planted and the soil should be made ready for planting, and this was similar to our study (Incekara, 1971).

3.11 Examination of the use of mechanization by hemp producers during and after planting

In our country, planting is done by hand and machine. Manual planting is not suitable because of excessive seed use, seeds not falling to the same depth, not providing a uniform emergence, and difficult maintenance work (Incekara, 1971; Lanzaova et al., 2024). According to the survey study we conducted, 56% of our producers who grow hemp perform planting by hand planting. The remaining producers (44%) perform hemp planting with pneumatic seeders that plant wheat. After planting, 22% of the producers use rollers to increase the relationship of the seeds with the soil, to bring the water in the lower layers closer to the area where the seeds are located and thus to help germination, and 78% stated that they do not need it because the field surfaces are smooth.

3.12. Examining the irrigation and hoeing status of hemp producers

The hemp plant can be grown without irrigation in regions with annual rainfall of over 700 mm. In arid regions with rainfall below this amount, irrigation should be done 2-4 times. Hemp needs a lot of water, especially in the early development stages. Irrigation must be done during this period. If hemp cultivation is done for seed production, at least 4 irrigations should be done because irrigation done in

the advanced development stages of the plants delays maturation and therefore increases seed yield and quality (Incekara, 1971; Vijaya, 2021). 92% of the producers surveyed realized that excessive irrigation by flood irrigation would increase seed yield and quality.

In the hoeing processes applied to cannabis plants, 72% of the producers do hoeing by hand. The first hoeing is done when the plants are 5-10 cm tall, at a depth of 15-20 cm to control weeds and break the crust. The second hoeing is done when the plants are 30-40 cm tall. However, if the first hoeing is done well, they do not need the second hoeing.

3.13 Investigation of the use of mechanization in base fertilizer and top fertilizer by hemp producers

In the surveyed enterprises, 40% of those using mechanization in base fertilizer have applied fertilizer with a ruffler. The rest apply fertilizer by hand. Since hemp is tall in top fertilizer, it is difficult to use mechanization. 96% of the producers apply fertilizer by hand.

3.14 Examining the use of mechanization by hemp producers in harvesting and seed harvesting

Hemp harvest is done by hand or machine. In hand harvesting, the field must be watered beforehand and the soil must be brought into a pan. Otherwise, the stems will not be easily removed. Hand harvesting can also be done using sickles and scythes. Harvesting with machines is done with mowers or reapers. In the survey, it was observed that 90% of the enterprises harvest by hand. It was determined that producers harvest 98% of the seeds by hand-beating. 2% of the producers harvested with their own developed machines.

3.15. Samsun Province Hemp Agriculture SWOT Analysis

SWOT Analysis was conducted by interviewing the thesis director Derya Saltık İbiş, who works at the Samsun Provincial Directorate of Agriculture and Forestry, with registered hemp producers, a survey conducted during the thesis, the evaluation of the studies conducted by the Hemp Research Institute and the Black Sea Agricultural Research Institute, as well as secondary data obtained from national and international sources directly and indirectly related to previous studies and research

Strengths

- The ecology (climate and soil conditions) of the Samsun region is at an optimum level for the Hemp plant.
- High adaptability
- It is a good pre-crop plant that can be used in rotation with legumes and grasses. It has positive effects on the physical and chemical structure of the soil.
- It leaves a weed-free field for the crops that come after it.
- Diseases and pests are almost non-existent
- Hemp plants are used as raw materials in the production of biodiesel.
- Producers have a cannabis culture
- Most of the producers use their seeds

Weaknesses

- In recent years, the cultivation area of hemp has gradually decreased and it has come to the point of extinction.
- Official controls on hemp production put pressure on production
- Irregular seed pricing

- Inadequate agricultural policies to promote the cultivation of the hemp plant in the region
- Support policies fail to make the cultivation of hemp plants attractive,
- Lack of experienced technical personnel in solving difficulties encountered in production
- Due to the ineffectiveness of agricultural organizations and cooperatives in the region, producers are not directed to this area.
- Lack of registered seeds and inconsistent behavior of producers regarding seeds
- High technology costs
- Limited areas of use
- Starting to produce synthetic fibers as an alternative to hemp fiber
- In addition, the active ingredient of the female cannabis plant is " *Cannabinol* ", which has a narcotic effect.
- Less use of mechanization
- The problem of marketing hemp stalks
- Fiber processing techniques have not yet been developed.

Opportunities

- The cannabis plant is classified as a strategic plant.
- The 'Hemp Research Institute' and the 'Black Sea Agricultural Research Institute', which research the hemp plant, are active in the region.
- The by-products can be used in animal husbandry in the region.
- The instability in agricultural products produced on a large scale in the region has led the farmers of the region to seek new solutions.
- Having a young, educated, dynamic, and innovative population,
- The flexibility and durability that comes with being a family business
- A certain breakthrough has been made in private sector-public-university cooperation.

Threats

- Economic difficulties
- Accelerating rural-urban migration
- Economic inadequacies in support policies

4. CONCLUSION

Although the level of agricultural mechanization in our country is above the world average, it is at a low level compared to developed countries and EU countries. The level of development in agriculture among countries means the same as the development of mechanization in agriculture. Hemp is distinguished from other plants due to its wide range of areas of use, and increasing the use of mechanization in such a plant will make a great contribution to the country's economy. In addition, strengthening the industrial side in the processing of hemp raw materials is as important as mechanization.

This study was conducted between 2019-2020. The thesis study was planned to survey 61 hemp producers in the districts of Vezirköprü, İlkadım, Ondokuzmayıs, Bafra, and Alaçam, but due to the legal responsibilities brought by the hemp plant, the anxiety it caused to the producer, and the destruction of the products of 4 producers, the surveys were completed with 50 producers. When the results obtained

from the surveys were examined under two main headings; In the first stage, the general situation of the enterprises was revealed. In the second stage, the use of mechanization in hemp farming was tried to be determined. The study was conducted between 2019-2020, and the questions asked to the producers in the survey study were made and evaluated with 30 questions in number and quality that would reveal the current situation of the enterprises and producers. During the data collection phase of the study, many difficulties were encountered due to working with the hemp plant. The producers did not want to conduct a survey. The stage of convincing the producers that the study would not pose a problem for them took a long time.

92% of hemp producers in Samsun province produce hemp in the Vezirköprü district, while the remaining 8% produce in other districts. 78% of the producers in Vezirköprü are located in Narlısaray Village. It was determined that the average age of 38% of the producers is between 37-47.

86% of the producers use plows, crowbars, and harrows, and the remaining producers (14%) find the use of ploughs and harrows sufficient. The producers who do not use crowbars reported that they do not use crowbars because their soil structure is better than those who do. It was determined that 56% of our producers plant by hand-sprinkling, and 44% plant hemp with pneumatic planting machines that plant wheat. The producers who plant with machines stated that there is a yield loss of 15-20% in manual planting. In the hoeing processes applied to hemp plants, 72% of the producers do hoeing by hand. The first hoeing is done when the plants are 5-10 cm tall, at a depth of 15-20 cm to control weeds and break the crust. The second hoeing is done when the plants are 30-40 cm tall. However, if the first hoeing is done well, they do not need the second hoeing. Other producers do not need hoeing. In enterprises, 40% of those using mechanization in base fertilizer applied fertilizer with a ruffler, and the rest applied fertilizer by hand. Since hemp is tall in top fertilizer, it becomes difficult to use mechanization. 96% of producers apply fertilizer by hand. It was observed that 90% of producers harvest by hand. It was determined that producers carried out 98% of the seed harvest by hand whisking. 2% of producers harvested with their developed machinery and reported that they finished the harvesting process in a shorter time compared to hand harvesting and there was no change in the amount of product.

As a result of the surveys, a SWOT analysis was conducted to determine the strengths and weaknesses, threats, and opportunities of the hemp sector in Samsun. Considering that the history of the enterprises in hemp exceeds 20 years in the surveys, it is seen that there are deficiencies in developing varieties and investing in technology. More resources should be allocated to research and development. Hemp production areas should be expanded, the use of mechanization in agriculture should be increased and producers should be supported. Projects should be produced in private sector-public-university cooperation and strategies should be developed to solve the marketing problem.

REFERENCES

- Ataışi, İ. K. (1999). 'Lif Bitkileri Yetiştirme ve Islah'ı. Trakya Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları. Tekirdağ.
- Aybek, A., Hurşitoğlu, Ç. (2002). Kahramanmaraş Yöresi Tarım İşletmelerinin Mekanizasyon Özellikleri ve Bu Özellikler Arası İlişkiler. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2), 105-113.
- Aytaç, S., Arslanoğlu, Ş. F., & Ayan, A. K. (2018). Suçlu olarak bilinen bitki: kenevir. Current Academic Studies in Agricultural Sciences, 550.
- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanet, G., & Morin-Crini, N. (2020). Traditional and new applications of hemp. Sustainable agriculture reviews 42: Hemp production and applications, 37-87.
- De Meijer, E. P. M., Keizer, L. C. P. (1994). Variation of Cannabis for phenological development and stem elongation in relation to stem production. Field Crops Research, 38(1), 37-46.
- Ekiz, E., Er, C., Arslan, N., Kolsarıcı, Ö., Bayraktar, N., Sümer, H. (1989). Kenevir Tarımı ve Mevzuatı. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Fidan, M., Süzerer, V., & Onay, A. (2023). Cannabis sativa L.: Origin, distribution, taxonomy and biology. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 16(1), 10-28.
- Gizlenci, Ş. Acar, M., Yiğen, Ç., Aytaç, S. (2019). Kenevir tarımı. T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun.
- Gökdoğan, O. (2012). Türkiye Ve Avrupa Birliği'nin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi Göstergelerinin Karşılaştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2), 1-4.
- İncekara, F. (1971). Endüstri Bitkileri Islahı I, Lif Bitkileri ve Islahı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Agonomi-Genetik Kürsüsü, İzmir.
- Kara, K. (2013). Lif Bitkileri Yetiştiriciliği ve Islahı. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. No:239, Erzurum.
- Karamürsel, D. (2010). Afyon'da Erik Üretimi Yapan İşletmelerin Yapısal Durumu ve Gelişme Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Konya.
- Kim, D., Yoo, C. G., Schwarz, J., Dhekney, S., Kozak, R., Laufer, C., & Kim, S. (2021). Effect of lignin-blocking agent on enzyme hydrolysis of acid pretreated hemp waste. RSC advances, 11(36), 22025-22033.
- Kim, Y. S., Kim, W. S., Baek, S. Y., Baek, S. M., Kim, Y. J., Lee, S. D., & Kim, Y. J. (2020). Analysis of tillage depth and gear selection for mechanical load and fuel efficiency of an agricultural tractor using an agricultural field measuring system. Sensors, 20(9), 2450.
- Klevenhusen, F., These, A., Weiß, K., Gusovius, H. J., & Pieper, R. (2024). Ensiling conditions and changes of cannabinoid concentration in industrial hemp. Archives of Animal Nutrition, 78(3), 242-253.
- Lanzanova, C., Giorni, P., Bulla, G., Locatelli, S., Montanari, M., Alberti, I., & Bertuzzi, T. (2024). Investigation on the presence of mycotoxins in seed hemp varieties. Food Additives & Contaminants: Part A, 41(4), 400-409.

- Li, S., Stuart J.D., Li, Y., Parnas, R.S. (2010). The Feasibility of Converting Cannabis Sativa L. Oil Into Biodiesel, *Bioresource Technology* 101(21),8457-8460.
- McCormick, R. L., Fioroni, G. M., Naser, N., & Luecke, J. (2024). Properties That Potentially Limit High-Level Blends of Biomass-Based Diesel Fuel. *Energy & Fuels*, 38(10), 8829-8841.
- Ona, A., Vârban, R., Crişan, I., Vârban, D., Pop, C. R., Filip, M., & Stoie, A. (2025). Characterization of hemp (*Cannabis sativa* L.) raw bast fibers of monoecious versus dioecious cultivars from flowering to senescence: FTIR of lignocelluloses and extract bioactivities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 307, 141852.
- Pratiwi, Y. I., Cengiz, M. K., & Mouhin, A. (2023). Cannabis Regulation: A Comparative Study in Indonesia, Turkey, and Morocco. *Kosmik Hukum*, 23(1), 103-114.
- Puyt, R. W., Lie, F. B., & Wilderom, C. P. (2023). The origins of SWOT analysis. *Long range planning*, 56(3), 102304.
- Sayar Yapar, N. S. (2020). Samsun ilinde yürütülmekte olan halk elinde manda ıslahı projesinin yetiştiriciler üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sayın, C., Mencet, M. N., & Taşçıoğlu, Y. (2010). Bölgesel Kalkınmada Etkisi Olan Unsurların Katılımcı Gzft Analizi İle Belirlenmesi: Antalya İli Döşemealtı İlçesi Örneği. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 23(1), 31-39.
- Shamim, S. M., Huan, Y., Gan, L., & Zhang, S. (2024). A Study on the Preparation and Performance of Ultrafine Powder Made of Industrial Hemp Degumming Residue. *Polymers*, 16(24), 3473.
- Sorrentino, R., Baldi, G. M., Battaglia, V., Raimo, F., Piccirillo, G., & Lahoz, E. (2021). First Report of White Root Rot of Hemp (*Cannabis sativa*) Caused by *Dematophora necatrix* in Campania Region (Southern Italy). *Plant Disease*, 105(10), 3299.
- TÜİK, (2019). Bitkisel Üretim İstatistikleri, www.tuik.gov.tr.
- Tutek, K., & Masek, A. (2022). Hemp and Its derivatives as a universal industrial raw material (with particular emphasis on the polymer industry)—A review. *Materials*, 15(7), 2565.
- van Klinken, B. J. W., Stewart, M. L., Kalgaonkar, S., & Chae, L. (2024). Health-promoting opportunities of hemp hull: the potential of bioactive compounds. *Journal of Dietary Supplements*, 21(4), 543-557.
- Vijaya Kumar, I. M. K. (2021). Production and quality of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in response to water regimes (Doctoral dissertation, University of Tasmania).
- Wimbish, K. (2024). Impacts of Regenerative Soil Amendments on Hemp Production (Master's thesis, North Carolina Agricultural and Technical State University).

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

The resurgence of hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation in Turkey, particularly in the Black Sea region, presents an opportunity to revitalize a historically significant crop with versatile industrial potential. This study focuses on the Samsun province, one of the key regions targeted for the expansion of hemp farming. The aim is to assess the current mechanization level of hemp-producing enterprises and to evaluate their structural and operational characteristics through a SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analysis.

Methodology

Conducted between 2019 and 2020, the study surveyed 50 licensed hemp producers across five districts in Samsun, utilizing structured questionnaires comprising 30 items. The findings indicate that 92% of hemp cultivation in the region is concentrated in Vezirköprü, predominantly in Narlısaray village. Most enterprises are small-scale, family-run operations with less than 10 decares of land dedicated to hemp production.

Results and Conclusions

Survey results reveal that 56% of producers rely on manual sowing, while 44% use wheat-compatible pneumatic seed drills. A majority (72%) carry out hoeing manually, and 90% perform harvesting by hand. Despite these labor-intensive methods, 58% of producers possess over two decades of experience in hemp farming, indicating strong cultural continuity.

SWOT analysis highlights that the region's agro-ecological conditions and deep-rooted hemp farming traditions are key strengths. However, limited mechanization, regulatory complexities, inadequate seed registration systems, and market access issues—particularly for hemp stalks—are major weaknesses. Opportunities arise from increasing institutional interest, ongoing research by regional institutes, and potential industrial applications such as biofuel and bioplastics. Yet, economic constraints and demographic challenges such as rural-urban migration threaten the sector's long-term viability.

The study concludes that while the Black Sea region holds high potential for sustainable hemp production, strategic interventions are needed. These include mechanization support, targeted subsidies, structured marketing strategies, and stronger public-private-academic collaborations to enhance productivity and ensure value chain integration. The findings offer a foundational roadmap for future policy-making and investment in Turkey's industrial hemp sector.

AUTHORS' BIOGRAPHY



Derya SALTİK

She was born in Zonguldak in 1984. After graduating from Zonguldak Kozlu High School, she graduated from OMU Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery in 2008. She completed her OMU Postgraduate Education in 2020. Derya Saltık, who has been working as an engineer at the Samsun Provincial Directorate of the Ministry of Agriculture and Forestry since her graduation, speaks English at an intermediate level.

Communication dersal1984@hotmail.com

ORCID Address <https://orcid.org/0000-0001-9384-682X>



Gürkan Alp Kağan GÜRDİL

He completed his undergraduate education at Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery in 1994. He completed his master's degree at Çukurova University, Institute of Science, Department of Agricultural Machinery in 1997, his doctorate at Czech Agricultural University in 2002, and his doctorate at Çukurova University in 2003. He was appointed as Assistant Professor at Samsun Ondokuz Mayıs University in 2004. He received the title of Associate Professor at the same university in 2012, and the title and authority of Professor in 2021. He currently works as a faculty member at Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering. He works on energy in agriculture, renewable energy, internal agricultural mechanization, and information technologies in agriculture.

Communication [https://ggurdil@omu.edu.tr](mailto:ggurdil@omu.edu.tr), ggurdil73@gmail.com

ORCID Address <https://orcid.org/0000-0001-7764-3977>

Determination of GPS-Based Land Leveling System Performance in Land Conditions

Arazi Koşullarında GPS Tabanlı Arazi Tesviye Sisteminin Performansının Belirlenmesi

Bahattin Akdemir ¹ 

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): B. Akdemir, e-mail (e-posta): bakdemir@nku.edu.tr

Article Info

Received date : 22.02.2025
Revised date : 24.04.2025
Accepted date : 25.04.2025

Keywords:

Precision agriculture
Land Levelling
GPS
Paddy

Atf için:

Akdemir, B. (2025). "Determination of GPS-Based Land Leveling System Performance in Land Conditions", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 21(1): 51-64.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine performance of the GPS levelling system which has recently started to be used instead of laser system with levelling shovels widely used in rice farming. Levelling system with GPS, reference station, rotating laser, levelling shovel and tractor were used as material. The width of levelling shovel was 6 m. The GPS levelling system manufactured by a local manufacturer, includes the screen, GNSS Antenna At360 and UHF antenna. The GPS levelling system was operated from a reference station that broadcasted a position correction signal. A Broadcasting device with 2 Wat Lora was used as the reference station. The land tests were carried out with a 128 kW tractor. The laser level detection device was TOPCON RL-H3A to determine the heights according to the levelling plane. Deviations from the reference plane were determined. At the same time, the elevation heights of these points were determined by GPS. The deviation values of the obtained data from the targeted values were calculated and evaluated by taking into account the tolerances. Measurements were also evaluated by calculating the Root Mean Square Error (RMSE) value. Average value of the measurement was determined as 5.71 mm, the standard deviation value was calculated as 3.48 mm and the mean square error was 0.262 mm. The leveling tolerance in the pans for rice production was determined as 2 cm with farmers' interviews. Most of the measured data were below than 10 mm. As a result of both the measurement data and the evaluation from the graph and field observations; the GPS levelling system has successfully levelled the land within acceptable limits.

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 22.02.2025
Düzeltilme tarihi : 24.04.2025
Kabul tarihi : 25.04.2025

Anahtar Kelimeler:

Hassas tarım
Tesviye
GPS
Çeltik

How to Cite:

Akdemir, B. (2025). "Determination of GPS-Based Land Leveling System Performance in Land Conditions", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 21(1): 51-64.

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, çeltik tarımında yaygın olarak kullanılan lazer sistemli tesviye küreği yerine son zamanlarda kullanılmaya başlanan GPSli tesviye sisteminin performansını arazi koşullarında belirlemektir. Araştırma materyali olarak GPS'li tesviye sistemi, referans istasyonu, döner lazer, tesviye küreği ve traktör kullanılmıştır. Tesviye küreğinin genişliği 6 m'dir. Yerli üretici tarafından üretilen GPSli tesviye sistemi, ekran, GNSS Anten At360 ve UHF antenden oluşmaktadır. GPSli tesviye sistemi, konum düzeltme sinyali yayınlayan bir referans istasyonundan konum verileri alınarak çalıştırılmıştır. Referans istasyonu olarak 2 Wat Lora'lı bir Yayın Cihazı kullanılmıştır. Testler 128 kW'lık bir traktör ile gerçekleştirilmiştir. Tesviye düzlemine göre yükseklikleri belirlemek için TOPCON RL-H3A lazer seviye tespit cihazı kullanılmıştır. Referans düzlemine göre sapmalar belirlenmiştir. Aynı zamanda bu noktaların kot yükseklikleri GPS ile belirlenmiştir. Elde edilen verilerin hedeflenen değerlerden standart sapma değerleri toleranslar da dikkate alınarak hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Ölçümler, kök hata (RMSE) değeri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Ölçüm noktalarından elde edilen ortalama değer 5,71 mm, standart sapma değeri 3,48 mm ve RMSE 0,262 mm olarak hesaplanmıştır. Çiftçilerle yapılan görüşmelerde pirinç üretiminde tavalardaki tesviye toleransı 2 cm olarak belirlenmiştir. Ölçülen verilerin çoğu 10 mm'nin altındadır. Hem ölçüm verileri hem de grafik ve arazi gözlemlerinden yapılan değerlendirmeler sonucunda; GPS tesviye sistemi araziye kabul edilebilir sınırlar içerisinde başarıyla tesviye etmiştir.

1. INTRODUCTION

Irrigation water is applied to the soil by flowing over the soil surface in surface irrigation methods. Irrigation water should be applied to the root area of all plants equally and without loss and without causing soil erosion. This only depends on the soil surface having a certain slope degree and having a smooth surface. Such a surface can only be provided by leveling the land. In lands with irregular soil surfaces, water accumulates more in hollow points and less at higher elevations. The high points of fields sometimes do not receive any water. Lands with high slopes, on the other hand, are subject to soil erosion by irrigation water. Both situations cause a decrease in productivity. In areas without drainage, excess water accumulates in hollow points, resulting in a rise in the ground water level and therefore a salinity problem. In order to avoid all these problems, the surface of agricultural lands should be made suitable for irrigation with a smooth and appropriate slope, i.e. leveled (MEB, 2015).

Geographical Information Systems (GIS) were investigated for determining the different levelling plane slopes and cut and fill volume in a research. GIS supported results were compared with the traditional methods for land levelling. More reliable results were obtained by using Geographical Information Systems (GIS) for calculation cut and fill volumes and achievement of more efficient and easier database creation and design was realized (Demirtaş, 2004).

A field experiment was carried out to compare performance of a modified laser scraper and unmodified scraper. Modification consisted of adding 8 chisel shanks on the main frame of the scraper set at equal distances along the width of the scraper. The objective of the modification was to eliminate firm, unchiselled, spots that normally appear during levelling with the unmodified laser scraper. Levelling was performed at 0% and 0.03% slopes. Results of the levelling at 0% slope with the modified laser scraper in a more homogeneous than with the conventional scraper (El-Shikha et al., 2008).

It is now possible to determine the position of the bucket teeth of an excavator or shovel within a few centimetres with GPS and rapid response tilt sensors. Applications include selective mining, bench control, precise excavation and placement of spoil, bench and ramp control, excavation of civil structures and production measurement (Seymour, 2015).

An intelligent integrated control terminal was designed for farmland levelling positioning based on RTK-GNSS. The integrated control terminal consists of a GNSS receiver module, a valve control module, a scraper load monitoring module, a core processing module and a touch screen. The core processing module calculates and analyses the terrain data from the GNSS receiver module and the scraper load data. Management software and integrated control terminal was tested in fields. The integrated control terminal was stable and reliable according to the test results (Niu et al., 2014).

A field experiment was carried out to compare performance of a modified laser scraper and unmodified scraper. Modification consisted of adding 8 chisel shanks on the main frame of the scraper set at equal distances along the width of the scraper. Objective of the modification was to eliminate firm, unchiselled, spots that normally appear during levelling with the unmodified laser scraper. Levelling was performed at 0% and 0.03% slopes. Results of the levelling at 0% slope with the modified laser scraper in a more homogeneous than with the conventional scraper (El-Shikha et al., 2008).

It is now possible to determine the position of the bucket teeth of an excavator or shovel within a few centimetres with GPS and rapid response tilt sensors. Applications include selective mining, bench

control, precise excavation and placement of spoil, bench and ramp control, excavation of civil structures and production measurement. A paper will discuss the hardware and software capabilities and include actual case studies of applications (Seymour, 2015).

An intelligent integrated control terminal was designed for farmland levelling positioning based on RTK-GNSS. The integrated control terminal consists of a GNSS receiver module, a valve control module, a scraper load monitoring module, a core processing module and a touch screen. The core processing module calculates and analyses the terrain data from the GNSS receiver module and the scraper load data. Management software and integrated control terminal was tested in fields. The integrated control terminal was stable and reliable according to the test results. It can be used for precision farmland levelling (Niu et al., 2014).

An automatic navigation land levelling system based on the global navigation satellite system (GNSS) and an inertial navigation system (INS) was developed to improve the efficiency and accuracy of land levelling. The navigation experimental results showed that the average root mean square error (RMSE) of the tractor and the scraper were 2.94 cm and 3.15 cm in tracking a straight path and 8.61 cm and 9.83 cm in tracking a curved path, respectively. The average RMSE of the path tracking was reduced by 75.2% and 67.4% for the tractor and the scraper, respectively. The GNSS/INS-based automatic navigation land levelling system can notably reduce the lateral position deviations, improve the control accuracy and land levelling efficiency (Jing et al., 2023).

An adjustable land levelling equipment was designed. The reference elevation of the land to be levelled was generated based on the topographic data acquired by the RTK-GNSS technology. Blade lifting mechanism was controlled by comparing the reference elevation, the real-time blade's elevation and attitude data which was obtained by the dual antenna GNSS receiver. As a result, the land levelling operation was implemented. An algorithm using the electro-hydraulic proportional control technology was developed for adjusting of the blade's height. The GNSS land levelling equipment can have a good land levelling quality (Fu et al., 2016).

Determining deformations using geodetic methods was examined. In order to perform the deformation analysis, the measurement data of a real engineering structure was simulated, taking into account the principle of preserving the project data. The main aim of this study was to determine the deformations that occur in large-surface engineering structures within engineering structures that have many different structural characteristics. Programs that can evaluate the data will be used while determining the deformations (Uçaker, 2021).

A research was carried out on the strength-based computer aided design of a hydraulically effective soil excavation machine (scraper). After the design outputs obtained, a three-dimensional 1:15 scale prototype model of the machine was manufactured using the additive manufacturing technique, and the design was physically evaluated and the manufacturing/technical drawings were prepared, where the first prototype in 1:1 scale could be manufactured (Eravcı, 2022).

Power requirements and maximum working depths were determined for the laser-controlled levelling machines and tractor. In the combination of the laser-controlled levelling machines and tractor with the same working width, an increase in the working depth was observed as the tractor power and speed increased. The data indicated that it was necessary to calculate the maximum depths of work for determining the power demands according to the different tractor powers sold and LKTM combinations of different working widths (Akgül, 2020).

A study was carried out with laser land levelling (T1) and control (non-levelled) (T2) on clay loam soil. The laser leveller (Leica MLS700) was used hitching with a TAFE tractor. Elevation data was collected from the different points of the field. The maximum gage reading was 247.0 cm and the minimum gage reading was 219.2 cm. Average gage readings of the laser levelled plot was 235.66 cm that was settled for auto adjustment. Finally, an equal gage reading of 235.66 cm was observed after levelling the plot (Hoquel and Hannan, 2014).

A laser leveller was developed for paddy field use, which, in addition to an ordinary laser levelling system, features a specially designed 5 m long harrow towed by a tractor through a hydraulically driven 3-point linkage and a levelling control system used to control the height position of the harrow. The mechanical design and electrical control flowchart were presented in this research. The whole system works fine as shown by extensive field tests (Luo et al., 2007).

Application of intelligent navigation technology is explored in order to improve the efficiency of GNSS-controlled land levelling system. Load of forklift was real-time monitored. In this case, the GNSS-controlled land levelling system with the function of intelligent navigation was much more efficient, intelligent and time-saving (Wang et al., 2014).

GPS/Levelling geoid determination method and mathematical models, used in geoid determination with this method were investigated in a research (Kaloop, 2005).

The purpose of this research was to determine the performance of the GPS levelling system, which uses coordinate data obtained from GPS, which has recently started to be used instead of laser system in levelling shovels widely used in rice farming. In the research, a domestic production system was tested and the obtained data was evaluated.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

Materials were levelling system with GPS, reference station, rotating laser, leveling shovel, tractor, field.

2.1.1. Levelling shovel

In the tests, a 6 m working width leveling shovel made by Ege Sebat and Çekişkesen was used (Figure 1). The technical specifications of the leveling shovel are given in Table 1.



Figure 1. Leveling shovel

Table 1. General technical specifications of leveling shovel

Working Width	Weight	Transport width	Length
6000 mm	3200 kg	2850 mm	6300 mm

2.1.2. Levelling system with GPS

The GPS leveling system manufactured by local manufacturers, includes the screen, GNSS Antenna At360, UHF antenna, valve cable, power cable, GNSS antenna cable, hand joystick and mounting apparatus (Figure 2). Technical specifications of which are given in Table 2 below. Detailed information about GPS leveling system, reference station (RTK BASE Station), leveling shovel, tractor, test field, laser measuring system, GNSS device were explained below.



Figure 2. Levelling system with GPS

Table 2. Technical specifications of the GPS leveling system

<i>T1000 GNSS Tablet</i>	<i>/ LM 1000 GNSS ANTENNA</i>
<i>GPS</i>	L1, L2
<i>GLONASS</i>	L1, L2
<i>BDS</i>	B1, B2
<i>GALILEO</i>	E1, E5b
<i>QZSS</i>	L1, L5
<i>SBAS</i>	WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN
<i>RTK accuracy</i>	H-10 MM1 mm
<i>Measurement sensitivity</i>	V-15 mm +1 pmm
<i>Data format</i>	RTCM V2.3/3.0/3.2, NMEA0183
<i>Data transfer frequency</i>	20 Hz
<i>Leveling accuracy</i>	5-10 mm (for base reference station)

When the RTK system or base station was placed and activated, the device (LM1000) was turned on. After the WiFi signal on the screen was activated, the leveling shovel blade put on the ground in the field. On the menu, press the "ELEVANCE-RESET" button, take the measurement of the field or land and start working. If the working level is not sufficient, it can be brought to the desired level by giving mm level with the +/- keys. The height information of the working area is displayed on the screen. The leveling shovel's excavation amount control system consists of a reference station, GPS receiver, mobile computer, software, hydraulic direction control valve and hydraulic cylinder. The system determines the elevation for leveling using the location information it receives from the reference station and adjusts the angle of the leveling blade to the ground. It adjusts according to the reference value. The geographical position of the reference station was determined precisely and this value was entered into its system. According to this reference location, the positioning corrects the signals it receives from the satellite systems and transmits them to the GPS receiver placed on the leveling shovel (Figure 3).



Figure 3. Reference station and GPS receiver

The GPS System leveling shovel is given in Figure 4, and the sample interfaces related to the tablet and the program loaded on the tablet are given in Figure 5.



Figure 4. Leveling shovel with GPS leveling system

2.1.3. Base station

The GPS leveling system was operated from a reference station that broadcasted a position correction signal. In addition, if the reference station does not work, the system can work by receiving correction signals from TUSAGA Active (CORS-TR) or other systems. A Broadcasting Device with Satellite Ground Level Features of 2 Wat Lora was used as the reference station (Figure 5).



Figure 5. Reference station

2.1.4. Tractor

The tests were carried out with the Case PUMA 170 tractor with a 128 kW engine power (CASEIH, 2025)

2.1.5. Rotating Laser

Laser level detection device TOPCON RL-H3A was used to determine the heights according to the leveling plane on the leveled land (Figure 7). Horizontal accuracy for more reliable leveling in indoor and outdoor finishing works, architecture, construction and civil engineering in agricultural lands, especially for RL-H3A $\pm 1\text{cm}$ precision rotary laser. Higher work efficiency is achieved when using level sensors. Technical specifications are given in Table 3 (TOPCON, 2024).



Figure 7. TOPCON RL-H3A device (TOPCON, 2024)

Table 3. Rotating Laser technical specifications

Model	TOPCON RL-H3A
Measuring range (diameter)	Approximately 2 .. 700 m
Horizontal sensitivity	$\pm 1.9\text{mm}/50\text{ m}$ ($\pm 8''$)
Automatic leveling angle	$\pm 3^\circ$
Light source	690 nm
Laser class	Class 3A
Rotation speed (min^{-1})	600 (min^{-1})
Protection class	IP56 (Based on the standard IEC 60529)
Battery	BT-49Q (Ni-MH)

2.1.6. Field

The tests were carried out in İpsala, Edirne, Türkiye on April 3, 2024 (Figure 7).

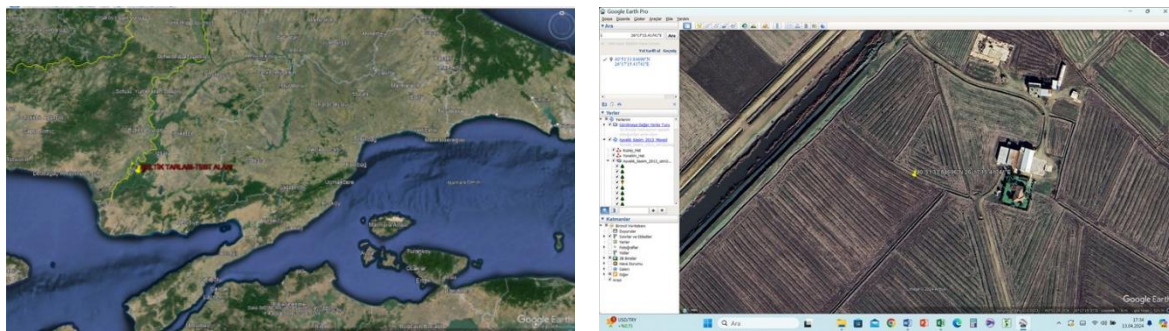


Figure 7. Paddy field, Paşaköy, İpsala (Google Earth, 2024)

2.2. Methods

The GPS leveling system was operated from a reference station that broadcasted a position correction signal. In addition, if the reference station does not work, the system can work by receiving correction signals from TUSAGA Active (CORS-TR) or other systems. Deviations from the reference

plane were determined by measurements made from the field leveled according to the reference plane determined by laser. At the same time, the elevation heights of these points are determined from the coordinates determined by GPS. The standard deviation values of the obtained data from the targeted values were calculated with Equation 1 and evaluated by taking into account the tolerances (El-Shikha et al., 2008; Weigiang et al., 2016).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (1)$$

SD: Standard deviation, (mm)

i: 1...n

n: Total number of the measurements

x_i : Value for i^{th} measurement ($x_1, x_2, \dots, x_n$)(mm)

$\bar{x}$: Mean of the measurements (mm)

The measurements were evaluated by calculating the Root Mean Square Error (RMSE) value from Equation 2 (Mohammed, 2012).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x)^2}{n}} \quad (2)$$

RMSE: Root Mean Square Error, (mm)

i: measurmeent number, (1, ... , n)

n: Last measurement number

x_i : Value for i^{th} measurement, (mm)

$\bar{x}$: Mean of the measurements, (mm)

In order to test the levelling system with GPS, 40 measurement points were determined in the field. Geographical coordinates were determined with GPS and heights were determined by measuring with laser at these 40 points. In evaluating the test results as positive or negative, whether the leveling system provided the conditions for which it was set was evaluated from the data obtained with statistical analyses. The evaluation was made by taking into account the conditions required for the crop to be grown in the field where the leveling was done. In this research; the evaluation was made by taking into account the conditions required for the crop to be grown in the field where the leveling was done. The field where the tests were made was a paddy field and the tolerance allowed here was stated by the farmers as 2 cm.

3. RESULTS

Geographical positions and deviations were measured by GPS and Laser level detection device TOPCON RL-H3A, repspectively. The photographs of the tests were given in Figure 8. Measurement points can be seen on the Figure 9.



Figure 8. Tests of the leveling system with GPS



Figure 9. Measurements points

The deviation values of the leveled field surface from the adjusted plane and the coordinates of the measurement points are given in Table 4.

Table 4. Geographical positions measured by GNSS GPS and Deviations

	<i>Points</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Elevation (m)</i>	<i>Deviation (mm)</i>
	P1	40°51'33.84696"N	26°17'15.41741"E	431.998	0
	P1	40°51'33.74759"N	26°17'15.68508"E	433.081	2
	P1	40°51'33.46862"N	26°17'16.39897"E	456.766	2
	P2	40°51'33.68723"N	26°17'15.81579"E	459.948	4
	P3	40°51'33.86907"N	26°17'15.14991"E	433.213	6
	P4	40°51'34.14324"N	26°17'14.50964"E	433.176	10
	P5	40°51'34.45783"N	26°17'13.86075"E	433.270	10
	P6	40°51'34.77825"N	26°17'13.32080"E	433.204	8
	P7	40°51'35.14344"N	26°17'12.77787"E	433.211	6
	P8	40°51'35.48154"N	26°17'12.23972"E	433.210	6
	P9	40°51'35.83993"N	26°17'11.68178"E	433.391	6
	P10	40°51'35.88042"N	26°17'11.04112"E	433.293	10
	P11	40°51'35.53994"N	26°17'10.64284"E	433.323	6
	P12	40°51'35.12143"N	26°17'10.10773"E	433.175	2
	P13	40°51'34.83834"N	26°17'10.22716"E	433.161	8
	P14	40°51'34.33122"N	26°17'10.88013"E	433.152	6
	P15	40°51'33.97734"N	26°17'11.34929"E	433.174	6
	P16	40°51'33.61538"N	26°17'11.83432"E	433.184	2
	P17	40°51'33.25087"N	26°17'12.34097"E	433.191	6
	P18	40°51'32.88597"N	26°17'12.85593"E	433.268	0
	P19	40°51'32.52159"N	26°17'13.36563"E	433.228	10
	P20	40°51'32.16637"N	26°17'13.92386"E	433.140	6
	P21	40°51'31.82374"N	26°17'14.49289"E	432.995	6
	P22	40°51'32.15414"N	26°17'15.02504"E	433.030	4
	P23	40°51'32.51008"N	26°17'14.54272"E	432.987	10
	P24	40°51'32.83923"N	26°17'14.04829"E	433.121	14
	P25	40°51'33.16558"N	26°17'13.55315"E	432.973	12

	P26	40°51'33.50399"N	26°17'13.03011"E	433.190	0
	P27	40°51'33.81479"N	26°17'12.56218"E	433.049	4
	P28	40°51'34.15399"N	26°17'12.04819"E	433.231	6
	P29	40°51'34.51387"N	26°17'11.55699"E	433.334	4
	P30	40°51'34.85952"N	26°17'11.07848"E	433.159	2
	P31	40°51'35.28693"N	26°17'11.39027"E	433.287	4
	P32	40°51'34.96935"N	26°17'11.85759"E	433.292	12
	P33	40°51'34.65513"N	26°17'12.33113"E	433.471	8
	P34	40°51'34.31870"N	26°17'12.85289"E	433.486	6
	P35	40°51'33.99594"N	26°17'13.37079"E	433.506	6
	P36	40°51'33.68543"N	26°17'13.91043"E	433.450	6
	P37	40°51'33.35427"N	26°17'14.43225"E	433.197	0
	P38	40°51'33.00176"N	26°17'14.98124"E	433.064	8
	P39	40°51'33.24791"N	26°17'15.53365"E	433.175	0
	P40	40°51'33.46489"N	26°17'16.00782"E	433.136	6
Mean				434.378	5.71
Minimum				431.998	0.00
Maximum				459.948	14.00
SD				5.378	3.48
RMSE					0.262

The leveling height values and tolerance line measured with laser are given in Figure 10.

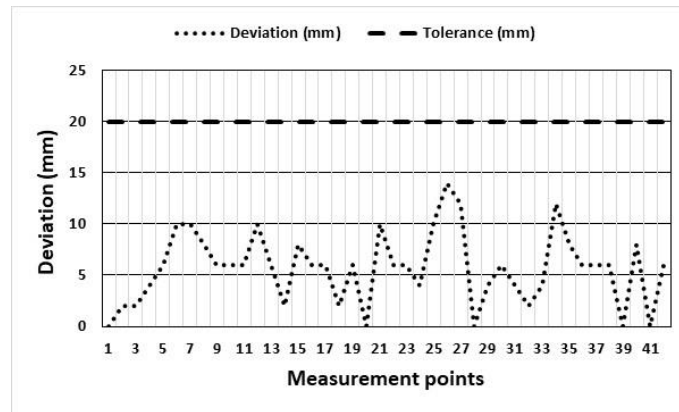


Figure 10. Deviation values from the adjusted leveling plane and tolerance line for paddy

Elevation of the field changed between 431.998 and 459.948 m. Average elevation was 434.378.

The average value obtained from the measurement points was determined as 5.71 mm, the standard deviation value was calculated as 3.48 mm and the mean square error was calculated as 0.262 mm. The slope tolerance in the pans in rice production was determined as 2 cm in interviews with farmers.

As it can be seen from Figure 5, most of the measured data were below 10 mm. As a result of both the measurement data and the evaluation from the graph and field observations; the GPS leveling system has successfully leveled the land within acceptable limits.

4. CONCLUSION

Levelling system with GPS was tested and evaluated in terms of use with leveling shovels and concluded that it is suitable for agricultural techniques. The GPS levelling system worked successfully in the paddy field within acceptable limits. There is a big potential for GPS to use instead of the levelling system with laser. GNSS GPS system gives opportunity to planning field traffic. In addition

autonomous systems can also be used in the tractor to decrease driver load and fuel consumption. Future studies may be focused on these topics.

Acknowledgement

The author would like to thank Laser Mikrosan company, Tekirdağ, Türkiye for supporting this research.

REFERENCES

- Akgül, H. N. (2020). Determination of Work Depth of Laser Controlled Leveling Machines (in Turkish: Lazer Kontrollü Tesviye Makinelerinin İş Derinliklerinin Belirlenmesi), *ADÜ Ziraat Derg*, 17(1), 99-105, <http://dx.doi: 10.25308/aduziraat.733567>
- CASEIH. (2025). Traktör-Puma <https://www.caseih.com.tr/traktorler/puma-serisi>
- Çekiçkesen. (2025, Nisan 18). Lazerli Tesviye Küreği, <https://www.cekickesen.com.tr/urun/ec015-lazerli-tesviye-kuregi.html>
- Demirtaş, Ç. (2004). A research on using possibilities of geographical information system (GIS) in land leveling projects (in Turkish: Arazi tesviyesi projelerinin hazırlanmasında coğrafi bilgi sistemi (GIS)'nin kullanım olanakları üzerine bir araştırma), <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- El-Shikha M. A., El-Berry A., El-Shikha D. M., Zayed M. (2008). A Laser Scraper Modification and Its Effect on Performance and Operational Costs, ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Rhode Island Convention Center Providence, Rhode Island June 29 – July 2, 2008, An ASABE Meeting Presentation Paper Number: 083581, <https://doi.org/10.13031/2013.24887>
- Eravcı, G. (2022). A research on strenght based computer aided design of a hydraulic scraper (in Turkish: Hidrolik Etkili Toprak Kazı Makinesinin (Skreyper) Mukavemete Dayalı Bilgisayar Destekli Tasarımı Üzerine Bir Araştırma, <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Fu, W., Wu G., Bao H., Wei X. Meng Z. (2016). Development Of Land Leveling Equipment Based On GNSS, Proceedings of the 13th International Conference on Precision Agriculture July 31 – August 4, 2016, St. Louis, Missouri, USA, <https://www.ispag.org/proceedings/?action=download&item=1959>
- Google Earth. (2024). Thrace Region of Türkiye, (Erişim tarihi:17/04/2024)
- Hoquel M.A., Hannan M.A. (2014). Performance Evaluation of Laser Guided Leveler, *Int. J. Agril. Res. Innov. & Tech.*, 4 (2), 82-86, <http://dx.doi:10.3329/ijarit.v4i2.22655>
- Jing, Y. , Li Q., Ye W., Liu G. (2023). Development of a GNSS/INS-based automatic navigation land levelling system, *Computers and Electronics in Agriculture*, 213 (2023) 108187, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108187>
- Kaloop, M. R. M. (2005). Leveling By Using Global Positioning System, B.Sc. Civil Engineering - Mansoura University, https://www.researchgate.net/publication/200463106_Leveling_by_using_Global_Positioning_System#fullTextFileContent

- Luo, X., Zhao, Z., Li Q., Wang, Z., Zhou, Z., Zhang, J. (2007). Study on Leveling Control for a Paddy Laser Leveler, Conference: 2007 Minneapolis, Minnesota, June 17-20, 2007, <https://doi.org/10.13031/2013.22905>
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2015). Arazi Tesviye Alet Ve Makineleri Ders notu, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Arazi%20Tesviye%20Alet%20ve%20Makineleri.pdf
- Niu, D., Wang, Y., Li, H., Liu, G., Ma, X., Zhang, M. (2014). Design of an intelligent integrated control terminal for farmland leveling, An ASABE – CSBE/ASABE Joint Meeting Presentation, 2014 ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting Sponsored by ASABE Montreal, Quebec Canada July 13 – 16, 2014, Paper Number: 141898879, <https://doi: 10.13031/aim.20141898879>
- Seymour, C. (2015). Applications for GPS on Shovels and Excavators, Brisbane, Australia, www.infomine.com/publications/docs/Seymour2005.pdf, 5s.
- Topcon. (2025, Nisan 22). Rotating Laser <http://www.topcon.com.sg/survey/rl01.html>
- Uçaker, E. (2021). Geniş Alanlı Tesviyeli Mühendislik Yapılarında Yüzey Deformasyonlarının Uydu Bazlı Jeodezik Yöntemlerle İzlenmesi, <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Wang, Y., Niu, D., Li, H., Liu G., Ma, X., Li, I. (2014). The Application of Intelligent Navigation Technology in GNSS-controlled Land Leveling System, 2014 ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting Sponsored by ASABE Montreal, Quebec Canada July 13 – 16, 2014, Paper Number: 141900125, <https://doi: 10.13031/aim.20141900125>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

The purpose of this research was to determine the performance of the GPS levelling system, which uses coordinate data obtained from GPS, which has recently started to be used instead of laser system in levelling shovels widely used in rice farming. In the research, a domestic production system was tested and the obtained data was evaluated statistically.

Methodology

Materials were levelling system with GPS, reference station, rotating laser, leveling shovel, tractor, field. The GPS leveling system was operated from a reference station that broadcasted a position correction signal. Deviations from the reference plane were determined by measurements made from the field leveled according to the reference plane determined by laser. At the same time, the elevation heights of these points are determined from the coordinates determined by GPS. The standard deviation values of the obtained data from the targeted values were calculated and evaluated by taking into account the leveling tolerances. The measurements were also evaluated by calculating the Root Mean Square Error (RMSE) value.

Results and Conclusions

Elevation of the field changed between 431.998 and 459.948 m. Average elevation was 434.378. The average value obtained from the measurement points was determined as 5.71 mm, the standard deviation value was calculated as 3.48 mm and the mean square error was calculated as 0.262 mm. The slope tolerance in the pans in rice production was determined as 2 cm in interviews with farmers. Many measurement data were below than 10 mm. As a result of both the measurement data and the evaluation from the graph and field observations; the GPS leveling system has successfully leveled the land within acceptable limits.

The GPS levelling system worked successfully in the paddy field within acceptable limits. There is a big potential for GPS to use instead of the levelling system with laser. GNSS GPS system gives opportunity to planning field traffic. In addition autonomous systems can also be used in the tractor to decrease driver load and fuel consumption. Futur Works may be focused on these topics.

AUTHORS' BIOGRAPHY



Bahattin AKDEMİR

Bahattin Akdemir works as a faculty member in the Department of Biosystems Engineering, Agricultural Machinery Systems Division, at Namık Kemal University in Tekirdağ. He conducts research on agricultural machinery, tractors, and smart farming/precision.

İletişim

bakdemir@nku.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0001-9872-1823>

Fındık Harmanlama İşleminde Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Yönelik Ergonomik Risk Değerlendirmesi

Ergonomic Risk Assessment for Musculoskeletal Disorders in Hazelnut Threshing Process

Tanju Kara ^{1,*}  Selçuk Arslan ² 

¹Kocaeli İlçe Tarım Müdürlüğü, Sakarya, Türkiye.

²Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): T. Kara, e-mail (e-posta): tanjukara99@gmail.com

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 04.04.2025
Düzeltilme tarihi : 24.04.2025
Kabul tarihi : 25.04.2025

Anahtar Kelimeler:

Fındık Harmanlama
REBA
Ergonomik Risk Analizi
Kas ve İskelet Sistemi Rahatsızlıkları

Atf için:

Kara, T., Arslan, S. (2025). "Fındık Harmanlama İşleminde Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Yönelik Ergonomik Risk Değerlendirmesi", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 21(1): 65-84.

ÖZET

Tarım sektöründe teknolojinin gelişmiş olması ve makineli tarımın yaygın olarak kullanılmasına rağmen, insana dayalı kas gücü hala yoğun olarak kullanılmaktadır. İnsana dayalı kas gücünün hala yoğun olarak kullanılması, tarımsal üretimde iş verimi kaybına, üretim miktarında azalmaya ve üretim sürecinde aksamalara sebep olmaktadır. Yapılan işin türü, yükü ve süresi, belli kas gruplarının bu yüke maruziyeti sonucunda özellikle kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına (KİSR) neden olmaktadır. Fındık hasat ve harmanlama sırasında da çalışanların ergonomik olmayan duruş pozisyonları, kaldırdıkları yüklerin miktarı ve tekrarı, çalışanlarda kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarının görülmesine sebep olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, fındık harmanlama işleminde çalışanların kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına yönelik ergonomik risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesidir. Çalışmada, ergonomik risklerin değerlendirilmesi kapsamında risk analiz yöntemlerinden biri olan Çabuk Tüm Vücut Değerlendirme Yöntemi (Rapid Entire Body Assessment, REBA) kullanılmıştır. Yapılan analizlere göre; fındık emiş hortumuna fındık verme işçiliği için REBA skoru 5, elek hattı kontrolörlük için 4, harmanlanacak fındığın havalandırma/emiş hattına kaldırma için 5, harmanlanan fındığın çuvallanması için 9, harmanlanacak fındığın üfleme makinesiyle toplanması için 4 bulunmuştur. Fındık paketleme ve hasattan ayrı yapılan emiş hortumu kontrol işçiliği yüksek risk seviyesinde bulunmuş ve acil önlemler alınması gerektiği belirlenmiştir.

Article Info

Received date : 04.04.2025
Revised date : 24.04.2025
Accepted date : 25.04.2025

Keywords:

Hazelnut Threshing
REBA
Ergonomic Risk Analysis
Musculoskeletal Disorders

How to Cite:

Kara, T., Arslan, S. (2025). "Fındık Harmanlama İşleminde Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Yönelik Ergonomik Risk Değerlendirmesi", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 21(1): 65-84.

ABSTRACT

Despite technological advancements and the widespread use of mechanized agriculture in the agricultural sector, human muscle power is still heavily utilized. The intensive use of human-based muscle power causes loss of efficiency in agricultural production, decrease in production quantities and disruptions in the production process. The type, load, and duration of work lead to musculoskeletal disorders (MSDs) due to the prolonged exposure of specific muscle groups to these loads. Such disorders are among the most common health problems encountered by agricultural workers. During hazelnut harvesting and threshing, workers' non-ergonomic postures, the amount of loads they lift and their repetition may cause musculoskeletal disorders. The aim of this study is to determine and evaluate the ergonomic risk for musculoskeletal disorders of workers in the hazelnut threshing process. In the study, Rapid Entire Body Assessment (REBA), one of the risk analysis methods, was used within the scope of evaluating ergonomic risks. According to the analysis, the REBA scores for various tasks were as follows: 5 for feeding hazelnuts into the suction hose, 4 for screening line monitoring, 5 for lifting and aerating hazelnuts into the suction line, 9 for bagging threshed hazelnuts, and 4 for collecting hazelnuts using a blower machine. Hazelnut packaging and suction hose control work performed separately from harvesting were found to be at a high-risk level, requiring urgent preventive measures.

1. GİRİŞ

Fındık, sert kabuklu meyveler arasında dünya genelinde hem üretim hem de tüketim açısından önemli bir konuma sahiptir. Dünya sıralamasında ikinci sırada yer alan fındık, özellikle gıda sanayinde, şekerleme ve çikolata üretiminde temel hammadde olarak kullanılmaktadır. Fındık, 36-41 kuzey enlemleri arasındaki uygun iklim koşullarında yetişmektedir ve Türkiye, İspanya, İtalya ve Amerika Birleşik Devletleri en büyük üreticiler arasındadır. Türkiye, dünya fındık üretiminin %65-70'ini, fındık ihracatının ise %70-75'ini karşılayarak küresel pazarda lider konumdadır. Başlıca ihracat destinasyonları arasında Avrupa ülkeleri yer almaktadır; bu ülkelerde, çikolata ve şekerleme sanayi yoğun bir şekilde fındık talep etmektedir (Aktaş vd., 2009).

Türkiye’de fındık üretimi başlangıçta sadece Doğu Karadeniz Bölgesi ile sınırlıyken, zamanla Batı Karadeniz Bölgesi’ne de yayılmıştır. Devletin sağladığı destekler ve alım garantileri, üretimin yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamıştır (Alkan ve Kılıç, 2007). Fındık tarımı, birçok üretici için temel geçim kaynağı olmanın yanı sıra, üretimden pazarlamaya kadar olan süreçte geniş bir istihdam alanı yaratmaktadır (Eryılmaz ve Kılıç 2019). Tarım sektörünün mevsimlik iş gücüne dayanması nedeniyle özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinden Karadeniz’e yönelik iş gücü göçü yaşanmaktadır. Türkiye’de yaklaşık 300 bin mevsimlik tarım işçisi bulunmaktadır ve bu işçiler, göç ettikleri illerde genellikle çadırlarda olumsuz yaşam koşulları altında çalışmaktadır (Bulut, 2013).

Üretim faaliyetleri iş gücünü zorunlu kılarak çalışanların iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli risklerle karşı karşıya kaldıkları görülmektedir. Tarım sektörü; kimyasal, fiziksel, biyolojik ve ergonomik riskleri barındıran ve bu yönüyle en tehlikeli iş kollarından biri olarak değerlendirilmektedir (Kanvermez ve Sümer 2021). Tarımsal faaliyetlerde kullanılan makineler, uygun olmayan çalışma pozisyonları ve ağır yük taşıma gibi etkenler kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Uzun süreli çalışma saatleri, insan anatomisine uygun olmayan pozisyonlarda çalışma, ağır yüklerin yanlış kaldırılması ve sürekli titreşime maruz kalma gibi faktörler, çalışan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR), tarım sektöründe çalışan işçileri yaygın olarak etkileyen sağlık sorunları arasında yer almakta olup, çalışanların iş verimini, yaşam kalitesini ve fiziksel fonksiyonlarını olumsuz etkilemektedir (Esen ve Fiğlalı, 2013). Bu nedenle, tarım sektöründe çalışanların ergonomik koşullarının iyileştirilmesi, meslek hastalıklarının ve iş kazalarının önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir (Çamurcu ve Seyhan, 2015).

Çalışma duruşunun ölçülmesinde, gözleme dayalı yöntemlerden biri olan REBA, bütün vücudunun değerlendirilmesinde tarımsal faaliyetler için de kullanılmaktadır. Akalp ve ark (2021), zeytin tarımında çalışan işçilerin çalışma duruşlarının REBA analizi kullanarak risk değerlendirmesi yapmış, ağaç dalları üzerinde yapılan kesme ve toplama işini, çalışanı en çok zorlayan işler olarak belirlemiştir. Zeytin hasadı ve sonrasında yapılan taşıma işinin de çalışanların bedensel yükünü arttırdığını bildirmiştir. Geniş ve Sümer (2021), tohumluk mısır üretiminde çalışan işçilerin çalışma tekniklerini incelemiş ve ergonomik risk analizinde REBA yöntemini kullanarak yapmıştır. Mısır püskülü çekim işçiliğinin yüksek risk seviyesinde olduğunu ve önlem alınması gerektiğini, mısır kırım işçiliği ve ayıklama işçiliklerinin ise orta düzey risk grubunda olduğundan önlem alınmasına gerek olmadığı belirlemiştir.

Makine yardımıyla elma hasadında yapılan bir çalışmada, hasat işçilerinin duruşları REBA yöntemi ile analiz edilmiş ve skoru 3 bulunmuş, çalışma esnasında önlem alınması gerekebileceği tespit edilmiştir (Dilay ve Özkan, 2023a). Fındığın mekanik hasadında çalışanların duruşlarını inceleyerek ergonomik risk analizini REBA ve OWAS yöntemini kullanan Sauk ve ark. (2022), Samsun’un Terme ilçesinde

pnömatiketikili fındık toplama makinası ile çalışmada tüm çalışma istasyonlarının en yüksek risk seviyesinde olduğunu göstermiştir. Alıç meyvesinin hasadında ise çalışanların ergonomik risk analizi OWAS yöntemi kullanarak analiz edilmiş, zorlanmanın fazla olmadığı tespit edilmiş olup ergonomik düzenleme yapılması gerektiği, ancak acil eylem gerekmediği tespit edilmiştir (Dilay ve Özkan, 2023b).

Sırtta taşınarak kullanılan bazı makinaların ergonomik değerlendirmesi REBA ve RULA yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Sırtta taşınan pülverizatörlerin kullanımı esnasında, çalışan üzerinde oluşan ergonomik riski gösteren REBA ve RULA skorları, sırasıyla en üst değer olan 7 ve 11 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre işçi ergonomik açıdan çok riskli pozisyonlarda çalıştığından, çalışma duruşunu acilen değiştirmesi gerektiği tespit edilmiştir (Aygün ve ark. 2021).

Tarım makinaları üreten bir işletmede iş akışı, ergonomi ve iş güvenliği açısından değerlendirilmiştir. Üst beden zorlanmalarının değerlendirilebilmesi için RULA, ayak duruşlarının etkisinin değerlendirilebilmesi için REBA, zorlanmaların çalışma süresi içerisindeki dağılımını belirlemek için OWAS yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada kesme ve kumlama işçiliklerinde REBA ve RULA puanlama sistemine göre en yüksek risk seviyesinde oldukları belirlenmiş, yapılan işçiliğin ergonomik kurallara tamamen aykırı olduğu tespit edilmiştir (Öz ve Çakmak, 2016).

Ülkemizde tarımsal faaliyetler kapsamında kas iskelet sistemi odaklı yürütülen çalışmalar incelendiğinde, çalışanların kas-iskelet rahatsızlıkları bağlamında ergonomik riskler altında olduklarını ve çalışanların sağlığının korunması için önlemler alınması gerektiği görülmektedir. Fındık üretimi geniş bir coğrafyada ve farklı topoğrafyalarda, tam mekanize olarak yürütülememekte ve insan gücüne bağlı olarak yapılmaktadır. Ancak toplanan fındıkların zurufundan ayrılma sürecini içeren makinalı harmanlama işleminde çalışanların kas ve iskelet rahatsızlıkları açısından hangi riskler ve düzeylerine maruz kaldıklarına ilişkin herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Bu araştırmada, fındık üretiminin harmanlama sürecinde işçi sağlığı ve güvenliğinin artırılması amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında, fındık harmanlama sürecinde yer alan işçilerin çalışma duruşları REBA yöntemi kullanılarak analiz edilmiş, risk seviyeleri belirlenmiş ve bu risklerin minimize edilmesine yönelik öneriler geliştirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

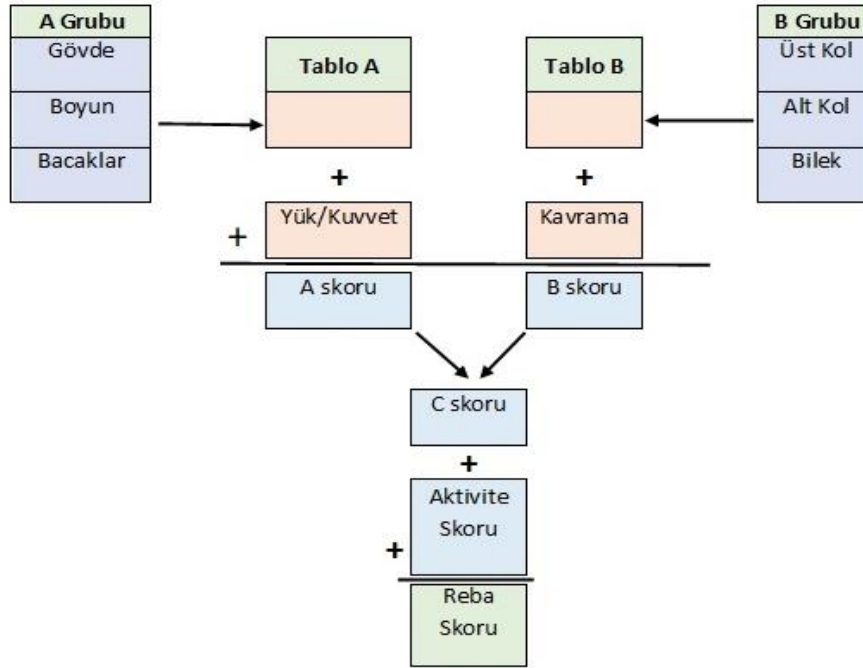
2.1. Materyal

Çalışmanın materyalini, fındık harmanlama işleminde çalışan tarım işçileri oluşturmaktadır. Yapılan ön incelemelerde, üreticiler tarafından farklı yapı ve boyutlarda fındık harmanlama makinelerinin kullanılmakta olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, Sakarya bölgesinde yerel bir firma tarafından üretilen bir fındık harmanlama makinesi tercih edilmiştir. Harman makinesi; aspiratör, değirmen, vantilatör, boşaltıcı olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır. Traktör kuyruk milinden 500-540 devir/dakika ile hareket alan makine, harmanlanacak olan fındık materyalini ilk olarak vakum hortumunun bağlı olduğu aspiratörle makine içerisine almaktadır. Aspiratörün devri 3000-3500 devir/dakikadır. Makineye gelen fındık, 135-140 devir/dakika ile dönen lastik değirmende zurufundan ayrılmaktadır. Zurufundan ayrılan fındığın, artıklardan temizlenmesi ve içi boş fındıklardan ayrılması için 1100-1200 devir/dakika ile dönen vantilatörün önünden akar. Bu kısımda zuruflar ve yaprak artıkları makineden üfletilerek uzaklaştırılır. Aynı zamanda içi boş olan fındıklar, ayrı bir kanala iletilir ve ayrı olarak çuvallanmaktadır. Temiz fındıklar ise 3500-4000 devir/dakika ile dönen tane iletim fanı yardımıyla boşaltma kanalından çuvallanmak üzere akmaktadır. Aynı zamanda tane iletim fanına bir hortum bağlanarak temizlenmiş olan fındıklar çuvallanmadan direkt olarak harmana ya da römorka

yüklenebilmektedir. Fındık harmanlama işinde incelenen makinelerden bir tanesi hasat ve harmanın birlikte yapıldığı iş türünde kullanılmıştır. Diğer ise harman işleminin hasattan ayrı olarak yapıldığı iş türünde kullanılmıştır. Fındık harmanlama işi esnasında beş farklı işçilik türü temel alınarak çalışanların duruş pozisyonları video ve görsel kayıtlar ile incelenmiştir.

2.2. Yöntem

Fındık harmanlama işleminde belirlenen 5 çalışma duruşu için, kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına yönelik risklerin analizinde REBA yöntemi kullanılmıştır. REBA yöntemi yaklaşımıyla vücut kısımları A ve B olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. A grubunda gövde, boyun ve bacak; B grubunda, üst kol, alt kol ve el bileği pozisyonları analiz edilerek puanlama yapılmıştır. Elde edilen A tablosu skoruna yük/kuvvet skoru, B tablosu skoruna yük kavrama skoru eklenerek A skoru ve B skoru tespit edilmiştir. A ve B skorları eşleştirilerek C tablosu skoru hesaplanmıştır. C tablosu skoruna faaliyet ve aktivite skoru eklenerek REBA skoru elde edilmiştir (Şekil 1). REBA skoru, risk eylem düzeyleri incelenerek alınması gereken önlemin ciddiyeti belirlenmiştir.



Şekil 1. REBA yöntemi grup planlaması

Hasat olgunluğuna erişmiş olan fındık, harmanlama makinesine, emiş hortumu ağzından verilmektedir. Yapılan çalışmada iki farklı harmanlama tipi incelenmiştir. Birinci çalışmada hasat ve harmanın birlikte yapıldığı ve harmanlanacak fındığın direkt olarak fındık ocakları arasından, harman makinesine gönderilmesiyle yapılmaktadır. Bu işlemin yapılabilmesi için, hasat olgunluğuna erişen fındıklar kendiliğinden bahçe zeminine düşmekte, düşmeyenler ise silkeleme yöntemiyle düşürülmektedir. Bahçe zeminine düşen fındıklar ise, makineye daha kolay ve kısa sürede gönderilebilmesi için, ocaklar arasına sırt tipi üfleme makinesi marifetiyle namlu şeklinde toplanmaktadır (Şekil 2). Üfleme makinesi 4,5 HP gücünde, 61,3 cm³ silindir hacmine sahip, 20 m³/dakika hava üfleme kapasitesinde, 9,4 kg kuru ağırlık, 11,7 kg ıslak ağırlığa sahip sırtta taşınır tiptedir.

Emiş hattındaki işçi, emiş hortumunu bu namlu üzerinde gezdirerek harmanlanacak olan fındığı direkt olarak makineye göndermektedir. Emiş hortumunu kullanan işçi, boş ağırlığı 2,0 kg ve dolu ağırlığı 2,4-2,8 kg arasında değişkenlik gösteren hortumu, yere eğilir pozisyonda, bir ton temiz fındık için ortalama bir saat kadar, manevra değişimleri ve molalar haricinde aralıksız olarak tutmaktadır. Hortum ağırlığı işçinin tuttuğu kısma bir tartım cihazı bağlanarak ölçülmüştür (Şekil 3).



Şekil 2. Bahçe zeminine düşen fındıkların üfleme makinesiyle sıra arasına toplanması



Şekil 3. Emiş hortumu boş ve dolu ağırlık ölçümü

İkinci çalışmada ise harmanlanacak fındık, hasat edildikten sonra harman yerine temiz branda üzerine yığın şeklinde serilmektedir. Emiş hortumunu kontrol eden kişi, fındığın temizliğine, içerisindeki gazel durumu, odun parçalarının olup olmamasına göre emilip makineye gönderilecek fındık miktarını kontrol ederek yere oturur pozisyonda çalışmakta ve ellerini kullanarak materyali hortum ağzına vermektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Harman yerinde serili olan fındığın vakum hortumuna verilmesi

Hasat harman işleminin birlikte yapıldığı çalışmaya ait vakum hortumu kontrolörlüğü işçiliğinde öncelikle hasat olgunluğuna erişen fındık, doğal olarak kendiliğinden bahçe zeminine düzensiz bir şekilde düşmekte, düşmeyenler ise işçiler vasıtasıyla fındık dalları silkelenerek bahçe zeminine tamamen indirilmektedir. Karışık olarak bahçe zeminine dökülen ve zurufundan ayrılmamış fındıklar, üfleme makinesiyle bahçenin sıra aralarına namlu şeklinde toplanmakta, makine emiş hattına vakum hortumuyla verilmektedir. Hortumun uzunluğu toplam 50 metre olup 25'şer metreden iki parça halindedir. Harmanlanacak fındığın harman makinesine uzaklığına göre eklemeli olarak kullanılmaktadır.

Fındık üfleme işleminde sırt tipi üfleme makinesiyle çalışmakta olan işçi bahçe zeminindeki fındığı, sıra aralarına namlu şeklinde toplamaktadır. Yaptığı işin süresi hasat öncesi bahçenin temizlik durumuna, dökülen fındığın zurufundan ne kadar ayrılmış olduğuna göre değişmekte ve hasat işlemi boyunca aynı işi yapmaktadır. Üfleme makinasının ağırlığı 11,7 kg ağırlığındadır. İş boyunca işçi makinayı sırtında taşımaktadır.

İşçi sıra araları geçişinde ve kendi pozisyonunu değiştirme esnasında gazı kesmekte, diğer zamanlarda tam gazda üfleyerek harmanlanacak materyali toplamaktadır. İş süresinin tamamında ayakta durmakta, gezinerek çalışmaktadır. İşçinin A grubu skor puanlaması vücut açılarından gövde, boyun, bacak açıları birlikte değerlendirilerek hesaplanmıştır.

Fındık üreticileri, hasat ve harmanın aynı anda yapılmasının mümkün olmaması durumunda, harman işlemini hasattan sonraya bırakmaktadır. Bunun sebebi, eğimli arazilerde harmanlanacak fındığın sıra aralarına toplanmasının zor olması, makine ve buna hareketi veren traktörün dengede çalışma zorunluluğu, vakum hortumunu eğimli arazide kullanmanın zorluğu gibi sebepler gösterilebilir. Bu çalışma şeklinde, elle toplanarak hasat edilen fındık, harman yerine getirilip temiz bir branda üzerine yığın şeklinde serilmektedir. Harman yerine kurulan harman makinesinin konumu, fındık cürufklarının üreticinin talep ettiği tarafa doğru üfletilecek şekilde konumlandırılmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Harmanlanacak fındık yığını ve harman makinesinin genel görünümü

Harman işleminin hasattan ayrı olarak yapıldığı bu çalışma şeklinde, eleme ünitesi işçiliği ve fındık paketleme ünitesi işçiliğine değinilmemiştir. Söz konusu iki işçilik türü, harman işleminin hasatla birlikte yapıldığı çalışma şeklinde değerlendirilmiştir. Bu çalışma şeklinde harman işlemi başladığında, vakum hortumu yığın içine daldırılarak harmanlanacak fındık bir işçi tarafından vakum hortumu ağzına verilmektedir. Çalışma kolaylığı açısından diğer bir işçi harmanlanacak materyali elindeki tırmıkla hortum ağzına yaklaştırmaktadır.

Analiz sonuçlarının değerlendirmesinde kullanılan REBA yöntemi risk eylem düzeyleri, Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. REBA yöntemi risk eylem düzeyleri

Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal edilebilir	Gerekli değil
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zaman içinde gerekli
4	11-15	Çok yüksek	Hemen gerekli

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Fındık Vakum Hortumu Kontrolörlüğü İşçiliği

Emiş hattında çalışan işçinin yaptığı faaliyet, emiş hortumuyla yerden toplama olduğu için gövde aşağı eğik, boyun hafif yukarı şeklinde çalışmaktadır. Bahçede sıra araları geçişleri haricinde işin tamamında söz konusu pozisyonda durmaktadır. Bunun için işçi; vakum hortumunu A grubu skor kategorisinde 80°’lik gövde açısı, 15°’lik boyun açısı ve 10°’lik bacak açısıyla tutmaktadır. B grubu skor kategorisinde ise 27°’lik üst kol açısı, 87°’lik alt kol açısı ve 30°’lik bilek açısı, 1 ton temiz fındık için 1 saat kadar, manevra değişimleri ve molalar haricinde aralıksız olarak tutmaktadır. Emiş hortumunun boş ve dolu ağırlığı, işçinin tuttuğu kısımdan tartım marifetiyle ölçülmüştür. Boş ağırlık 2,0 kg, dolu ağırlık ise 2,4 ile 2,8 kg aralığındadır. Hortum ağırlığı boş ve dolu halde 5 kg’dan az olduğu için Yük/Kuvvet skoru tablosuna göre, A skoruna herhangi bir puan eklemesi yapılmamıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yük/Kuvvet değerine bağlı olarak kullanılan skor değerleri

Yük/Kuvvet	Skor
<5 kg	0
5-10 kg	1
>10 kg	2
Ani veya hızlı kuvvet artışı	+1

Emiş hattında çalışan işçinin A grubu skor hesaplamasında vücut açılarından boyun, bel, dirsek ve bilek açıları, vakum hortumunun ağırlığı gibi parametreler birlikte değerlendirilmiştir (Şekil 7). Gövde duruş pozisyonu 80°'lik bir açıyla çalışmaktadır. Bu durumda gövde duruş pozisyonu 60°'den fazla olduğundan gövde duruş skoru 4 olmaktadır (Çizelge 2). Hortumu materyal üzerinde gezdirirken duruş pozisyonunda yana dönmeler olduğundan skora +1 puan eklenerek skoru 5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Vakum hortumu işçisinin gövde, boyun ve bacak açıları

Çizelge 2. Gövde duruş skorunun hesaplanması

Hareket	Skor	Skor Değişimi
Dik	1	Yana Esneme veya Dönme Varsa +1
0°-20° Esneme	2	
0°-20° Uzanma	2	
20°-60° Esneme	3	
>20° Uzanma	3	
>60° Esneme	4	

Çalışma esnasında boyun 15°'lik bir duruşla çalışılmakta olup herhangi bir yana dönme, uzanma veya esneme söz konusu değildir. Duruş pozisyonu 0°-20° arasında olduğundan boyun duruş skoru 1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Boyun duruş skorunun hesaplanması

Hareket	Skor	Skor Değişimi
0°-20° Esneme	1	Yana Esneme veya Dönme Varsa +1
>20° Esneme veya Uzanma	2	

İşçinin bacak pozisyonu çalışma süresince dik konumdadır. Elinde taşımış olduğu hortumun ağırlığı her iki bacağa da eşit şekilde dağılmış olup iş boyunca yürümektedir. Bu durumda bacak pozisyonu skoru 1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Bacak duruş skorunun hesaplanması

Hareket	Skor	Skor Değişimi
İki taraflı ağırlık taşıma, yürüme ya da oturma	1	Dizlerde 30°-60° arası esneme +1
Tek taraflı ağırlık taşıma ya da sabit olmayan duruş	2	Dizlerde >60° arası esneme +2

Vakum hortumu işçisinin, A grubu skoru hesaplanmasında gövde, boyun ve bacak skorları Tablo A'da eşleştirildikten sonra, çıkan sonuca yük/kuvvet skorunun eklenmesiyle hesaplanmış ve sonuç 4 bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. A skorunun hesaplanması

		Boyun										
		1				2				3		
		Bacaklar				Bacaklar				Bacaklar		
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Gövde	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9

Emiş hattında çalışan işçinin B grubu skor hesaplamasında vücut açılarından üst kol, alt kol ve bilek açısı birlikte değerlendirilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Vakum hortumu işçisinin üst kol, alt kol ve bilek açıları

Çalışan işçinin üst kol çalışma açısı 27° 'lik bir açıya sahip olup, 20° - 45° arasında olduğundan REBA skoru 2 olarak belirlenmiştir (Çizelge 6). Duruş pozisyonlarından alt kolu incelediğimizde, çalışma esnasında değişiklik gösterse de genel olarak 87° 'lik bir açıyla çalışmakta olup 60° - 100° arasında olduğundan alt kol için duruş skoru 1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Alt kol skorunun hesaplanması

Hareket	Skor
60° - 100° Esneme	1
$<60^\circ$ Esneme ya da $>100^\circ$ Uzanma	2

Çalışan işçinin bilek açısı ise, hortumu kavrayabilmek için 15° 'den daha büyük bir açıyla çalışmakta olup REBA skoru 2 olarak belirlenmiş, ayrıca bileklerde yana esneme ve dönme olduğundan bu skora +1 eklenmiştir (Çizelge 8). Hortumu el ile tutma tam olarak sağlandığından kavrama skoru 0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 8. Bilek skorunun hesaplanması

Hareket	Skor	Skor Değişimi
0° - 15° Esneme ya da Uzanma	1	Bileklerde yana esneme ya da dönme varsa +1
$> 15^\circ$ Esneme ya da Uzanma	2	

Aynı işçinin çalışma duruşuna ait skoru hesaplaması için, B grubu skoru hesaplanmasında, üst kol, alt kol ve bilek skorlarının Tablo B de eşleştirildikten sonra, çıkan sonuca kavrama skorunun eklenmesiyle hesaplanmış ve sonuç 3 bulunmuştur (Çizelge 10).

Çizelge 10. B skorunun hesaplanması

		Alt Kol					
		1			2		
		Bilek			Bilek		
		1	2	3	1	2	3
Üst Kol	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

B Skoru = 3

A skoru ve B skoru değerleri Tablo C de yerlerine yerine konularak C skoru hesaplanmış ve C skoru 4 bulunmuştur (Çizelge 11).

Çizelge 11. C skorunun hesaplanması

	B Skoru												
A Skoru		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	6	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	7	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	

Aktivite tablosu yardımıyla aktivite skoru hesaplanmış, kısa süreli tekrarlanan işler olduğundan aktivite skoru 1 olarak bulunmuştur (Çizelge 12).

Çizelge 12. Aktivite skorunun hesaplanması

Aktivite	Skor
Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabit tutma (Örneğin 1 dakikadan uzun tutma)	+1
Kısa aralıklarla tekrar edilen işler (Örneğin 1 dakikada dörtten fazla tekrar eden iş)	+1
Yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışıyorsa	+1

A, B, C ve aktivite skor puanları kullanılarak REBA skoru 5 olarak bulunmuştur (Şekil 6). Sonuç olarak vakum hortumu işçiliği REBA Risk Değerlendirmesine göre, risk seviyesi orta, önlem ise gerekli seviyededir (Çizelge 13).

Çizelge 13. Risk Seviyesinin değerlendirilmesi

Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal Edilebilir	Gerekli Değil
1	2-3	Düşük	Gerekli Olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa Zaman İçinde Gerekli
4	11-15	Çok Yüksek	Hemen Gerekli

3.2. Harman işinin hasattan ayrı olarak yapıldığı çalışma şeklinde, vakum hortumu kontrolörlüğü işçiliği çalışma şekli

Vakum hortumuna materyali veren işçinin her bir hamlede hortum ağzına verdiği materyalin ağırlığının tartımı anında mümkün olmamıştır. Video kaydı marifetiyle dakikadaki hamle sayısı, makine kapasitesi, saatte temizlenen fındık ve ayrı bir yerde branda üzerine tekrarlı denemeler yapılmıştır. Sonuç olarak hortum ağzındaki işçinin her hamlede verdiği materyalin ağırlığı 0,19 kg ile 0,23 kg aralığında bulunmuştur (Şekil 9). Bu ağırlık 5kg'dan az olduğundan yük/kuvvet skoru sıfır bulunmuştur.



Şekil 9. Vakum hortumuna verilen materyalin ağırlık ölçümü denemesi

Hortum ağzına harmanlanacak materyali veren işçi, iş süresinin tamamında yere oturur pozisyonda çalışmaktadır. İşçinin A grubu skor puanlaması vücut açılarından gövde, boyun, bacak açıları, birlikte değerlendirilerek hesaplanmıştır. Bu pozisyondayken gövde açısı 55° olup iş esnasında pozisyonunu korumak ve materyali sürekli olarak hortum ağzına vermek için yana dönmeler ve yana esnemeler olmaktadır (Şekil 10). Bu durumda gövde skoruna +1 eklenmiş ve skor 4 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 10. Vakum hortumu işçisinin vücut açıları

Çalışma esnasındaki boyun açısını 0°-20° arasında olduğundan skor 1 olarak hesaplanmıştır. İşçi çalışma süresi boyunca yere oturur pozisyonundadır. Oturma esnasında dizlerdeki açı 60°'den fazladır. Bu sebeple mevcut skora +2 puan eklenmiş, toplam skor 3 olarak hesaplanmıştır. Ancak REBA skor puanlama sistemi, platform üzerindeki ya da sandalye üzerindeki oturma pozisyonunu referans aldığı ve söz konusu işçi iş boyunca yere oturduğundan REBA skorunun 3 puandan daha fazla olabileceği tespit edilmiştir. Vakum hortumu işçisinin A grubu skoru hesaplanmasında, gövde boyun ve bacak skorları eşleştirilmiş, çıkan sonuca yük/kuvvet skoru eklenmiş ve sonuç 6 bulunmuştur.

B grubu skor hesaplamasında vücut açılarından üst kol, alt kol ve bilek açısı birlikte değerlendirilmiştir. Üst kol açısı değişkenlik göstermekle birlikte 20° - 45° arasında olduğundan skor 2 olarak belirlenmiştir. İşçinin alt kol açısının ise 100° ve daha fazla olduğu tespit edilmiş olup skor 2 olarak hesaplanmıştır.

İşçinin bilek açısı 15° den fazla olduğundan bilek skoru 2 puan olarak hesaplanmıştır. B grubu skoru hesaplanmasında, üst kol, alt kol ve bilek skorları ve kavrama skoru birlikte ele alınarak skor 3 bulunmuştur.

A skoru ve B skoru değerlerine bağlı olarak C skoru 6 olarak bulunmuştur. Aktivite tablosu yardımıyla aktivite skoru hesaplanmış, kısa süreli tekrarlanan işler olduğundan ve vücudun bir kısmı sabit durduğunda aktivite skoru 2 puan olarak hesaplanmıştır. Kavrama skor tablosu yardımıyla kavrama skoru hesaplanmış, iş esnasında el ile materyalin tutumu tam olarak sağlandığı için kavrama skoru 0 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan A, B, C skorları ve aktivite skorlarından tespit edilen sonuçlar REBA akış diyagramına yerleştirildiğinde, ergonomik risk değerlendirilmesinde kullanılan REBA skoru 8 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, vakum hortumu işçiliği için, referans aralıkları verilen risk eylem düzeyi tablosunda yerine konduğunda; risk seviyesi yüksek, önlem ise kısa zaman içinde gerekli seviyededir.

3.3. Harman işinin hasattan ayrı yapıldığı çalışmada vakum hortumu yardımcı işçiliği

Bu çalışmada, harmanlanacak materyalin oluşturduğu yığına verimli bir şekilde vakum hortumuna verebilmek için, işçiye yardımcı olan ikinci bir işçi gerekmektedir. Bu işçi yığının üzerinde kalan materyalin hortum ağzına yakınlaştırmakta, bu sayede hortum ağzında çalışan işçi ise ürünü vakum hortumuna zaman kaybetmeden iletebilmektedir. Ürün yığınının tırmıkla materyali hortum ağzına çeken kadın işçi, iş süresinin tamamında ayakta çalışmaktadır. İşçinin A grubu skor puanlaması vücut açılarından gövde, boyun, bacak açıları, birlikte değerlendirilerek hesaplanmıştır (Şekil 11). Bu pozisyondayken gövde açısı 50° 'dir. İş esnasında pozisyonunu korumak ve materyali sürekli olarak hortum ağzında çalışan işçiye aktarmak için, yana dönmeler ve yana esnemeler olmaktadır. Bu durumda gövde skoruna +1 eklenmiş ve gövde duruş skoru 4 olarak bulunmuştur.



Şekil 11. Yığın havalandırma işçisinin vücut açıları

Çalışma esnasındaki boyun açısının 0° - 20° arasında bulunmuştur ve skor 1 olarak belirlenmiştir. İşçi çalışma süresi boyunca ayakta çalışmaktadır. Bacak açısı ise değişkenlik göstermekle birlikte 0° - 25° arasında değişmektedir. Bu durumda skor 3 olarak hesaplanmıştır. Kadın işçinin elindeki tırmığın çekme yükünü hesaplamak için tırmık sapına dinamometre bağlanmıştır (Şekil 12). Bu sayede Çizelge

1’de referans aralıkları verilen yük/kuvvet tablosuna göre A skoruna eklenecek değer +1 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 12. Yığın havalandırmakta kullanılan tırmığın ağırlık ölçümü

Ölçüm sonucunda yığına saplı halden kurtarmak için gereken kuvvet 7-8 kg arası bir ağırlığa sahipken yığından kurtulduktan sonra tırmık ağırlığı 2,88-3,5 kg aralığına gerilemektedir. İşçinin kaldırdığı ağırlık 5-10 kg aralığında olduğundan A skor kategorisine eklenmesi gereken yük/kuvvet değeri 1 puandır.

Vakum hortumu yardımcı işçisinin A grubu skor hesaplamasında, gövde boyun ve bacak skorlarının ve yük/kuvvet skorunun kullanılarak toplam skor 4 bulunmuştur. B grubu skor hesaplamasında vücut açılarından üst kol, alt kol ve bilek açısı birlikte değerlendirilmiştir. Üst kol açısı değişkenlik göstermekle birlikte 20°-45° arasında olduğundan skor 2 olarak belirlenmiştir. Alt kol açısı ise 60°-100° arasında olduğundan referans aralıklarına göre skor 2 olarak bulunmuştur. Bilek açısı 15° den fazla olduğundan 2 puan olarak hesaplanmıştır. B grubu skor puanı; üst kol, alt kol ve bilek skorlarının ve kavrama skoru ile birlikte 3 bulunmuştur.

A skoru ve B skoru değerleri kullanılarak C skoru 4 olarak bulunmuştur. Aktivite skoru ise 1 olarak bulunmuştur. İş esnasında el ile materyalin tutumu tam olarak sağlandığı için kavrama skoru 0 olarak alınmıştır. Hesaplanan aktivite skorları ve akış diyagramı kullanılarak REBA skoru 3 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, yardımcı işçi için söz konusu değerler risk eylem düzeyi tablosuna göre risk seviyesi orta, önlem ise gerekli seviyededir.

3.4. Fındık Üfleme Makinesi Operatörü

Üfleme makinesi operatörünün duruş pozisyonları Şekil 13’deki gibi bulunmuştur. Çalışma esnasında gövde açısı 0°-20° arasında değişmektedir ve gövde skoru 2’dir.



Şekil 13. Üfleme makinesi operatörünün duruş pozisyonları

Boyun açısı incelendiğinde 20°'den fazla olduğundan boyun skoru 2 olarak belirlenmiştir. İşçi çalışma süresi boyunca ayakta çalışmaktadır. Bacaklarda 20°'den fazla kırılma olmamaktadır. Çalışma şeklinde iki taraflı dengeli ağırlık taşıma olduğundan C skoru 1 olarak hesaplanmıştır. İşçinin elinde taşımış olduğu üfleme makinesinin hortumu, 5 kg'dan daha az olduğu için, yük kuvvet skoru 0 olarak hesaplanmıştır. Üfleme makinesi işçisinin A grubu skoru ve yük/kuvvet skoru ele alınarak sonuç 3 bulunmuştur.

Üst kol açısı değişkenlik göstermekle birlikte 10°-15° olduğundan REBA skoru 1 olarak hesaplanmıştır. İşçinin alt kol açısı 100°'den daha fazla olduğu tespit edilmiş olup alt kol skor tablosuna göre skor 2 olarak hesaplanmıştır. Bilek açısı ise 20° olduğundan skor puanı 2'dir. Bu değerlendirmelere göre B grubu skoru 2, C skoru ise 3, kısa süreli tekrarlanan işler olduğundan aktivite skoru 1 puan olarak bulunmuştur. İş esnasında el ile materyalin tutumu tam olarak sağlandığı için kavrama skoru 0 olarak hesaplanmıştır. Akış diyagramına göre, REBA skoru 4 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, üfleme makinesi operatörü için söz konusu değerler risk eylem düzeyi tablosunda yerine konduğunda; risk seviyesi orta, önlem ise gerekli seviyededir.

3.5. Makine Elek Sistemini Kontrol Eden İşçi

Emiş hattından harmanlanmak üzere emiş hortumundan makineye gelen fındık, ilk olarak büyük elek kısmına gelmektedir. Bu kısımdan elevatör yardımıyla içerisinde lastik değirmen bulunan tambur kısmına iletilmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. Lastik değirmen

Makine elek sistemini kontrol eden işçi, vakum hortumundan harmanlanmak üzere gelen fındığın içerisinde, taş, odun parçası gibi yabancı maddeleri, makinenin tambur kısmında sıkışıklığa yol açmaması için hızlıca almaktadır (Şekil 15). Bu hareket ortalama dakikada 20 defa tekrar edilmektedir. Çalışma esnasında topladığı yabancı materyalin ağırlık ortalaması 20-100 gram arasındadır.



Şekil 15. Makine elek sistemini kontrol eden işçinin vücut açıları

Makine elek sisteminde çalışan işçinin gövde açısı değişkenlik göstermektedir. Gövde açısı 0° - 20° arasında değişmektedir ve REBA skoru 2'dir. Çalışma esnasındaki boyun açısının 20° 'den fazla olduğu bulunmuştur. İşçi çalışma süresi boyunca ayakta çalışmaktadır. Bacaklarda 20° 'den fazla kırılma olmamaktadır. İşçinin elinde taşımış olduğu yabancı materyaller ufak taş ve odun parçaları olup ortalama ağırlığı 20-100 gram arasında olduğundan yük/kuvvet tablosu REBA skoru 0 olarak hesaplanmıştır. A grubu skor hesaplamasının sonucu 3 olarak belirlenmiştir.

B grubu skor hesaplamasında üst kol açısı 15° ve alt kol açısı değişkenlik göstermekle birlikte 60° - 115° arasında olmaktadır. Bilek açısı değişkenlik göstermekle birlikte 0° - 20° arasında olmaktadır. B grubunda kavrama skoru ile birlikte sonuç skoru 2, C skoru hesaplanmış ise 3 puan olarak hesaplanmıştır. Aktivite skoru, tekrarlanan işler olduğundan, 1 puan, iş esnasında el ile materyalin tutumu tam olarak sağlandığı için kavrama skoru 0 puan alınarak REBA skoru 4 olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, makine elek sisteminde çalışan işçi için söz konusu değerler risk eylem düzeyi tablosunda yerine konduğunda; risk seviyesi orta, önlem ise gerekli seviyededir.

3.6. Harmanlanmış Fındık Paketleme İşçiliği REBA Analizi

Harmanlama işleminden geçen temiz fındık, harman makinesinin yan kısmından iki adet temiz fındık kanalı, bir adet boş fındık kanalı olmak üzere üç farklı kanaldan akmaktadır. Temiz fındık kanalının iki adet olmasının sebebi, fındık çuvalı dolduğunda, makinede tıkanıklığa sebep olmaması ve fındık akışının devamlılığını sağlamak içindir. Fındık çuvalı dolduğunda mandal yardımıyla diğer çuvala geçilmektedir. Her kanalın ağız kısmına temiz çuval takılmakta, temizlenmiş fındık ağırlığı ortalama 20-25 kg ağırlığa ulaştığında kenara alınmaktadır. Fındık emiş hattından gelen fındığın devamlılığına göre dakikada 15 ile 18 kilogram kadar dolu fındık akmaktadır. Bu hesaplama göre, fındık paketleme kısmında çalışan kişi, saatte ortalama 40-45 adet çuvalı 4 ila 5 metre uzaklıktaki alana sürükleyerek taşımaktadır (Şekil16).



Şekil 16. Fındık paketleme ünitesi operatörünün vücut açıları

Paketleme işinde çalışan işçinin A grubu skor puanlaması vücut açılarından gövde, boyun, bacak açıları birlikte değerlendirilerek hesaplanmıştır. Söz konusu pozisyondayken gövde açısı 0° - 30° arasında değişmektedir ve skoru 2'dir. Çalışma esnasındaki boyun açısı 20° 'den fazla bulunmuştur. İşçi çalışma süresi boyunca ayakta çalışmaktadır. Bacaklarda 20° 'den fazla kırılma olmamaktadır. Bu durumda REBA skoru 1 olarak hesaplanmıştır. İşçinin elinde taşımış olduğu çuvalın ağırlığı 20-25 kg arasındadır ve 10 kg' dan fazla olduğundan yük/kuvvet skoru 2 olarak alınmıştır. Paketleme ünitesi

işçisinin A grubu skorunun hesaplamasında gövde boyun ve bacak skoruna yük/kuvvet skorunun eklenmesiyle A skor puanı 6 olarak bulunmuştur.

İşçinin B grubu skor hesaplamasında üst kol açısı 10°, alt kol açısı değişkenlik göstermekle birlikte 60°-100° arasında olduğundan skor 2 olarak hesaplanmıştır. Bilek açısı değişkenlik göstermekle birlikte 0°-20° arasında olmaktadır. İş esnasında el ile materyalin tutumu tam olarak sağlandığı için kavrama skoru 0 olarak hesaplanmıştır. B grubu skor hesaplaması, bu değerlendirmelere göre 5 bulunmuştur.

A ve B skor değerlerine göre, C skoru hesaplanmış 8 olarak bulunmuştur. Aktivite tablosu yardımıyla aktivite skoru, kısa süreli tekrarlanan işler olduğundan, 1 puan olarak bulunmuştur.

A, B, C skorları ve aktivite skorları REBA skorunun 9 olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, paketleme işçisi için risk seviyesi yüksek, önlem ise kısa zaman içerisinde gerekli seviyededir. İncelenen iş türleri arasında en riskli kategoride paketleme işçisi olduğu tespit edilmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, fındık harmanlama işinde çalışan tarım işçilerinin beş farklı işçilik türündeki duruşlarına yönelik ergonomik riskler değerlendirilmiştir. Değerlendirmede kullanılan REBA yönteminde elde edilen sonuçlara göre, fındık paketleme ve hasattan ayrı yapılan emiş hortumu kontrol işçiliği yüksek risk seviyesinde bulunmuş ve acil önlemler alınması gerektiği belirlenmiştir. Orta risk seviyesinde olan diğer işçilik türleri için ise ergonomik iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir. Özellikle, vakum hortumu kullanıcılarının çalışma pozisyonları düzeltilmeli, yük taşıma süreçleri optimize edilmelidir. Bu önlemler, işçilerin sağlık ve güvenliğini artırarak, tarımsal üretimde verimliliğin yükselmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akalp, H.G. ve Saklangıç, U. ve Çırakoğlu, S. (2021). Zeytin Tarımında Çalışan İşçilerin Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi İle Analizi. *Ergonomi Dergisi*, 4(2), s. 88-96. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1856491>
- Aktaş, A.R., Öztürk, E. ve Hatırlı, S.A. (2009). Dünya Fındık Piyasasında Türkiye'nin Rolü. Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 1(1) s. 36-54. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/vizyoner/issue/23026/246190>
- Alkan, I. ve Kılıç, O. (2007). Samsun İli Terme İlçesinin Ova ve Yüksek Kesimindeki Fındık İşletmelerinin Karşılaştırmalı Ekonomik Analizi. OMU Zir. Fak. Dergisi, 22(2): s. 171-178. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/omuanajas/issue/20227/214337>
- Aygün, İ., Urkan, E., Alayunt, F.N. ve Çakmak, B. (2021). Tarımsal Faaliyetlerde Sırtta Taşınarak Kullanılan Bazı Makinaların Ergonomik Açından Değerlendirilmesi. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 13(3), s. 109-116. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2045672>
- Bulut, E. (2013). Mevsimlik Tarım İşçilerinin Yaşam ve Çalışma Koşullarına İlişkin Bir Saha Araştırması: Kocaali Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Erişim adresi: <https://acikerisim.sakarya.edu.tr/bitstream/handle/20.500.12619/92101/T05742.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Çamurcu, S. ve Seyhan, G. (2015). Tarım Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3), s. 549-552. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/195504>
- Dilay, Y. ve Özkan, A. (2023a). Makine Yardımıyla Elma Toplamada Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi ile Analizi ve Ergonomik Risk Değerlendirilmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 19(1), s. 75-92. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2606464>

- Dilay, Y. ve Özkan, A. (2023b). Alıç Meyvesi (*Crataegus*Spp.) Toplamada Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, sayı 50, s. 30-35. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2732359>
- Eryılmaz, G.A. ve Kılıç, O. (2019). Türkiye'nin Organik Fındık Üretimi ve İhracatındaki Gelişmeler. Fırat Üniversitesi İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 3(1), s. 41-54 Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/738781>
- Esen, H. Ve Fiğlali, N. (2013). Çalışma Duruşu Analiz Yöntemleri ve Çalışma Duruşunun Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Etkileri. SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 17(1), s. 41-51. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/192676>
- Geniş, A. ve Sümer, S.K. (2021). Tohumluk Mısır Üretiminde Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi ile Ergonomik Risk Analizi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 17(3), s. 127- 138. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2019992>
- Kanvermez, Ç. ve Sümer, S.K. (2021). Türkiye’de Tarım Sektöründe Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliğinin Kanun ve İş Hukuku Kapsamında Değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 76(2), s. 575-595. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1381725>
- Öz, E. ve Çakmak, B. (2016). Tarım Makinaları Üreten Bir İşletmede İş Akışının Ergonomi ve İş Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5 (ÖS: Ergonomi2016), s.275-282. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/303436>
- Sauk, H.,Beyhan, M.A. ve Uğurlutepe, K.M.K. (2022). Fındığın Mekanik Hasadında Çalışanların Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 18(3) s.126-138. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2512811>

EXTENDED ABSTRACT

Introductionand Research Questions&Purpose

Ergonomic Risk Assessment Analysis in Hazelnut Threshing Operations

Despite the advancement of technology and the wide spreaduse of mechanized farming in the agricultural sector, human laborremains an essential component, with significant reliance on manual work. The continued dependence on human physical effort lead stop roductivity losses, reductions in production volume, and disruptions in the production process. The nature, load, and duration of agricultural tasks exposes pecific muscle group stophysicalstrain, often resulting in musculos keletal disorders (MSDs).

Hazelnuts are among the most significant tree nuts globally in terms of both production and consumption. It is estimated that approximately 300,000 seasonal workers are employed in hazelnut harvesting in Turkey. These workers are exposed to ergonomic risks due to improper working postures, the weight and frequency of loads lifted, and repetitive tasks, which contribute to the prevalence of MSDs among them.

This study aims to conduct an ergonomic risk assessment for workers engaged in hazelnut threshing to determine their risk levels for MSDs. The Rapid Entire Body Assessment (REBA) method was utilized for the analysis.

Methodology

The hazelnut threshing machine consists of four main components: an aspirator, a mill, a fan, and a discharge unit. The machine operates at 500-540 rpm, powered by a tractor's power take-off (PTO). The aspirator, with a speed of 3000-3500 rpm, draws the harvested hazelnuts in to the machinevia a vacuum hose. The nuts are then processed in a rubber mill operating at 135-140 rpm to separate the kernels

from their husks. Subsequently, the nuts passthrough a fan rotating at 1100-1200 rpm, which removes residual debris and sorts out empty nuts. The cleaned hazelnuts are then conveyed via a grain transport fan, running at 3500-4000 rpm, to the discharge unit for bagging or direct transfer to a trailer.

Two types of threshing operations were analyzed: one where harvesting and threshing were conducted simultaneously, and another where threshing was performed separately after harvesting. Five different work categories within hazelnut threshing were assessed:

- Vacuumhose operation in combined harvesting and threshing, Vacuumhose operation in separate threshing
- Auxiliary vacuum hose operation in separate threshing
- Hazelnut blower machine operation
- Sieve system operation
- Bagging operation for threshed hazelnuts

Using the REBA analysis method, body segments were categorized into two groups: Group A (trunk, neck, and legs) and Group B (upper arm, lower arm, and wrist). The A and B scores were determined based on posture, load, and force exertion, and a final C score was calculated by incorporating activity scores. The REBA scores were then used to assess risk levels and determine the necessary preventive actions.

Results and Conclusions

The vacuumhose operation was assigned a REBA score of 5, indicating a moderate risk level requiring intervention. When considering upper arm and wrist movements, the score increased to 8, classifying the task as high risk, necessitating urgent corrective actions. The auxiliary vacuumhose operator had a REBA score of 3, indicating moderate risk. Workers engaged in the sieve system had variable trunk angles and performed repetitive tasks with full material grasp, resulting in a REBA score of 4. The bagging operation posed the highest risk, with a REBA score of 9, requiring immediate intervention.

This study highlights the necessity for ergonomic improvements management strategies to mitigate MSD risks and enhance worker safety in hazelnut threshing operations.

Yazarların Biyografisi



Tanju KARA

1989 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini burada tamamladı. 2008 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesine kayıt yaptırdı. 2013 yılında Tarım Makinaları Bölümünden mezun oldu. 2014-2015 yılları arasında vatani görevini Kastamonu ve Ardahan'da Jandarma Er olarak yaptı. 2015 yılında Karasu Ziraat Odasında Ziraat Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2016 yılında Şanlıurfa Ceylanpınar Tarım İşletmesi Müdürlüğüne Ziraat Mühendisi olarak atandı. 2017 yılında Sakarya/Kocaali İlçe Tarım Müdürlüğüne Ziraat Mühendisi olarak atandı ve hala çalışmaya devam etmektedir. 2024 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı/Tarımsal Makine Sistemleri Bilim Dalına kayıt yaptırdı ve hala öğrenimine devam etmektedir.

İletişim

tanjukara99@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0009-0009-5281-3162>



Prof. Dr. Selçuk ARSLAN

Lisans: Tarımsal Mekanizasyon / Ankara Üniversitesi / 1990

Y. Lisans: Tarım Makinaları / Ankara Üniversitesi / 1992

Doktora: Agricultural and Biosystems Engineering / Iowa State University / 2000

İletişim

sarslan@uludag.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-4636-1234>