

**ULTRASONİK SENSÖR YARDIMIYLA BELİRLENEN
YAPRAK YOĞUNLUĞUNA GÖRE PÜSKÜRTME
MİKTARINI AYARLAYAN SİSTEMİN TASARIMI
(AKILLI İLAÇLAMA MAKİNASI)**

Eray ÖNLER

Yüksek Lisans Tezi

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

2012

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULTRASONİK SENSÖR YARDIMIYLA BELİRLENEN YAPRAK YOĞUNLUĞUNA GÖRE
PÜSKÜRTME MİKTARINI AYARLAYAN SİSTEMİN TASARIMI
(AKILLI İLAÇLAMA MAKİNASI)

Eray ÖNLER

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. İLKER HÜSEYİN ÇELEN

TEKİRDAĞ-2012

Her hakkı saklıdır

Doç.Dr. İlker Hüseyin ÇELEN danışmanlığında, Eray ÖNLER tarafından hazırlanan “Ultrasonik Sensör Yardımıyla Belirlenen Yaprak Yoğunluğuna Göre Püskürtme Miktarını Ayarlayan Sistemin Tasarımı (Akıllı İlaçlama Makinası) ” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı yüksek lisans programında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof.Dr. Selçuk ARIN

İmza :

Üye : Prof. Dr. İbrahim ÇİLİNGİR

İmza :

Üye : Doç.Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

**Bu tez Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından
Sanayi Tezleri programı kapsamında
00558.STZ.2010-1 numaralı
SAN-TEZ projesi olarak desteklenmiştir.**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ULTRASONİK SENSÖR YARDIMIYLA BELİRLENEN YAPRAK YOĞUNLUĞUNA
GÖRE PÜSKÜRTME MİKTARINI AYARLAYAN SİSTEMİN TASARIMI
(AKILLI İLAÇLAMA MAKİNASI)
Eray ÖNLER

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN

Elma bahçesinde ağaçların büyüme sezonu boyunca yaprak yoğunluğunda meydana gelen değişimlere göre atılacak ilaçlı sıvı miktarını sürekli olarak ayarlayarak, ilaçlama uygulamasının optimize edilmesini sağlayacak bir ilaçlama makinası geliştirilmiştir. Bu amaçla ultrasonik sensörler kullanılarak hedef bitkinin yaprak yoğunluğunun tespiti yapılmış ve uygulanan dozun adapte edilmesi sağlanmıştır. Çalışmada hava destekli piyasada Ahtapot diye isimlendirilen bağ ve bahçelerde kullanılan hava destekli bir ilaçlama makinesinden faydalanılmıştır. Her kola bir adet ultrasonik sensor, üç adet solenoid valf ve sensör çıkışlarını yorumlayıp solenoid valfleri kontrol edecek elektronik kontrol kartı eklenmiştir. Her bir solenoid valf farklı debide çıkış veren bir ilaçlama memesini kontrol ettiği için bitki üzerine atılacak ilaçlı sıvı miktarı üç farklı debiye ayarlanabilmiştir. Atılan ilaçlı sıvı miktarı gerçek zamanlı olarak ultrasonik sensörler ile algılanan yaprak yoğunluğuna göre; tasarlanan sistem tarafından otomatik olarak değiştirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Meyva bahçesi, pülverizasyon, değişken oran, elektronik kontrol, doz ayarı, ultrasonik sensör

2012 , 64 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DESIGN OF A FLOW RATE ADJUSTEMENT SYSTEM RELATED TO TREE FOLIAGE SURFACE ESTIMATION BY USING ULTRASONIC SENSORS (SMART SPRAYING MACHINE)

Eray ÖNLER

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Biosystem Engineering Main Science Division

Supervisor : Assoc. Prof. İlker Hüseyin ÇELEN

A spraying machine was designed with this study. This machine can continuously sets the amount of liquid chemical continuously depending on changes in leaf density, volume of the canopy, size and shapes which differs during growing season. These processes will optimise efficiency of spraying application. Ultrasonic sensors were used with this aim to define size of plant for adapting of chemical dosage octopus spraying machine was used at study. A system was designed for every arm's of octopus machine. Three solenoid valve, one ultrasonic sensor, and electronic control unit which process and interpret the range data of ultrasonic sensor and also control solenoid valve, were added to arms. Flow rate of chemical can be set to three different value. Because every single electrovalve control different type of nozzle. Amounts of spraying chemical is set real-time by system depending on canopy volume and leaf density.

Keywords : Orchard, spraying, variable rate, electronic control, dose adjustment, ultrasonic, sensor

2012 , 64 pages

ÖNSÖZ

Hassas tarım güncel bir konudur. Yersel özelliklere göre değişken ilaç uygulamaları, tarımda çevre güvenliği ve ekonomik kazanç algılarının gelişmeye başlaması ile literatürde yeni yer bulan bir hassas tarım uygulamasıdır.

Bu çalışmada bölgeye özel ilaçlama yapabilen bir ahtapot ilaçlama makinası geliştirilmiştir. Kimyasal kullanımındaki azalma potansiyeli ümit vericidir. Ağaç kanopi hacmini ultrasonik sensörler ile ölçerek elde edilen değerlere göre farklı debilerde ilaç atan üç farklı memeden birini açan, veya sensörün herhangi bir şey görmemesi durumunda ilaç atmayan elektronik kontrollü bir sistem tasarlanmıştır.

Danışman hocam Doç.Dr.İlker Hüseyin ÇELEN'e, çalışmam süresince kıymetli düşünce, öneri, zaman ve emeğini bana harcadığı için teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmamda fikir ve emekleriyle değerli desteklerini ve zamanlarını benle paylaşan Yrd.Doç.Dr.Erdal KILIÇ, Yrd.Doç.Dr.Mehmet Recai DURGUT'a, proje çalışmamda maddi manevi desteklerini esirgemeyen TARAL A.Ş.'ye, projemize inanarak destek olan BİLİM SANAYİ ve TEKNOLOJİ BAKANLIĞINA, desteklerini her zaman hissettiğim N.K.Ü. Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği'ndeki değerli hocalarıma, sevgili aileme, ölçümlerde ve laboratuvar çalışmalarında her zaman yardımına koşmuş olan Yüksek Ziraat Müh. Gözde ÖRGE'ye ve Tarım Makinaları öğrencileri Özkan ÖZBEK, Barış HOÇUR, Battal EROL ve İdris ÇETİNKAYA'ya ayrı ayrı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tarım ve Akıllı Sistemler.....	3
1.2. Problemin Tanımı ve Amaç.....	13
2. KAYNAK ÖZETLERİ	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Deneme alanı.....	20
3.1.2. İlaçlama makinaları.....	20
3.1.2.1. Turbo atomizör.....	20
3.1.2.2. Ahtapot ilaçlama makinası.....	21
3.1.3. Elektronik sistem.....	23
3.1.4. Damla çapı ölçümü.....	28
3.1.5. Kalıntı analiz sistemi.....	30
3.1.6. Yaprak alanı ölçer.....	30
3.1.7. Meteorolojik koşulların tespitinde kullanılan cihazlar.....	31
3.2 Yöntem.....	31
3.2.1 Ahtapot ilaçlama makinası çatı tasarımı.....	31
3.2.2 Elektronik sistemin çalışması.....	33
3.2.3 Pülverizasyon karakteristiklerinin tespiti.....	36
3.2.4. Kalıntı miktarının tespiti.....	39
3.2.5. Yaprak alanı indeksinin hesaplanması.....	41
3.2.6. Meteorolojik iklim verilerinin ölçümü.....	41
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	42
4.1. Yaprak Alanı İndeksi Ölçüm Cihazı Sonuçları.....	42
4.2. Kalıntı Değerleri.....	43
4.3. Damla Çapı Karakteristikleri.....	47
4.4. Ultrasonik Sensörlerde Kayıt Altına Alınan Veriler.....	50
4.5. Solenoid Valflerin Açık veKapalı Kalma Süreleri Bakımından Karşılaştırılması.....	52
4.6. Açılan Solenoid Valflerin Kendi Aralarında Karşılaştırılması.....	53
5. SONUÇ	55
6.KAYNAKLAR	59
EKLER	
EK 1.....	57
EK 2.....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Radyal fanlı turbo atomizör	21
Şekil 3.2. Ahtapot ilaçlama makinası	22
Şekil 3.3. Kullanılan solenoid valf.....	22
Şekil 3.4. Elektronik veri akış diyagramı.....	23
Şekil 3.5. Merkezi kontrol ünitesi devre şeması.....	24
Şekil 3.6. Arduino UNO.....	24
Şekil 3.7. I ² C bağlantı devresi.....	25
Şekil 3.8. Mikrodenetleyici devre.....	26
Şekil 3.9. Anahtarlama devresi.....	26
Şekil 3.10. Merkezi kontrol ünitesi ve elektronik kontrol üniteleri arasındaki ağ.....	27
Şekil 3.11. Maxbotix LV-EZ4 ultrasonik sensör.....	28
Şekil 3.12. Tasarlanan yeni sistem tarla denemelerinde.....	28
Şekil 3.13. AM300 Yaprak alanı ölçer.....	30
Şekil 3.14. Rüzgar hızı ölçer.....	31
Şekil 3.15. Sıcaklık ve nem ölçer.....	31
Şekil 3.16. Ahtapot ilaçlama makinası çıkış ağzının tasarımdan önceki hali.....	32
Şekil 3.17. Ahtapot ilaçlama makinası çıkış ağzının tasarımdan sonraki hali.....	33
Şekil 3.18. Dikdörtgen prizma.....	35
Şekil 3.19. Ağacın ultrasonik sensör tarafından ölçüm bölümlerine ayrılması.....	36
Şekil 3.20. Örnekleme yüzeylerinin konumları.....	37
Şekil 3.21. Drift ölçüm direği.....	37
Şekil 3.22. Ağaçların ayrıldığı bölümler.....	38
Şekil 3.23. Suya duyarlı ve filtre kağıtlarının örnekleme ağaçları üzerine yerleşimi.....	40
Şekil 3.24. Filtre kağıtlarından kalıntı miktarlarının belirlenmesi.....	40
Şekil 4.1. Birinci bölge ön, arka ve orta kısımlardaki ilaç birikimi.....	44
Şekil 4.2. İkinci bölge ön, arka ve orta kısımlardaki ilaç birikimi.....	44
Şekil 4.3. Üçüncü bölge ön, arka ve orta kısımlardaki ilaç birikimi.....	45
Şekil 4.4. Dördüncü bölge ön, arka ve orta kısımlardaki ilaç birikimi.....	45
Şekil 4.5. Filtre kağıtlarından 4.5 m' de elde edilen drift ölçüm sonuçları.....	46
Şekil 4.6. Filtre kağıtlarından 7.5 m' de elde edilen drift ölçüm sonuçları.....	47
Şekil 4.7. Sayısal ortalama damla çapı.....	48
Şekil 4.8. Yüzeysel ortalama damla çapı.....	49
Şekil 4.9. Hacimsel ortalama damla çapı.....	49
Şekil 4.10. Homojenlik katsayısı.....	50
Şekil 4.11. Ultrasonik sensörlerden ilaçlama süresince elde edilen ölçüm değerleri.....	51
Şekil 4.12. Bölgelere göre solenoid valflerin (%) olarak açık/kapalı kalma süreleri.....	52
Şekil 4.13. Farklı debideki püskürtme memelerin açılma oranları.....	53
Şekil 5.1. Prototip son hali.....	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. TA 600 piton super turbo atomizör teknik özellikler.....	20
Çizelge 3.2. TA 1200 Ahtapot Tipi pülverizatör teknik özellikler.....	21
Çizelge 3.3. Solenoid valf teknik özellikleri.....	22
Çizelge 3.4. Püskürtme memelerinin 4 km/saat ilerleme hızı ve 10 bar basınçtaki debileri	23
Çizelge 3.5. Maxbotix LV-EZ4 ultrasonik sensör özellikleri.....	28
Çizelge 3.6. HP Scanjet G4010 Tarayıcı.....	29
Çizelge 3.7. AM300 Yaprak Alanı Ölçer Teknik Özellikleri.....	30
Çizelge 3.8. Damlacık karakteristiklerinin hesaplanmasında kullanılan formüller.....	39
Çizelge 4.1. Bölgelere göre ortalama yaprak alanı dağılımı.....	42
Çizelge 4.2. Bölgelere göre ortalama yaprak alanı indeksi dağılımı.....	43
Çizelge 4.3. Bölgelere göre ortalama yaprak yoğunluğu dağılımı.....	43

1. GİRİŞ

Günümüzde, tarımsal mekanizasyon, diğer tarım uygulamalarının etkinliğini arttırmak, ekonomikliği sağlamak ve çalışma koşullarını iyileştirmek yönünden tamamlayıcı bir girdidir. Ülke tarımının halkı besleyici seviyeye gelmesi, sağlanan üretim fazlalıklarının değerlendirilebilmesine, ürün çeşidinin artırılmasına, teknolojideki gelişimlerin tarıma girmesine bağlıdır. Bu gelişme atılımlarında, tarım sektöründe birim alandan elde edilen verimi nitelik ve nicelik yönünden arttırmak, tarımsal potansiyeli etkin bir şekilde kullanabilmek asıl amaç olmalıdır. Birim alandan alınan ürünü arttırmada en önemli yeri, hastalık ve zararlılarla savaşım alır. Tarımsal ilaçlardan beklenen faydayı elde etmek için ilacın, bitkinin uygun yerlerine etkili dozlarda dağıtılması yanında, bu işlemlerin en az çevre kirlenmesi ile en ekonomik şekilde uygulanması gerekir.

Pülverizatörlerle yapılan tarımsal savaşımında en önemli noktalardan biri pülverizasyonun istenilen değerler içerisinde gerçekleşip gerçekleşmediğinin saptanmasıdır. Bunun için kullanılan aletin pülverizasyon karakteristiklerini ve bu karakteristiklere etkili faktörlerin iyi bir şekilde saptanması gereklidir. Kimyasal uygulamalarda, bitki ve iklim koşulları, ilaç normu, ilaçlama zamanı, damla çapı büyüklüğü, karışımın formülasyonu ve yüzey kaplama oranı etkilidir (Çelen ve ark., 2007).

Bitki koruma ilaçları bilinçli olarak kullanıldığında ancak beklenen fayda sağlanabilmektedir. Gelişigüzel kullanıldığında ise beklenen fayda sağlanamamakta, ekosistem içerisindeki doğal denge bozulmakta, insan sağlığı tehlikeye sokulmakta ve ürün maliyetleri artmaktadır. Pestisitlerin bitkiye uygulanması sırasında oluşan pestisit kayıpları oldukça fazladır. Araştırmalar çeşitli makinelerle uygulanan pestisitlerin ancak %20-25 nin bitki üzerine ulaştığı, diğer kısımlarının ise ya tarla yüzeyine ya da tarla dışına sürüldüğünü belirtmişlerdir.

Günümüzde aşırı nüfus artışına karşın üretim artışının sınırlı kalması, doğal kaynakların giderek azalması ve dünya üzerindeki tarım alanlarının sınırlı oluşu özellikle geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde açlık sorununu da beraberinde getirmektedir. Tarıma elverişli alanların erozyon, yeni yerleşim yerlerinin kurulması ve yeni yollar açılması gibi nedenlerle önemli oranda daraldığı bilinen bir gerçektir. Dolayısıyla birim alandan daha fazla ürün almak mevcut tarım alanlarının verimli olarak kullanılmasına bağlıdır.

Tarımsal üretimde birim alandan alınan ürün miktarını artırmak ve ürün kalitesini yükseltmek için makina, gübre, enerji ve su gibi temel üretim girdilerinin kullanımı yanında kültür bitkilerinin gelişimlerini sınırlandıran hastalık, zararlı ve yabancı ot gibi etmenlerle mücadele çok önemli bir yer tutmaktadır (Çelik 2000, Çilingir ve Dursun 2002).

FAO tarafından yapılan bir araştırmada, genel olarak gelişmekte olan ülkelerde bitki hastalık ve zararlıları nedeniyle hasat öncesi ürün kaybının %30-50, hasat sonrası kayıpların ise %5-15 arasında olduğu saptanmıştır. Ülkemizde hastalık ve zararlıların neden olduğu toplam kaybın %35 civarında olduğu (Eraktan 1988, Çilingir ve Dursun 2002) ve tarımsal üretimimizin 400'den fazla hastalık, zararlı ve yabancı ot türü ile karşı karşıya bulunduğu belirtilmektedir. Tarımsal mücadelenin yetersiz olması nedeniyle yıllık en az ürün kaybının hububatta 6.4 milyon ton, meyve ve yaş üzümde 1.6 milyon ton, sebzede 632 bin ton, diğer tarla bitkilerinde ise 312 bin ton olduğu tahmin edilmektedir (Tekeli ve Ergün 1983). Dünya genelinde toplam %35'lik kayıp içerisinde zararlılar %13.8, hastalıklar %11.6 ve yabancı otlar %9.5'lik paya sahiptirler (Çilingir ve Dursun 2002).

Bu kayıpların en aza indirgenmesi amacıyla yapılan tarımsal mücadele uygulamaları; kimyasal mücadele, biyolojik ve biyoteknik mücadele, fiziksel ve mekanik mücadele, kültürel önlemler, tahmin ve erken uyarı, karantina ve sertifikasyon önlemlerini kapsamaktadır. Ancak, hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede gerek uygulama kolaylığı ve gerekse etkisinin kısa zamanda görülmesi nedeniyle kimyasal mücadele yöntemi diğerlerine tercih edilmektedir (Matthews 1979, Yağcıoğlu 1993).

Hastalık, zararlı ve yabancı otların neden olduğu ürün kayıplarının önlenmesinde tarım ilaçları çok önemli bir yere sahiptir. Ancak kimyasal mücadelede kullanılan tarım ilaçlarının insan sağlığı, çevre ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemesi ve artan üretim maliyetleri nedeniyle hassas, dikkatli ve en az ilaç kaybına neden olacak şekilde uygulanması gerekmektedir (Ergül ve Dursun 2004). Bu amaçların gerçekleştirilebilmesi, tüm ürünleri kapsayan bir üretim planlaması yapılması ve çiftçilerin bilinçlendirilmesi ile yakından ilişkilidir (Kan ve Gün 2000)

Kimyasal mücadelede ilaçlama maliyetlerini azaltırken ilaçlama etkinliğini artırmak, büyük ölçüde amaca uygun pülverizatör ve ilaçlama yöntemi seçimine bağlı olmaktadır. İlaçlama uygulamalarında hedef bölgede tutunan ilaç miktarı bitki, çevre, ilaçlama ünitesi ve pestisit formülasyonu arasındaki etkileşime bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle, bazı zararlı ve hastalık etmenleri ile mücadelede ilacın yaprak altına ulaştırılması önem arz

etmektedir. İlaçlama üniteleri, bitki yüzeylerindeki ilaç tutunması ve yüzey kaplamaya doğrudan etki etmektedir. Bu nedenle, bitki yüzeylerinde optimum kaplamayı sağlayacak ilaçlama ünitesinin seçilmesi önem taşımaktadır (Sumner ve ark. 2000).

1.1. Tarım ve Akıllı Sistemler

Birçok tarım makinesi kısmen otomatik hale getirilmiş ve operatör tarafından programlandığında tekrarlayan görevleri yerine getirmektedir. Endüstride “Robot” terimi; insan müdahalesi olmadan geniş çeşitlilik gösteren görevlerini yerine getiren makineler için kullanılır. Bunlar; sensörler (algılayıcılar), bilgi-işlem sistemleri, uyumlu ve seçimli hareketler için hareket ettiriciler içermektedirler.

Robotsal işlemler iş tipi, çevre, kullanıcı ve üretim koşulları ile bağlantılıdır. Bu etkenler tarımsal robot tasarımcılarını fabrika robotlarının kullanımı ile karşılaştırıldığında özel sınırlamaların etkisi altında bırakmaktadır. Tasarımcılar bu engellerle karşılaşmamak için yöntem ve sistemler geliştirmişlerdir. Bunlar sırası ile aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 1.Objelerin tespiti, önemli biyolojik değişkenlik ve karmaşık biyolojik çevreler gibi bazı durumlarda doğal ışıklandırma koşullarının oluşturulması,
- 2.Sürekli değişen ve kolay modellenemeyen uygulamalarda kompleks sensörler ve hareket ettiriciler arasında sürekli ve karşılıklı işlemlerin oluşturulması,
- 3.Uygun robotlaştırılmış sistemlerin kontrolü ve tasarım için biyolojik objelerin modellenmesi,
- 4.Tüm araziye, hareketli ve katı koşullara adapte olan robotlaştırılmış yapıların kontrolü,
- 5.Farklı zorluklara uyum sağlamış özel hareket ettiricilerin tasarımı.

Robot tasarımında insanın makine kullanımında gerçek zamanlı görevleri yapma, karmaşık objeleri algılama ve karar verme durumları ele alınmalıdır. Açık alanlarda yapılan işlemlerde robot kötü havaya, toza , çeşitli engellere ve diğer zıt durumlara karşı koymak zorundadır. Zemin de farklı görünüşlerde olabilmektedir. Örneğin; yokuş, engebeli yüzeyler ve ürünlerin değişmesi gibi. Oysa endüstriyel çevrelerde robotlar genellikle çok fazla zorlama ve değişkenlikle karşılaşmazlar. Fakat tarım alanları önceden bilinemediği için; hırpalanmadan doğabilecek olan hasarlardan kaçınmak ve robotun bütünlüğünü korumak için fazladan bir multi-sensör ile donatılması gerekmektedir. Fakat multi-sensör montajında çeşitli fiziksel prensiplere dayanan aletler dikkat ve emniyet gerektirir.

Günümüzde tarımsal robotlar kontrollü çevre koşullarında gerçekleştirilen işlemlerde; örneğin süt sağım, koyun kırma, hasat, tarımsal ürünlerin sınıflandırılması, derecelendirilmesi ve ayrıca kontrollü olmayan çevre koşullarında örneğin sebze ve

meyvelerin hasadı, budama, yabancı ot bulma ve kontrolü, kimyasal uygulama gibi pek çok işlemlerde de kullanılmaktadır (Hirakawa ve ark. 2002). Tarımsal robotların dokunacağı objelerin genellikle çok az yaklaşılabirliği vardır. Yapraklarla gizlenmiş ve dalların arasında bulunan meyvelerin keşfi çok zordur. Keşif ve kontrol amaçlı işlemlerde kullanılan sensörlerde makine görüşü daha önemli bir rol kazanmıştır. Görme sensörleri tarımda karşılaşılan uzun mesafeli boyutları, şekilleri ve renkleri en uygun şekilde geliştirilmeye doğru yönelmiştir. Bu nedenle gittikçe artan performans ve düşük fiyatlı kameralara çok fazla önem verilmiştir. Üstelik, kameralar daha küçük ve sağlam olmakta, bu da kameraların hareketli tarım makineleri ve hareketsiz aletler ile birleştirilmesini daha cazip kılmaktadır. Yine de bu kameralarda işlenen çok miktarda bilgide, özellikle renkli kameralarda yüksek kapasiteli görüntü problemleri ile karşılaşmaktadır. Tam zamanında işlemi bitirmek için bu sorunun üstesinden gelinmelidir. Bu sorunu çözenin tek yolu vektöriyel işlemci veya mikroişlemci gibi sinyallere bağlı işlem yapan bilgisayar yapıları kullanmaktır (Teneze ve ark. 1989). Bununla birlikte işlem zamanı çoğu zaman görüntünün karmaşıklığı ile ilişkilidir. Bu karmaşıklık kameranın tanımı, peyzaj geometrisinin boyut sayısı, ışık hareketi ve durumun monochrome veya renk bilgisi gerektirip gerektirmediğidir. Görüntü sadeleştirme, görme organlarının ayarı (optikler) ve yöntem bilimi yardımıyla yapılabilir. Örneğin; süt üretiminde kullanılan robot ineğin meme ucunun üç boyutlu olarak yerleştirilmesi, bu meme uçları tarafından yansıtılan monokromatik ışık dilimlerini tarayan uygun lazer ışınları ile görüntünün sadeleşmesini sağlamaktadır (Mechineau ve ark. 1990). Sistemde; hayvanın memesini baştan aşağıya tarayan yatay lazer ışınları kullanılmakta ve bir CCD kamera uygun pozisyon ve uzaklığa yerleştirilmektedir. Işık demetleri kameraya yansımakta ve işlenmektedir. Hayvan memesinin üç boyutlu yapısı, lazer tarayıcısının arka arkaya ürettiği tek boyutlu demetler ile uygun bir şekilde yapılandırılır.

Bir başka uygulama bağıcılık alanında asma dallarının kış budaması için keşfi amacıyla yapılmıştır. Bu dalların keşfinde sorun üçten iki boyutluya birer ikişer tamamlayıcı hareketlerle dönüştürülür. Asmada “sürgün kırma işlemi” asmanın boyutunu sıraya dik olarak sertleştirerek azaltır. Bundan sonra asmanın boyutları bu yönde ihmal edilebilir ölçülere yaklaşmaktadır. Bu indirgenmiş boyut boyunca asmanın kameraya doğru olan geri yansımaları, ilgi uyandıran ve gerekli bilgileri içeren iki boyutlu görüntü olarak kabul edilmektedir (Sevila 1985).

Özellikle tarlada çalışma sırasında tarımsal robotların en büyük dezavantajı hassas yapıya sahip olmalarıdır. Elektronik kontrol düzeni, kontrol ve güç kablolarının varlığı robotun

hassas yapısını arttırmaktadır. Bu yapıdan dolayı çalışma sırasında kabloların kopması, sistem yerleştirme ve hareketinde zorluklar, zayıf adaptasyon ve sık sık bakım yapma zorunluluğu gibi pek çok aksaklık oluşmaktadır. Bu problemleri minimize etmek amacıyla robottaki bütün kablo ve teller elimine edilmiş ve her robot için uzaktan kumanda geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Hirakawa ve ark. 2002).

Tarımsal robot tasarımında dikkate alınması gereken faktörler :

Işık Faktörü:Geniş ışık çeşitleri; görüntü işlemini ve nesne tanımayı zorlaştırmaktadır. Bu ışık çeşitliliğini azaltmak amacıyla bazı çalışmalar yapılmıştır. Çift taraflı çatı veya şemsiye tip parçalar kullanılarak güneş ışığının kontrolü için gölgeleme ölçme aletlerinin geliştirilmesi ve perdeler kullanılarak çevre izolasyonu yapılabilmektedir. Suni ışıklandırmada sürekli veya aralıklı ışık kullanımı gerçekleştirilebilmektedir. Fakat gün boyu süren aktivitelerde özellikle ışığı geliş açısı düşük olduğu zamanlarda güneş ışığının şiddetini eşitlemek çok zordur. Işıklandırma çözümlerinin tasarımında uygun kamera seçimi ve görüntü işleme aletlerinin kullanılması çok önemlidir. Taranacak nesne ile nesnenin çevresi arasında net bir renk zıtlığı bulunduğu (örneğin; yeşil ağaç yaprakları arasında olgunlaşmış meyveler) multi spektral analizler kullanılarak, doğanın ışık hareketlerine bağlı tarama zorluklarını azaltmak mümkün olabilmektedir.

Sensörler ve Hareket Ettiricilerin Karşılıklı Çalışmaları: Sensörlerin, hareket ettiricilerin ve çalıştıkları alanların karmaşıklığı, tarımsal robot tasarımcılarını her problemin çözümüne yönelik kendi özgün fikirlerini geliştirmelerine yöneltmiştir. Çoğu endüstriyel robotlar ise önceden mevcut olan ve kullanılan algılama ve hareket ettirme düzenleri yardımıyla geliştirilmiştir.

Tarımsal robotlar için çözülecek sorunlardan biri de, mekanik parça ayarlarına karşı algılayıcı düzenlerinin küresel ayarlarıdır. Mesela; rehber görüntülere sahip tarımsal robotlarda, hızlı yer saptama yeteneği için özel ayar yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Ling ve ark. 1990). Küresel tarama aygıtları görev kontrolünde yeterli olamadığından bu yana, algılama işlemlerinin tamamında; bitki yaprakları, hayvanlar veya zemine yakın yerlerde yöresel bilgi birikimi içeren hareket ettiriciler sık sık kullanılmaktadır. Örneğin; saban izi, mesafe algılamada ve çift-sürme robotunun bütün alanı eksiksiz olarak sürmesinde, inek memesinin süt kabına yerleştirilmesine yardımcı olan ışık ışınları kümesinde, meyvenin mengene vantuzuna girer girmez toplayıcı kolları durdurmaya yarayan hava basınç tarayıcılarında, koyun derisi boyunca yün kesiminde makaslamayı en iyi dereceye getiren gerginliği ayarlayıcı ölçme düzeninde, deri ayıklama işleminden önce koyunun

dikkatli bir şekilde yerleştirilmesi için kullanılan son-etkileyiciler (ayıklama makası veya toplama vantuzu) üzerine yerleştirilen kameralarda kullanılmıştır.

Biyolojik Nesnelerin Şekillendirilmesi: Endüstriyel uygulamalarda olduğu gibi, tarım robotları tarafından alınacak ve nakledilecek canlı nesnelerin, sınırlı ve belirli geometrik ve fiziki olarak tanımlanmış parametreler kullanılarak şekillendirilmesi gerekmektedir. Matematiksel modeller bitki ve hayvan yapılarının, davranışlarının, gelişimlerinin ve şekillerinin simulasyonu için geliştirilmektedir.

Özellikle tarımsal konularla ilgili durumlarda, kontrol ve sınıflandırma otomasyonunun gerekliliği artmadan önce nadiren sayısal simulasyon kullanılırdı. Farklı tip modeller aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

İstatiksel ölçümler ile sağlanan gerçek botanik ve hayvansal özellikler kullanan modeller: Bu modellerde; küresel ağaç yaprakları hacmi, yoğunluğu veya vejetasyonu ve gövde-dal açıları gibi global parametreler kullanılmaktadır (Howarth ve ark. 1990).

Simülasyon modelleri: Bitki veya hayvana benzeyen yapı veya objeler kullanılarak tasarlanan modellerdir (Sevila ve ark. 1990).

Bu tür modellerde çoğu şekil ve işlemler, canlı nesnenin doğal çeşitliliğinden ileri gelen rastlantısal özellikler içermektedir. Bu tür modellerin yapımı çok disiplinli mühendis takımı, bitki veya hayvan bilimcileri ve bilgisayar uzmanlarının ortak çalışmaları ile oluşturulmaktadır.

Tarımsal robotların çalıştıkları alan türleri: Tarımda birçok tip alan bulunmaktadır. Boş Alanlar; Sürülecek alanlardır ve robot sensörleri için taranacak nesne bulundurmeyen çalışma yerleridir. Boş Olmayan Alanlar; Bu tip alanlar 2 kısma ayrılır. (a)Yapısal olanlar : Yapısal alanlar tek boyut aralıklı (mısır ve tütün gibi) ve çift boyut aralıklı (asma ve meyve bahçeleri gibi) olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. (b)Yapısal olmayanlar : Gelişigüzel yerleştirilmiş nesnelere ve ağaçları içeren alanlar yapısal olmayan alanlardır(4). İş-Yapı Alanları; Biçerdöverin önündeki buğday tarlası veya çim biçme makinesinin önündeki çimenlik gibi, işlenmiş ve işlenmemiş bölgeler arası sınır açıkça belirli olan alanlar bu tip alanlardandır.

Tarımsal iş ve yol: Otomatik hale getirilmiş hareket fonksiyonları, iletim araçlarının hareketini kontrol edecek sensör ve bilgi-işlemcilerden oluşan algılayıcı sistemler gerektirmektedir. Üstlenilen tarımsal iş, robotun izlemesi gereken yolu tanımlamaktadır. Bu yol; (a) ağaçlar, pulluk izi ve sınırlar çalışma alanında bulunan nesnelere, (b) işaret fenerleri,

lazer ışınları, radar emitörleri ve reflektörler gibi yapay görüntü yaratan nesnelere, (c) bilgisayarın hafızasında bulunan yörünge tipinden veya uydudan belirlenen dış bilgiler.

Genel ve askeri nakil robotlarının aksine, hareket halindeki tarımsal robotlarda kendi yolunu yapılandırırken, geniş hareket seçenekleri ve çevre algılama stratejisinin dışında verilmemiş hiçbir komut uygulanmamıştır. Otomatik yol bulma genellikle tarımsal robotlar için sınırlandırılmıştır. Dikilecek elma ağaçlarının sırasının belirlenmesinde, pullukla işlenecek sıra veya püskürtme yapılacak bir sonraki alan buna örnek verilebilir.

Askeri durumlarda olduğu gibi, tarımda da bu işlem yer şartlarının zorluğu ile ilgilidir. Otomatik hareket kontrolünde mevcut olan ana sorun, değişkenlik gösteren özelliklere sahip çevrelerde, robotun tam olarak nerede bulunduğu bilmesinin gerekli olmasıdır. İmalat endüstrisindekiler ile karşılaştırıldığında, tarımdaki robotların standart yer belirleme sorunlarını çözmek daha zordur. Bu zorluklar; zeminin yapısı ve makinenin gücünden kaynaklanmaktadır. Mevcut yer belirleme metodları 3 tipte incelenmektedir. Bunlar tam, izafi ve tekrarlayan (Young ve ark. 1976) yer belirleme metodları olarak adlandırılmaktadır.

Tam yer belirleme; Bu yer belirleme tipine, robotun pozisyonunun değişmediği ve iyi tanımlanmış eksene gönderildiği zaman rastlanmaktadır (Mechineau ve ark. 1990). Olası 4 tip durum vardır

1. Sisteme gönderilen direkt nesne taraması; fenerler ve kablolar gibi (Shmulevich 1987),
2. Kesin pozisyonu bilinen çalışma alanındaki direkt olmayan nesne taraması (Choi ve ark. 1990),
3. Çalışma alanının fiziksel olmayan yapılanması; manyetik alan veya yerçekimi veya yapay olarak üretilmiş elektromanyetik dalgalar (lazerler, radyo frekansları) (Palmer 1990),
4. Uydu bilgilerinin makine alıcısı tarafından okunması (Buschmeir 1990).

İzafi Yer Belirleme; Bu yöntemde görevi gerçekleştirmek için, robotun çevresi hakkında yeterli bilgi yerel algılama ile toplanabilmektedir. Tarımdaki robotlar için çeşitli durumlar bulunmaktadır. Örneğin; pulluk sensörü ile izlenen pulluk izi, kuşkonmaz ekiminde tepeden izleme, elma dikiminde ağaçların sırası, ürün sırasının asıl yönü. İzafi yer belirlemede algılanacak nesne ya devamlı ya da sık olmalıdır. Prosedürler, tesadüf sonucu oluşan atlamalar hesaba katılarak tamamlanmalıdır (dikim robotunun ağaç sırasını atlama).

Robot pulluk izi, ağaç ve bitki sıraları (aynı zamanda tel ve lazer ışınları) gibi rotalar takip ettiğinde, karmaşık yön bulma sorunu kısmi ve daha basit iki yer belirleme sorununa (Rehber sistem tarafından belirlenmiş yolun izlenmesi ve yol boyunca kat edilen mesafenin ölçümü) indirgenmektedir.

İkinci parametrenin her zaman kesin olarak bilinmesi zorunlu değildir. Fakat bazı uygulamalarda yol boyunca tam boylamasına pozisyonun bilinmesi gereklidir. Bu tip kesinlik, üzüm asmaları otomatik makinelerle dikilirken, fidelerin her yönden düzgün sıralanmış gözükmesi isteniyorsa gerekli olmaktadır. Makinenin düzgün bir sıra takip etmesi, izafi yer belirme yardımıyla, daha önceden yapılmış pulluk izini veya düzgün lazer ışınlarına dayanan yörüngeyi takip etmesi ile sağlanabilmektedir.

Boyuna rehberlik sistemine, sıra boyunca doğru aralıklarla ve çok düzenli ekim-dikim için gereksinim duyulmaktadır. Tarladaki basit kesin yer saptama işlemleri makinenin ilerlerken bıraktığı teller yardımıyla yapılmaktadır. Makine üzerinde çözülmüş tel boyu ölçümü ekim sırası boyunca makinenin paralel pozisyonuna göre kontrol sistemine iletilmektedir.

Tekrarlayan Yer Değiştirme; Bu durumda robot tekrarlayan işlemler kullanarak ard arda gelen pozisyonları tahmin ederek ilerlemektedir. Her adımda pozisyon, yeni artışlar eklenerek ve bir önceki adımdan hesaplanmaktadır. Bu artış miktarları, robotun algılama bölümleri tarafından yapılan iç ve dış ölçümlerden elde edilmektedir.

İç ölçümlerde, kontrol sistemi bilgiyi robotun iç algılama ünitelerinden alabilmektedir. Bunlar bir pedometre (Ollia ve ark. 1990), hızlandırıcı ve jiroskob içerebilmektedir. Bu yöntemde karşılaşılan başlıca sorun; düzenli olarak tam belirleme tarafından yeniden düzenlenecek hataların toplanmasıdır.

Pedometre, tekrarlayan yer belirlemede çok kullanılan bir alettir. Robot dümenlemede artış miktarı hesaplanmakta ve sonunda birleştirilmektedir. Bu metodlarda sık karşılaşılan başlıca sorun çamurlu zeminlerde oluşan kayganlıktır. Bu ise dümenlemenin robotun ilerlemesine tam uyum göstermemesine neden olmaktadır. Bir dış ölçüm gerekli olmaktadır. Doppler etkisi olarak adlandırılan radar sistemi kullanılarak yerdeki hız elde edilmektedir. Bu metotta açıkça belirlenmiş sınır, çalışılmış ve çalışılmamış alanlar arasında bulunmaktadır. İzafi yer belirleme metoduna benzediği halde bu metot, makinenin pozisyon okumasının bir önceki yapılmış okumaya benzeyene kadar tekrarlayan yer belirlemedir. Böyle pozisyonlama asıl işin kalitesine zarar verebilmektedir (sınır kesim kalitesi gibi).

Eğim Kontrolü: Makinenin dikliğe veya zemin profiline bağlı olan gövdesinin pozisyon kontrolü, iç ve dış algılama aygıtları ile sağlanmaktadır. Dikeylik çok yaygın olan ve makineye bağlanmış sarkaç göstergesine dayanan, yerçekimini algılama aletleri ile hesaplanmaktadır. Bu göstergeler çoğunlukla gövde dikliğinin, hızlı - dinamik kontrolünü

sağlamaya yeterli değildir. Bu yüzden değişen makine gövde diklik değerlerini bir anda okuyan hassas – hızlandırıcı aletler gereklidir.

Hareket Ettiricilerde Tasarımı Sınırlayan Faktörler

Hız gereksinimi; 2 saniyeye kadar olan devirlerde, bir devirden diğerine önemli değişim gösteren devir özellikleri ile karşılaşılmaktadır. Örneğin; meyve hasadında meyve toplama kolu belirli sınırlar içerisinde çalışmaktadır. Bu sınırlar içinde toplama yapılmalıdır. Bu çalışma alanında bir biri ardına yapılan toplamalarda özel bir efor sarf edilmektedir. Bu metodun, hareket halindeki meyvenin daha zor keşfedildiği ve toplandığı zamanlarda, toplam verime özel etkisi vardır. Fakat 2 saniyelik devrin asıl sınırı, çok hızlı kol hareketi ve hareket ettiricinin yüksek hızı anlamına gelmektedir.

Düşük Doğruluk; Endüstrideki robotsal hareket ettiriciler ile karşılaştırıldığında, tarımsal çevrede doğruluk daha düşük olabilir. Nesnelerin pozisyon ve boyutlarının değişkenliğinden dolayı, robotun gerekli olan duyarlılığı sağlaması için son-etkileycilerin yeterince adapte olması gerekmektedir (34). Bunun ise tarımsal hareket ettirici robotlarda mekanizmalar, sensörler ve elektronik parça tiplerine doğrudan etkisi olmaktadır.

Tarımsal Robot Kollarının Güçlendirilmesi; Tarımsal robot kolları ve hareket ettiricilerinin güçlendirilmesinde hız sınırlamasının doğrudan etkisi vardır. Üretilmesi gereken tork ve dinamik gücün düşürülmesinde, sırasıyla pnömatik, elektrik ve hidrolik güç sistemleri seçilmektedir. İlk sırada olanlar endüstriyel robot ve otomasyonda çok geniş kullanım alanı olduğundan en kolay planlanabilenlerdir. Tarım ve orman robotları çok güç üretme ihtiyacı duyarlar ve bunlarda hidrolik sistem kullanımı zorunludur.

Çok Yönlü Algılama ve Algılayıcıların Kullanımı

Robotun kontrol sistemine bilgi sağlayan algılama aletleri halen birçok araştırmanın konusudur. Bununla birlikte tarımda algılayıcı kullanımı sadece robotlarla sınırlı değildir. Yönetim, düzenleme, hava tahmini, ürün değerlendirme, hayvan teşhisi ve kullanıcı yardımcılığı gibi birçok alanda algılayıcılar bulunmaktadır. Bu geniş uygulama alanı tarım ve endüstride robotların gelişim yolunun açılmasına yardımcı olma konusunda çok daha kullanılabilir duruma geldikleri anlamına gelmektedir.

Tarımda iklim çok önemli rol oynamaktadır. Sıcaklığa, atmosfer basıncına, higrometri ve rüzgar hızına bağlı bilgiler dikkate alınmalıdır. Algılayıcıların birçok ortak tipi bu amaçla kullanılmaktadır. Sensörler iç ve dış bilgi olmak üzere 2 tip bilgi ulaştırabilmektedir. İç bilgiler; kuvvet ve ağırlık (1), tork, güç, tüketim, patinaj veya tekerlek kayması, öğütme hızı, dikeylik, açısız rotasyon, ivme, makinenin hızı veya şasi durumu (Zhang ve Chancellor 1989)

gibi verilerdir. Biçerdöverlerdeki hız regülatörleri iç bilgilere örnektir. Maksimum kabul edilebilirliği aşmayan tane kaybı oranı, verimlilik yükseltme kontrolü ile sağlanmaktadır. Bu kontrol işlemi, bir metal levhanın üzerine düşen tane sayısının ölçümü ile yapılmaktadır. Ses göstergesi elektronik olarak analiz edilmekte ve levhaya çarpan tane sayısı hesaplanmaktadır. Bu ölçüm daha sonra kapalı bir mazgalda yapılarak biçerdöverin hızı ayarlanmaktadır. Dış algılayıcılar çok geniş bilgi çeşitlerini içermektedir. Örneğin; meyve hasadı çeşitli dış faktörler hakkında bilgi gerektirmektedir (Sittichareonchai ve Sevilla 1989). Bunlar; ağaç ve ağaç sıralarının morfolojisi, meyvelerin görünüşü ve pozisyonu gibi parametrelerdir. Çevredeki nesnelere dış temas genellikle gerekli bilgiyi algılamak için yeterlidir. Bununla birlikte çok yakından algılanacak olan nesnelere iç kalitesi için, bu parametrelerin sayılarını arttırmak mümkündür. Bu alandaki birçok inceleme, ses iletimi ve nükleer manyetik rezonans kullanılarak, ürünlerin iç kalitesinin iş yapılırken denetimi ile ilgilidir.

Farklı Sensör (Algılayıcı) Tipleri

Her bir otomatik fonksiyon, bilgi kaynağı olarak özel sensörlerin kullanımını gerektirmektedir. En temel sensörler, gergin-ölçü aleti destekli ve piezo-elektrik kristalleri içeren ve doğrudan nesne ile mekanik temasta bulunan dokunsal sensörlerdir. Bu sensörler, emir iletimi veya nesne keşfi için kullanılmaktadır (Pang ve ark. 1990).

İkinci sınıf algılayıcılar bilgi iletimi için akustik veya elektromanyetik dalgalar, manyetik veya çekimsel alanlara olan tepkiyi kullanan, dokunsal olmayan aletler içermektedirler. Bazı durumlarda keşfedilecek olan nesne kendi sinyallerini ulaştırabilir. Bunlar; akustik veya elektromanyetik dalgalar yayan yapay nesnelere (fener), kızılaltı dalgalar veya sesler yayan doğal nesnelere. Bu dokunsal olmayan iletim, belli mesafelerde bulunan görüntünün gösterimi, mesafe, çeşit veya nesne yapısı, gerçekleştirilecek göreve bağlı olarak bilgi transmisyonunu mümkün kılmaktadır.

Tarımda iletişimin kullanımında çeşitli dalgalar kullanılmaktadır. Bunlar akustik (sonik veya ultrasonik) ve elektromanyetik dalgalar (gama ve X ışınları, ultraviyole, görülebilir, kızılaltı, radyo emisyonu gibi). Bunların her birinin dezavantajları da dikkate alınmalıdır. Akustik dalgalar atmosfer koşullarına (sıcaklık, nem ve rüzgar) duyarlıdır ve düşük yönlendirme yapmaktadırlar. Elektromanyetik dalgaların yüksek hızı, ucuz cihazlarla tam bir çözüm sağlanmasını zorlaştırmaktadır.

İlk otomatik sistem geliştirildiğinden bu yana, karmaşık görev ve nesnelere üzerinde sürekli insan algılaması ve kararının simulasyonuna ihtiyaç duyulmuştur. Günümüz makine

kullanımında bu tip simülasyonlar, suni haber alma uygulamalarından daha karmaşık ve güçlü olamaz.

Tarım kesiminde bilgisayarlar tarım makineleri ile taşınmakta, genellikle daha az karmaşık olan sistemler oluşturulmaya çalışılmaktadır. Fakat bu durum hızla değişmektedir. Günümüz traktör ve biçerdöverlerde iç algılama bilgileri kullanan ve sürücüye tavsiye ve uyarılarda bulunan, iç teşhis etme sistemleri vardır. Çok yakında bu sistemler dış sensör bilgilerini kullanarak global makine-operasyon kararlarının sayısını sürekli azaltır duruma geleceklerdir.

Tarımsal Otomasyon Örnekleri

Tarımda görülen otomasyon örnekleri çok çeşitlidir. Bu uygulamalara ilişkin örnekler aşağıda verilmiştir.

Sulama: Yapılacak gübreleme ve sulama işlemi için, sensörler toprak neminden ve organik toprak içeriğinden bilgi elde etmektedir (Freeland 1989). Bu da otomatik sulama kontrolünü mümkün kılmaktadır

Toprak İşleme : Toprak özelliklerinin algılanması ile kültivatörlere tohum yatağının dinamik düzeltme ve hazırlığı için bilgi sağlanabilmektedir (Stafford ve Amble 1990).

Kimyasal Püskürtme ve Gübre Uygulaması : Otomatik püskürtme memesinin duruş ve pozisyonu düzenli püskürtmeyi sağlamaktadır (Giles 1988). Bu; kimyasalların az kayıpla ve dikkatle püskürtülmesi, özellikle rüzgarda hassas damlacıkların sürüklenmemesi anlamına gelmektedir (Walklate 1991). Ticari geliştirme ve araştırma, gübre-ürün sisteminin özelliğine ve tarladaki pozisyonuna göre adapte olan kimyasal ve gübreleme uygulamasını ele almaktadır. (Walsh ve ark. 1990)

Kış Budaması : Ağaçlar ve asmalar genellikle kışın budanmaktadır. Bu karmaşık sistemin robotlaştırılması özellikle üzüm asmasında yapılmıştır (Sevila ve ark. 1990).

Traktör ve Hasat Makineleri : Traktörlerdeki rehberlik belki de elektroniğin tarımla tanışmasının ilk girişimidir. 1930 'ların başlarında, radyo rehberli traktörlerin çalışabileceği kanıtlanmıştır. Sensörler; traktörlerin hızı ve torku, kuvvet ve güç (Auerhammer 1988) gibi parametrelerini ölçmektedirler. Algılayıcılardan gelen bilgi, traktörlerin performansını arttırmak için kullanılmaktadır (Bergman 1986). Bir traktör robotsal pulluk sistemine benzer usulle çalışırken otomatik olarak da yönlendirilebilmektedir (Palmer 1990). Hasat makinelerinin yüksek fiyatı, otomatik kontrol performansının yüksek olmasını gerektirmektedir. Sensörler, biçilen veya kayıp tane oranını belirlemekte ve temizleme oranlarının yükseltilmesine, her bölgedeki ürün verimi bilgi birikiminin otomatik kontrolünü

mümkün kılmaktadır (Pang ve ark. 1990). Biçerdöverlerin tahıl boşaltma kısmı otomatik olarak idare edilebilmektedir.

Hasat : Yumuşak meyve ve sebze hasadı, önemi ve zorluğundan dolayı otomizasyona elverişli olduğundan ele alınmıştır. Meyveler için çoğu hasat makineleri keşif, yer saptama ve ürünün olgunluk derecesi için görüntü sensörleri ile donatılmışlardır. Aynı zamanda çim biçme makineleri için de otomatik yol gösterme geliştirilmiştir. Elma hasadında kullanılmak üzere otomatik bulma sistemine sahip bir robot geliştirilmiştir. Hasat robotuna eklenen bu sisteminin temelinde farklı olgunluktaki meyvelerin farklı renklere sahip olması yatmaktadır. Farklı olgunluktaki meyvelerin renkleri bir spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür (Kataoka ve ark. 2001).

Seralar : Sanal işleme ile fidanlıkta büyüyen fidanların sayımı ve denetimi yapılabilmektedir (Bennedsen ve ark. 1990). Fide ve destek sıraları otomatik olarak taşınabilmektedir (Launay ve ark. 1988).

Yabancı ot kontrolü: Pamuk tarlasında yabancı otların bulunması ve kontrolü amacıyla kullanılan robotik sistemde ölçme makinasının kullanıldığı bir yabancı ot bulma algoritması kullanılmıştır. Bu sistemde kullanılan bilgisayar yazılımı yabancı otları başarıyla gruplandırılmıştır. Yabancı otun %93'ü doğru bir şekilde haritalandırılmış ve herbisit uygulanmıştır (Gliver ve Slaughter 2001).

Bitki Dikim ve Doku Kültürü : Görüntü sensörleri fide seçimi için kullanılmıştır (Tohmaz ve Hassan 1990). Ayrıca fide dikim robotları geliştirilmiştir. Bitkiler, görüntü işleme sistemi ile görüntülenip doku kültürüne uygun olarak kesilmiştir (Smith 1989). Diğer biyoteknoloji girişimleri embriyo üretim otomasyonunu içermektedir.

Kümes Hayvanları : Yumurta toplama işi robotlaştırılması (Bourelly ve ark. 1986) ve kümes çevresinin otomatik olarak kontrol edilebilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Mitchell 1986).

Çiftlik Hayvanları : Çok sayıda ve önemli araştırma çalışmaları otomatik süt elde etmek üzerine yapılmıştır (Frost 1990). Çeşitli ticari süt elde etme robotları piyasaya çıkmıştır.

Teşhis sistemleri ve uzaktan algılama aletleri yardımıyla hayvan denetimi daha kolaylaşmıştır. Avusturalya'da iki adet robot koyun üzerinde yün kesme sistemi geliştirilmiştir (Key 1985).

Ürün Kontrolü ve İdaresi : Türlerine göre sınıflandırıldığında özellikle meyve ve sebzelerde, hareket halindeki görüntü alımı ve işlenmesi başarı ile gerçekleştirilmiştir.

1.2. Problemin Tanımı ve Amaç

Tarımda kimyasal ilaç kullanımını toplam üretim maliyetinde önemli bir yer tutmaktadır. Meyve bahçelerinde uygulanan klasik ilaçlama yöntemlerinde ilaçlanacak tarımsal arazinin tek düze özellikte olduğu kabul edilerek her yere aynı miktarda ilaç uygulaması yapılmaktadır. Ancak gerçekte tüm alanın aynı özellikte olması ve aynı miktarda tarımsal ilaca ihtiyaç duyması mümkün değildir. Meyve ağaçlarının aralarında boşluklar bulunmakta ve ağacın farklı bölgeleri arasında ilaçlama ihtiyacı olarak farklı ihtiyaçlar bulunmaktadır. Bu nedenle yere göre ilaç uygulaması, kimyasal kullanımını azaltabilir.

Günümüzde, tarımsal mekanizasyon, diğer tarım uygulamalarının etkinliğini arttırmak, ekonomikliğini sağlamak ve çalışma koşullarını iyileştirmek yönünden tamamlayıcı bir girdidir. Ülke tarımının halkı besleyici seviyeye gelmesi, sağlanan üretim fazlalıklarının değerlendirilebilmesine, ürün çeşidinin artırılmasına, teknolojideki gelişimlerin tarıma girmesine bağlıdır. Bu gelişme atılımlarında, tarım sektöründe birim alandan elde edilen verimi nitelik ve nicelik yönünden arttırmak, tarımsal potansiyeli etkin bir şekilde kullanabilmek asıl amaç olmalıdır. Birim alandan alınan ürünü arttırmada en önemli yeri, hastalık ve zararlılarla savaşım alır.

Tarım ürünlerine zarar veren unsurlarla yapılan savaşta uygulanabilen birçok yöntem olmakla beraber gerek uygulama kolaylığı ve gerekse etkisini kısa zamanda görülmesi nedeniyle kimyasal ilaçlarla yapılan uygulamalar diğerlerine tercih edilmektedir. Kimyasal maddelerin doğanın zehirlenmesi ve buna bağlı olarak canlılar üzerindeki olumsuz etkileri düşünüldüğünde bu tür uygulamaların çok dikkatli bir şekilde, eğitilmiş kişilerce yapılması gerekliliği ortaya çıkar. Zararlı etkilerin en aza indirilmesi için dikkat edilmesi gereken en önemli şartlar; ilacın uygulanmasında kullanılacak yöntem ve makinanın seçimidir.

Bağcılık ve meyvecilikte kullanılan kimyasal uygulamalarda genellikle mantarlar ve uçucu olmayan diğer zararlılara karşı mücadele yapılmakta ve yüzey ilaçlama yöntemi uygulanmaktadır. Yüzey ilaçlamada amaç, doğru olarak belirlenen hedefin en az kimyasalla tamamen kaplanabilmesidir. Bu da ancak en küçük damla boyu elde edilmesi ve bu damlaların hedefin tamamına ulaştırılabilmesiyle mümkündür.

Aynı büyüme sezonunda ağaçlarda farklı şekil ve boyutlar bulunabilmektedir. Hatta aynı ağacın alt, üst ve orta bölgerindeki yaprak yoğunluklarında bile farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklar ilaçlama uygulama verimini arttırmak ve çevresel kirlenmeyi

azaltmak için uygulanan dozun sürekli ayarlanmasını gerektirir (Solanelles ve arkadaşları, 2002).

Klasik ilaçlamada yoğunluk farkları dikkate alınmadan her yere aynı miktarda ilaç atılmaktadır. Bu tür uygulamalar, ilaç tasarrufu konusundaki etkinliği azaltmasının yanında çevresel olumsuz etkileri artırır. Değişken oranlı ilaç teknikleri kullanılarak ilaç tasarruf etkinliği artırılıp ekonomik ve çevresel kazançlar elde edilebilir.

Bu çalışmada, klasik ilaçlamadan farklı olarak, yaprak yoğunluğuna göre farklı miktarlarda ilaçlama yapılması hedeflenmiştir.

Meyve bahçelerinde meydana gelen ilaç sürüklenmesi ve buna bağlı olarak fazla kimyasal tüketimini azaltmak asıl amaçtır. Bu sebeple ultrasonik sensörlerden faydalanılarak bitkideki yaprak yoğunluğunu gerçek zamanlı olarak değerlendiren ve atılacak kimyasal miktarının belirlendiği bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan bu sistem ahtapot tipi hava destekli ilaçlama makinesine monte edilmiş, klasik tip ilaçlama makinesi ile karşılaştırılarak, yeni sistemin başarısı ortaya konmuştur.

Elektronik kontrol sistemi ile yaprak yoğunluğuna bağlı kanopi hacmi düşük olan bölgelere daha az sıvı püskürtülerek kimyasal ilaç tüketimi azaltılması ve azalan ilaç tüketimi sayesinde hem çevresel hemde ekonomik fayda elde edilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Jeon ve ark. (2011) değişken oranlı ilaçlama yapmak için bitki kanopi hacminin doğru bir şekilde ölçülmesi gerektiğini söylemişlerdir. Bu amaçla kullanılan ultrasonik sensörlerin farklı sıcaklık, rüzgar, toz bulutu, ilaçlama hızı ve püskürtülen ilaçtan etkilenme seviyeleri ölçülmüştür. Ölçümler 1.5-7.5 m/s arasındaki rüzgarın, toz bulutunun ve 0.8-3.0 m/s ilerleme hızının ultrasonik sensörün ölçüm sonuçlarında istatistiksel olarak önemli bir farka neden olmadığı görülmüştür. 16.7° den 41.6° C' ye artan hava sıcaklığının ölçüm sonuçlarını 5 cm azalttığı görülmüştür. Püskürtme memeleri ve ultrasonik sensör arasındaki mesafenin ölçüm başarısında istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür.

Llorens ve arkadaşları (2011) ağaç boyu, genişliği, kanopi hacmi ve yaprak alanı gibi kanopi karakteristiklerini belirlemenin pestisit uygulama yöntemlerini geliştirmede anahtar faktör olduğunu belirtmişlerdir. Bu amaçla lazer tarayıcı ve ultrasonik sensörlü iki sistem karşılaştırmışlardır. Alınan sonuçlar ultrasonik sensörün ortalama kanopi karakteristiklerinin belirlenmesinde uygun bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur. Ultrasonik sensör ile ölçülen kanopi hacmi ile yaprak alanı indeksi arasında $R^2 = 0.51$ korelasyon bulunmuştur.

Palacin ve ark. (2007) ilaçlama ve gübrelemede yapılacak optimizasyonun bitki büyüme düzeyi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Hazırladıkları sistem bir lazer tarayıcı ile ağacın kanopi hacmi ve yaprak alanını gerçek zamanlı olarak ölçmeye dayanmaktadır. Sonuçlar hacim ve yaprak alanı yoğunluğu arasında $R=0.81$ korelasyon katsayısına sahip doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Zaman ve Schumann (2005) tarafından tasarlanan ultrasonik sistem farklı büyüme dönemlerindeki ağaç kanopi hacimlerini ortalama %90 kesinlikte ölçmüştür ve manuel ölçümlerle, tasarlanan ultrasonik sistem tarafından yapılan ölçümler arasındaki korelasyon $R^2 = 0.95-0.99$ aralığındadır. Ultrasonik sistemle ölçülen kanopi hacimleri arasında 0 ile 240 m³ ağaç-1 değişim görülmüştür. Sonuçlar ultrasonik sistemin ağaç kanopi hacmi ve yaprak yoğunluğu ölçümünde kullanılabileceğini göstermiştir.

Fulton ve arkadaşları (2005)' na göre değişken oranlı teknolojiler (VRT) uygulama ekipmanlarına karmaşıklık getirmiştir. Bu nedenle pülverizatörlerin performans değerlendirmeleri de daha karmaşık bir hal almıştır. Bu araştırmanın amacı iki dönel püskürtücülü (A ve B) ve iki pnömatik (C ve D)VRT pülverizatörün oransal karşılık değerlendirmesini yapmaktır. Değişken oranlı testlerde aplikatörlerin oransal karşılık karakteristikleri (gecikme ve geçiz zamanları) hesaplanmaya çalışılmıştır. Sigmoidal fonksiyon oran karşılığının modellenbilmesi amacıyla kullanılmıştır. Aplikatör A oran

azaltıldıkça doğrusal bir cevap vermektedir. Sonuçlar sadece aplikatör B' nin tutarlı gecikme ve geçiş zamanını kanıtlayıp, oran karşılığı zaman doğrulaması için tek bir ileri bakma zamanı kullanımını mümkün kıldığını göstermiştir. Uygulama haritasının biçimlendirilmesi, yönetim alanı ile ayarlama alanının arasının genişletilmesine neden olarak aplikatör D için geçiş zamanının artışına sebep olur. Oran değişimi iki yeni VRT kontrol sisteminde daha hızlı olmaktadır, bu hidrolik kontrollü valf teknolojisindeki ilerlemeyi gösterir. Bu araştırma VRT sistemlerinin test protokol standartlarını izah ederek VRT yazılım geliştiricilerine, ekipman üreticilerine ve son kullanıcılara kılavuzluk etmesini sağlamaktır.

Zamahn ve Salyani, (2004) ultrasonik sensörler ağaç kanopi hacminin ölçülmesi ve haritalanması için kullanılabilirler. Bu ölçümler verim haritalama dahil bölgeye özel yönetim uygulamalarını planlamada oldukça faydalıdır. Denemede Durand-Wayland ultrasonik sistemin kanopi yaprak yoğunluğu ve hıza göre ağaç kanopi hacim ölçümündeki performansı gözlenmiştir. 15 adet yoğun yapraklı ve 15 adet yaprakları kısmen dökülmüş turunçgil ağacı 3 farklı ilerleme hızında 3 tekrar yapılarak ağacın her iki yönü taranmıştır. Ölçümler ağaçların manuel olarak yapılan ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Manuel olarak ölçülen hacim ile ultrasonik sensörlerle ölçülen hacim arasındaki farklar ultrasonik sistemin performansını değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Ultrasonik ve manuel hacimler arasında %95 kesinlik seviyesinde -17.3% ile 28.71% arasında farklılıklar görülmüştür. Ultrasonik ölçümlerin %95'i manuel hacmin -12.7% to 30.9% içinde tekrarlanabilir. Kanopi yaprak yoğunluğu ultrasonik kanopi hacim ölçümü üzerinde önemli etkiye sahiptir. Hacim farkları yaprak yoğunluğu fazla olan ağaçlarda daha fazla ortaya çıkmaktadır. İlerleme hızının (1.6 ile 4.7 km/saat) ultrasonik hacim ölçümü üzerinde kayda değer bir etkisi bulunmamaktadır. Ölçümlerdeki değişkenlik yaprakları kısmen dökülmüş olan ağaçlarda ilerleme hızı arttıkça artmaktadır. Ağacın iki yüzü arasında önemli hacim farklılıkları bulunmaktadır.

Solanelles ve arkadaşları (2002) tarafından orantısal ilaçlama yapmak için sensör ve elektro-valfler kullanılmıştır. Bu uygulamada konvansiyonel uygulama ile ultrasonik sensör ve solenoid valfler kullanılarak yapılan, kanopi hacmine göre oransal uygulama karşılaştırılmıştır. Püskürtülen ilaç miktarı ayarı ultrasonik sensör ile ölçülen ağaç genişliği ve maksimum ağaç genişliği arasındaki ilişkiye göre yapılmaktadır. Ayarlamalar sonucunda zeytin ve armut meyve bahçelerinde sırasıyla %65 ve %30 ilaç tasarrufu sağlanmıştır.

Antuniassi, (2002) bu çalışma ile programlanabilir lojik kontrolör (PLC) kullanılarak kontrol edilen ilaçlama ekipmanlarının cevap zamanı değerlendirmesi ile ilgili bir laboratuvar metodu geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla elektronik debi kontrolörüne sahip deneysel bir

püskürtücüdeki santrifüj pompasına bağlı asenkron bir elektrik motorunu sürmek için PLC kontrollü dijital sürücü inverter kullanılmıştır. PLC, RS232 seri haberleşme kullanılarak bir PC ile çalıştırılmıştır. Kullanıcı programı, hepsi de motor hızına bağlı olan şu değişkenleri ayarlanarak kontrol edilmiştir : durma zamanı, hızlanma ve yavaşlama zamanı, verilen sabit hızda çalışma süresi ve motorun yavaşlayarak durması için gereken süre. Bu ayarlar, bir veri işleme sistemi ile birlikte elektronik kontrollü püskürtücülerin laboratuvar testlerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Basınç dengesi için cevap zamanı, pompa hızı $\pm\%20$ değişirken ölçülmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki 0.2 sn süresince motor hızı arttırıldığında, örnek olarak vermek gerekirse, AgLogix Akış Kontrol sisteminin basıncı tekrar düzenlemesi ortalama 22 sn sürmüştür. Motor hızı azaltıldığı zaman bu cevap zamanı 8 sn' yeye düşmüştür. Genel sonuçlar ayrıca göstermiştir ki böyle bir yöntem, elektronik kontrollü uygulama ekipmanlarındaki test standartlarının daha kolay bir şekilde tanımlanabilmesini sağlamıştır.

Tumbo ve ark. (2001)' larına göre turunçgil üreticiliğinde ağaç kanopi hacmini hızlı bir şekilde tanımlayabilecek gereçler oldukça faydalı olacaktır. Bu çalışmada turunçgil ağaçlarının kanopi hacminin hesaplanmasında kullanılan manuel ölçüm yöntemi ile ultrasonik ve lazerli ölçüm sistemleri karşılaştırılacaktır. Çalışma için farklı yükseklik ve kanopi hacimlerine sahip 15 ağaç seçilmiştir. Manuel ve ultrasonik ölçümlerde kanopi hacmi m³ cinsinden hesaplanmıştır. Buna karşın laser ölçümlerinde 'lazer kanopi hacim indeksi' hesaplanmıştır. Bu üç farklı yaklaşım istatistiki olarak karşılaştırılmıştır. Ultrasonik ve lazer methodları ile manuel method arasında iyi bir korelasyon olduğu görülmüştür ($R^2>0.85$, RMSE<2.15 m3). Lazer ölçüm methodu yüksek çözünürlüğü nedeniyle, ağaç kanopisinin hacminin tahmininde ultrasonik yöntemine göre daha iyi bir sonuç vermiştir. Ultrasonik veya lazer sensörler turunçgil ağaçlarının kanopi hacimlerinin hesaplanmasında kullanılabilirler.

Pierce ve Ayers, (2001) bu çalışmada değişken oranlı teknolojilerden darbe genişliği modülasyonu incelenmiştir. Bu teknolojiye ilaçlama makinalarında kullanılan meme valfi darbe süresinin uzunluğu kontrol edilir. Darbe genişliği modülasyonu teknolojisinin, herbisid uygulamalarından yabancı ot kontrolündeki etkisi üzerinde durulmuştur. İlaçlama teknolojisinin performans analizi, bum boyunca meme debisinin, %2' den az değişim katsayısı için kabul edilebilir olduğunu belirtir. Meme debisi, görev döngü ayarlarıyla teorik değerlerden ortalama %4 yanılma payı ile orantılıdır. Ek olarak bum boyunca püskürtme şablonunun düzenliliği çeşitli görev döngü ayarlarıyla test edilmiştir. Kabul edilebilir püskürtme şablonu %10' dan az değişim katsayısıyla bulunmuştur. Bu sonuçlar kesikli

ilaçlama bulutlarının, bum boyunca püskürtme şablonu konusunda bir etkisi olmadığı önermesinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Meme akışı, bum boyunca püskürtme şablonu ile bir ilişkisi olmamasına rağmen, hareket yönündeki püskürtme şablonu düzenliliği üzerine çalışılmıştır. %25 ile %100 görev döngüsü ayarları arasında değişim katsayısının %65 ile %10' dan az bir orana kadar değişkenlik gösterdiği bulunmuştur. Hareket yönü boyunca püskürtme şablonu düzenliliğinde meydana gelen bu büyük değişim nedeniyle ilk çıkışta ve sonrasında herbisit uygulamalarının verimlilik değerlendirmesinde gösterge tür olarak domuz ayrığı saptanmıştır. Herbisit uygulamalarında %25 ile %100 görev döngüsü ayarlarında yabancı ot kontrolü %65 ile %100 arasında değişmektedir .

Doruchowski ve Holownicki (2000)' ye bağlı olarak ultrasonik ve optik sensörler, çapraz akış fanlı pülverizatörler veya doğrudan hava jetli pülverizatörler gibi yatay hava akımı üreten pülverizatörlerde kullanılabilir. Bu durumda pülverizatör ilerleme hızındaki veri ile beraber sensörlerden gelen sinyal ve sensör ile memeler arasındaki sabit uzaklık, memeleri ürünün varlığı ve yokluğuna bağlı olarak açıp kapatmak için optimize edilmiş bir algoritmada kullanılır.

Molto ve arkadaşları (2000) ağaç kanopisi arasındaki boşluklarda ilaçlamayı kesebilen ve her ağacın başlangıç ve bitişindeki kanopi hacminin varyasyonunu düzenleyerek bitki hacmine bağlı olarak iki farklı ilaçlama debisinin mümkün kılınmasını sağlayan bir prototip geliştirmiştir.

Balsari ve Tamagnone (1998) hava-destekli pülverizatörlere ultrasonik kontrol sistemi adapte etmişler, bitki örtüsündeki küçük boşlukları sensörlerin geniş görüş açıları nedeniyle tanımlamakta güçlük çektiklerini rapor etmişlerdir.

Giles ve Salaughter,(1997) hassas herbisit uygulamasında kullanılacak bir sistem geliştirilmiştir. Sistem sırayı görüp, o sıra üzerindeki memenin püskürtmesini sağlayacak bir görüntü işlem sistemini içermektedir. Püskürtme memeleri yatay düzlemde ilerleme yönüne bağlı olarak bir elektrik motoru yardımıyla hareket edebilecek özellikte yerleştirilmiştir. Püskürtme memeleri açısı ve püskürtme genişliği sıra genişliğine göre değiştirilebilmektedir. Sistem domates ve marul üretimi yapılan bir tarım arazisinde yürütülmüştür. Klasik sistemle karşılaştırıldığında Hassas sistem ile uygulama oranı %66-80 oranında azalmış, kalıntının etkinliği 2.5-3.7 katı artmıştır. Uygulama alanı dışında ise kalıntı miktarı %72-90 azalmıştır. Bum etrafında havada kalan kalıntı miktarı ise %62-93 azalmıştır. Klasik makinelere göre hassas makine ile yapılan uygulamada görülen ilaç sürüklenmesindeki düşüş önemli bulunmuştur

Sürekli orantılılık için ilk yöntem Rosell ve arkadaşları (1996) tarafından geliştirilmiştir. Birinci yöntem olarak böyle bir teknolojinin fizibilitesini test etmek için üç memeli bum bölgesinde çalışan orantısız cevaplı bir prototip inşa etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Deneme Alanı

Çalışma Tekirdağ' da Nusratlı köyünde bodur elma yetiştiriciliği yapılan bir bahçede yürütülmüştür. Granny Smith (*Malus domestica 'Granny Smith'*) ve Gala (*Malus domestica Royal Gala*) elma üretimi yapılan bahçede sıra arası 3m, sıra üzeri ise 1m' dir. 5 yaşına sahip ağaçlardır.

3.1.2. İlaçlama Makinaları

Bu çalışmada turbo tipi ilaçlama makinası ve tezin konusunu oluşturan sistemin monte edildiği ahtapot ilaçlama makinası karşılaştırılmıştır.

3.1.2.1 Turbo Atomizör

Klasik sistem olarak TA 600 Piton Super Turbo Atomizör karşılaştırma için kullanılmıştır (Şekil 3.1.). Sistem depo, pompa, regülatör, sirkülasyon sistemi ve radyal bir fanndan oluşmaktadır. Dairesel olarak püskürtme yapılmakta ve fanın ürettiği hava akımı ile hedef yüzeylere damlalar taşınmaktadır. Çizelge 3.1. de makinarya ait teknik bilgiler verilmiştir.

Çizelge3.1. TA 600 piton super turbo atomizör teknik özellikler

İLAÇLAMA FANI				DEPO	POMPA				GÜÇ	ÖLÇÜLER	KG
Fan Çapı (Æmm)	Devir (d/dak)	Hava hızı (m/sn)	Hava debisi(m ³ /hx1000) Kanat açısı 25° /	Hacim (lt)	Tip	Debi (lt/dak)	Devir (d/dak)	Basınç (kg/cm ²)	HP (max.basınçta) Kanat açısı 25° / 35°	ExBxY (cm)	KG
750	1900	30	- / 24	600	Tar 100	90	540	0- 50	- / 27	145x135x165	270



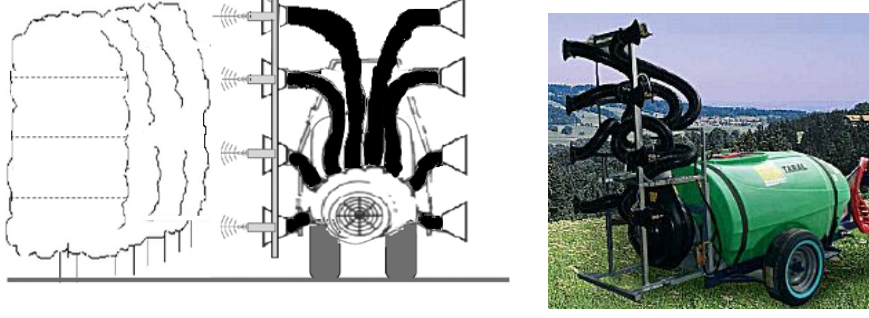
Şekil 3.1. Radyal fanlı turbo atomizör

3.1.2.2. Ahtapot ilaçlama makinası

Tasarlanan sistem TA 1200 Piton Turbo Fanlı Atomizör (Ahtapot tipi) (Taral Ltd. Şti.) üzerine takılmıştır. (Şekil 3.2.). Sistem depo, pompa, regülatör, sirkülasyon sistemi ve radyal bir fan dan oluşmaktadır. Fanın ürettiği hava akımı makinanın sağ ve sol tarafına ayrı ayrı 8 farklı ağızdan dışarı çıkmaktadır. Püskürtme memeleri bu ağızların yanına yerleştirilmiştir. Çizelge3.2.' de makinarya ilişkin teknik bilgiler verilmiştir.

Çizelge 3.2.TA 1200 Ahtapot Tipi pülverizatör teknik özellikler

İLAÇLAMA FANI				DEPO	POMPA				GÜÇ	ÖLÇÜLER	KG
Fan Çapı (mm)	Devir (d/dak)	Hava hızı (m/sn)	Hava debisi(m ³ /hx1000) Kanat açısı 25° / 35°	Hacim (lt)	Tip	Debi (lt/dak)	Devir (d/dak)	Basınç (kg/cm ²)	HP (max.basınçta) Kanat açısı 25° / 35°	ExBxY (cm)	KG
500	3240	35	- / 18	1200	Tar	150	540	0-50	- / 33	145x240x390	680
	3620		- / 20		- / 30						



Şekil 3.2. Ahtapot ilaçlama makinası

Her bir çıkış ağzının yanına elektronik kontrol ünitesi yerleştirilmiştir. Bir elektronik kontrol ünitesi 1 adet ultrasonik sensör, 1 adet mikrodenetleyici devre ve anahtarlama devre 3 adet solenoid valf 3 adet püskürtme memesinden oluşmuştur.

Solenoid valflerin (Şekil 3.3.) çalışma basıncı maksimum 10 bar olarak katalogta belirtilmiştir (Çizelge 3.3.).



Şekil 3.3. Kullanılan solenoid valf

Çizelge 3.3. Solenoid valf teknik özellikleri

Gövde:	Pirinç
Diyafram & Conta:	NBR
Kovan:	Pirinç
Yol Sayısı:	2/2
Pozisyon:	Normalde kapalı
Orifis:	8mm
ÖLÇÜ:	1/4"
Kv (lt/min)	30,00
Pmin / Pmax (bar):	0,5-10 Bar
Tmin / Tmax (°C):	-10°C +160°C
Ağırlık:	0,605 Kg
Bobin Voltajı - Tolerans:	12,24,110,220,230V AC/DC
Kullanım Alanı:	Genel maksat

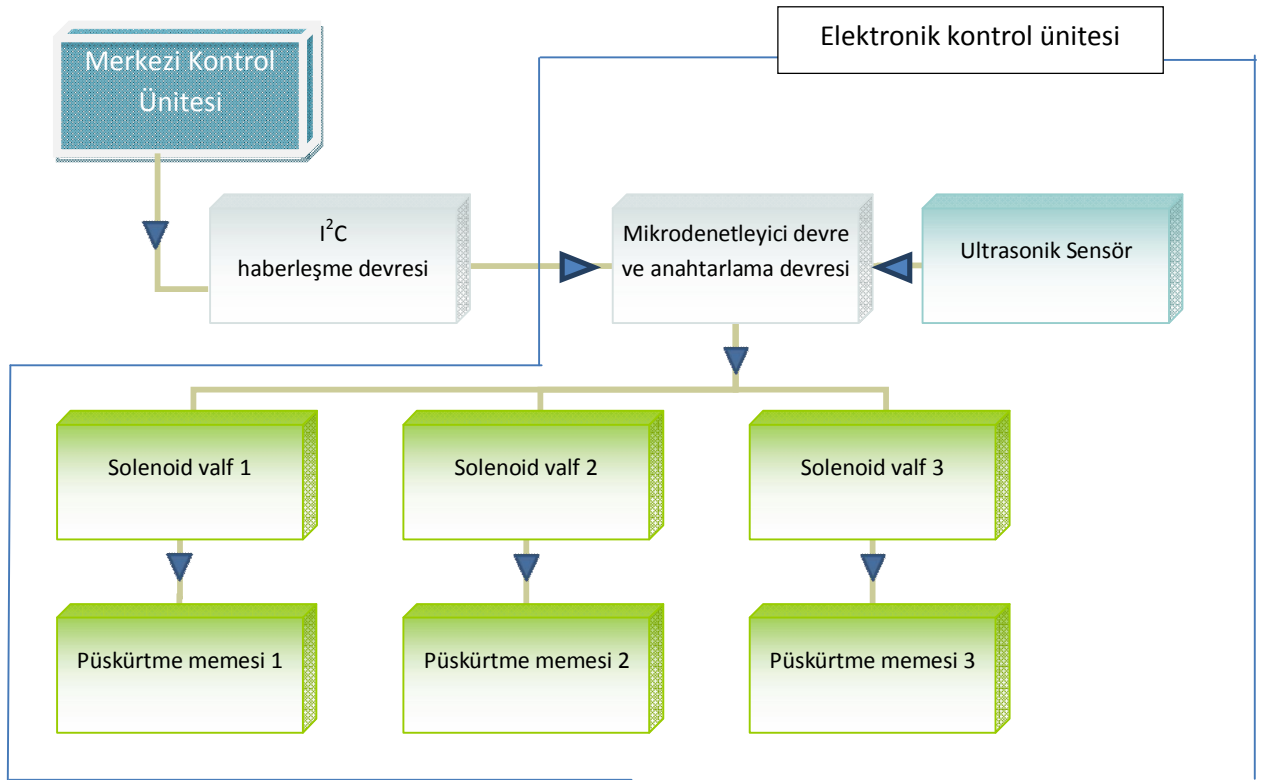
Püskürtme memesi olarak Braglia tarafından üretilen 70.810.11, 70.810.13, 70.810.15 kodlu üç farklı püskürtme memesi kullanılmıştır (Çizelge 3.4). İlaçlama işlemi 10 bar basınçta gerçekleştirilmiştir. Traktör ilerleme hızı 4 km/saat olarak sabit alınmıştır (Zatan ve Salyani, 2004).

Çizelge 3.4. Püskürtme memelerinin 4 km/saat ilerleme hızı ve 10 bar basınçtaki debileri

Püskürtme Memesi	l/dk
70.810.11	1.2
70.810.13	1.5
70.810.15	2.0

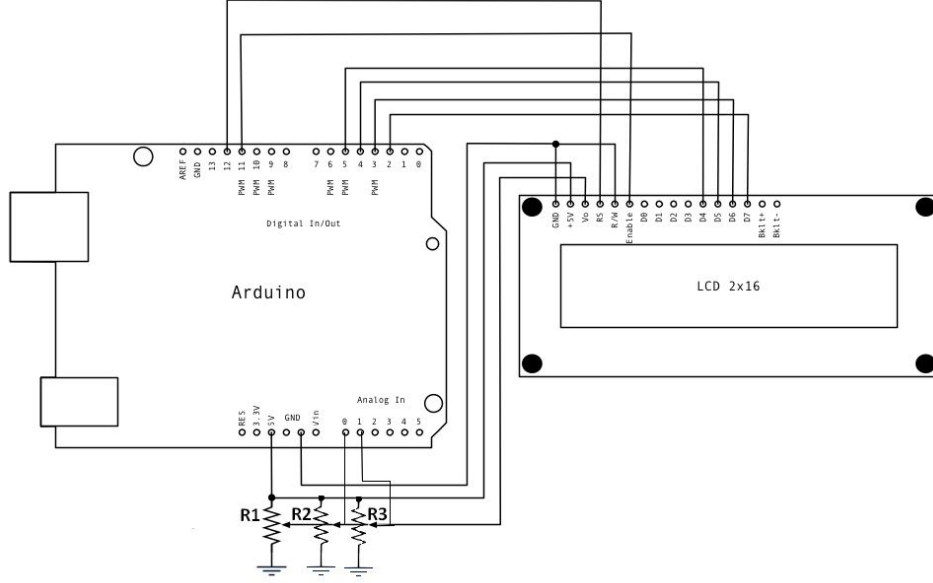
3.1.3. Elektronik sistem

Elektronik sistem merkezi kontrol ünitesi, I²C haberleşme devresi ve elektronik kontrol ünitelerinden oluşmaktadır (Şekil 3.4.).

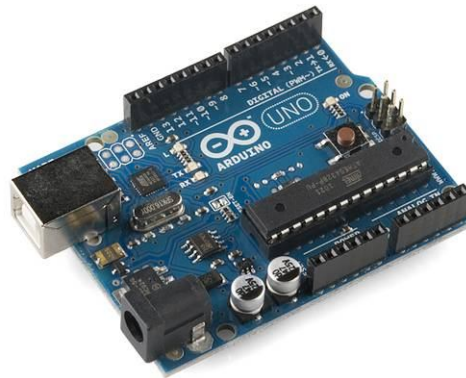


Şekil 3.4. Elektronik veri akış diyagramı

Merkezi kontrol ünitesi:Merkezi kontrol ünitesi (Şekil 3.5.); yönetim ve veri iletim işlemleri Arduino UNO (Şekil 3.6.) ile gerçekleştirilen, başlangıç değerlerini oluşturan hız ve merkeze olan uzaklık verilerinin ilaçlama işlemine başlamadan önce ayarlanabildiği kısımdır. Tasarlanan sistemin kullanıcı arayüzünü oluşturmaktadır. Kollarda bulunan tüm elektronik kontrol üniteleri I²C protokolü ile haberleşen haberleşme ağı ile merkezi kontrol birimine bağlı olacaktır.



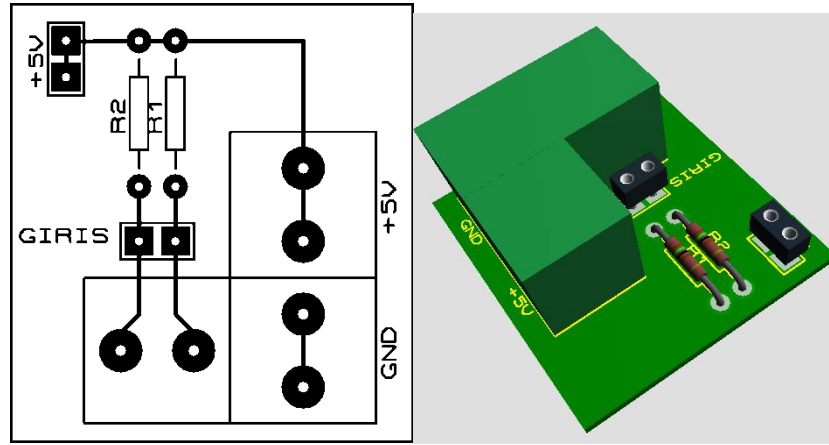
Şekil 3.5. Merkezi kontrol ünitesi devre şeması



Şekil 3.6. Arduino UNO

I²C haberleşme devresi : Dijital sistemlerde kablolu seri haberleşme ile ilgili birçok standart bulunmaktadır. Bunlardan biri de 1980 yılında Philips firması tarafından ortaya konulan I²C protokolüdür. Bu protokolün en temel avantajı SDA (Serial DATA) ve SCL (Serial CLOCK) olmak üzere sadece iki tel üzerinden veri aktarabilmesi ve veri aktarım hızının 400 kbps'ye kadar çıkabilmesidir. I²C protokolü Master/Slave mimarisine sahiptir (Anonim 2012). Master denilen; tüm haberleşme/veri gönderim işlemlerini yönlendiren bir ana kontrol birimi ve slave denilen cihazlar bulunmaktadır.. Bu mimarisiyle çalışmaya uygun olduğu için seçilmiştir.

Oluşturulan ağ ile merkezi kontrol ünitesi ve her bir kolda bulunan elektronik kontrol üniteleri birbirlerine bağlanmıştır. Ağda haberleşme protokolü olarak I²C kullanılmaktadır. Şekil 3.10.'da tasarlanan elektronik sistemin ağ yapısını göstermektedir. I²C haberleşme devresinin tasarımı Proteus devre tasarım paket programı bileşenleri ISIS ve ARES ile yapılmıştır (Şekil 3.7.).



R1,R2: 10kΩ

Şekil 3.7. I²C bağlantı devresi

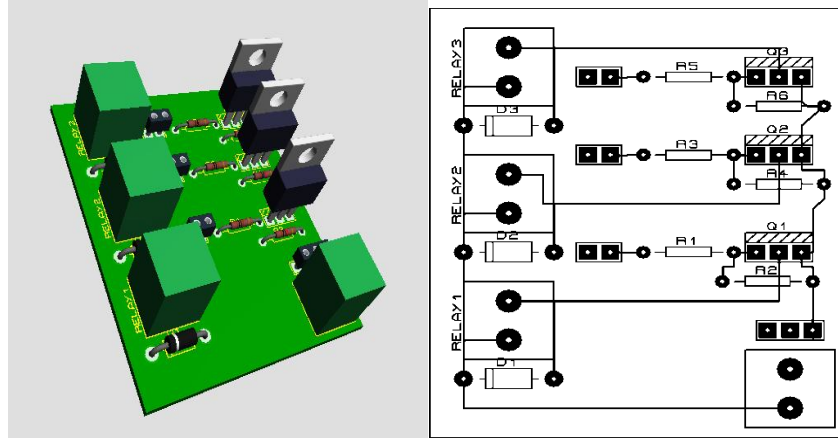
Elektronik kontrol ünitesi: Ahtapot ilaçlama makinasının 4 sağda ve 4 solda olmak üzere toplam 8 adet kolu bulunmaktadır. Her bir kol için ayrı ayrı hazırlanmış olan sistem; 1 adet ultrasonik sensör, 1 adet mikrodenetleyici devre ve anahtarlama devre 3 adet solenoid valf 3 adet püskürtme memesinden oluşmuştur (Şekil 3.4.)

Anahtarlama devresi (Şekil 3.8.) solenoid valflerin mikrodenetleyiciden gelen sinyale göre açılıp kapanmasını sağlamaktadır. Anahtarlama devresi direnç, diyot ve transistörden

oluşmaktadır (Şekil 3.9.).Kullanılan anahtarlama devresinin tasarımı Proteus devre tasarım paket programı bileşenleri ISIS ve ARES ile yapılmıştır.

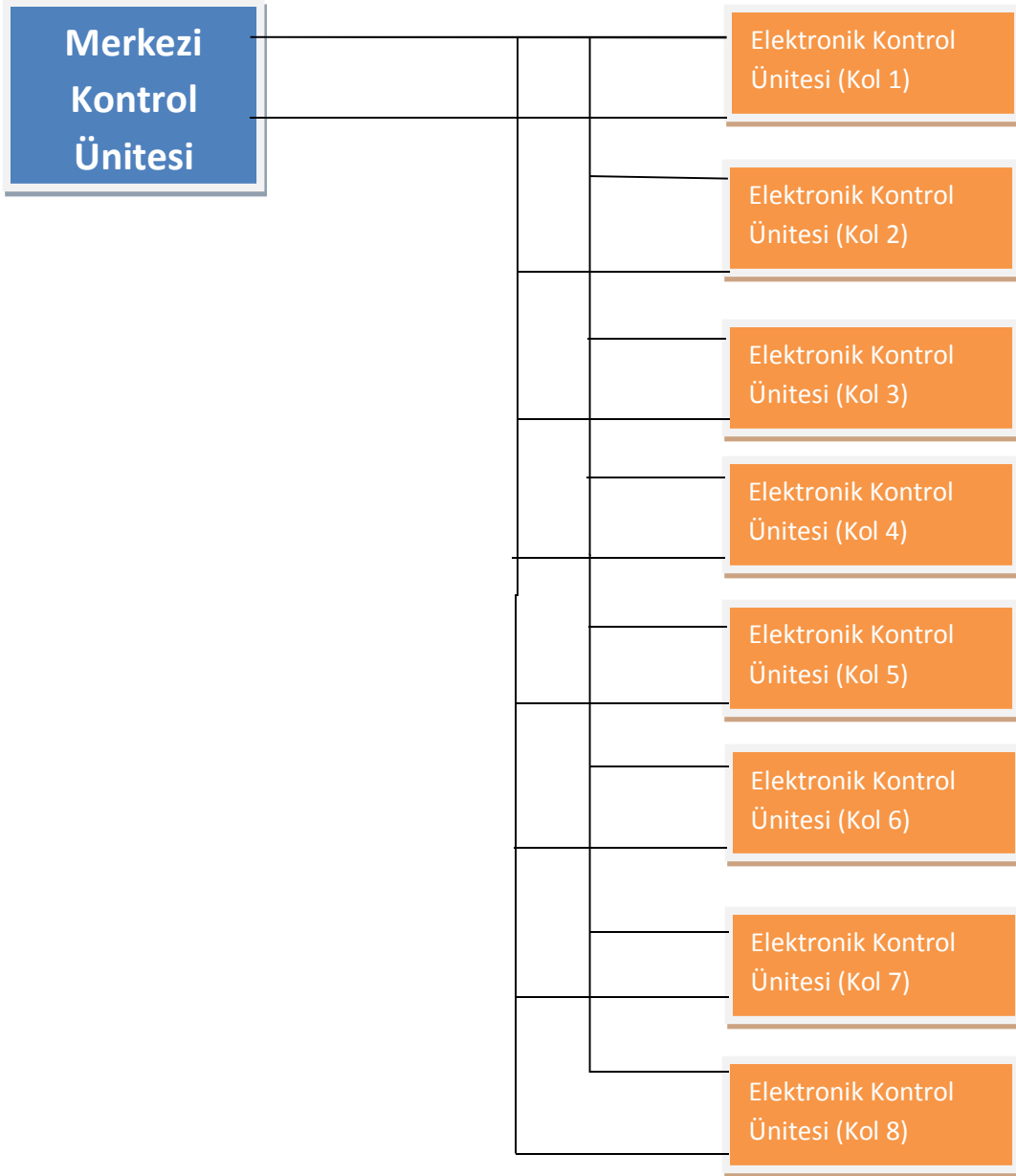


Şekil 3.8. Mikrodenetleyici devre



Q1,Q2,Q3: BDX53,R1,R3,R5: 1k Ω ,R2,R4,R6: 10k Ω ,D1,D2,D3: 1N4007

Şekil 3.9. Anahtarlama devresi



Şekil 3.10. Merkezi kontrol ünitesi ve elektronik kontrol üniteleri arasındaki ağ

Ultrasonik Sensör :Maxbotix LV-EZ4 ultrasonik sensör düşük güç tüketimi, kompakt yapısı ve ekonomik fiyatıyla en popüler ultrasonik sensörlere dendir (Şekil 3.11.) . Teknik özellikleri Çizelge 3.5.' te verilmiştir.



Şekil 3.11. Maxbotix LV-EZ4 ultrasonik sensör

Çizelge 3.5. Maxbotix LV-EZ4 ultrasonik sensör özellikleri

Teknik Özellikler	
Voltaj	2.5 V ile 5.5 V arası çalışma gerilimi
Akım	2 mA
Frekans	42kHz
Maks. mesafe	645cm
Min. mesafe	15 santimetre
Okuma Hızı	20 Hz (her 50 ms'de bir okuma)
Haberleşme Çıkışları	Seri/Analog ve PWM çıkış



Şekil 3.12. Tasarlanan yeni sistem tarla denemelerinde

3.1.4. Damla çapı ölçümü

Pülverizasyondaki damla çapı karakteristiklerini ve homojen dağılımı saptayabilmek için suya duyarlı kağıtlardan örnekleme yüzeyi olarak faydalanılmıştır (Syngenta Crop Protection AG., 76x26 mm). Pülverizasyon sonrası denemelerde damla büyüklüğü ölçümünde suya duyarlı kağıtları dijital ortama aktarmak amacıyla HP Scanjet G4010 tarayıcı (Hewlett-Packard Development Co.) kullanılmıştır. Tarayıcıya ait teknik özellikler Çizelge 3.6.' da verilmiştir. Tarayıcı tarafından dijital ortama aktarılan bilgilerin analizi ve ölçümleri için ise

Scion firması tarafından üretilen ve <http://www.scioncorp.com> web adresinden indirilen Scion Image yazılımı kullanılmıştır. Kullanılan tarayıcının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir :

Çizelge3.6. HP Scanjet G4010 Tarayıcı

Teknik Özellikler	
Tarama türü	Masaüstü
Optik tarama çözünürlüğü	En fazla 4800 dpi
Bit derinliği	96 bit
Gri tonlama düzeyleri	256
Otomatik belge besleyici kapasitesi	Yok
Asetat adaptörü	Dahili Saydam Malzeme Adaptörü (TMA); beş adet 35 mm slayt veya altı adet 35 mm negatif karesi
Tarama hızı	10 x 15 cm renkli fotoğraf, dosyaya: Birden çok resim taraması için 13 san, tekli resim taraması için 29 san; 35 mm dialar, dosyaya: Birden çok slayt taraması için 6 san, tekli slayt taraması için 24 san; 35 mm negatif, dosyaya: Birden çok negatif taraması için 8 san, tekli negatif taraması için 39 san; OCR A4 metin sayfası Microsoft® Word®'e: Tekli resim taraması için 25 san; 10 x 15 cm renkli fotoğraf paylaşım/e-postaya: Tekli resim taraması için 28 sn; A4 PDF e-postaya: Tekli resim taraması için 59 sn
Tarama boyutu masaüstü (maksimum)	21,6 x 31,1 cm
Desteklenen ortam türleri	Kağıt (düz, mürekkep püskürtmeli, fotoğraf, afiş), zarflar, etiketler, kartlar (indeks, tebrik), 3B nesnelere, 35 mm dia ve negatifler (saydam malzeme adaptörü kullanarak), ütüyle aktarımlar
Tarama dosyası biçimi	Windows®: BMP, JPEG, TIFF, sıkıştırılmış TIFF, PNG, PCX, Flashpix (FPX), PDF, aranabilir PDF, RTF, HTM, TXT; Macintosh: TIFF, PICT, JPEG, GIF, FlashPix, Düz Metin, PDF, HTML, Zengin Metin"
Önizleme modunda tarama hızı	8,5 sn
Kontrol paneli	4 adet ön panel düğmesi (Tara, Film tara, Kopyala, PDF olarak Tara)
Çalıştırma nem aralığı	%0-90 Göreceli Nem
Çalışmama nemi	%0-90 Göreceli Nem

3.1.5. Kalıntı analiz sistemi

Püskürtme dağılımı ve birim alana düşen kalıntı miktarını tespit etmek amacıyla örnekleme yüzeyi olarak filtre kağıtları (\varnothing 0.125 m, Schleicher & Schuell, 5892 , beyaz şerit, ashless, 30.664 cm²) kullanılmıştır. Pülverizasyon sonrası filter kağıtları saf su ile yıkanmış, yıkama suları spektrofotometre (SHIMADZU co., 1208 Model UV-VIS model) ile analiz edilmiştir. İz maddesi olarak tartrazine kullanılmıştır (Neelikon Food Dyes and Chemicals, Ltd., Bombay, INDIA)

3.1.6. Yaprak alanı ölçer

Yaprak alan indeksinin ölçümü için LI-COR Co. tarafından üretilen AM300 yaprak alanı ölçer cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.13.). Teknik özellikleri Çizelge 3.7.' de verilmiştir.



Şekil 3.13. AM300 Yaprak alanı ölçer

Çizelge 3.7. AM300 Yaprak Alanı Ölçer Teknik Özellikleri

Ölçüm parametreleri:	Yaprak alanı, uzunluk, genişlik, çevre, ortalama alan ve toplam alan
Ölçüm birimleri:	Kullanıcı seçimli: mm, cm ve inch
Tarayıcı:	Integral LED lambalı kontakt imaj sensör
Maksimum ölçüm genişliği:	100mm
Hassasiyet/Tekrarlanabilirlik:	+/- 2% Alan, +/- 5 % Çevre
Çözünürlük:	0.065mm ²
Hafıza:	256Kbyte RAM, 2000 data
Ekran:	64x240 piksel grafik LCD ekran
Batarya:	Nikel metal hidrid 1.2Ah
Batarya şarj edici:	12V DC adaptör
Bilgisayar arayüzü:	RS232C, 300 ile 57600 bps vary hızı, xon/xoff veya CTS handshake
Boyutlar:	275mm x 250mm x 30mm
Ağırlık:	1,8kg

3.1.7. Meteorolojik koşulların tespitinde kullanılan cihazlar

Sıcaklık ve nem ölçümlerinde TFA Diva Go marka sıcaklık ve nem ölçer (Şekil 3.15.) kullanılmıştır. Rüzgar hızı ölçümü için Kestrel marka rüzgar hızı ölçer (Şekil 3.14.) kullanılmıştır.



Şekil 3.14. Rüzgar hızı ölçer



Şekil 3.15. Sıcaklık ve nem ölçer

3.2. Yöntem

Denemede kullanılan her iki pülverizatör deneme alanında 4 km/saat ilerleme hızında 10 bar basınçta çalıştırılmış ve 100 mt' lik sıra boyunca püskürtme yapmıştır. Tüm denemeler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.2.1. Ahtapot ilaçlama makinası çatı tasarımı

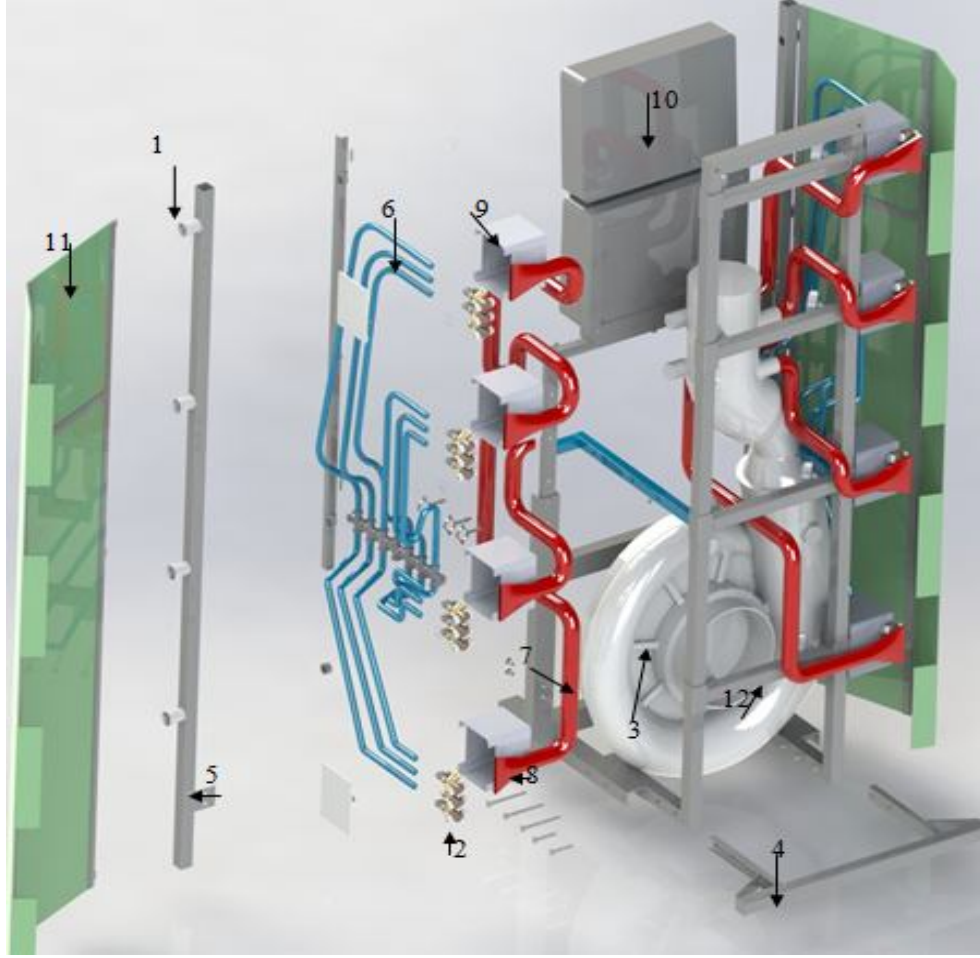
Sensörleri taşınması amacıyla 2m uzunluğunda 50x50 demir profil üzerine 50 cm aralıklarla 4 adet sensör yuvaları açılmıştır. Elektrik kabloları profil içerisinden geçirilmiştir. Sensörler bu yuvalara takılmıştır.

Püskürtme sistemi (Şekil 3.16.) değiştirilerek fan çıkış ağzına yakın olacak şekilde 3 adet püskürtme memesi ve bunları kontrol eden 3 adet solenoid valf plastik bir kutu içerisinde yerleştirilmiştir (Şekil 3.17.). Pompadan gelen püskürtme borusu bir dağıtıcı sistemde 12 farklı boruyla solenoid valflere ulaşmaktadır.

Sistemi çarpmalara karşı korumak amacıyla koruyucu kapaklar takılmıştır.



Şekil 3.16. Ahtapot ilaçlama makinası çıkış ağzının tasarımdan önceki hali



1 Sensor	8 Hava çıkış ağızı
2 Püskürtme memesi	9 Selenoid vana ve kutusu
3 Fan	10 Kontrol paneli
4 Ana çatı	11 Kapak
5 Sensor çatısı	12 Ayarlı kirişler
6 Püskürtme hortumu	
7 Hava kanalı	

Şekil 3.17. Ahtapot ilaçlama makinası çıkış ağzının tasarımdan sonraki hali

3.2.2. Elektronik sistemin çalışması

Sistem yaprak yoğunluğuna bağlı kanopi hacmini hesaplayıp gerekli olan solenoid valfi açıp/kapatacak şekilde tasarlanmıştır.

Denemeler yapılırken gelişimi düzgün ve tüm bakımları yapılmış sıralar seçilmiştir. Ultrasonik sensörden belirli zaman aralıklarıyla alınan okumalardan yararlanılarak

yaprak yoğunluğuna bağlı kanopi hacmi hesaplanmıştır. Hesaplanan değere göre atılacak ilaçlı sıvı miktarı belirlenmiştir.

Her bir kolda  adet solenoid valf bulunmaktadış. Solenoid valfler her biri farklı debideplverizasyon yapan püskürtme memesini kontrol etmektedir. Hesaplanan değere bağlı olarak bu solenoid valflerden birisi açılarak istenilen yoğunlukta ilaçlama yapılması sağlanmıştır. Sensörün baktığı bölgede ağaç algılanmadığında ilaçlı sıvı pskrtlmeyecektir.

Ultrasonik lm :

Ultrasonik sensörler ortama yaydıkları yüksek frekanslı ses dalgalarının cisimlerden yansıyan yankılarını algırlar. Gönderilen ve alınan sinyal arasındaki süre hesaplanarak karşısındaki cisme olan mesafeyi bulurlar.

Değişken oranlı ilaçlamayı sağlamak amacıyla ultrasonik sensör ve solenoid valf kullanılmış ve bunların çalışmalarını yönetmek amacıyla mikrodenetleyici tarafından kontrol edilen bir elektronik kontrol nitesi tasarlanmıştır.

Ultrasonik sensör tarafından algılanan yaprak yoğunluğuna bağlı kanopi hacmi mikrodenetleyici devre tarafından analiz edilmekte ve elektronik kontrol nitesi tarafından  solenoid valften ihtiyaca uygun yoğunlukta ilaçlı sıvı atabilecek olanı açılmaktadır.

Sistemde ultrasonik sensörlerden gelen okuma değerlerine göre solenoid valfleri kontrol etmek amacıyla Arduino UNO mikrodenetleyici modül kullanılmıştır.

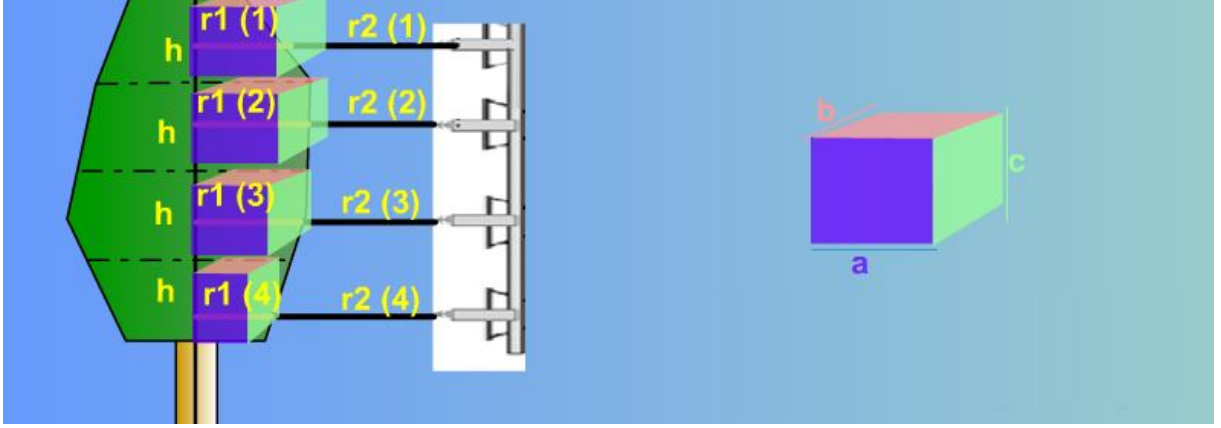
Bitki her biri, bir ultrasonik sensör tarafından algılanacak şekilde yatay düzlemde yükseklik olarak birbirine eşit 4 farklı bölgeye ayrılmıştır. Her kısımdaki lme ve uygulama işlemi birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilmiştir.

Ultrasonik sensörün tercih edilme sebepleri şöyle sıralanabilir.

- Ölüm hassasiyeti
- Ufak ve kompakt yapısı
- Diğer seçeneklerle karşılaştırıldığında ekonomik olması (laser tarayıcı vb.)
- Çevresel şartlardan çok az etkilenmesi. Maddenin renk ve şeklinden bağımsız ölüm yapabilmesi

Ölüm ve uygulama arasında gerekli gecikmeyi sağlamak amacıyla sensörler püskürtme memelerinden 1m ne konulmuştur.

Hacim Hesabı



Şekil 3.18. Dikdörtgen prizma

- a- Sensörün bitki kanopi merkezine olan uzaklığı ve sensör tarafından ölçülen uzaklığın farkı (cm)
- b- Yatayda gidilen mesafe (cm)
- c- Sensör tarafından okunan kanopi bölmesinin yüksekliği (cm)

Dikdörtgen prizmada (Şekil 3.18.) hacim şu formülle hesaplanabilir; $V = a.b.c$ (1)

Yukarıdaki denklemde b yatayda gidilen mesafedir. Bu değer seçilen ilerleme hızı ve ölçüm aralığına göre belirlenmiştir. İlerleme hızı işlem süresince sabit tutulmuş, testler süresince traktör 4 km/saat ilerleme hızı ile kullanılmıştır (Zatan ve Salyani, 2004). İlerleme hızı işlem başlamadan önce merkezi kontrol sistemi ile tüm elektronik kontrol ünitelerine tanıtılmıştır.

Bitkinin merkezine olan uzaklık ilaçlama işlemi başlamadan önce merkezi kontrol ünitesi tarafından tüm elektronik kontrol ünitelerine tanıtılmıştır. Merkeze olan uzaklık ultrasonik sensörden ölçülen mesafeden çıkarılarak a değeri bulunmuştur. a değerinin hesaplanması Şekil 3.19.' de gösterilmiştir.

a Değeri için her ölçüm döngüsünde 10 farklı ölçüm alınmıştır. Her ölçüm bir dikdörtgen prizma olarak kabul edilmiştir. Her döngü 1 sn sürmektedir. On ölçümden oluşan bir döngü içerisinde ölçülen en büyük a değerine göre maksimum hacim (3) hesaplanmıştır. Ölçülen gerçek değerlere göre normal hacim (2) hesaplanmıştır. Normal hacmin maksimum hacme göre %' si hesaplanarak belirlenen solenoid valfe sinyal gönderilir.

$$V_{\text{normal}} = \sum_{i=1}^{10} a_{\text{ölçülen}} \times b \times c \quad (2)$$

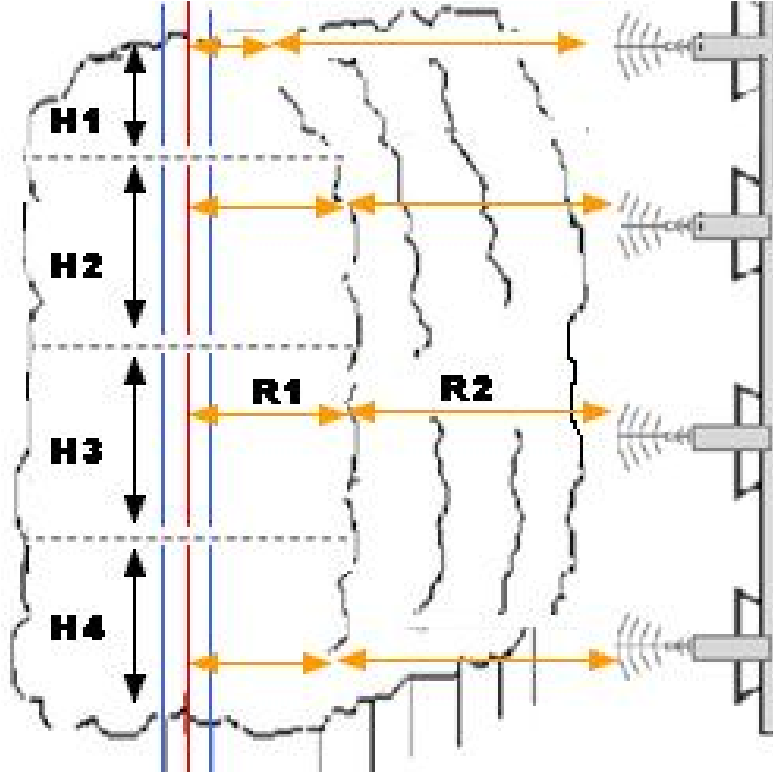
$$V_{\text{maksimum}} = \sum_{i=1}^{10} a_{\text{max}} \times b \times c \quad (3)$$

V_{normal} : ölçülen gerçek değerlere göre hesaplanan hacim

$V_{maksimum}$: ölçülen maksimum değere göre hesaplanan hacim

$a_{ölçülen}$: ultrasonik sensörden alınan bir okuma

a_{max} : ultrasonik sensör tarafından 10 ölçümden oluşan bir döngüde alınan en büyük okuma değeri



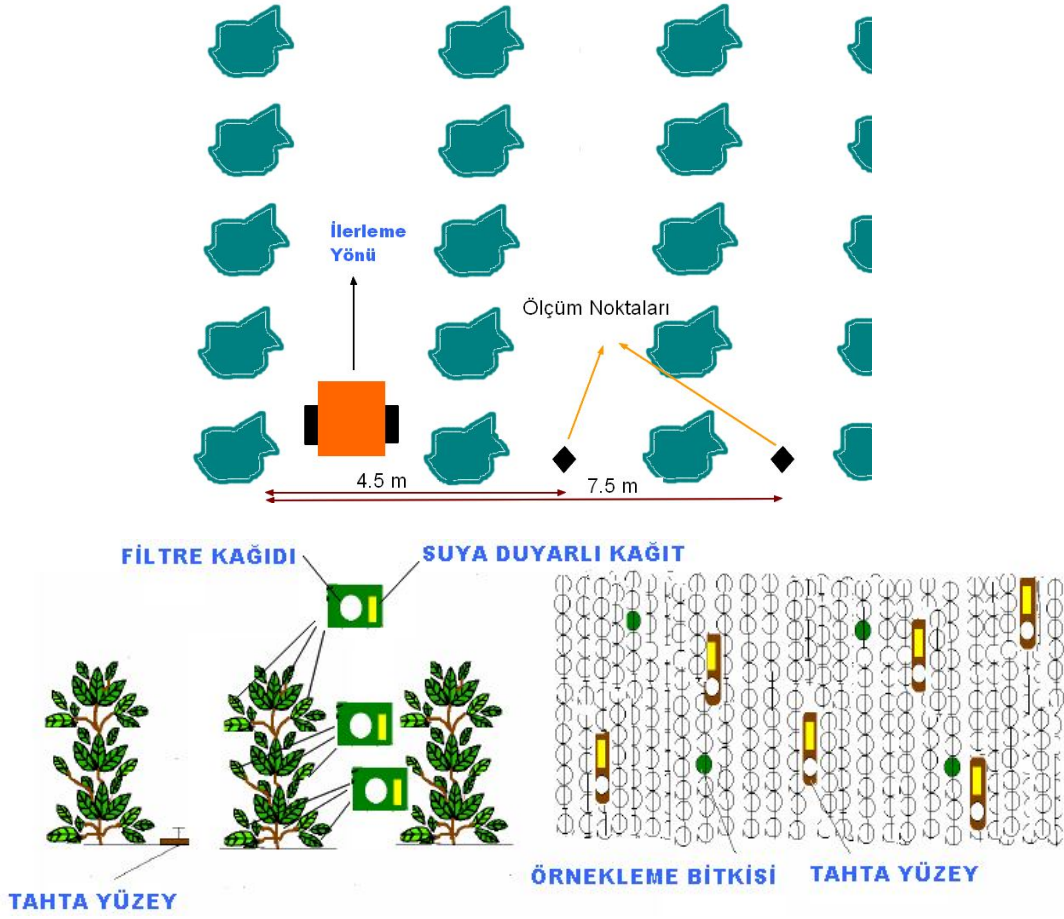
Şekil 3.19. Ağacın ultrasonik sensör tarafından ölçüm bölümlerine ayrılması

$$H1=H2=H3=H4$$

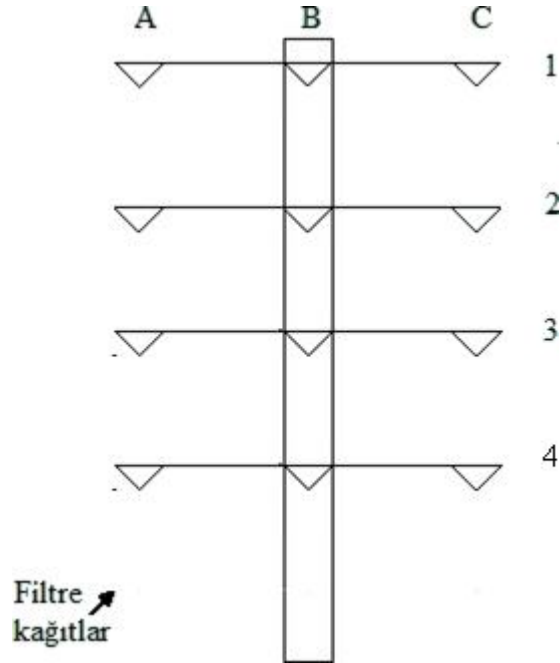
$$a = (R1+R2) - R2 \text{ (cm)}$$

3.2.3. Pülverizasyon karakteristiklerinin tespiti

Pülverizasyon karakteristiklerini belirlemek için 100 m' lik sırada rastgele 3 ağaç seçilmiştir. Seçilen ağaçlar düşeyde 4 yatayda 3 bölgeye ayrılmıştır (Şekil 3.22). Ayrıca örnekleme yüzeylerini taşıyan 2 m yüksekliğindeki çitalar uygulamanın yapıldığı sıradan sonraki iki sıranın ortasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.20.). Çitalar üzerine filtre kağıtları birbirine eşit uzaklıkta her bir sırada 3 adet filtre kağıdı olacak şekilde 4 sıra halinde yerleştirilmiştir (Şekil 3.21.)

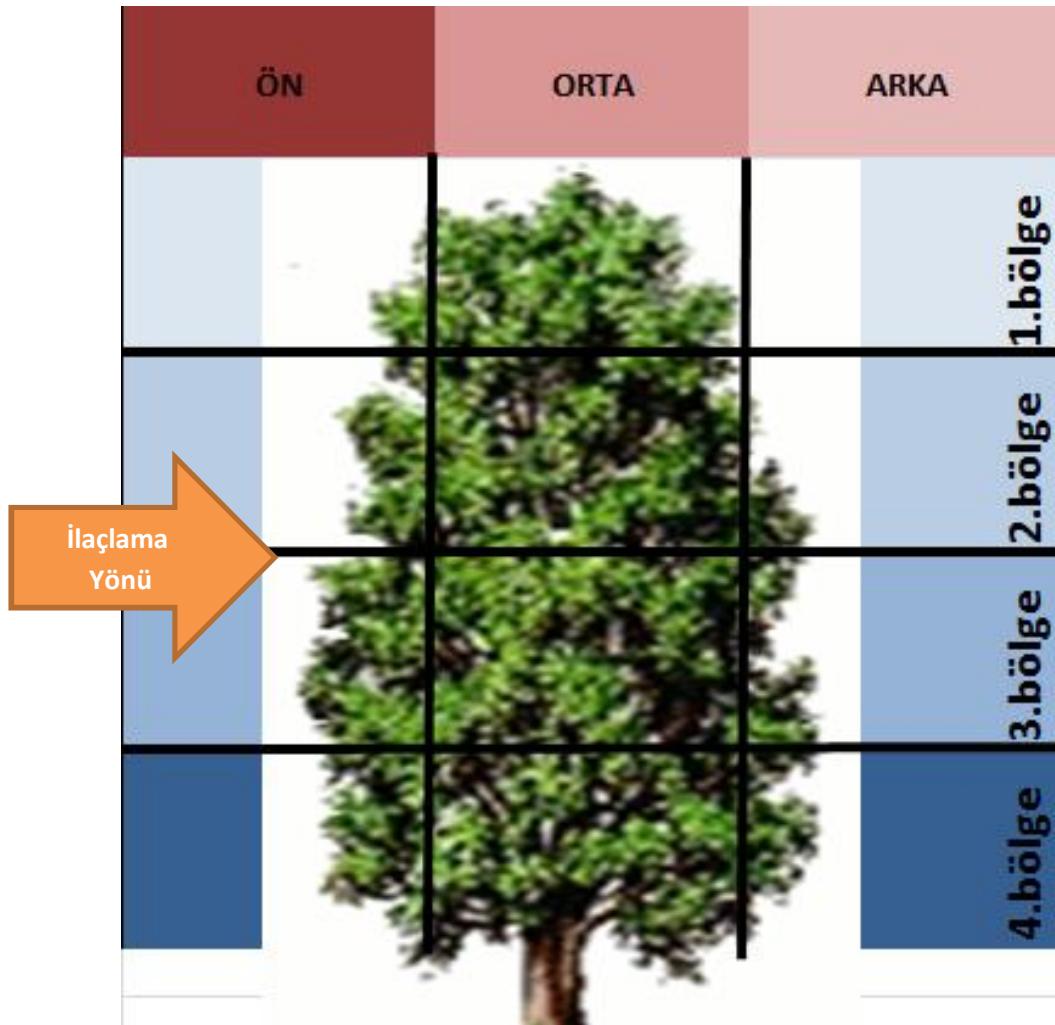


Şekil 3.20. Örneklemeye yüzeylerinin konumları



Şekil 3.21. Drift ölçüm direği

Damla apı büyüklükleri ve ilaç kalıntı miktarı pülverizatörün tek tarafında ve ilaçlanan sırada her zaman aynı rneklemeye pozisyonundayken belirlenmiştir. Yüzeyler, bitki yaprakları üzerine atalarla tutturulmuştur. Böylece rneklemeye yüzeyleri serbestçe hareket etme olanağına sahip olduğundan, bu örneklerin yaprağın her iki yüzünü simüle edebileceği dşnlmştir. Her bir deneme bitkisine, 4 adet bölgeye her birine 9 adet farklı konuma olmak üzere toplam 36 adet rneklemeye yüzeyi yerleştirilmiştir. Böylece, 3 tekerrürlü olarak yürütülen denemelerde, her bir faktör için ilaç kalıntı miktarının saptanmasında 108 adet rneklemeye yüzeyi değerlendirilmiştir .



şekil 3.22. Ağaçların ayrıldığı bölümler

Pülverizasyon sonunda alınan suya duyarlı kağıtlar kuruduktan sonra bir tarayıcıdan bilgisayar ortamına aktarılmıştır. En doğru sonuçlara ulaşmak için suya duyarlı kağıtlar 1200 dpi ve üzerinde çözünürlüklerde gerçek renkli olarak taranmış böylece damlacık boyutlarında

ve geometrisinde olabilecek bozulmalar minimuma indirgenmiştir. Scion Image programı ile elde edilen TIFF görüntüler analiz edilerek sayısal ortalama çap, yüzeysel ortalama çap, hacimsel ortalama çap ve homojenlik katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Suyu duyarlı kağıtlardan görüntü işleme programı ile elde edilen verilerden aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır (Çizelge 3.8.): Elde edilen değerler her bölge ve ölçüm noktası için iki pülverizatörün uygulama sonucu olarak karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.8. Damlacık karakteristiklerinin hesaplanmasında kullanılan formüller

$d_n = \frac{\sum d_i n_i}{n}$	$d_n = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 n_i}{n}}$	$d_n = \sqrt[3]{\frac{\sum d_i^3 n_i}{n}}$	$r = \frac{d_v}{d_s}$	d_i : i grubundaki damla çapı n : toplam damla sayısı n_i : d _i çap sınıfındaki damla sayısı
Sayısal ortalama çap	Yüzeysel ortalama çap	Hacimsel ortalama çap	Homojenlik katsayısı	

3.2.4. Kalıntı miktarının tespiti

Bu çalışmada iz maddesi konsantrasyonunu ölçmek için kolorimetrik yöntemden yararlanılmıştır. Denemede iz maddesi Tartrazine kullanıldı. 1 litrelik su içerisine 2 gram tartrazine konularak püskürtme sıvısı hazırlanmıştır. Çalışmada, her bir denemenin tamamlanmasından sonra, iz maddesinin filtre kağıtlarından (Şekil 3.23.) yıkanmasını sağlamak üzere plastik kutulara 80 ml saf su eklenmiştir. Yaklaşık 15 saat gün ışığından uzakta yıkama suyunda bekletilen filtre kağıtları, bu sürenin sonunda kutulardan alınmıştır. Elde edilen yıkama suları içerisindeki Tartrazine gıda boyasının konsantrasyonunu ölçmek için; 1 ppm düzeyinde boya konsantrasyonunu ölçebilecek duyarlılıkta bir spektrofotometre kullanılmıştır. Denemelerden elde edilen örneklerin okunmasına geçilmeden önce, konsantrasyonları belli olan bir standart seri hazırlanmıştır. Yıkama sonunda plastik kaplarda toplanan, deneme örneklerine ait yıkama suları, filtre kağıtları üzerinde toplanan boya

miktarlarına bağı olarak farklı konsantrasyonlarda olmaktadır. Bu boya konsantrasyonlarının hesabı, standart seri değerleriyle karşılaştırılarak yapılmıştır.

Örneklerin konsantrasyonlarından, içerisindeki toplam boya miktarını bulmak için seyreltme faktörü belirlenerek, konsantrasyonları 1 ppm olan belirli hacimlerdeki çözeltilerin içerisinde bulunan toplam boya miktarları analiz edilmiştir (Şekil 3.24.).



Şekil 3.23. Suya duyarlı ve filtre kağıtlarının örnekleme ağaçları üzerine yerleşimi



Şekil 3.24. Filtre kağıtlarından kalıntı miktarlarının belirlenmesi

3.2.5. Yaprak alanı indeksinin hesaplanması

Yapraklar üzerindeki ilaç dağılımının tespit edilmesine ihtiyaç duyulduğunda yaprak alanı indeksinin (LAI- Leaf Area Index) bulunması gerekir. LAI yaprak alanının yerdeki alana oranı ile bulunmaktadır ve bitkinin büyüme dönemine göre değişiklik göstermektedir. Yaprak alanı indeksi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır (5) :

$$LAI = TYA/YA \quad (5)$$

TYA: Toplam yaprak alanı (cm²),

YA: Ekim alanı (cm²)

Seçilen örnek ağaçlar denemelerde kullanılan dört bölgeye ayrılmıştır. Her bölgedeki yaprak sayısı sayılmış ve yaprak alanları yaprak alanı ölçer cihaz ile ölçülmüştür. Yaprak alanı indeksi ve yaprak alanı yoğunluğu (6) ölçülen bu değerlere göre hesaplanmıştır.

$$L_d = 10^{-4} x \frac{L_a}{s} x h \quad (6)$$

L_d: yaprak yoğunluğu

L_a: bölgedeki yaprak alanı (cm²),

s : örnek bölgenin uzunluğu (m)

h : örnek bölgenin yüksekliği (m)

3.2.6. Meteorolojik iklim verilerinin ölçümü

Ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem TFA Diva Go marka sıcaklık ve nem ölçer kullanılarak 2.0 m yükseklikte takip edilmiştir. Rüzgar hızı, Kestrel marka rüzgar hızı ölçer ile ölçülmüştür. Pülverizatör minimal rüzgar hızlarında kullanılmıştır. 10dk' da bir ölçüm alınmış ve bunların ortalama değeri kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

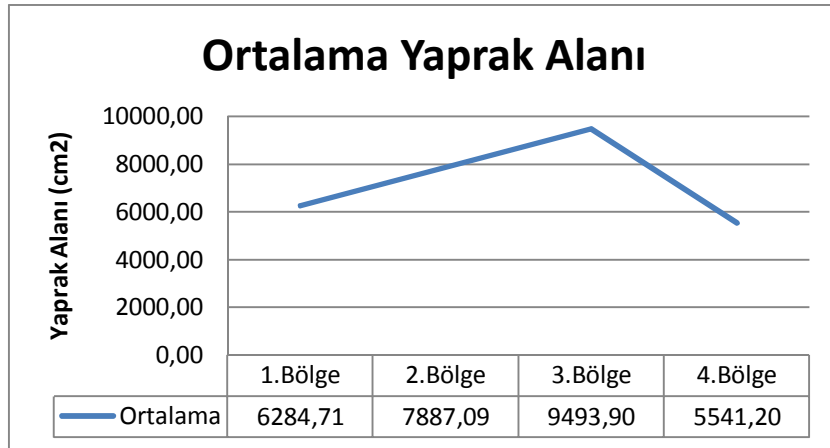
Denemelerde her iki pülverizatör için elde edilen pülverizasyon karakteristiklerinin ölçüm sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Denemeler 2011 yılı temmuz ayı içerisinde yürütülmüştür. Denemeler sırasında hava sıcaklığı 31.6°C rüzgar hızı 0.8 m/s ve nem %61.4 değerlerinde ölçülmüştür.

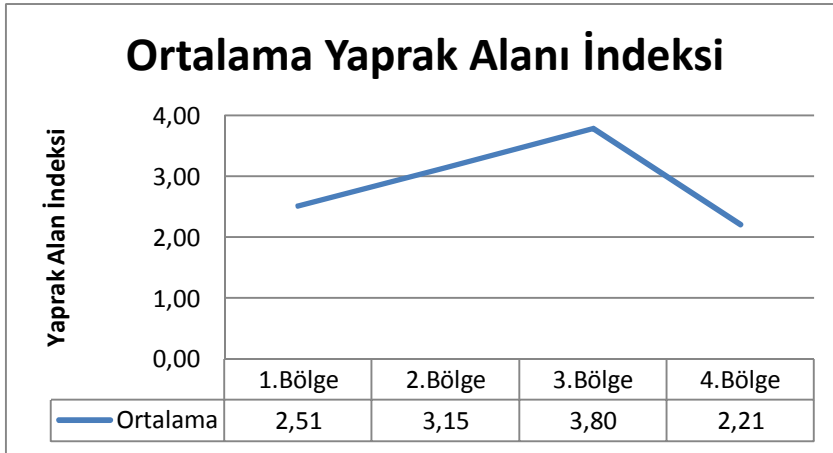
4.1.Yaprak Alanı İndeksi Ölçüm Cihazı Sonuçları

Denemelerin yapıldığı bahçenin yaprak alan indeksi, yaprak yoğunluğunun fazla olduğu Temmuz ayında gerçekleştirilen denemelerde 2.92 ± 0.61 olarak hesaplanmıştır. Yapılan sayımlara göre her örnek bölgede 239 ± 100 yaprak bulunmaktadır ve ortalama yüzey alanı her yaprak için 31.30 cm^2 'dir. Yaprak alanı ölçüm cihazıyla alınan ölçümlere göre hesaplanan veriler Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3. de verilmiştir.

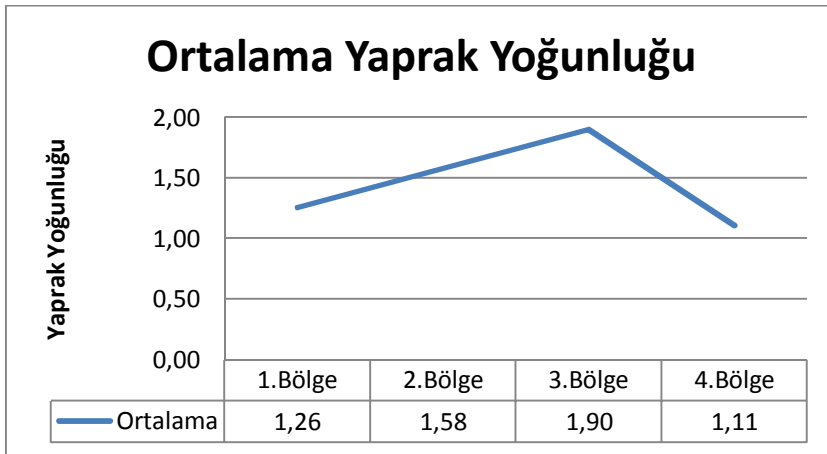
Çizelge 4.1. Bölgelere göre ortalama yaprak alanı dağılımı



Çizelge 4.2. Bölgelere göre ortalama yaprak alanı indeksi dağılımı

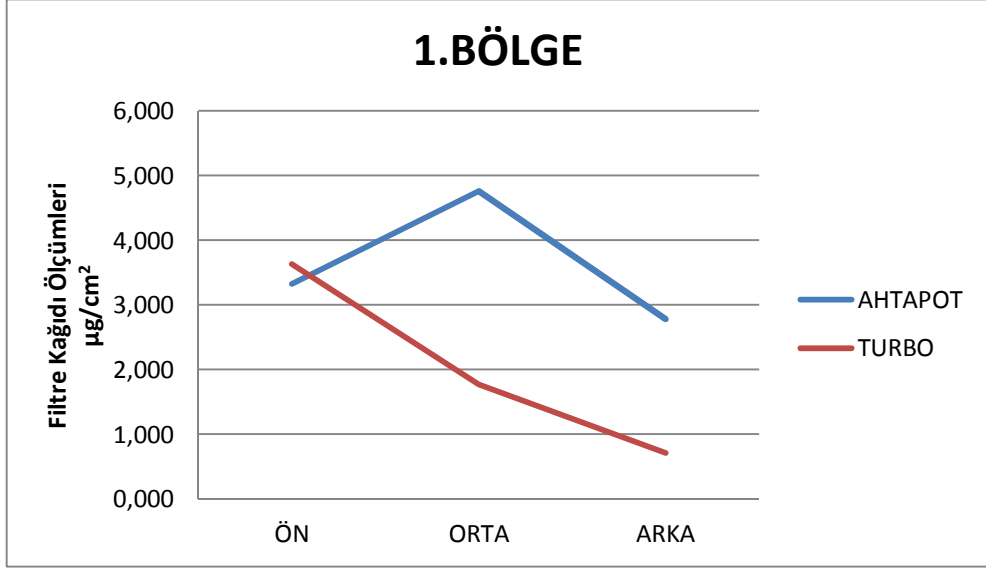


Çizelge 4.3. Bölgelere göre ortalama yaprak yoğunluğu dağılımı

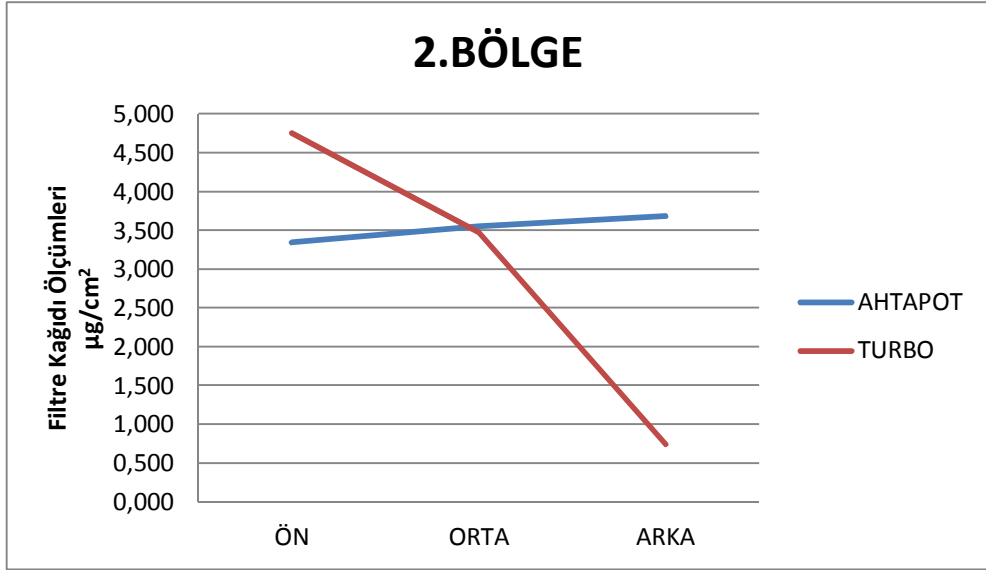


4.2.Kalıntı Değerleri

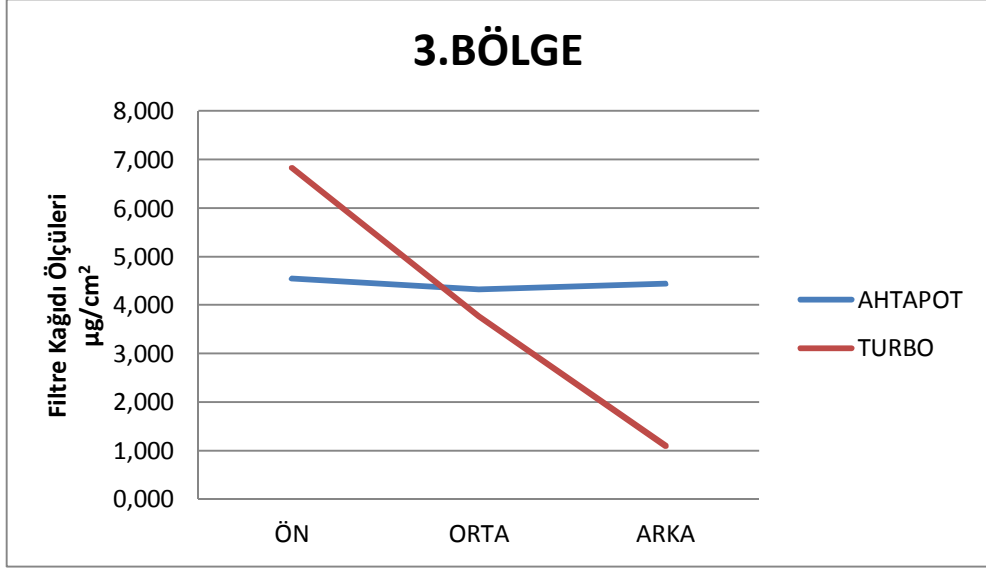
Çizelgelerdetasarlanan sistem AHTAPOT, klasik sistem ise TURBO olarak ifade edilmiştir. Ağaç dikey düzlemde ilaçlanan yüzeyden başlayarak sırasıyla ön, orta ve arka olmak üzere üç bölgeye; yatay yönde ise en üstten başlamak üzere 1,2,3 ve 4.bölge olmak üzere 4 bölgeye ayrılmıştır.



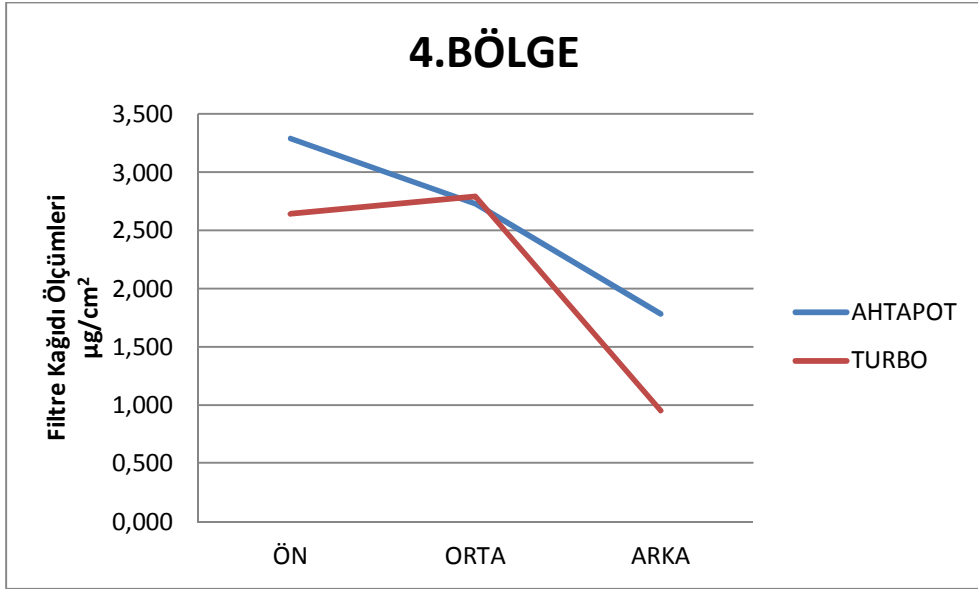
Şekil 4.1. Birinci bölge ön, arka ve orta kısımlardaki ilaç birikimi



Şekil 4.2. İkinci bölge ön, arka ve orta kısımlardaki ilaç birikimi



Şekil 4.3. Üçüncü bölge ön, arka ve orta kısımlardaki ilaç birikimi



Şekil 4.4.. Dördüncü. bölge ön, arka ve orta kısımlardaki ilaç birikimi

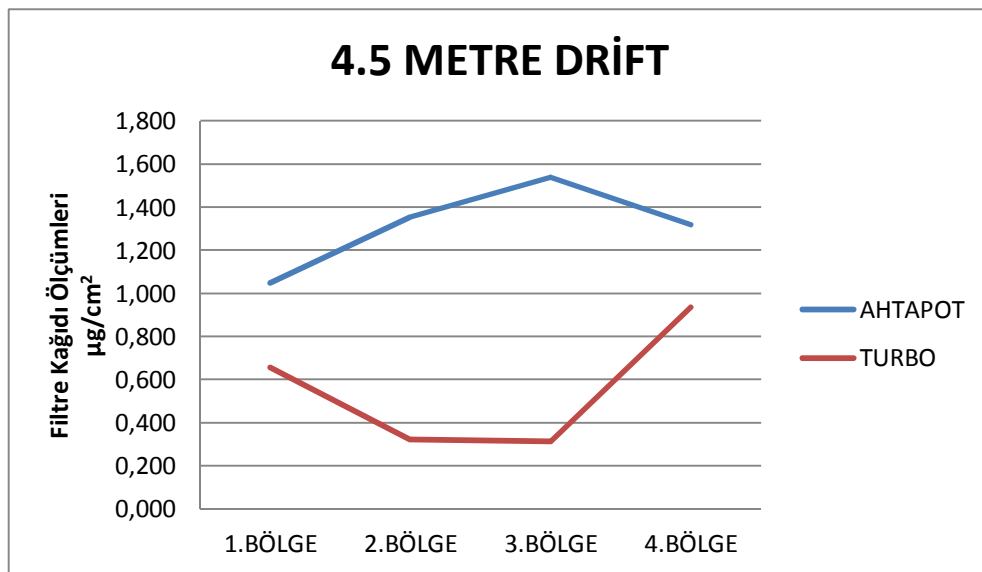
Bölgelere göre alınan ilaç birikimi sonuçlarına göre(Şekil 4.1, 4.2, 4.3. ve 4.4.);

Tasarlanan sistemdeki en yüksek kalıntı miktarı $4.769 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ile 1. Bölge orta kısımda, klasik sistemdeki en yüksek kalıntı miktarı ise $6.834 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ile 3.bölge ön kısımda elde edilmiştir.

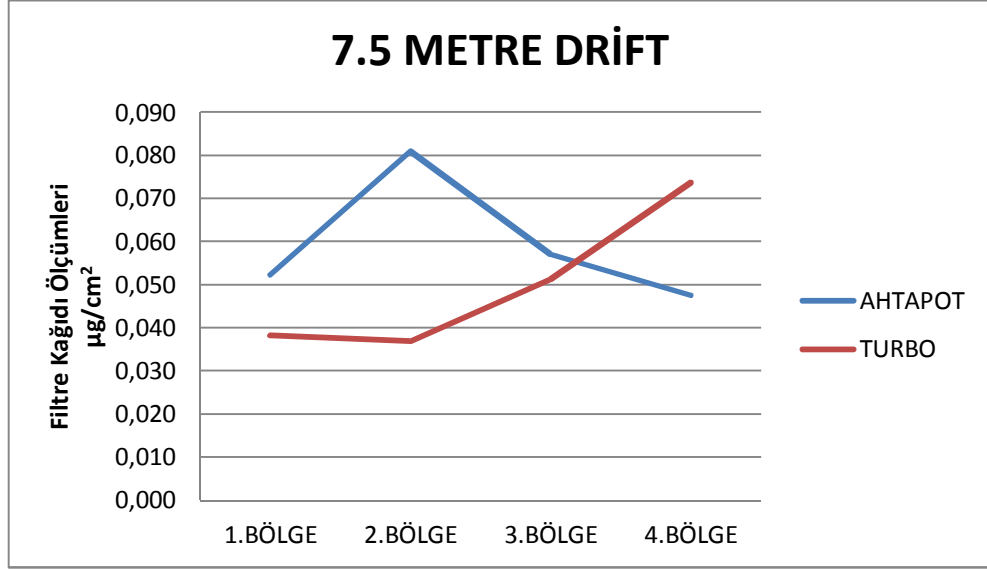
Tasarlanan sistemdeki en düşük kalıntı miktarı $1.782 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ile 4. Bölge arka kısımda, klasik sistemdeki en düşük kalıntı miktarı ise $0.716 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ile 1.bölge arka kısımda elde edilmiştir.

Tasarlanan sistem ağacın orta ve arka kısımlarındaki kalıntı miktarı bakımından eski sisteme göre daha başarılıdır. İki sistem arasındaki en büyük fark 2.bölge arka kısımda gerçekleşmiştir. Bu kısımda tasarlanan sistem $3.681 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, klasik sistem ise $0.746 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ kalıntı sağlamış aralarındaki fark 4.93 kat olmuştur. Uygulama yapılan ağaç kontrol edildiğinde yaprak yoğunluğunun daha fazla olduğu bu nedenle 2.0 lt/dk debiye sahip püskürtme memesinin açıldığı görülmüştür.

Tasarlanan sistem ağacın ön,orta ve arka kısımlarında klasik sisteme göre özellikle 2 ve 3 numaralı bölgelerde daha tek düze bir kalıntı dağılımı sağlamış ve ağacın iç kısımlarına daha yüksek oranda penetrasyon gerçekleştirmiştir. Ağacın arka kısımlarındaki kalıntı miktarı bakımından yeni sistem 1.87 ile 4.93 kez arasında daha başarılıdır. Bu yaprak yoğunluğun fazla olduğu kısımlarda yeni sistemin yüksek debili püskürtme memesini açtığını göstermektedir. Ayrıca fan çıkışının dört ayrı bölgeye bölünmesi sayesinde hava etkisinin de artmasıyla, penetrasyonun iyileştiği düşünülmektedir.



Şekil 4.5. Filtre kağıtlardan 4.5 m' de elde edilen drift ölçüm sonuçları



Şekil 4.6. Filtre kağıtlardan 7.5 m' de elde edilen drift ölçüm sonuçları

Drift ölçüm direklerinden alınan ilaç birikim sonuçlarına göre(Şekil 4.5., Şekil 4.6.);

Tasarlanan sistemde 4.5 metrede yapılan drift ölçümünde en yüksek kalıntı miktarı 1.538 µg/cm², en düşük kalıntı miktarı ise 1.048 µg/cm²olarak ölçülmüştür. Aynı mesafede klasik sistem için yapılan drift ölçümünde en yüksek kalıntı miktarı 0.935 µg/cm², en düşük kalıntı miktarı ise 0.313 µg/cm² olarak ölçülmüştür.

Tasarlanan sistemde 7.5 metrede yapılan drift ölçümünde en yüksek kalıntı miktarı 0.081 µg/cm², en düşük kalıntı miktarı ise 0.048 µg/cm²olarak ölçülmüştür. Aynı mesafede klasik sistem için yapılan drift ölçümünde en yüksek kalıntı miktarı 0.074 µg/cm², en düşük kalıntı miktarı ise 0.037 µg/cm² olarak ölçülmüştür.

Tasarlanan sistemde meydana gelen ilaç sürüklenmesi eski sisteme göre daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuç yeni sistemin hava hızı ve hava yönlendirilmesiyle alakalıdır.

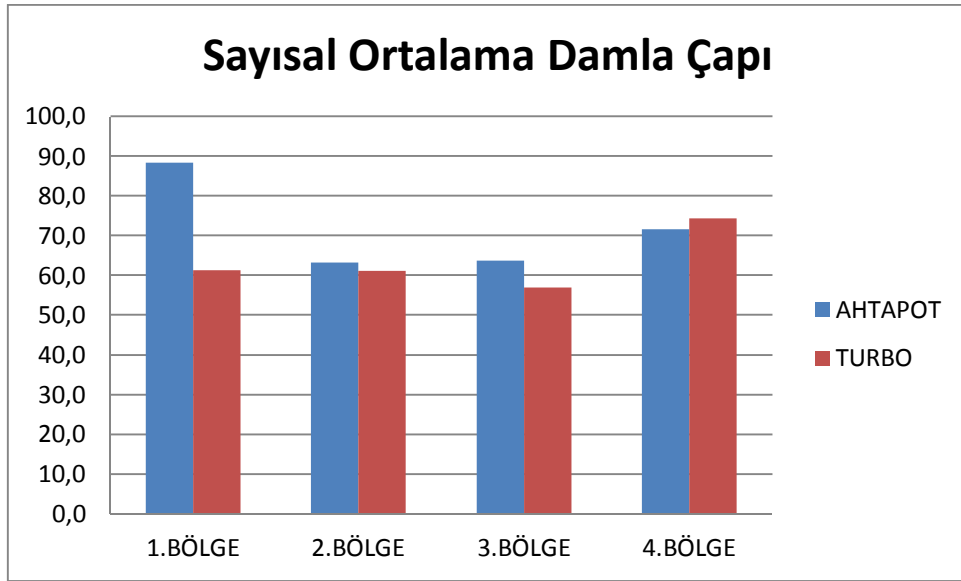
4.3.Damla Çapı Karakteristikleri

Çizelge 4.4. Damla sayısı (damla/cm²)

	Ön		Orta		Arka	
	Turbo	Ahtapot	Turbo	Ahtapot	Turbo	Ahtapot
1.Bölge	148	75	124	62	119	86
2.Bölge	145	67	118	92	107	83
3.Bölge	168	69	129	98	95	59
4.Bölge	173	91	121	86	98	91

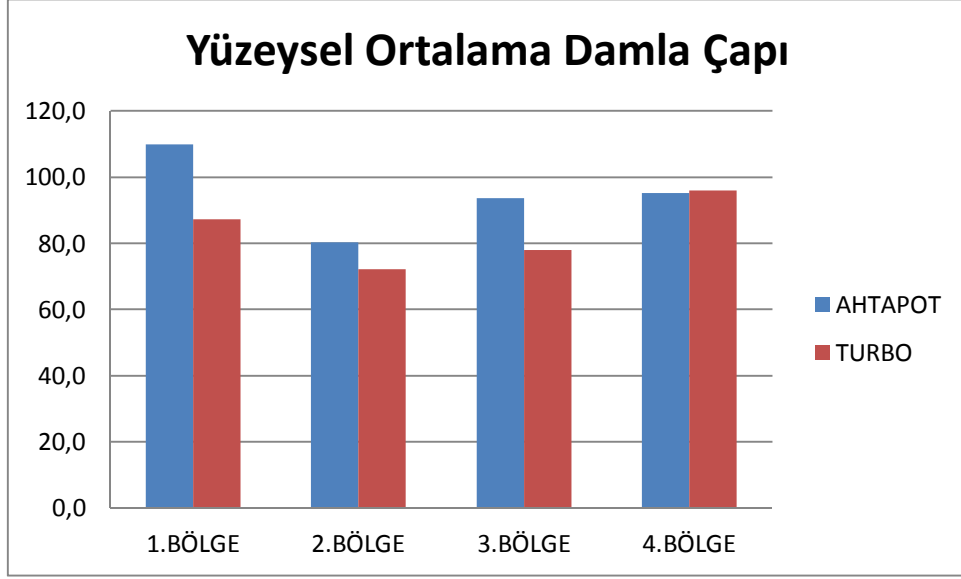
Klasik sistemde en fazla damlacık miktarı 173 damla/cm² ile ağacın 4. bölge ön kısmında görülmüştür. Tasarlanan sistemde en fazla damlacık miktarı 92 damla/cm² ile ağacın 2. bölge orta kısmında görülmüştür.

Damla sayısı ölçümlerinde klasik sistemde üretilen damla sayısının tasarlanan sisteme göre tüm bölgelerde daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak püskürtme meme tiplerinin farklı olması ve tasarlanan sistemde hızlı bir şekilde açılıp kapanan püskürtme memeleri olduğu düşünülmektedir. Damla sayısı bakımından iki sistem arasında en büyük fark 3.bölge ön kısmında tespit edilmiştir.



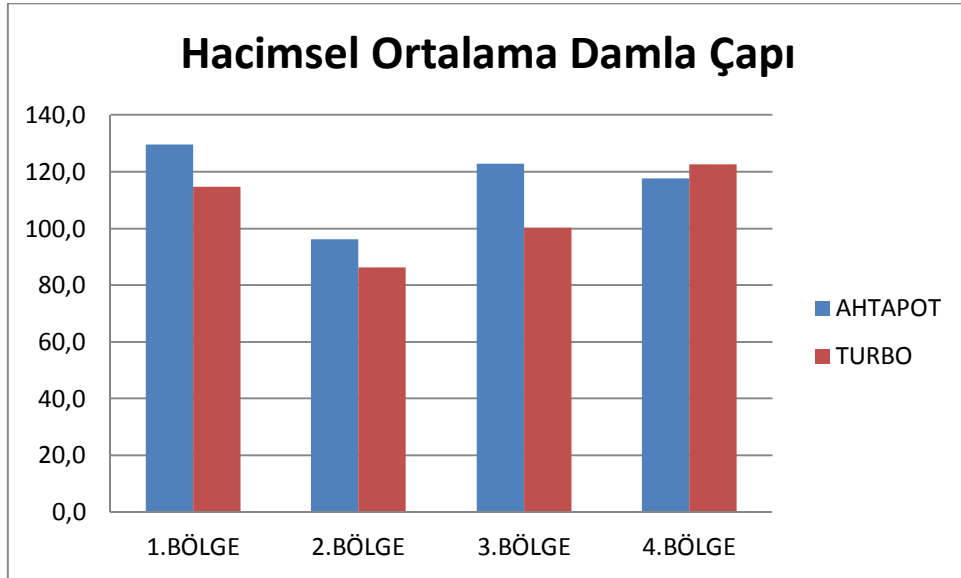
Şekil 4.7. Sayısal ortalama damla çapı

Eski ve yeni sistem sayısal ortalama damla çapına göre karşılaştırıldığında 4.bölge hariç tüm bölgelerde yeni sistemin daha büyük çapa sahip damlacıklar ürettiği görülmektedir. Tasarlanan sistemden elde edilen en büyük sayısal ortalama damla çapı 88.4 µm olarak 1.bölgede ölçülmüştür (Şekil 4.7.). Sayısal ortalama damla çapı olarak iki sistem arasındaki en büyük fark yine 1.bölgede görülmüştür.



Şekil 4.8. Yüzeysel ortalama damla çapı

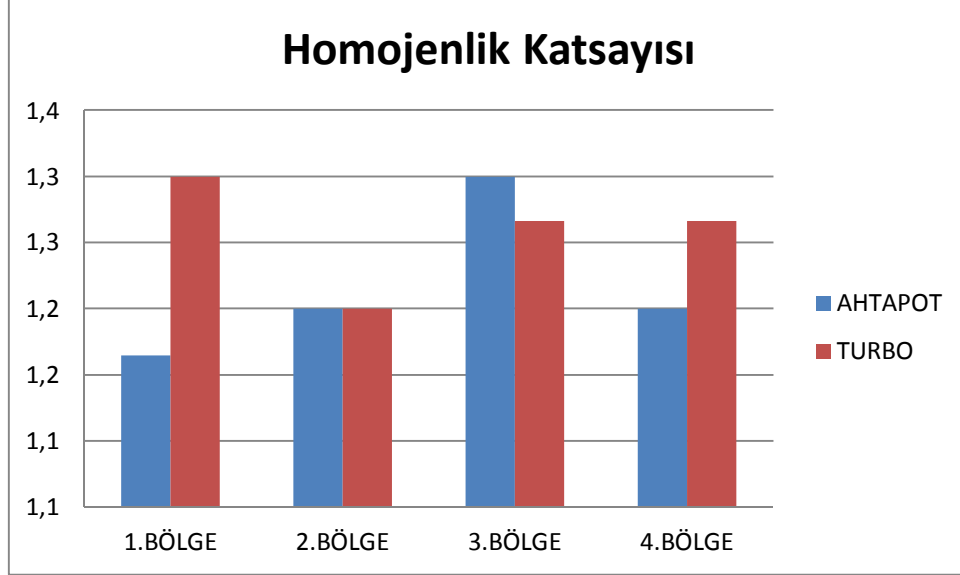
Eski ve yeni sistem yüzeysel ortalama damla çapına göre karşılaştırıldığında 4.bölge hariç tüm bölgelerde yeni sistemin daha büyük çapa sahip damlacıklar ürettiği görülmektedir (Şekil 4.8.). Tasarlanan sistem için ölçülen en yüksek yüzeysel ortalama damla çapı değeri 110.1 µm olarak 1.bölgede ölçülmüştür.



Şekil 4.9. Hacimsel ortalama damla çapı

Eski ve yeni sistem hacimsel ortalama damla çapına göre karşılaştırıldığında 4.bölge hariç tüm bölgelerde yeni sistemin daha büyük çapa sahip damlacıklar ürettiği görülmektedir

(Şekil 4.9.)Tasarlanan sistem için ölçülen en yüksek hacimsel ortalama damla çapı değeri 129.7 µm olarak 1.bölgede ölçülmüştür.

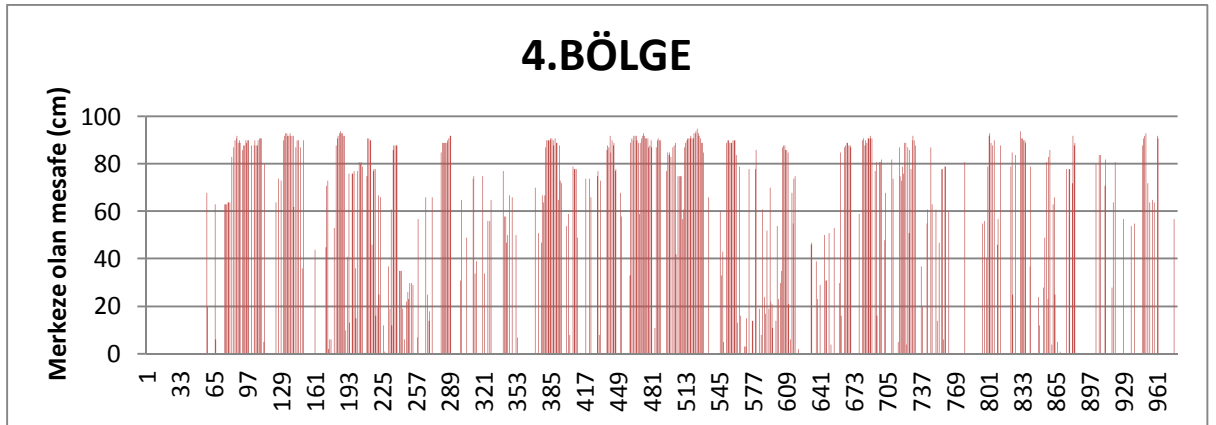
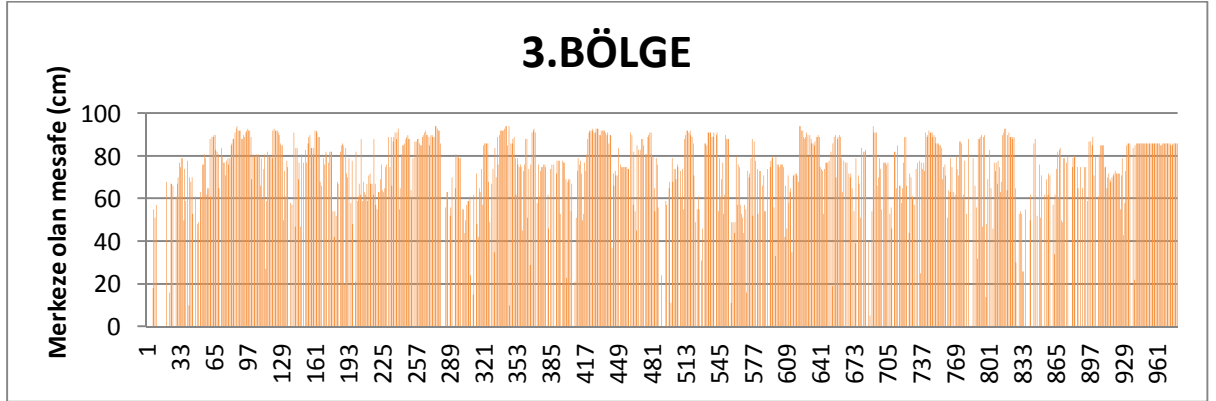
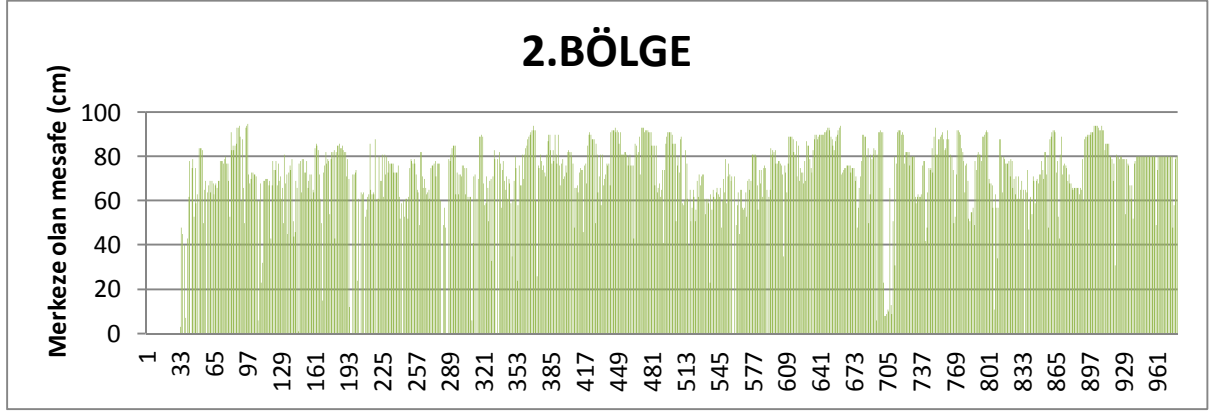
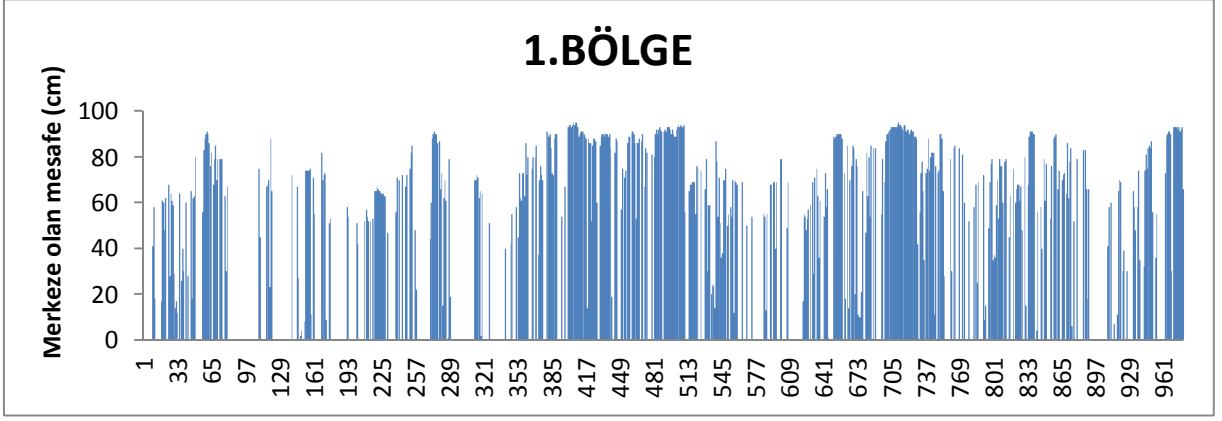


Şekil 4.10. Homojenlik katsayısı

Homojenlik katsayısı incelendiğinde yeni ve eski sistem 1.4 homojenlik katsayısından düşük olduğu için homojendir. Klasik sistem ortalama 1.3, tasarlanan sistem ise ortalama 1.2 homojenlik katsayısına sahiptir. Tasarlanan sistem 1' e daha yakın homojenlik katsayısına sahip olduğu için daha homojen kabul edilmektedir (Şekil 4.10.).

4.4.Ultrasonik Sensörlerde Kayıt Altına Alınan Veriler

Şekil 4.11.' de farklı bölgelerde 1000 ölçüm sonucunda ölçülen, merkeze olan uzaklıklar görülmektedir. Bunlar ağaçların yaprak yoğunluna bağlı kanopi hacmini belirlemek için kullanılmıştır. Grafiklerde görülen boşluklar yaprak algılanmadığını göstermektedir. Değerler ölçüm sırasında sd kart üzerine kaydedilmiştir.

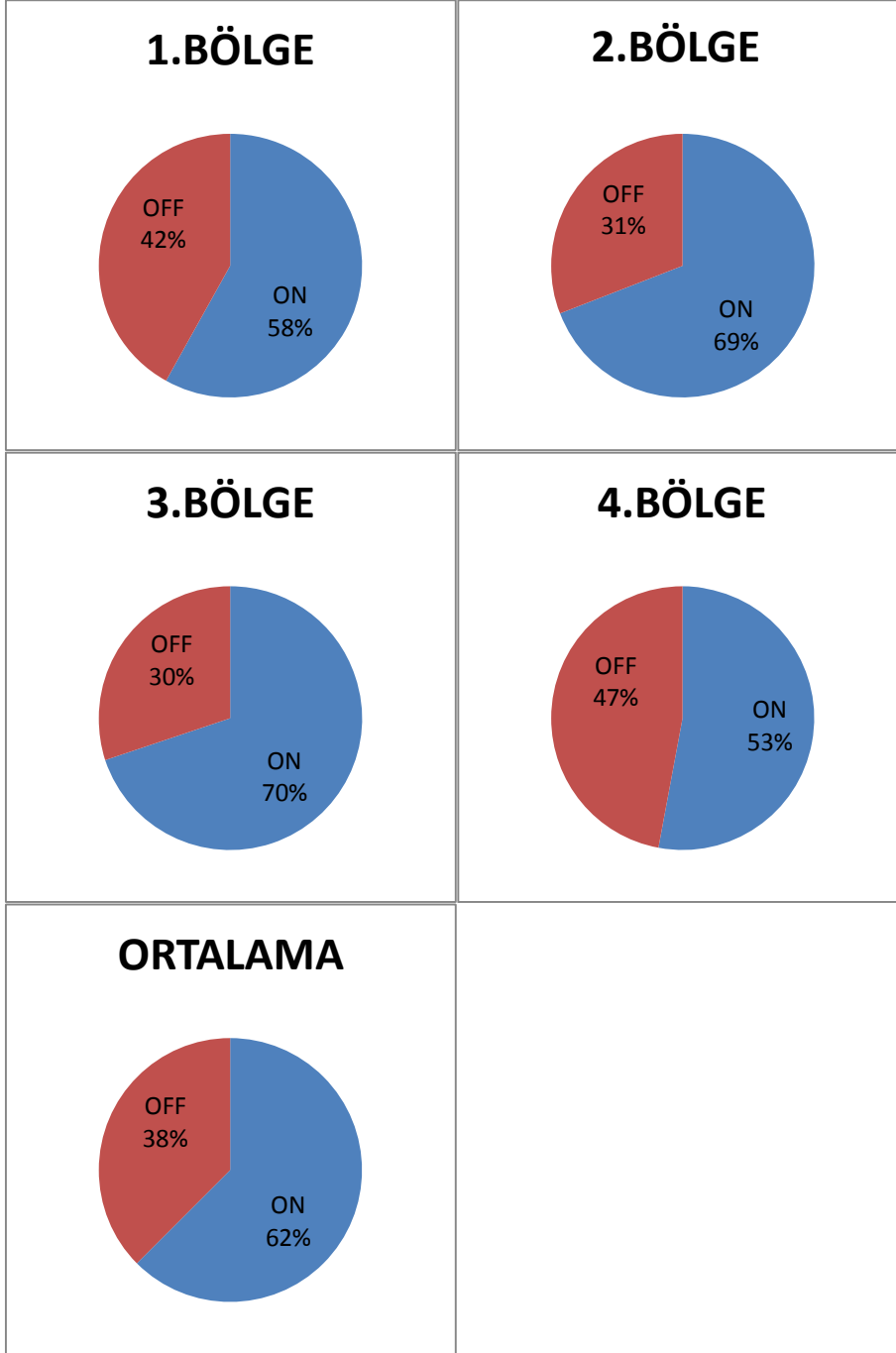


Şekil 4.11. Ultrasonik sensörlerden ilaçlama süresince elde edilen ölçüm değerleri

Ultrasonik sensörlerden elde edilen verilerde(Şekil 4.11.) 2. ve 3. Bölgelerde yaprak yoğunluğunun daha fazla olduğu görülmüştür. Yaprak yoğunluğuna bağlı en az hacim ağaçların 1.ve 4. Bölgelerinde ölçülmüştür.

4.5. Solenoid Valflerin Açık ve Kapalı Kalma Süreleri

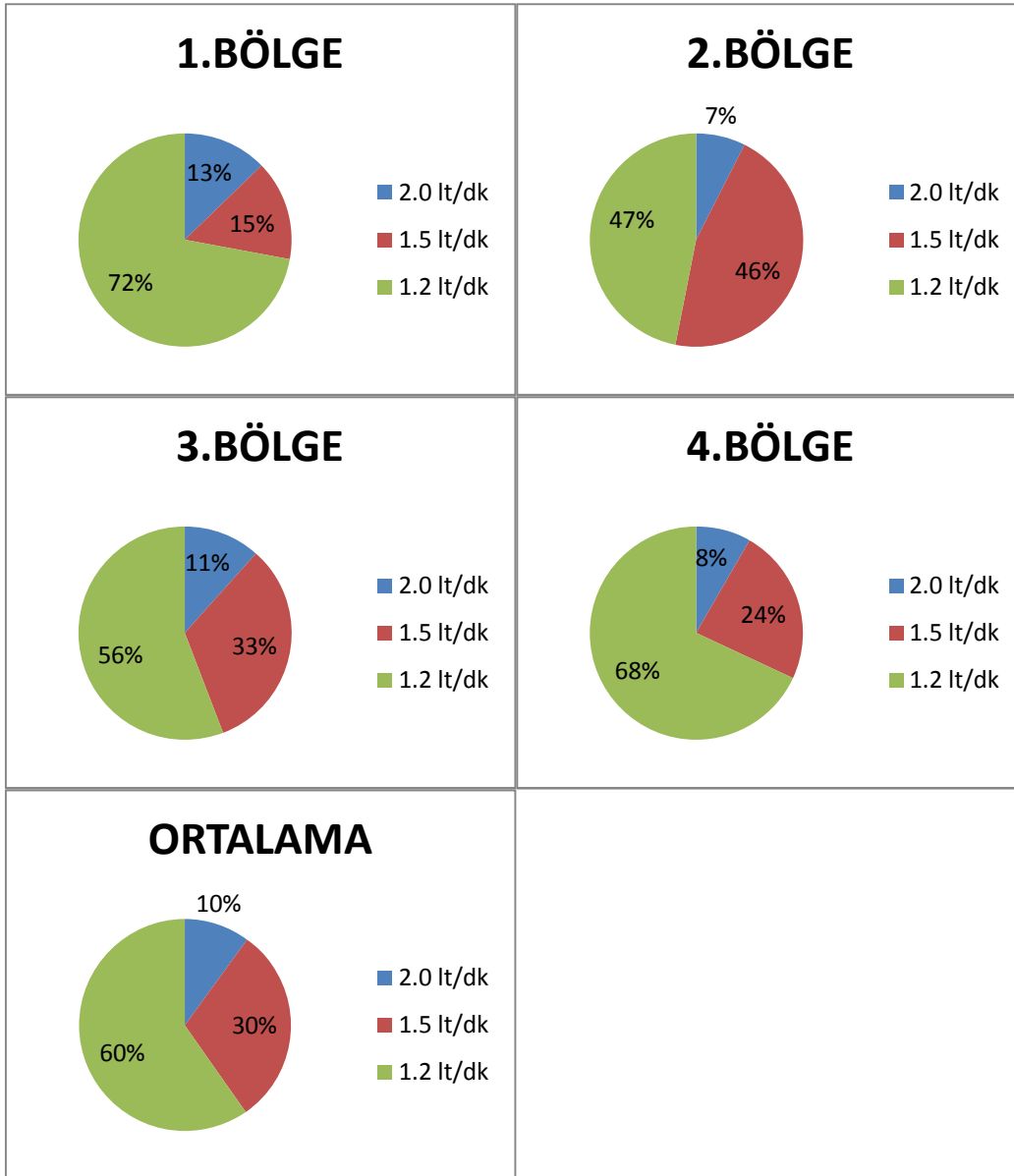
Solenoid valflerin açık ve kapalı kalma süreleri denemeler sırasında sd kart üzerine kaydedilmiştir. Şekil 4.12. 'desolenoid valflerin açık/kapalı kalma süreleri gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Bölgelere göre solenoid valflerin (%) olarak açık/kapalı kalma süreleri

Denemeler 100 sn sürmüştür. Bu süre içerisinde 1.bölgede bulunan solenoid valflerden biri 58 sn açık- tümü 42 sn kapalı, 2.bölgede bulunan solenoid valflerden biri 69 sn açık- tümü 31 sn kapalı, 3.bölgede bulunan solenoid valflerden biri 70 sn açık- tümü 30 sn kapalı ve 4.bölgede bulunan solenoid valflerden biri 53 sn açık- tümü 47 sn kapalı kalmışlardır. Ortalama olarak baktığımızda 100 sn'lik deneme süresinin 63 sn'inde solenoid valflerden biri açık geriye kalan 37 sn' de ise tüm solenoid valfler kapalıdır.

4.6.Açılan Solenoid Valflerin Kendi Aralarında Karşılaştırılması



Şekil 4.13. Farklı debideki püskürtme memelerin açılma oranları

Her kolda bulunan ve farklı debide püskürtme yapan üç farklı solenoid valf açık kalma sürelerine göre incelendiğinde (Şekil 4.13.) ;

2 lt/dk debiye sahip püskürtme memesini kontrol eden solenoid valf 1.bölgede 7 sn, 2.bölgede 5 sn, 3.bölgede 8 sn, 4.bölgede 4 sn ve ortalama olarak 6 sn açık kalmıştır.

1.5 lt/dk debiye sahip püskürtme memesini kontrol eden solenoid valf 1. Bölgede 9 sn, 2.bölgede 32 sn, 3.bölgede 23 sn, 4.bölgede 13 sn ve ortalama olarak 19 sn açık kalmıştır.

1.2 lt/dk debiye sahip püskürtme memesini kontrol eden solenoid valf 1.bölgede 42 sn, 2.bölgede 32 sn, 3.bölgede 39 sn, 4.bölgede 36sn ve ortalama olarak 38 sn açık kalmıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı yaprak yoğunluğuna bağlı ağaç kanopi hacmindeki değişime göre ilaçlı sıvı miktarını gerçek zamanlı olarak değiştirebilen bir ilaçlama sistemi tasarlamaktır. Denemelerde elde edilen sonuçlara göre:

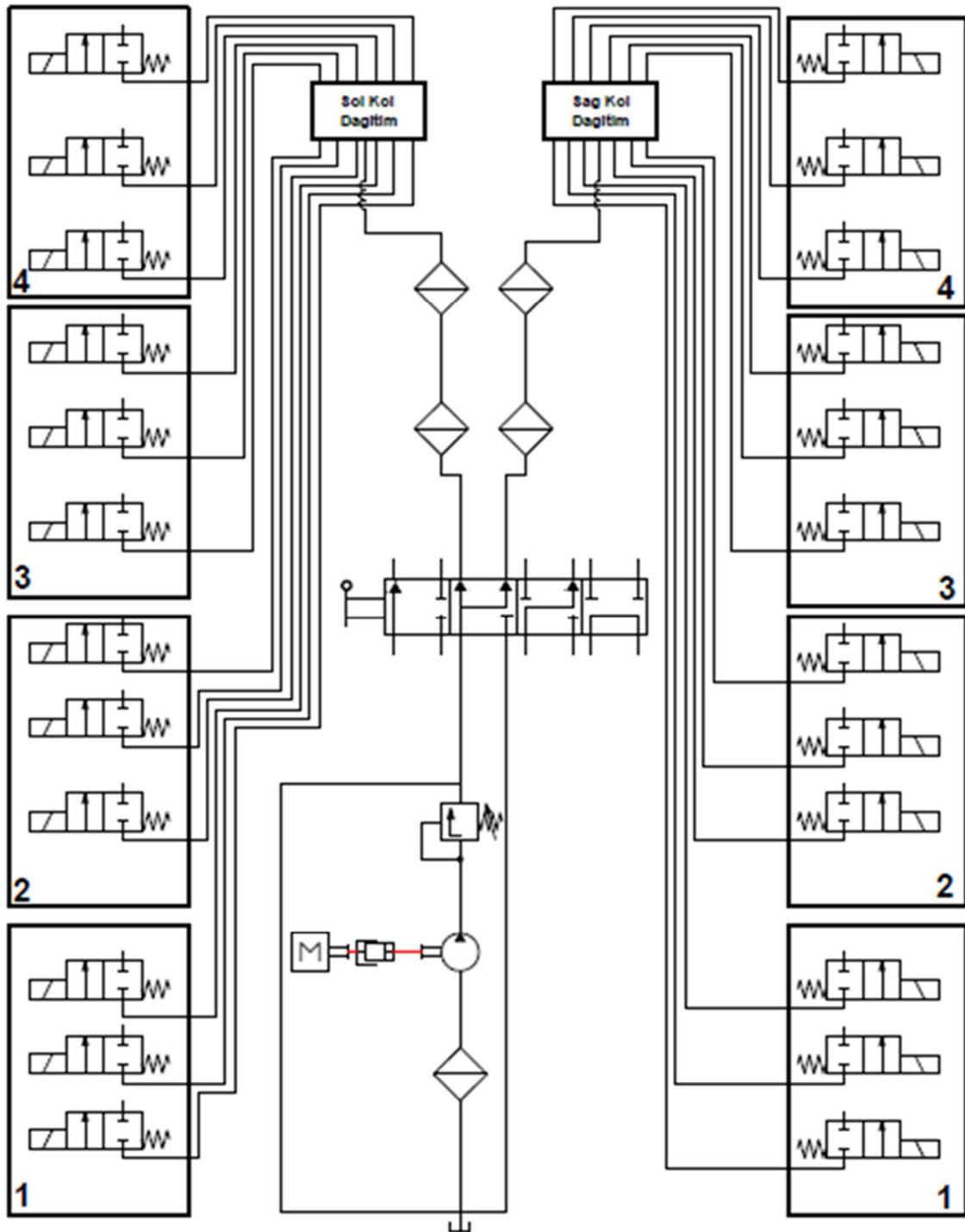
- Tasarlanan sistemin ilaç kalıntı dağılım düzgünlüğü klasik ilaçlama sistemine göre tüm bölgelerde daha iyi çıkmıştır. Tasarlanan sistem ile klasik sistem arasında ilaç birikimi açısından en yüksek fark örnek ağaçların arka yüzeylerinden elde edilmiştir.
- Tasarlanan sistemin ağacın iç bölgelerine ilaç penetrasyonu olarak daha başarılıdır.
- İlaç sürüklenme mesafesi incelendiğinde klasik ilaçlama sisteminde daha düşüktür. Bunun nedeni tasarlanan sistemin fan hızı olabilir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda fan hızının kontrolü yapılarak drift üzerindeki etkisi ortaya konulabilir.
- Damla karakteristiklerinden hacimsel ortalama çap değerlerine bakıldığında her iki sisteminde ince pülverizasyon karakteristiklerinde olduğu görülmektedir (Kırkaç Ç 2005)
- Ultrasonik sensörden alınan yaprak yoğunluğu değerleri ile yaprak alanı ölçüm cihazından alınan değerler arasında uyum vardır. En düşük yaprak yoğunluğu 1.ve 4. bölgede elde edilmiştir.
- Tasarlanan sistem toplam deneme süresinin %38' inde tüm solenoid valfleri kapatmıştır.
- Klasik ilaçlama sisteminde 1.5 lt/dk debiye sahip 5 adet ilaçlama memesi kullanılmıştır. 100 sn süresince sürekli ilaçlı sıvı atılması durumunda klasik ilaçlama makinasından 12.5 lt ilaçlı sıvı atmıştır. Tasarlanan sistem 100 sn ilaçlama süresi içerisinde 4 adet ahtapot kolundan toplam 5.6 lt ilaçlı sıvı atmıştır.

Geliştirilen prototipin son hali aşağıda görülmektedir:

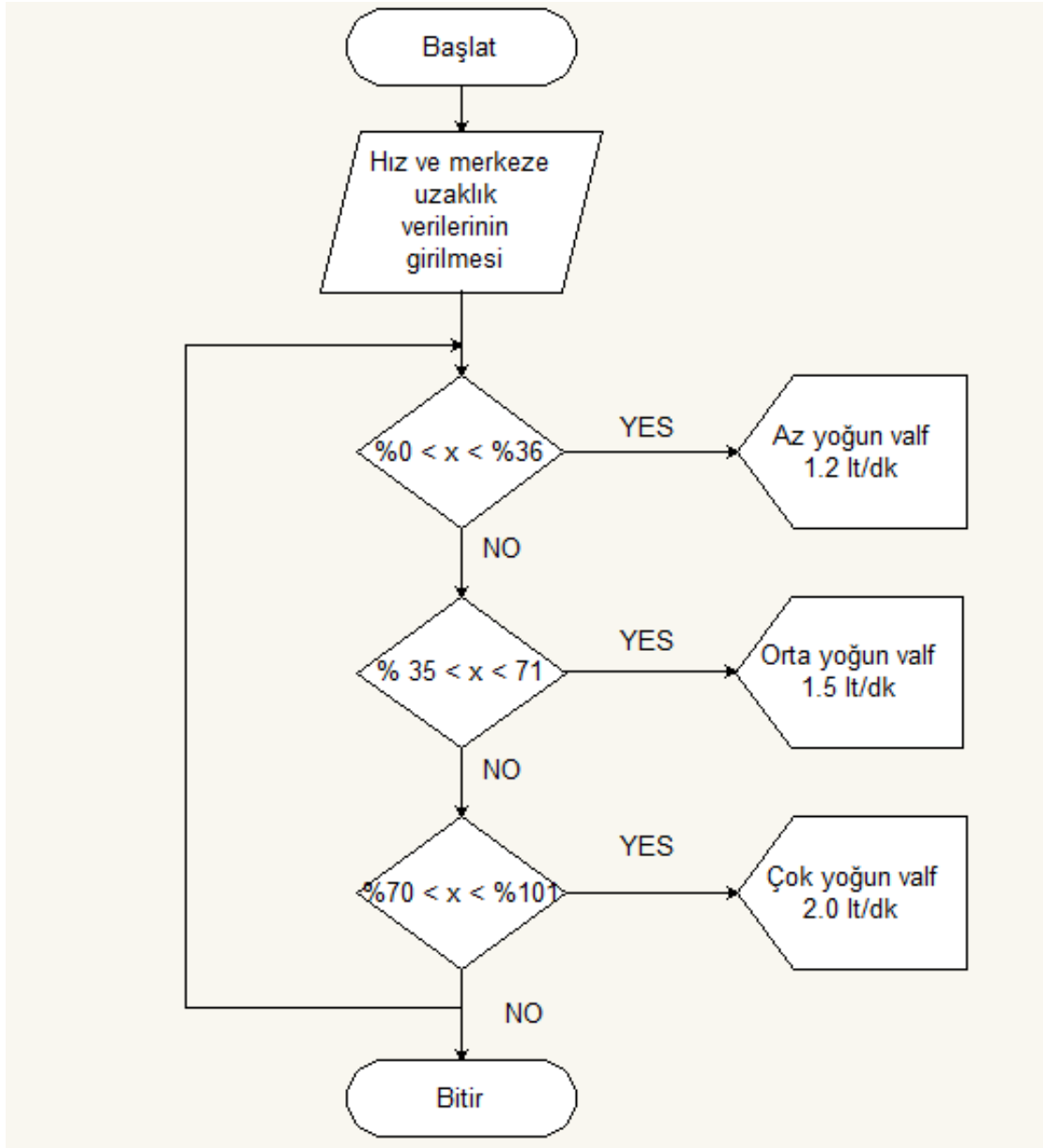


Şekil 5.1. Prototip son hali

EK.1 SİSTEMİN HİDROLİK ŞEMASI



EK.2 ALGORİTMA



6. KAYNAKLAR

- Antuniassi UR, Figueiredo ZN, Carvalho WPA, Pinto DR (2002). Performance evaluation on electronic control systems for field sprayers using programmable logic controllers. World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources, Proceedings, 272-278, Brazil.
- Auerhammer H, Stanzel H, Demmel M (1988). Electronical weighing equipment for the three-points linkage of tractors. Proceedings of the AG-ENG 88 Conference, CEMAGREF, Antony 92160, AG-ENG paper no. 88.270, France.
- Balsari P, Tamagnone M (1998). An ultrasonic airblast sprayer. EurAgeng Conference, 98A-017, Norway.
- Bennedsen BS, Feuilloley P, Grand d'Esnon A (1990). Colour vision for inspection of plants. Proceedings of the AG-ENG 90 Conference, VDI-AGR p1139, D.4000, 345-346, Germany.
- Bergman E, Kipp JC (1986). Experiences on optimization Algorithms for Heavy Tractor Operations. Proceedings of the Agrimation II Conference, ASAE, USA.
- Bourelly A, Hsia TC, Upadhyaya SK (1986). Investigation of a robotic egg candling system. Proceedings of the Agrimation II Conference, ASAE, USA.
- Buschmeier R (1990). Computer-aided farming with the satellite navigation system GPS. Proceedings of the AG-ENG 90 Conference, VDI-AGR p1139, 88-89, Germany.
- Choi CH, Erbach DC, Smith RJ (1990). Navigational tractor guidance system. Transactions of the ASAE, 33(3): 699-706.
- Çelen IH, Arın S, Durgut MR ve Okur E (2007). Bağlarda kalinti ve damla dağılımı üzerinde pülverizatör ilerleme hızı değişiminin etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, Sütçü İmam Üniversitesi 5-7 Eylül, Kahramanmaraş.
- Çelik N (2000). Tarımda Girdi Kullanımı ve Verimliliğe Etkileri. Uzmanlık Tezi. İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Tarım Dairesi.
- Çilingir İ, Dursun E (2002). Bitki Koruma Makinaları. Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları Bölümü, 248, Ankara.
- Doruchowski G, Holownicki R (2000). Environmentally friendly spray techniques for tree crops. Crop Protection 19: 617-622.
- Freelannd RS (1989). Rewiev of soil moisture sensing using soil electrical conductivity. Transactions of the ASEA, 32(6): 2190-2193.
- Frost AR (1990). Robotic milking: A review. Robotica, 8: 311-318.

- Fulton JP, Shearer SA, Higgins SF, Darr MJ ve Stombaugh TS (2005). Rate response assessment from various granular vrt applicators. Transaction of the ASAE, 48(6): 2095-2103.
- Giles DK, Slaughter DC (1997). Precision band spraying with machine-vision guidance and adjustable yaw nozzles. Transactions of the ASAE , 40(1): 29-36.
- Giles DK, Delwiche MJ, Dodd RB (1988). Electronic measurement of tree canopy volume. Transactions of the ASEA, 31(1): 264-272.
- Gliver C, Slaughter DC (2001). Crop verses weed recognition with artificial neural networks. ASAE Annual International Meeting, paper no: 013104, USA.
- Hirakawa AR, Saraiva AM, Cugnasca CE (2002). Wireless robust robot for agricultural applications. Proceedings of the World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources, Pp: 414-420, Brasil.
- Howarth MS, Brandon JR, Searcy SW and Kehternavaz N (1990). Estimation of tip shape for carrot clasification by machine vision. ASAE paper no: 90-3530, ASAE, USA.
- i2c. <http://www.i2c-bus.org/> (erişim tarihi, 13.12.2012).
- Jeon HY, Zhu H, Derksen R, Ozkan E, Krause C (2011). Evaluation of ultrasonic sensor for variable-rate spray applications. Computers and Electronics in Agriculture, 75:213-221.
- Kataoka T, Okamoto H, Hata S (2001). Automatic detecting system of apple harvest season for robotic apple harvesting. ASAE Annual International Meeting, paper no: 013132, USA.
- Kan M, Gün S (2000). Türkiye' de tarım ilaçlarının kullanımı ile ilgili yasal düzenlemeler ve kurumsal yapı. Türk-Koop. Ekin Dergisi, 14(4): 28-34.
- Key SJ (1985). Productivity, modelling and forecasting for automated shearing machinery. Proceedings of the Agrimation I Conference, ASAE, 200-209, USA.
- Kırka  (2005). İlaç Damlacık Dağılığının Görüntü Analiziyle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Launay Y, Greiner G (1988). A new conception of automated production in a horticultural greenhouse. Proceedings of the AG-ENG 88 Conference, CEMAGREF, Antony 92160, AG-ENG paper no. 88-234, France.
- Ling PP, Tai YW, Ting KC (1990). Vision guided robotic seedling transplanting. ASAE paper no. 90-7520, USA.
- Llorens J, Gil E, Llop J ve Escola A (2011). Ultrasonic and lidar sensors for electronic canopy characterization in vineyards: advances to improve pesticide application methods. Open Access Sensors, 11: 2177-2194.

- Matthews GA (1979). Pesticide Application Methods. Longman, p.1-325
- Mechineau D, Montalescot JB, Bonneau D, Vigneau JL, Marchal P, Rault G ve Collevet C (1990). Milking robot. ASAE paper no. 90-7047, ASAE, USA.
- Mechineau D (1988). Absolute field location. Proceedings of the AG-ENG 88 Conference, CEMAGREF, AG-ENG paper no. 88-393, France.
- Mitchell BW (1986). Microcomputer based environmental control system for a disease free poultry house. Transactions of the ASAE, 29(4), USA.
- Molto M, Martin B, Gutierrez A (2000). Design and testing of an automatic machine for spraying at a constant distance from the tree canopy. J. Agric. Eng. Res., 77 (4): 379–384.
- .Ollia DG, Schumacher JA, Froehlich DP (1990). Integrating field grid sense system with direct injection technology. ASAE paper no:90-1628, USA.
- Palacin J, Palleja T, Tresanchez M, Sanz R, Llorens J, Ribes-Dasi M, Masip J, Arno J, Escola A ve Rosell JR (2007). Real-time tree foliage surface estimation using a ground laser scanner. IEEE transactions on instrumentation and measurement, 56:4, 1377-1383.
- Palmer R (1990). Positioning requirements for in field spatial variability. ASAE paper no:90-1622, USA.
- Pang SN, Zoerb GC (1990). A grain flow sensor for yield mapping. ASAE paper no:90-1633, USA.
- Pierce RA, Ayers PD (2001). Evaluation of deposition and application accuracy of a pulse width modulation variable rate field sprayer. ASAE Annual International Meeting, 011077 .
- Rosell JR, Nogue A, Planas S (1996). An experimental selective orchard spraying system based on the electronic control of applied flow rate. EurAgEng Conference, 96A-120, Spain.
- Sevila F, Piquet JC, Baylou P (1990). Computer vision system and growth modelization software applied to grapevine woods and arms, as pruning robot design tools. Proceedings of the AG-ENG 90 Conference, VDI-AGR, pp:1139, 376-377, Germany.
- Sevila F (1985). A robot to prune the grapevine. Proceedings of the Agrimation I Conference, 190-199, USA.
- Shmulevich I, Zeltzer G, Brunfield A (1987). Laser scanning method for guidance of field machinery. Transactions of the ASAE, 32 (2): 425-430.
- Sittichareonchai A, Sevila F (1989). A robot to harvest grapes. ASAE paper no: 89-7074. USA.

- Smith GP (1989). The application of robotics to horticultural micropropagation. *Agrotique 89: Proceedings of the Second International Conference*, 179-194, France.
- Solanelles F, Planas S, Escola A , Rosell JR (2002). Spray application efficiency of an electronic control system for proportional application to the canopy volume. *Aspects Appl. Biol. Int. Adv. Pestic. Appl.*, 66: 139–146.
- Stafford JV, Ambler B (1990). Sensing spatial variability of seedbed structure. ASAE paper No: 90-1624, USA.
- Sumner HR, Herzog GA, Sumner PE, Bader M and Mullinix BG (2000). Chemical application equipment for improved deposition in cotton. *The Journal of Cotton Science*, 4: 19-27.
- Tekeli S, Ergün N (1983). Girdi fiyatlarının bitkisel üretim düzeyi ve bileşimi üzerine etkileri. MPM Yayın No: 290, s.24, Ankara.
- Teneze B, Baylou P, Riboulet P (1989). Presentation de la partie vision d'un programme 'tri automatique de haricots verts' elabore par agrotec. *Agrotique 89: Proceedings of the Second International Conference*, 53-66, France.
- Tohmaz AS, Hassan AE (1990). Use of vision system for recognizing plantable seedlings. ASAE paper no: 90-7518, USA.
- Tumbo SD, Salyani M, Whitney JD, Wheaton TA, Miller WM (2001). Laser, ultrasonic and manual measurements of citrus tree canopy volume. 2001 ASAE Annual International Meeting, 011068.
- Walklate PJ (1991). Pesticide drift from air-assisted orchard sprayers – a numerical simulation study. *Proceedings of Symposium: 'Air-Assisted Spraying in Crop Protection'*, University College of Swansea, pp. 61-68, UK.
- Walsh JL, Ross CC, Campbell DP, Hartman NF, Boswell FC and Hargrove WL (1990). Integrated optic sensor for cropland ammonia volatilization measurement. ASAE paper No: 90-1632, USA.
- Yağcıoğlu A (1993). Bitki Koruma Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 508, 338s İzmir.
- Young RE, Olson J, Jahns G (1976). Automatic guidance of farm vehicles. A monograph. Agricultural Engineering Department Series No: 1, Auburn University, USA.
- Zamahn QU, Schumann AW (2005). Performance of an ultrasonic tree volume measurement system in commercial citrus groves. *Precision Agriculture*, 6: 467-480.
- Zamahn QU, Salyani M (2004). Effects of foliage density and ground speed on ultrasonic measurement of citrus tree volume. *Appl. Eng. Agric.*, 20 (2): 173–178.

Zhang N, Chancellor W (1989). Automatic ballast position control for tractors. Transactions of the ASAE, 32 (4): 1159-1164, USA.

ÖZGEÇMİŞ

26.02.1984 tarihinde İSTANBUL’da doğdu. Lise eğitimini Pertevniyal Lisesi’nde tamamladı. 2006 yılında Sakarya Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünü bitirdi. Askerliğini 2007 yılında kısa dönem er olarak Ankara-Yenikent’ te tamamladı. Türksan Elektronik-İSTANBUL’ da 2.5 yıl teknik servis mühendisi olarak çalıştı. 2009 yılında Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2010 yılı Haziran ayından beri aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmalarını sürdürmektedir.