

**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
TM-DR-2012-004**

**PAMUK TARIMINDA KULLANILACAK TERMAL
ESASLI YAPRAK DÖKÜCÜ TASARIMI VE
GELİŞTİRİLMESİ**

Erkan ŞİMŞEK

**Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Mustafa Bülent COŞKUN**

AYDIN

ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi Erkan ŞİMŞEK tarafından hazırlanan Pamuk Tarımında Kullanılacak Termal Esaslı Yaprak Dökücü Tasarımı ve Geliştirilmesi başlıklı tez, 21.06.2012 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan	: Prof.Dr. Bülent COŞKUN	ADÜ Ziraat F.
Üye	: Prof.Dr. Recai GÜRHAN	Ankara Ü. Ziraat F.
Üye	: Prof.Dr. M. Ali KAYNAK	ADÜ Ziraat F.
Üye	: Prof.Dr. İbrahim YALÇIN	ADÜ Ziraat F.
Üye	: Doç.Dr. Mustafa ÇETİN	ADÜ Ziraat F.

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun Sayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Ünvanı, Adı Soyadı
Enstitü Müdürü

ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

...../...../2012

Erkan ŞİMŞEK

ÖZET

PAMUK TARIMINDA KULLANILACAK TERMAL ESASLI YAPRAK DÖKÜCÜ TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

Erkan ŞİMŞEK

Doktora Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof.Dr. Mustafa Bülent COŞKUN
2012, 167 sayfa

Bu doktora çalışmasında, pamuk tarımında makinalı hasat öncesinde yapılan kimyasal yaprak dökücü (defolyant) uygulamasına alternatif olarak kullanılabilen termal esaslı yaprak dökücü makina tasarımı ve geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Termal etkili yaprak dökücü makinanın tasarımı ve geliştirilmesinde bilgisayar destekli tasarım programları kullanılmıştır. Gerilme, hava akış ve termal analizleri sonlu elemanlar yöntemine göre analiz yapan SolidWorks® 2010 Premium programı ile gerçekleştirilmiştir. İki yıl üst üste, aynı lokasyonda 3 pamuk çeşidi üzerinde yürütülen çalışmada, termal esaslı yaprak dökücü makina ile uygulama, kimyasal uygulama ve hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol grupları, yaprak ölümü, yaprak dökümü, lif kalitesi, verim ve uygulama maliyetleri yönünden karşılaştırılmışlardır. Yaprak ölüm oranları termal uygulama yapılan parsellerde ilk 24 saate %100'e ulaşırken, kimyasal uygulama yapılan parsellerde 19 gün sonunda en çok %56 seviyelerinde, hiçbir uygulamanın yapılmadığı parsellerde en çok %13 civarında gerçekleşmiştir. Uygulama sonrası 19 gün sonunda yapılan ölçümlerde yaprak döküm oranları termal uygulama yapılan parsellerde %90'lara ulaşırken, kimyasal uygulama yapılan parsellerde %50'lerde, kontrol parsellerinde ise %10 civarında gerçekleşmiştir. Uygulamaların lif kalite özellikleri ve verim üzerine etkileri konusunda istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır. Uygulama maliyetleri açısından termal yaprak dökücü uygulamanın, kimyasal uygulamaya alternatif olabileceği görülmüştür. Ayrıca, termal etkili yaprak dökücü uygulama organik pamuk yetiştiriciliğinde makinalı hasadı mümkün kılmakla birlikte, hasat zamanının erkene çekilmesini de sağlayabilmektedir.

Anahtar sözcükler: Termal yaprak dökücü, pamuk, pamuk hasatı, yaprak dökürme, sonlu elemanlar yöntemi.

ABSTRACT**DESIGN AND DEVELOPMENT OF THERMAL BASED DEFOLIATION
MACHINE FOR COTTON PRODUCTION**

Erkan ŞİMŞEK

Ph.D. Thesis, Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof.Dr. Mustafa Bülent COŞKUN

2012, 167 pages

In this study, it is aimed to design and develop a thermal based defoliator which can be used as an alternative application to chemical defoliants that are applied in pre-harvest period, in cotton cultivation.

Computer aided design programs were used to design and develop thermal based defoliation machine. Strength, air and thermal flow analysis was done using SolidWorks® 2010 Premium program which employs Finite Element Methods for analysis. This study was done in the same location for two consecutive years with three cotton varieties. Thermal treatment, chemical treatment and non-treatment groups were compared in terms of leaf kill, defoliation, fiber quality, yield and treatment costs. While leaf kill was 100% in first 24 hours for thermal treatment, it is up to 56% for chemical treatment and 13% for non-treatment, after 19 days. At 19 days after the treatments, defoliation rate reached 90% in thermal treatment plots, 50% in chemical treatment plots and 10% in non-treatment plots, approximately. There were no statistical differences between treatments, in terms of fiber quality and yield. When treatment costs were compared, thermal treatment could be an alternative to chemical treatments. Furthermore, thermal treatment makes harvest by machine possible in organic cotton cultivation and also can take harvest-time earlier.

Key words: Thermal defoliator, cotton, cotton harvest, defoliation, finite element methods.

ÖNSÖZ

Bu doktora çalışması, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ve Uzel Makina A.Ş. tarafından SAN-TEZ projeleri kapsamında, “Pamuk Tarımında Kullanılacak Termal Esaslı Yaprak Dökücü Tasarımı ve Geliştirilmesi” isimli ve “141.STZ.2007-2” nolu proje olarak desteklenmiştir. Çalışma, Ege Üniversitesi tarafından düzenlenen ulusal katılımlı “1. Ege Ar-Ge ve Teknoloji Günleri” etkinliğinde “Fiziksel Bilimler ve Mühendisliği” dalında birincilik ödülüne layık görülmüştür.

Bu doktora çalışmasının, San-Tez projesine dönüştürülmesinde yardımlarını esirgemeyen tez danışmanı ve San-Tez proje yürütücüsü Sayın Hocam Prof.Dr. Mustafa Bülent COŞKUN’na ve proje ekibine projeyi maddi olarak destekleyen proje ortakları T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ve Uzel Makina A.Ş.’ye ve çalışanlarına, makinanın imalatında bilgi birikimi ve kurum imkanlarını sunan Alpler Ziraat Aletleri A.Ş.’ye ve yönetim kurulu üyesi Sayın Mümtaz ÖZALP başta olmak üzere emeği geçen tüm personeline, arazi denemelerinin yürütülmesinde yardımlarını ve desteğini gösteren Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı’na, ADÜZF Araştırma ve Uygulama Çiftliği personeline, Elek.Tek. Selçuk BİNEN’e, Tarım Makinaları Bölümü öğretim elemanı Araş.Gör. Taner AKBAŞ’a, bilgisayarlı destekli tasarım ve analiz konularında bilgi birikimini paylaşan Koçarlı MYO Öğr.Gör. Barış KAYHAN’a ve bu güne gelmemde sabırla, maddi ve manevi desteklerini her zaman veren aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET	vii
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xxiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxvii
EKLER DİZİNİ.....	xxix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1. Materyal	20
3.1.1. Termal Etkili Yaprak Dökücü Prototip Makina	20
3.1.1.1. Hidrolik tahrik sistemi.....	23
3.1.1.2. Hava ısıtma ünitesi.....	25
3.1.1.3. Kumanda-kontrol ünitesi.....	27
3.1.2. Ölçüm Ekipmanları	29
3.1.2.1. Sıcaklık ölçüm cihazları.....	29
3.1.2.2. Hava hızı ölçüm cihazı.....	31
3.1.2.3. Devir ölçüm cihazı	32
3.1.2.4. Gürültü ölçüm cihazı.....	32
3.1.2.5. Basınç ölçüm aleti	33
3.1.2.6. Yakıt ölçüm aleti	34
3.1.3. Deneme Yeri	34
3.1.3.1. Toprak özellikleri	35
3.1.3.2. İklim özellikleri	36
3.1.4. Deneme Materyali.....	37
3.2. Yöntem.....	38
3.2.1. Termal Etkili Yaprak Dökücü Makina İmalatı	38
3.2.1.1. Termal etkili yaprak dökücü makinanın mekaniği.....	42

3.2.1.2. Termal etkili yaprak dökücü makinanın mukavemet hesapları	50
3.2.1.3. Brülör seçimi	55
3.2.1.4. Fan seçimi.....	64
3.2.1.5. Hidrolik tahrik sisteminin belirlenmesi	66
3.2.2. Makina Mukavemet Analizleri	69
3.2.3. Hava ve Termal Akış Analizleri.....	70
3.2.4. Makinanın Ergonomisinin Belirlenmesi.....	73
3.2.5. İşletme Değerleri ve Uygulama Maliyetlerinin Hesaplanması.....	74
3.2.5.1. Akaryakıt tüketimi.....	74
3.2.5.2. Likit petrol gazı tüketimi	74
3.2.5.3. Zaman ölçümleri.....	75
3.2.5.4. İş başarılarının hesaplanması.....	75
3.2.5.5. Uygulama maliyetlerinin hesaplanması.....	76
3.2.5.6. Makina imalat maliyetinin hesaplanması	77
3.2.6. Tarla denemeleri.....	77
3.2.7. Pamuk Verim ve Kalite Analizleri	83
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	84
4.1. Termal Etkili Yaprak Dökücü Makinaya İlişkin Bulgular	84
4.1.1. Termal Etkili Yaprak Dökücü Makinanın Mekanığıne ve Üzerindeki Sistemlere İlişkin Bulgular	84
4.1.1.1. Makinanın mekaniğıne ilişkin bulgular	84
4.1.1.2. Makinanın mukavemet hesaplarına ilişkin bulgular	86
4.1.1.3. Brülör seçimine ilişkin bulgular	86
4.1.1.4. Fan seçimine ilişkin bulgular.....	87
4.1.1.5. Hidrolik sisteme ilişkin bulgular	88
4.1.2. Makina Mukavemet Analizleri	89
4.1.3. Hava Akış ve Termal Analizler	93
4.1.4. Ergonomik Analizler	98
4.2. Tarla Denemelerine İlişkin Bulgular	99
4.2.1. İklim Verileri	99
4.2.2. Yaprak Ölme ve Dökülme Oranları.....	103
4.2.2.1. Yaprak ölme oranları	103

4.2.2.2. Yaprak dökülme oranları.....	108
4.2.3. Koza Açma ve Kütlü Dökülme Oranları.....	113
4.2.3.1. Koza açma oranları	113
4.2.3.2. Kütlü dökülme oranları	120
4.2.4. Pamuk Verim ve Kalite Analizleri	124
4.3. Kimyasal Yaprak Dökücü ve Termal Etkili Yaprak Dökücü Uygulamaların İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması	127
4.4. Termal Etkili Yaprak Dökücü Makinanın İmalat Maliyeti	131
5. SONUÇ	133
6. KAYNAKLAR	135
EKLER.....	147

SİMGELER DİZİNİ

a	Makinanın ilerleme ivmesi
A	Alan
$A_{lüle}$	Lüle kesit alanı
A_{tm}	Makinanın güneş gören yüzey alanı
AKO	Açmış koza oranı
AKS	Açmış koza sayısı
B_{Dort}	Ortalama kimyasal (defolyant) tüketimi
B_{DUYort}	Defolyant uygulama sırasında traktörün tükettiği ortalama yakıt miktarı
B_{LPGort}	Birim zamanda ortalama LPG tüketimi
b_m	Makina iş genişliği
B_{ort}	Birim zamanda ortalama yakıt tüketimi
B_{TUYort}	Termal uygulama sırasında traktörün tükettiği ortalama yakıt miktarı
B_y	Uygulama sonucunda yakıt deposundan eksilen yakıt miktarı
c_p	Sabit basınçta suyun özgül ısısı
d	Mil çapı
d	Boru veya bağlantı elemanının iç çapı
d_f	Fan çarkının çapı
D_f	Defolyant fiyatı
DU_m	Defolyant uygulama maliyeti
E	Elastisite modülü
E_f	Alan iş başarısı
E_{fp}	Tarla pülverizatörünün efektif iş başarısı
E_{ft}	Termal etkili yaprak dökücü makinanın efektif iş başarısı
f	Yuvarlanma direnci katsayısı
$F_ç$	Gereksinim duyulan çeki kuvveti ihtiyacı
$F_{ç,b}$	Çeki/basıya çalışan kuvvet
$F_{çn}$	Çeki noktasına gelen düşey yük
$F_{çna}$	Çeki oku α kadar kaldırıldığında çeki noktasına gelen düşey yük
F_h	Yatay kuvvet
F_i	Makinanın ivmelenmesi için gerekli kuvvet
F_k	Kesmeye çalışan kuvvet

F_{sol}	İlerleme yönünde sol tekerleğe gelen yük
$F_{sağ}$	İlerleme yönünde sağ tekerleğe gelen yük
F_t	Termal gerilmeden doğan kuvvet
F_{top}	Tekerleklerle gelen toplam yük
F_v	Düşey kuvvet
F_{yu}	Yuvarlanma direncini yenmek için gerekli kuvvet
g	Yerçekimi ivmesi
h	Isı transfer katsayısı
h_a	“Ampulvari” dönüş için traktör-termal yaprak dökücü makina ikilisinin bitki sırasından çıkması için gereken mesafe
h_u	“U” dönüş için traktör-termal yaprak dökücü makina ikilisinin bitki sırasından çıkması için gereken mesafe
I_0	Güneş enerjisi miktarı
i	Traktör ön tekerlekleri arası iz genişliği
k	Isıl iletim katsayısı
K	Zamandan yararlanma katsayısı
K_b	Boyut faktörü
$K_{boş}$	Makinanın boşta (parsel sonlarındaki dönüşlerde ve ön görülemeyen aksamalarda) geçirdiği zaman
$K_ç$	Çentik faktörü
$K_{iş}$	İşte geçen zaman
K_k	Kaynak kalite faktörü
$K_{kç}$	Kaynak çentik faktörü
K_t	Teorik çentik faktörü
K_{top}	Toplam uygulama zamanı
K_y	Yüzey pürüzlülük faktörü
KAE	Koza açtırma etkisi ortalaması
KAO	Koza açma oranı ortalaması
KDO	Kütlü dökülme oranı ortalaması
KS	Koza sayısı
L	Eleman uzunluğu
l_e	Uygulanan kuvvet ile elemanın sabitlendiği mesnet arası mesafe
L_{eq}	Eşdeğer ses düzeyi
L_i	i. zaman aralığında ölçülen ses düzeyi
$L_{SÜ}$	Bitki sıra üzeri mesafe

$L_{Tünel}$	Tünel uzunluğu
L_{ya}	“Ampulvari” dönüş için gerekli minimum yastık genişliği
L_{yu}	“U” dönüş için gerekli minimum yastık genişliği
LPG_f	Lpg fiyatı
M	Moment
M_b	Burulma momenti
M_B	Eşdeğer moment
M_e	Eğilme momenti
M_h	Yatay eğilme momenti
M_K	Üründeki kuru madde miktarı
m_{LPG}	LPG tüp ağırlığı
m_{ma}	İki ilaçlama memesi arası mesafe
M_S	Tünel içindeki bitki yapraklarından buharlaştırılacak toplam su miktarı
M_{SU}	Üründeki su miktarı
M_v	Düşey eğilme momenti
M_I	Ürünün ağırlığı
n	Pompa devir sayısı
N	Ürünün su içeriği
n_{Bitki}	Tünel içindeki bitki sayısı
n_f	Fan çarkının devir sayısı
$n_{lüle}$	Lüle sayısı
n_{ms}	İlaçlama memesi sayısı
p	Basınç
P	Pompa gücü
P_f	Fanın tahriki için gerekli güç
P_m	İhtiyaç duyulan çeki gücü
P_{tf}	Teorik fan gücü
q	Çentik hassasiyet faktörü
q	Verilmesi gereken enerji miktarı
Q	Brülör kapasitesi
Q_{fan}	Fanın hacimsel debisi
Q_p	Pompanın hacimsel debisi
q_x	Birim zamandaki ısı transferi miktarı
r	Tekerlek yarı çapı
r_a	Traktör-termal yaprak dökücü makina dönme dairesi yarıçapı

xx

R_T	Toplam direnç
r_u	Traktör-termal yaprak dökücü makina dönme dairesi yarıçapı
S	Emniyet katsayısı
S	Bir bitkiden buharlaştıracak su miktarı
t	Uygulama süresi
T	Sıcaklık
t_{termal}	Termal uygulama süresi
TU_m	Termal uygulama maliyeti
U	Karma ısı transfer katsayısı
u_2	Fan çarkının çevresel hızı
V	Yer değiştirme hacmi
v_a	Akışkan hızı
v_{hava}	Bitki üzerinden geçecek havanın hızı
v_m	Makina ilerleme hızı
V_y	Yağ deposu hacmi
W_a	Makinanın ağırlığı
W_e	Eğilme (eksenel) direnç momenti
W_p	Burulma (kutupsal) direnç momenti
X_1	Çeki noktası ile tekerlek merkezi arası yatay mesafe
X_2	Ağırlık merkezinin tekerlek merkezine olan yatay uzaklığı
Y_f	Yakıt fiyatı
YDO	Yaprak dökülme oranı ortalaması
$YÖO$	Yaprak ölme oranı ortalaması
YS	Yaprak sayısı
YYS	Yeşil yaprak sayısı
Y_1	Ağırlık merkezinin tekerlek mesnet noktasına olan düşey uzaklığı
Y_2	Çeki noktasının tekerlek mesnet noktasına olan düşey uzaklığı
Z_1	Tekerlekler arası yatay mesafe
Z_2	Ağırlık merkezinin sol tekerleğe olan yatay uzaklığı
α	Şase ekseninin yatayla yaptığı açı
α	Termal genleşme katsayısı
β	Yanal stabilite için statik halde müsaade edilen açı
ΔL	Yer değiştirme (uzama/kısalma) miktarı
ΔM	Üründeki ağırlık azalması ya da buharlaştırılan su miktarı
Δp	Oluşturulacak basınç farkı

Δt	Uygulama süresi
ΔT	Sıcaklık farkı
Δx	Elemanın kalınlığı
η_f	Fanın çalışma verimi
η_h	Hacimsel verim
η_{hm}	Hidro-mekanik verim
η_{top}	Toplam verim
ρ_h	Havanın yoğunluğu
$\sigma_{\zeta,b}$	Çeki/bası gerilmesi
σ_B	Eşdeğer gerilme
σ_e	Eğilme gerilmesi
σ_{em}	Emniyet gerilmesi
σ_k	Malzemenin kopma mukavemet sınırı
σ_{kem}	Kaynağın emniyet gerilmesi
σ_{kk}	Kaynak malzemesinin mukavemet sınırı
σ_t	Termal gerilme
τ_b	Burulma gerilmesi
τ_k	Kayma gerilmesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Dünyada pamuk ekim alanları (bin ha).....	2
Şekil 1.2. Dünyada kütlü pamuk üretim miktarları (bin ton)	2
Şekil 1.3. Dünyada kütlü pamuk verim ortalaması (ton/ha).....	3
Şekil 1.4. Türkiye’de pamuk ekim alanlarının yıllara göre değişimi	4
Şekil 1.5. Türkiye’de pamuk üretim miktarının yıllara göre değişimi	4
Şekil 1.6. Türkiye’de pamuk veriminin yıllara göre değişimi	5
Şekil 2.1. Sıcak hava ve gaz etkili yaprak dökücü sistem	12
Şekil 2.2. Remmert’in icadı olan makinaya ilişkin çizim	13
Şekil 2.3. Porterfield ve Batchelder’ın icadı olan makinaya ilişkin çizim	14
Şekil 2.4. Wheelers’in icadı olan makinaya ilişkin çizim.....	15
Şekil 2.5. Termal etkili yaprak dökücü prototip.....	17
Şekil 3.1. Termal etkili yaprak dökücü makinayı oluşturan temel elemanlar	21
Şekil 3.2. Termal etkili yaprak dökücü makinanın çalışma prensibi	22
Şekil 3.3. Hidrolik tahrik sistemi devre şeması.....	23
Şekil 3.4. Brülör	26
Şekil 3.5. LPG tüpleri.....	26
Şekil 3.6. Fan	27
Şekil 3.7. İnvörtör.....	28
Şekil 3.8. Kumanda kontrol panosu	28
Şekil 3.9. Sıcaklık ölçümlerinde kullanılan termometreler ve algılayıcıları	29
Şekil 3.10. Hava hızı ölçer	31
Şekil 3.11. Takometre cihazı ve temaslı ölçüm uçları	32
Şekil 3.12. Ses seviyesi ölçme cihazı.....	33
Şekil 3.13. Manometre	33
Şekil 3.14. Mezür (dereceli silindir).....	34
Şekil 3.15. Denemelerin yürütüldüğü alan.....	35
Şekil 3.16. Termal etkili yaprak dökücü prototip makinaya ilişkin görselleştirilmiş (Render) üç boyutlu bilgisayar çizimi.....	39
Şekil 3.17. Termal etkili yaprak dökücü prototip makinanın imalatına ilişkin fotoğraflar	40
Şekil 3.18. Termal etkili yaprak dökücü makina üzerindeki kuvvetler (makinanın sağdan görünüşü)	43

Şekil 3.19. Termal etkili yaprak dökücü makina yatayla α kadar açı yaptığında ortaya çıkan kuvvetler (makinanın sağdan görünüşü).....	44
Şekil 3.20. Termal etkili yaprak dökücü makina üzerindeki kuvvetler (makinanın arkadan görünüşü).....	45
Şekil 3.21. Termal etkili yaprak dökücü makina yatayla β açı yaptığında üzerindeki kuvvetler (arka görünüş)	46
Şekil 3.22. “U” ve “Ampulvari” dönüşlere ilişkin gösterim	49
Şekil 3.23. Termal etkili yaprak dökücü prototip makinada ortaya çıkan ısı transferleri	56
Şekil 3.24. Tek katmanlı elemanlarda oluşan karma ısı transferi.....	57
Şekil 3.25. İki katmanlı elemanlarda oluşan karma ısı transferi.....	58
Şekil 3.26. İki katmanlı elemanlarda oluşan karma ısı transferi elektrik antolojisi.....	59
Şekil 3.27. Termal yaprak dökücü ile kurutma	61
Şekil 3.28. Termal etkili yaprak dökücü makinaya ilişkin ağ (mesh) görüntüsü ..	70
Şekil 3.29. Termal etkili yaprak dökücü makina hava akış ve termal analizleri için çizilen üç boyutlu model	72
Şekil 3.30. Arazi denemelerine ilişkin ekim görüntüleri.....	78
Şekil 3.31. Tarla çalışma parsellerine ilişkin deneme planı	79
Şekil 3.32. Termal etkili yaprak dökücü prototip makina ile yapılan arazi uygulamasına ilişkin fotoğraf.....	80
Şekil 4.1. Statik halde makinanın şasesi üzerinde oluşan gerilme değerleri	89
Şekil 4.2. Statik halde makinanın şasesi üzerinde oluşan emniyet katsayısı değerleri.....	90
Şekil 4.3. Statik halde makinanın şasesi üzerinde oluşan toplam yer değiştirme miktarları	90
Şekil 4.4. Dinamik koşullar altında makinanın şasesi üzerinde oluşan gerilme değerleri .	91
Şekil 4.5. Dinamik koşullar altında makinanın şasesi üzerinde oluşan emniyet katsayısı değerleri.....	92
Şekil 4.6. Dinamik koşullar altında makinanın şasesi üzerindeki toplam yer değiştirme miktarları	92
Şekil 4.7. Makinada havanın hız değişimi.....	94
Şekil 4.8. Makinada hava akım ipliklerinin sıcaklık değişimi.....	95
Şekil 4.9. Makinada dinamik basınç değişimi	96
Şekil 4.10. Makinada havanın katı yüzeylerdeki sıcaklık dağılımı	97
Şekil 4.11. Uygulama günü ve sonrası hava sıcaklığı verileri (I. Yıl).....	99
Şekil 4.12. Uygulama günü ve sonrası hava sıcaklığı verileri (II. YIL).....	100

Şekil 4.13. Uygulama günü ve sonrası rüzgar hızı değerleri (I. Yıl)	101
Şekil 4.14. Uygulama günü ve sonrası rüzgâr hızı değerleri (II. YIL).....	101
Şekil 4.15. Uygulama günü ve sonrası yağış verileri (I. Yıl)	102
Şekil 4.16. Uygulama günü ve sonrası yağış verileri (II. YIL).....	103
Şekil 4.17. Beyaz Altın 119 çeşidine ait yaprak ölme oranları (I. Yıl)	104
Şekil 4.18. Beyaz Altın 119 çeşidine ait yaprak ölme oranları (II. Yıl).....	104
Şekil 4.19. Nazilli 84S çeşidine ait yaprak ölme oranları (I. Yıl)	105
Şekil 4.20. Nazilli 84S çeşidine ait yaprak ölme oranları (II. Yıl).....	105
Şekil 4.21. Carmen çeşidine ait yaprak ölme oranları (I. Yıl).....	106
Şekil 4.22. Carmen çeşidine ait yaprak ölme oranları (II. Yıl)	106
Şekil 4.23. Beyaz Altın 119 çeşidine ait yaprak dökülme oranları (I. Yıl)	108
Şekil 4.24. Beyaz Altın 119 çeşidine ait yaprak dökülme oranları (II. Yıl).....	109
Şekil 4.25. Nazilli 84S çeşidine ait yaprak dökülme oranları (I. Yıl)	109
Şekil 4.26. Nazilli 84S çeşidine ait yaprak dökülme oranları (II. Yıl).....	110
Şekil 4.27. Carmen çeşidine ait yaprak dökülme oranları (I. Yıl).....	110
Şekil 4.28. Carmen çeşidine ait yaprak dökülme oranları (II. Yıl)	111
Şekil 4.29. Beyaz Altın 119 çeşidine ait koza açma oranları (I. Yıl).....	113
Şekil 4.30. Beyaz Altın 119 çeşidine ait koza açma oranları (II. Yıl).....	114
Şekil 4.31. Nazilli 84S çeşidine ait koza açma oranları (I. Yıl)	114
Şekil 4.32. Nazilli 84S çeşidine ait koza açma oranları (II. Yıl).....	115
Şekil 4.33. Carmen çeşidine ait koza açma oranları (I. Yıl)	115
Şekil 4.34. Carmen çeşidine ait koza açma oranları (II. Yıl)	116
Şekil 4.35. Beyaz Altın 119 çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (I. Yıl)	117
Şekil 4.36. Beyaz Altın 119 çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (II. Yıl).....	117
Şekil 4.37. Nazilli 84S çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (I. Yıl) .	118
Şekil 4.38. Nazilli 84S çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (II. Yıl)	118
Şekil 4.39. Carmen çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (I. Yıl).	119
Şekil 4.40. Carmen çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (II. Yıl)	119
Şekil 4.41. Beyaz Altın 119 çeşidine ait kütlü dökülme oranları (I. Yıl).....	121
Şekil 4.42. Beyaz Altın 119 çeşidine ait kütlü dökülme oranları (II. Yıl)	121
Şekil 4.43. Nazilli 84S çeşidine ait kütlü dökülme oranları (I. Yıl).....	122
Şekil 4.44. Nazilli 84S çeşidine ait kütlü dökülme oranları (II. Yıl)	122
Şekil 4.45. Carmen çeşidine ait kütlü dökülme oranları (I. Yıl)	123
Şekil 4.46. Carmen çeşidine ait kütlü dökülme oranları (II. Yıl).....	123

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Sıcak hava tüneline ilişkin bazı parametre değerleri.....	23
Çizelge 3.2. Hidropompaya ait bazı teknik özellikler	24
Çizelge 3.3. Hidromotora ait bazı teknik özellikler	25
Çizelge 3.4. Brülöre ait bazı teknik özellikler.....	25
Çizelge 3.5. Deneme alanına ilişkin bazı toprak analiz sonuçları.....	35
Çizelge 3.6. Deneme yerine ilişkin bazı iklim özellikleri	36
Çizelge 3.7. Prototip makina imalatında kullanılan malzemelere ilişkin bazı mekanik ve fiziksel özellikler	41
Çizelge 3.8. Farklı zemin koşulları için yuvarlanma direnci katsayısı	47
Çizelge 3.9. Hidrolik tahrik sistemindeki bazı basınç değerleri için akışkan hızı değerleri	68
Çizelge 4.1. Termal etkili yaprak dökücü makinanın mekaniğine ilişkin değerler	85
Çizelge 4.2. Termal etkili yaprak dökücü makina üzerinde kullanılan brülör kapasitesine ilişkin değerler.....	86
Çizelge 4.3. Termal etkili yaprak dökücü makina üzerinde kullanılan yüksek debili fan kapasitesine ilişkin değerler.....	87
Çizelge 4.4. Fanın çalıştırılmasında kullanılan hidrolik tahrik sistemine ilişkin değerler	88
Çizelge 4.5. Ses seviyesi ve sıcaklık ölçümlerine ilişkin veriler.....	98
Çizelge 4.6. Uygulamaların yaprak ölümü üzerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar.....	107
Çizelge 4.7. Uygulamaların yaprak dökümü üzerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar.....	112
Çizelge 4.8. Uygulamaların koza açma oranlarına etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar.....	120
Çizelge 4.9. Uygulamaların kütlü dökülme oranlarına etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar	124
Çizelge 4.10. Uygulamaların pamuk kütlü verimine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar.....	124
Çizelge 4.11. Çeşitlerin pamuk kütlü verimlerine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar.....	125
Çizelge 4.12. Uygulamaların pamuk kalite özelliklerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar (I. yıl).....	126
Çizelge 4.13. Uygulamaların pamuk kalite özelliklerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar (II. yıl).....	126

Çizelge 4.14. Uygulamaların işletme maliyetlerine etkisine ilişkin tablo (I. Yıl)	128
Çizelge 4.15. Uygulamaların işletme maliyetlerine etkisine ilişkin tablo (II. Yıl).	129
Çizelge 4.16. Termal uygulama maliyetinin çeşitler bazında erken hasatla geri dönüşüne ilişkin değerler	131
Çizelge 4.17. Termal yaprak dökücü makinanın yaklaşık maliyetine ilişkin değerler.....	132

EKLER DİZİNİ

Ek-1 Termal Etkili Yaprak Dökücü Makinaya İlişkin Bazı Ölçüler	147
Ek-2 Varyans Analiz Tabloları	149
Ek-3 Makinanın Mekaniğine İlişkin Hesaplamalar	158
Ek-4 Makinanın Mukavemetine İlişkin Bazı Hesaplamalar	160
Ek-5 Brülör Kapasitesine İlişkin Hesaplamalar	162
Ek-6 Fanın Seçimine İlişkin Bazı Hesaplamalar.....	166
Ek-7 Hidrolik Sisteme İlişkin Bazı Hesaplamalar	167

1. GİRİŞ

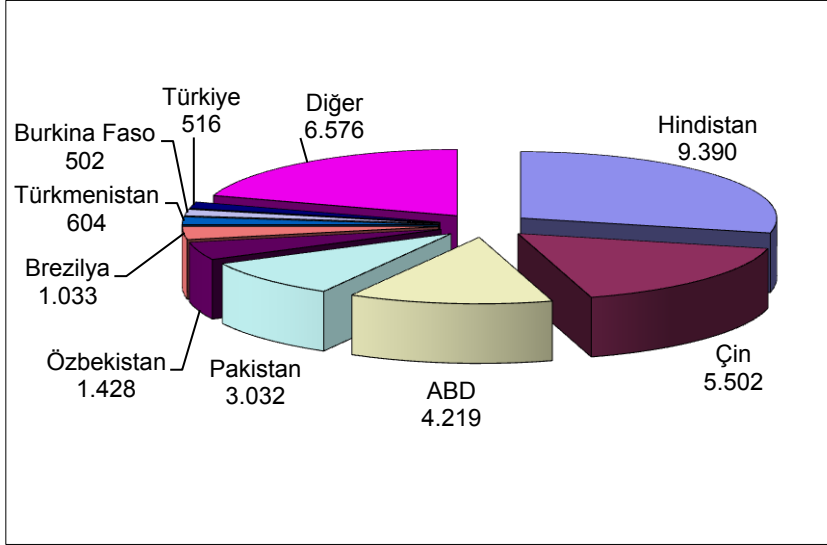
Pamuk, takımı *Columniferae*, familyası *Malvaceae*, cinsi *Gossypium*, türü *Gossypium spp.* olan önemli bir endüstri bitkisidir. Pamuk, başlıca Yeni Dünya Pamukları ve Eski Dünya Pamukları olarak iki ana kümeye ayrılmakla birlikte, Türkiye’de yetiştirilen pamukların büyük çoğunluğu Yeni Dünya Pamukları olup, *G. hirsutum* türüne aittir (Algan, 2002; Gençer ve ark., 2003).

Pamuğun kökeni hakkında yeteri kadar bilgi bulunmamakla birlikte, Asya, Amerika ve Afrika’nın sıcak bölgelerinden Dünya’ya yayıldığı tahmin edilmektedir. Pamuk tarımının, Türkiye’de, M.Ö. 330 yılına dek geriye giden uzun bir tarihçesi vardır. Ancak, pamuk tarımındaki asıl gelişmeler, 11. yüzyılda, Selçuklu Türkleri döneminde olmuştur (Gençer, 1999; Yalçın, 1999). Osmanlı imparatorluğu, 13. ve 14. yüzyılda, pamuk tarımını, Balkanlar, Suriye, Irak ve Mısır’dan başlayarak genişletmiş; Mısır’dan getirilen pamuk tohumları, Ege ve Çukurova Bölgelerinde çiftçilere ücretsiz dağıtılmış, bu konuda üreticilere sağlanan diğer teşviklerle birlikte pamuk üretiminde önemli gelişmeler kaydedilmiştir (Gençer ve ark., 2003). Cumhuriyet döneminde de yapılan kurumsal düzenlemeler ile yeni dokuma fabrikaları kurulmuş, Pamuk Üretim İstasyonları, Araştırma Enstitüleri ve Devlet Üretim Çiftlikleri yapılandırılmıştır. Ayrıca, eğitim amacıyla, yabancı ülkelere teknik eleman gönderilmiş, yabancı uzmanlar davet edilmiş; pamuk tohumu üretimi ve pamuk ıslahına yönelik yasal mevzuat oluşturulmuş; böylece, pamuk ıslah ve üretim tekniği üzerinde bilimsel çalışmalara başlanmıştır. Bu ve benzeri çalışmalarla, 1925 yılından günümüze dek, pamuk ekim alanları, verimi ve üretiminde çok büyük oranlarda artışlar sağlanmıştır (Yalçın, 1999; Gençer ve ark., 2003).

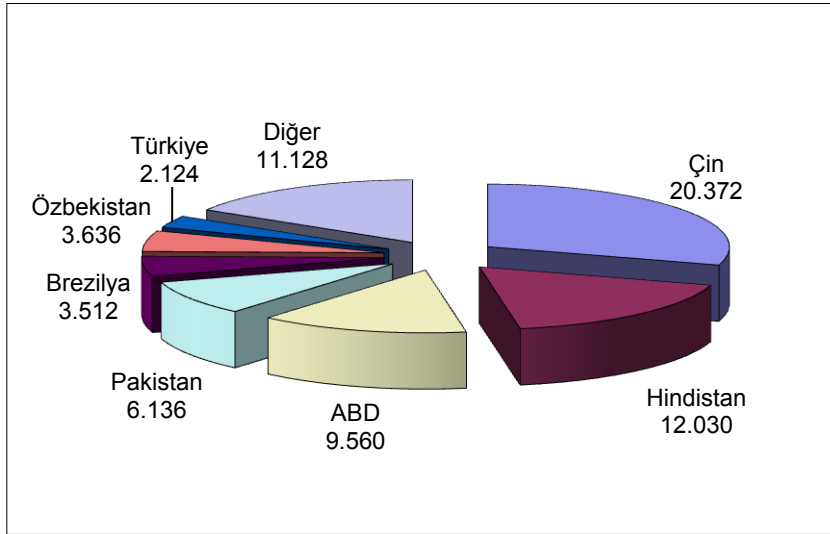
Pamuk bitkisi; yaygın ve zorunlu kullanım alanıyla insanlık açısından, yarattığı katma değer ve istihdam olanaklarıyla da üretici ülkeler açısından büyük ekonomik öneme sahip bir üründür. Pamuk; işlenmesi esas alındığında çırçır sanayisinin, lifi ile tekstil sanayisinin, çekirdeği (tohumu) ile yağ, biodizel ve yem sanayisinin, linteri ile de kağıt sanayisi gibi bir çok endüstri kolunun hammaddesi durumundadır. (Algan, 2002; Yalçın, 1999; Önal ve ark., 2009; Anonim, 2010a; Çobanoğlu ve ark., 2011; Yılmaz ve ark., 2005).

Günümüzde, insan yaşantısında, 50’den fazla sanayi kolunun hammaddesini oluşturan pamuk, Dünya nüfusunun hızla artışı yanında, toplumların sosyo-

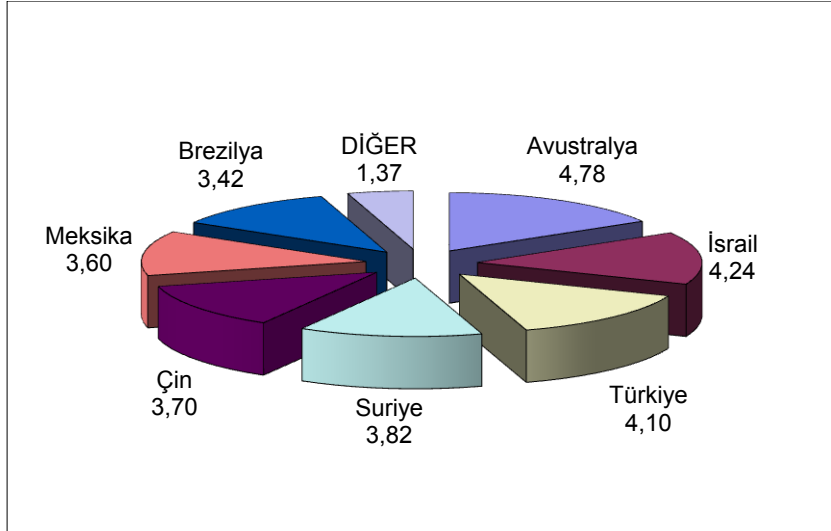
ekonomik yapısının oluşturduğu istemlere bağlı olarak, Dünya'daki üretiminde önemli değişimler göstermiştir. 2005-2010 yılları arası 5 yıllık döneme ilişkin veriler derlenerek, Dünya pamuk ekim alanları Şekil 1.1.'de, Dünya'da kütlü pamuk üretim miktarları Şekil 1.2.'de ve Dünya kütlü pamuk verim ortalaması verileri Şekil 1.3.'te sunulmuştur (Anonim, 2012a).



Şekil 1.1. Dünyada pamuk ekim alanları (bin ha)



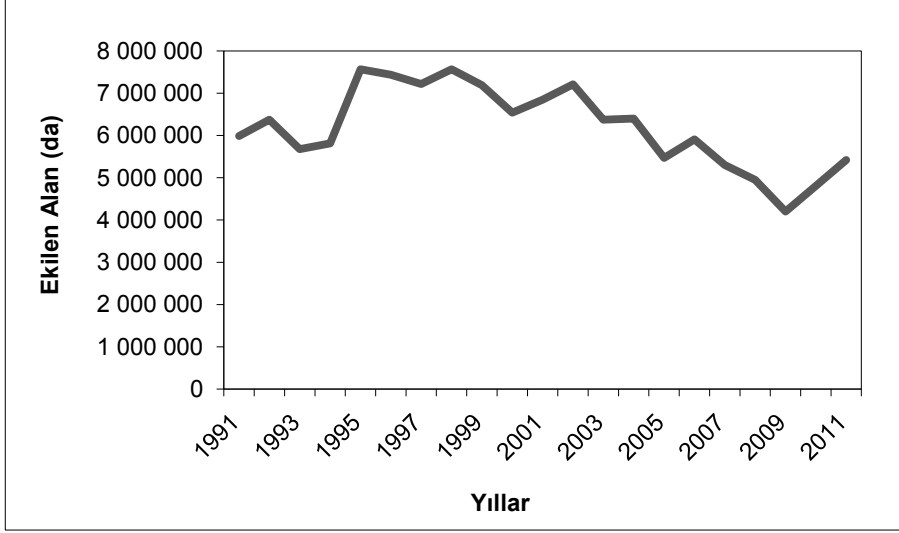
Şekil 1.2. Dünyada kütlü pamuk üretim miktarları (bin ton)



Şekil 1.3. Dünyada kütlü pamuk verim ortalaması (ton/ha)

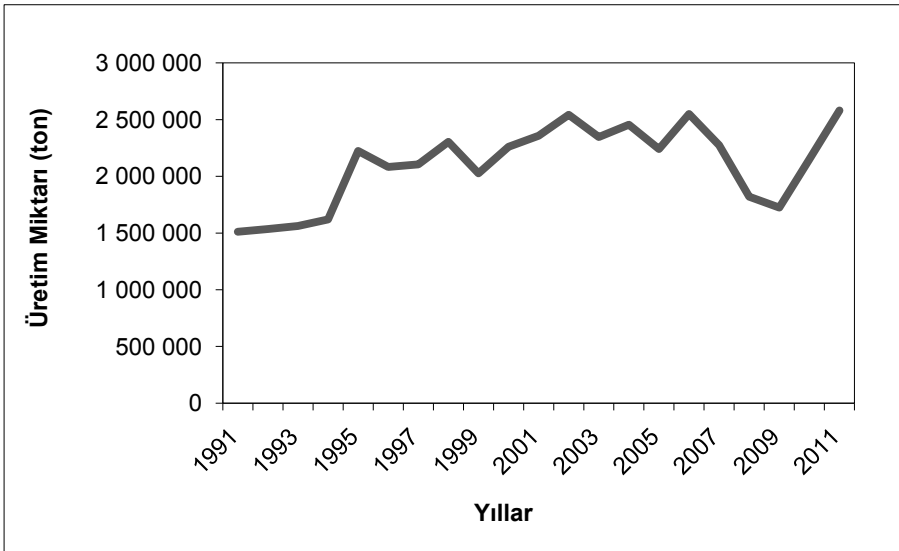
Uluslararası pamuk danışma kurulunun 2005–2010 arası 5 yıllık dönemin verileri incelendiğinde; dünyada ortalama 32,8 milyon hektar alanda pamuk ekimi yapıldığı ve bu ekimden yaklaşık 69 milyon ton kütlü pamuk elde edildiği görülmektedir. Dünyada pamuk üretim alanların en geniş olduğu ülke Hindistan'dır. Ardından sırasıyla Çin, ABD, Pakistan, Özbekistan ve Brezilya gelmektedir. Dünyada en çok pamuk üreten ilk 7 ülke sırasıyla Çin, Hindistan, ABD, Pakistan, Brezilya, Özbekistan ve Türkiye'dir. Tüketimde ise; ilk üç sırayı yine Çin, Hindistan ve Pakistan almakta, onları sırasıyla Türkiye, ABD ve Brezilya izlemektedir (Anonim, 2010a, Çobanoğlu ve ark., 2011).

Türkiye'deki durum ise, Türkiye İstatistik Kurumu'nun son 20 yıla ilişkin verileri derlenerek, pamuk ekim alanlarının değişimi Şekil 1.4.'te, pamuk üretim miktarları Şekil 1.5.'te, pamuk verimi ise Şekil 1.6.'da sunulmuştur (Anonim, 2012b).



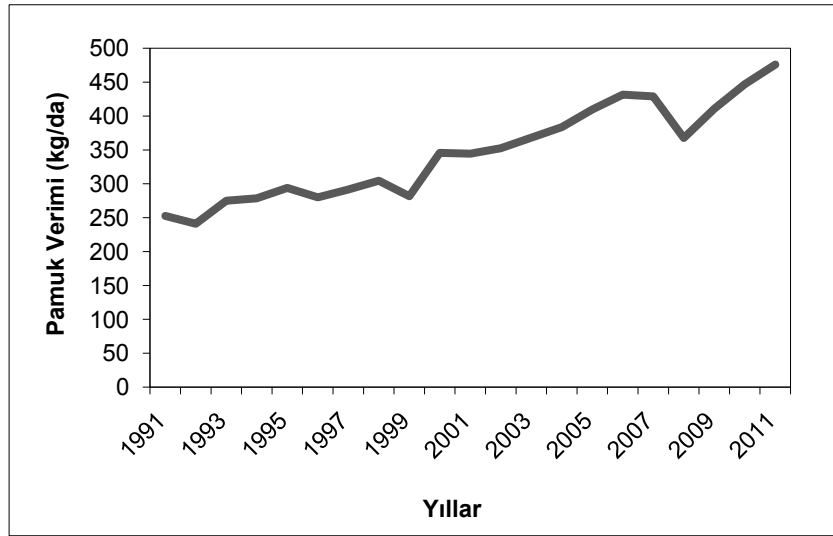
Şekil 1.4. Türkiye’de pamuk ekim alanlarının yıllara göre değişimi

Şekil 1.4. incelendiğinde 1995 te 7,5 milyon dekar alanda ekimi yapılan pamuk bitkisinin bugün 5,4 milyon dekar alanda yetiştirildiği görülmektedir. Pamuk yetiştiriciliği yapılan bu alandaki trajik düşüşe rağmen üretim miktarı hemen hemen aynı kalmıştır (Şekil 1.5.).



Şekil 1.5. Türkiye’de pamuk üretim miktarının yıllara göre değişimi

Ülkemizin, pamuk üretim değerleri açısından, en geniş ekim alanına ulaştığı 1995 yılı ve en dar ekim alanına sahip olduğu 2010 yılı karşılaştırıldığında, her iki üretim döneminde de 2,2 milyon ton üretim seviyelerinde olduğu görülmektedir (Şekil 1.5.). Buna karşın pamuk üretiminin 1991-2011 yılları arasında ulaştığı en yüksek değer 2,6 milyon ton ile 2011 yılıdır. Üretim alanının azalmasına rağmen üretim miktarının aynı seviyelerde kalması, birim alandan alınan ürün miktarının fazla olmasıyla açıklanabilmektedir (Şekil 1.6.).



Şekil 1.6. Türkiye’de pamuk veriminin yıllara göre değişimi

Son 20 yıla ilişkin pamuk verim değerlerinin sunulduğu Şekil 1.6. incelendiğinde, 1991 yılından 2011 yılına kadar birim alandan alınan ürün miktarı, istikrarlı denebilecek şekilde artış göstermiştir. 1991 yılında verim 250 kg/da iken, 2011 yılında 476 kg/da değeri ile neredeyse iki katına ulaşmıştır.

Nüfus artışı ve yaşam standardının yükselmesi, pamuk bitkisine olan talebi arttırdığı gibi organik pamuğa da talebi arttırmaktadır. 1990’lı yıllardan itibaren dünyada organik pamuk üretimi yaygınlaşmaya başlamış, özellikle ABD’de 1995 yılında üretim ve kullanımda patlama yaşanmıştır. Dünyada ABD, Türkiye, Arjantin, Avusturalya, Brezilya, Benin, Mısır, Yunanistan, Hindistan, Nikaragua, Paraguay, Peru, Tanzania, Uganda, Senegal ve Mozambik önemli organik pamuk üreticisi ülkelerdir. Güvenilir üretim rakamlarına ulaşamamakla birlikte Organik Ticaret Derneği’nin 2002 verilerine göre en büyük üretici ülkeler ABD ve Türkiye’dir. İşçilik maliyetleri açısından avantajlı olan Türkiye’de organik pamuk

üretimi yapan çiftçi sayısı ve ekili alanlar artmaktadır (Gençer ve ark., 2003; Aksoy ve Dölekoğlu, 2003; Anonim, 2012c).

Pamuk bitkisi her türlü toprakta yetişebilen bir bitki olmasının yanı sıra, yüksek verim ve kaliteye ulaşabilmek için derin profilli ve alüviyal toprağa ihtiyaç duymaktadır. Pamuğun hasatı işçi maliyetinin yüksek olduğu yerlerde makina ile yapılmaktadır (Evcim ve Değirmencioğlu, 2007). Ülkemizde son zamanlarda tarımsal uygulamalardaki değişime paralel olarak mekanizasyon uygulamalarında da değişimler meydana gelmektedir. Bu çerçevede, makinalı pamuk hasadının da yaygınlaştığı gözlenmektedir (Evcim ve Değirmencioğlu, 2007; Öz ve ark., 2007). Makinalı hasat söz konusu olduğunda, bitki üzerindeki kozaların %60-65'inin açmış ve yaprakların bitkiden uzaklaştırılmış olması gerekmektedir (Mart, 2005; Siebert ve Stewart, 2006). Bitki üzerindeki yaprakların döktürülerek kütlü pamuğa karışmalarının önlenmesi, bu sayede çırçırulamada kolaylık sağlanması ve bitki gelişmesinin hızlandırılarak kozaların kısmen erken açtırılıp hasadın erkene alınması amacıyla yapılan defolyant (kimyasal yaprak dökücü) uygulaması, makinalı hasat için gerekli bir işlemdir (Yılmaz ve ark., 2005). Pamukta geç hasadın potansiyel risk taşınması dolayısıyla yaprak dökücü uygulama zamanı, pamuk kalite ve verim değerleri açısından kritik öneme sahiptir (Larson ve ark., 2002). Yaprak dökücü kimyasal uygulaması yapıldıktan 10-14 gün sonra bitki yaprakları dökülmektedir (Sağlam ve Akyol, 2002). Ancak, bu kimyasal uygulamaların çevreye olumsuz etkileri olmakta ve pamuk lifinde kalıntı bırakmaktadır (Kaya ve Özkan, 2002; Tarakçioğlu, 2002). Ayrıca bu uygulamanın etkinliği çevresel koşullara bağlı olup, başarılı bir uygulama için oldukça fazla parametrenin doğru seçilmesi gerekmektedir (Stewart ve ark., 2000; Burmester ve ark., 2001; Siebert ve Stewart, 2006). Kimyasal yaprak dökücülerin organik pamuk tarımında kullanımı mümkün değildir (Funk ve ark., 2004a; Showler ve ark., 2006). Kimyasal yaprak dökücülere alternatif olarak, sıcak hava (Nisbet ve Nisbet, 1954; Porterfield ve Batchelder, 1969; Wheeler, 1971; Funk ve ark., 2004a; Showler ve ark., 2006) amonyak buharı (Remmert, 1966a; Remmert, 1966b), soğuk gaz (Gabro, 1982) kullanarak yaprakları bitkiden ayırmak mümkündür. Termal (sıcak gaz, buhar, vb.) uygulama ile bitkileri buldukları yerde kurutmak mümkündür (Sijbring, 1972). Bu uygulama ayrıca zararlı mücadelesinde de etkin bir şekilde kullanılabilir (Barra, 2006).

Pamukta termal yaprak dökme işlemi ilk kez Nisbet ve Nisbet (1954) tarafından tanımlanmıştır. İlk uygulamalar 1967 yılında Kent ve Porterfield, 1971 yılında

Batchelder ve ark. tarafından gerçekleştirilmiştir. Porterfield ve Batchelder, sıcak hava uygulaması ile yaprakların %80'ini dökmeyi başarmışlardır (Funk ve ark., 2004a).

Termal yaprak dökücü uygulamasına ilgi, organik pamuk yetiştiriciliğinin yaygınlaşmasıyla artmıştır. Bu ilginin diğer bir sebebi de hasat sezonundaki pamuk zararlılarının kontrolünde başarılı olması ve uygulamanın hava şartlarına kimyasal uygulamalar kadar bağlı olmamasıdır (Şimşek ve Coşkun, 2008).

Termal yöntemle pamuk liflerine zarar vermeyecek şekilde pamuk bitkisi sıcak havaya tabi tutulmakta, sıcak hava etkisi ile bitki yaprakları aniden kurutulmuş tek seferde yaprak ölümleri/dökümleri sağlanabilmektedir. Termal uygulama ile hasat için gerekli olan kritik süreyi azaltmak mümkün görülmektedir. Bu uygulama ile aynı zamanda, yaprak dökme işleminde kullanılan yaprak dökücü kimyasalların toprak ve bitki üzerindeki olumsuz etkileri ortadan kaldırılabilmektedir (Funk ve ark., 2002; Funk ve ark., 2004b; Showler ve ark., 2006). Termal uygulama, organik pamuk yetiştiriciliğinde kimyasal uygulamalara alternatif olarak kullanılabilir (Showler ve ark., 2006; Fletcher ve ark., 2007).

Bu doktora tezi kapsamında, Türkiye koşullarında yetiştirilmekte olan farklı pamuk çeşitlerinde, yaprak dökücü olarak kullanılmak üzere termal esaslı bir yaprak dökücü makinanın tasarımı ve geliştirilmesi amaçlanmıştır. Farklı pamuk çeşitleri üzerinde, geliştirilen makina ile yaprak dökücü kimyasal uygulamaların yaprak öldürme/dökme etkinlikleri, pamuk verim ve kalite özelliklerine etkileri ve uygulamaların işletme maliyetleri yönüyle karşılaştırılmaları yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Gwathmey ve ark. (2004), çeşitli tarla koşullarında, yaprak dökücü kimyasal uygulama zamanını belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, yaprak dökücü kimyasal uygulama zamanının ve hasat zamanının pamuk lif verimi ve kalitesi üzerine etkili olduğunu ifade etmişler; açılan koza oranını belirlemek, en yüksekte açmış koza üzerindeki noktaları saymak, hasat edilebilir kozaların sayısını belirlemek gibi yöntemlerin hiçbirinin, hasat ve kimyasal uygulamaların planlanmasında, tatmin edici seviyede uygun metodlar olmadığını bildirmişlerdir.

Gwathmey ve Hayes (1997), pamuk yetiştiriciliğinde farklı sıcaklık rejimleri altında hasada yardımcı kimyasalların etkileşimi üzerine yaptıkları çalışmalarında, farklı ekim zamanlarının, yetiştirme periyodundaki sıcaklık rejimlerinin ve hasada yardımcı kimyasal (yaprak dökücü ve koza açtırıcı) uygulama zamanlarındaki sıcaklık rejimlerinin, yapılan kimyasal uygulamalarının performansını etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Stewart ve ark. (2000), pamukta kullanılan koza açtırıcıların etkinliği ve çevresel etkileri konulu bildirimlerinde, çevresel şartların, hasada yardımcı olarak kullanılan koza açtırıcı ve yaprak dökürücü kimyasalların performansları üzerinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Tarakçıoğlu (2002), Ege pamuğunun kalitesinin korunması ve geliştirilmesi üzerine yaptığı projede, pamuk üretimi sırasında, özellikle de makinalı hasat yapılıyorsa, ciddi bir çevre kirliliğinin ortaya çıktığını gözlemlemiş olup, çevreci sivil toplum örgütleri nezdinde normal pamuk elyafının, doğal olmasına rağmen, makbul bir elyaf olmadığını belirtmiştir. Araştırmacı çalışmasında bu nedenlerle, organik pamuk üretimine geçilmesini önermektedir.

Anonim (2006a), Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı dokuzuncu kalkınma planı (2007-2013) tekstil, deri ve giyim sanayi, özel ihtisas komisyonu tekstil, hazır giyim ve konfeksiyon alt komisyonu raporunda, gün geçtikçe yoğunlaşan tarımsal girdi kullanımının meydana getirdiği sağlık ve çevre sorunlarının çözümünde ekolojik tarımın etkin bir alternatif olduğu belirtilmiştir. Türk Tekstil Sanayi'nin en önemli hammaddesi olan pamuğun yetiştirilmesi sırasında, çevreye büyük zarar verildiği vurgulanırken, her geçen gün organik pamuk ürünlerinin öneminin arttığı, yüksek üretim maliyetlerine rağmen, bu ürünlere yönelik artan

bir talebin mevcut olduğu ifade edilmiştir. Organik pamuktan üretilen sertifikalı organik tekstil ürünleri pazarının ciddi bir büyüme göstermesinin beklendiği, bir taraftan büyüyen pazardaki payını, pozisyonunu korumaya çalışırken, diğer taraftan da bu pamuğun Türkiye’de işlenmesinin gerçekleştirilmesi konusunda çalışmalar yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Organik pamuktan kontrollü bir şekilde üretilen (iplik haline getirilip, dokunan, örülen ve terbiye edilen) sertifikalı organik ürünlerin öneminin artacağı, Türkiye’nin bu pazarda muhakkak piyasa oluşturucu lider ülke olması gerektiği ve değerli (özel) elyaftan (organik pamuk, çevre dostu pamuk – beter cotton, renkli pamuk, angora, moher) başlayıp, bitmiş nihai ürüne kadar tüm üretim aşamalarını en kaliteli, en çevre dostu olarak gerçekleştirebilecek tam entegre bir tekstil sanayiine sahip olma avantajını ön plana çıkaracak ürünlerin üretimini destekleyecek politikalar izlenmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Kaya ve Özkan (2002), organik pamuk tarımı konusunda ülkemizde yapılmakta olan çalışmalarını inceledikleri bildirimlerinde, pamuk tarımında, verim ve görünüş uğruna uygulanan sistemsiz kimyasal uygulamaların, pamukta lif elastikiyeti ve lif kalite özelliklerinde kayıplar oluşturduğunu, pamuk elyafında, tarımından gelen sentetik girdilerin kalıntıları ve pamuk lifinin işlenmesinde kullanılan kimyasallar nedeniyle özellikle hassas ciltlerde bazı sorunlar ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Kaya ve Özkan, organik tarım tanımını ‘üretimden tüketime hiçbir sentetik kullanılmadan, canlı sağlığı ve çevreye duyarlı üretim teknikleri ile tarımsal üretim yapmaktır’ şeklinde yapmaktadırlar. Çalışmalarında, organik tarımın ülkemizde yayılmasını öneren Kaya ve Özkan, organik pamuk tarımındaki verim düşüklüğünün farklı fiyat uygulamaları ile telafi edilebileceğini belirtmişlerdir.

Anonim (2010a), 2010 yılı pamuk raporunda, organik pamuk; sentetik kimyasal gübreler, zirai mücadele ilaçları ve bitki büyüme düzenleyiciler veya yaprak döktürücüler (defoliant) kullanmaksızın pamuğun yetiştirilmesi olarak ifade edilmektedir. Ayrıca raporda, hem ekolojinin korunması ve hem de özellikle AB ülkelerinin organik tekstil ürünlerine olan taleplerini göz önüne alarak, ülkemizde de organik pamuk üretimi için gerekli çalışmalara başlanılması vurgulanmaktadır.

Mart (2005), pamukta entegre üretim üzerine kaleme aldığı eserinde, Türkiye pamuk üretiminde üretim maliyetlerini etkileyen en önemli kalemin hasat girdisi olduğunu ve makinalı hasatta en önemli uygulamalardan birinin de yaprak döktürücü (defoliant) ve koza açtırıcı (boll opener) kimyasalların kullanılması

olduğunu ifade etmiştir. Toplama işçiliğinin yüksek maliyeti ve toplama işçisi teminindeki güçlükler, makinalı hasadın ülkemiz pamuk yetiştiriciliğinde ön sıralara geldiğini ve bununla birlikte hasat mekanizasyonunda koza açtırıcı ve yaprak dökürücü gibi kimyasalların uygulanmasının söz konusu olduğunu belirtmiştir. Pamuğun yetiştirilmesinde uygulanan yetiştirme tekniklerinin, yaprak dökücü kimyasal uygulamasındaki başarıyı etkilediğini ve ayrıca yaprak dökürücü veya koza açtırıcı kimyasalların herhangi bir şekilde verim ve kalite kaybına yol açmaması için uygulama zamanının doğru belirlenmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Sağlam ve Akyol (2002), makinalı pamuk hasadında ürün kayıplarının belirlenmesi üzerine yaptıkları araştırmada, bitki üzerindeki yaprakların dökülerek kütlü pamuğa karışmasının önlenmesi, bu sayede çırçırılmada kolaylık sağlanması ve bitki gelişmesinin hızlandırılarak kozaların kısmen erken açtırılıp hasadın erkene alınması amacıyla yapılan yaprak dökücü kimyasal (defolyant) uygulamasının, mekanik hasat için gerekli işlemlerden birisi olduğunu belirtmişlerdir. Kullanılacak kimyasal yaprak dökücünün uygulama zamanının büyük önem taşıdığını, iyi bir uygulama için bitki üzerindeki kozaların %60-75'i açmış olması gerektiğini vurgulamışlardır. Uygulama sırasındaki iklim şartlarının ve ürün koşullarının, hasat zamanını etkilediğini, ancak iyi bir kimyasal yaprak dökme uygulaması yapıldığı takdirde 14 gün sonunda hasada girilebileceğini belirtmişlerdir.

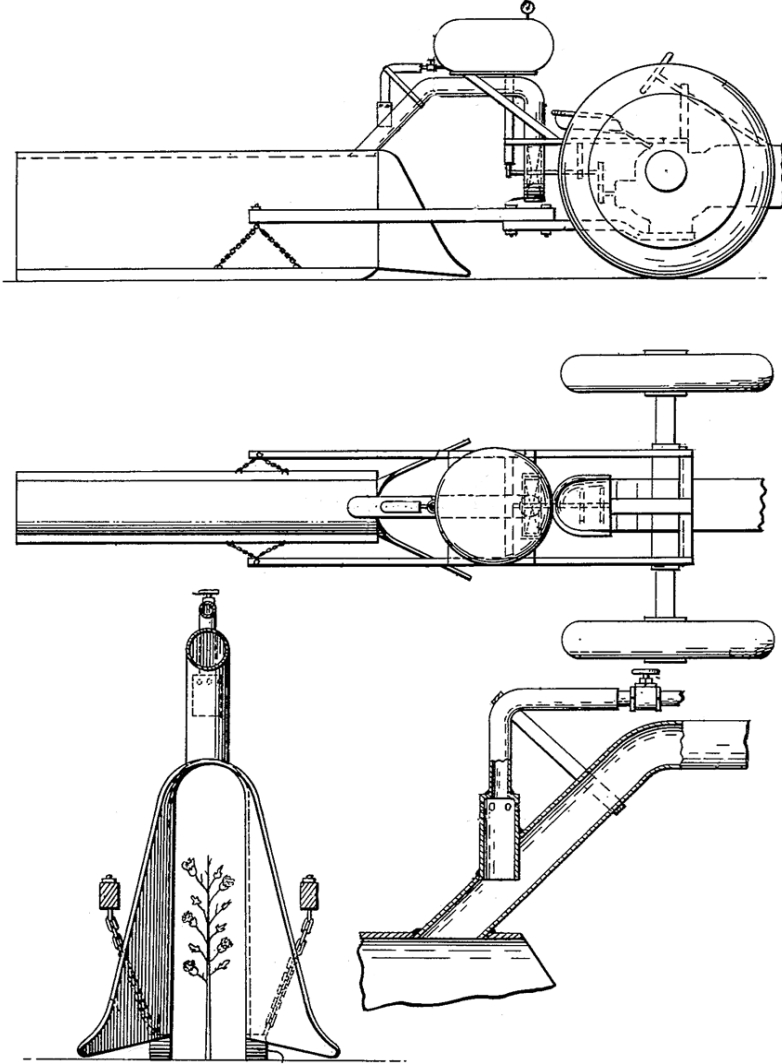
Siebert ve Stewart (2006), kimyasal yaprak dökücü uygulama zamanındaki metodların en iyi pamuk verimi, kalitesi ve getirisi ile ilişkisini inceledikleri çalışmada, kimyasal yaprak dökücülerin, pamuk bitkisi yapraklarının normalden daha önceden dökmesi için yapılan kültürel bir uygulama olduğu ifade etmişlerdir. Çalışmalarında, yaprak dökücü kimyasal uygulamalarının nihai amacının mekanik hasada yardımcı olmak, toplanan ürün içindeki çerçöp ve boyanmış lif miktarını en aza indirmek, hasat zamanını öne alarak, hava koşullarından dolayı oluşabilecek kayıpları azaltmak olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, hangi kimyasal yaprak dökücünün kullanılacağı ve ne zaman uygulamasının yapılacağı belirlenmesinde sayısız faktörün göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamışlardır.

Evcim ve Değirmencioğlu (2007), “Makinalı Hasada Geçiş Türk Pamuk Üretiminde Rekabetçiliğe Doğru Gerçek Bir Adım” başlıklı makalelerinde şu bilgileri vermektedirler.

“Türkiye, elle hasattan makinalı hasada geçiş sürecinde olup, bu durum Türk pamuk üretiminin son on yılındaki en önemli değişim olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda dünya pamuk fiyatlarının düşük kalmasının yanında, üretim maliyetleri dünya enerji fiyatlarındaki artışlardan etkilenerak giderek artış göstermiştir. Bu çelişki, üretici kar marjını daraltırken ileriye yönelik sürdürülebilir pamuk üretimini de zora sokmuştur. Türkiye için verimde sağlanacak artışın kar marjının artmasına yardımcı olmayacağı açıktır ve böyleleri bir durumda problemin çözümine yönelik tek uygulama, üretim maliyetlerinin azaltılmasıdır. Öte yandan üretim maliyetlerindeki en önemli komponentler olarak el ile toplama ücretleri ve yakıt ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu kalemlerde sağlanacak bir azalma, üretim maliyetinde de önemli bir azalmayı da beraberinde getirecektir. El ile hasattan makinalı hasata geçiş sürecinde, Türk çiftçileri son yıllarda, gerek üretim ve gerekse de yüksek kalite ve verimde pamuk hasadı konusunda bilgi ve kapasitelerini arttırmış olup, son üretim sezonunda makina ile hasat edilen alan %16 düzeyine ulaşmıştır. Bu aşamada, Türk pamuk üretiminde rekabetçiliğin geliştirilmesinin, geleneksel pamuk üretiminden minimum toprak işleme, direk ekim ve optimum insektisit uygulamaları vb içine alan modern üretim tekniklerine dönüşümüne bağlı olduğunu vurgulamak gerekmektedir.”

şimşek ve Coşkun (2008), pamukta termal yaprak dökme işlemini ilk kez Nisbet ve Nisbet (1954) tanımladığını ve ilk uygulamaların 1967 yılında Kent ve Porterfield, 1971 yılında Batchelder ve ark. tarafından gerçekleştirildiğini, günümüzde ise Funk ve ark. (2004), Showler ve ark. (2006) ile konuya ilişkin çalışmaların devam ettiğini belirtmektedirler. Çalışmalarında, son zamanlarda termal yaprak dökücü uygulamasına ilginin organik pamuk yetiştiriciliğinin yaygınlaşmasıyla arttığını, bu ilginin diğer bir sebebinin de uygulamanın hava şartlarına kimyasal uygulamalar kadar bağlı olmaması ve hasat zamanını daha erkene çekmenin mümkün olmasının etkili olduğunu ifade etmektedirler.

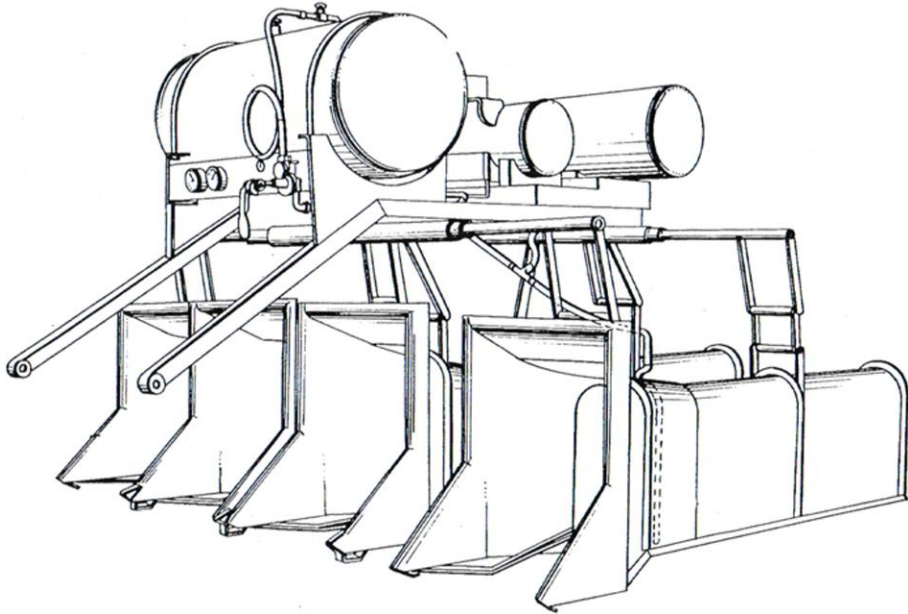
Nisbet ve Nisbet (1954), sıcak hava ve gaz karışımı ile pamuk bitkisi yapraklarını öldürerek dökmeğe yarayan bir makina için patent almışlardır. Nisbet ve Nisbet’in tasarladıkları makina şekil 2.1.’de sunulmuştur.



Şekil 2.1. Sıcak hava ve gaz etkili yaprak dökücü sistem

Nisbet ve Nisbet, bu çalışmalarında basit bir brülör beki yardımıyla, bir tünel içine aldığı bitki sırasını alevle ısıtmaktadırlar. Bu çalışma ile, pamukta termal etkiyle yaprak dökme işlemi ilk kez ortaya konulmuştur.

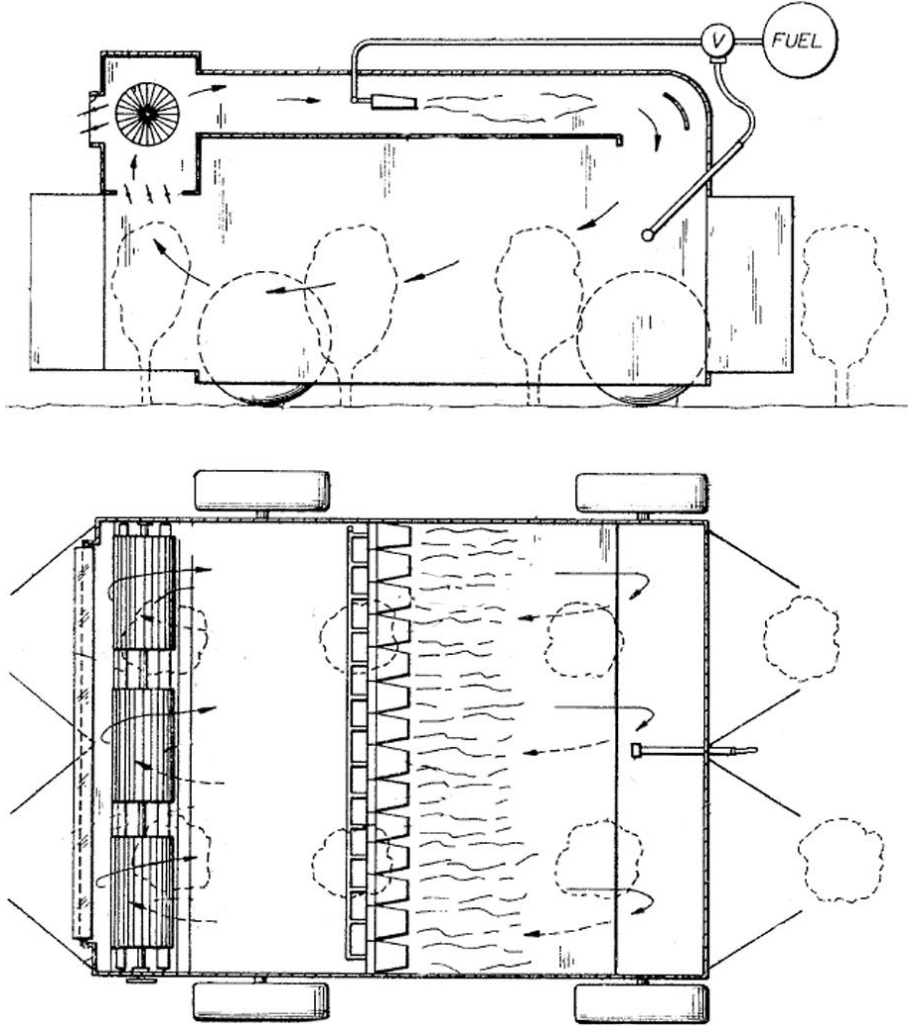
Remmert, (1966a-b) “yaprak dökme işinde kullanılacak buhar ve amonyak gazı uygulayan bir makina” ve “yaprak dökme makinası” adı altında aldıkları patentlerinde, amonyak buharı ile yaprak dökme çalışmalarında kullanılacak makinalar ortaya koymuşlardır. Remmert’in mucidi olduğu makinaya ilişkin genel bir çizim Şekil 2.2.’de sunulmuştur.



Şekil 2.2. Remmert'in icadı olan makinaya ilişkin çizim

Remmert, icadı olan bu makina ile amonyak buharı uygulamasında, bitkinin ölmediğini ancak, 15-30 dakika içinde yaprakların bronzlaştığını ve uygulamadan 8-14 gün içinde büyük oranda dökülme sağlandığını ifade etmiştir. 10kg/da amonyak buharı ile yaptığı uygulamada, 14 gün sonunda %99 oranında yaprak dökümü sonucuna ulaştığını belirtmiştir. Çalışmada, amonyak uygulamasının maliyeti ve lif kalitesinde nasıl bir etki oluşturduğu hakkında bir bilgi verilmemektedir. Bununla birlikte, amonyak buharı uygulamasında, canlı yaşamı tehdit ettiğinden dolayı, koruyucu elbise giyilmesi ve maske takılması gerektiği vurgulanmıştır.

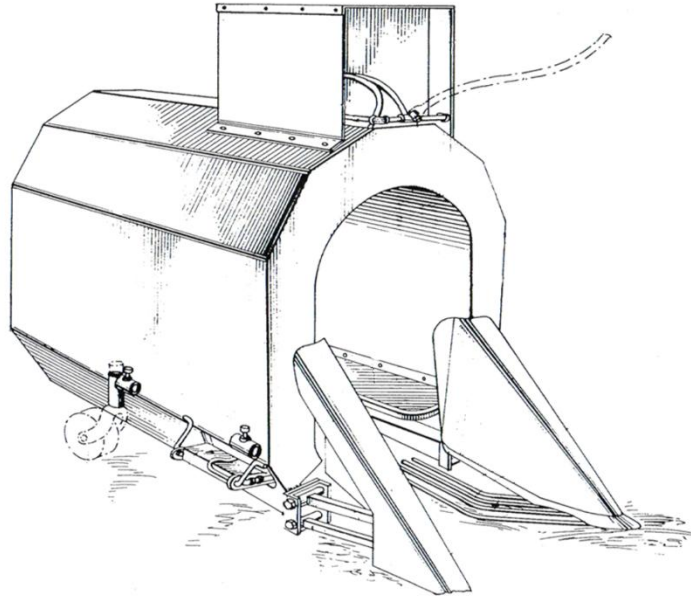
Porterfield ve Batchelder (1969), “termal yaprak dökücü” adı altında aldıkları patent içeriğinde, pamuk bitkisindeki yaprakları öldürerek bitkiden ayırmayı sağlayan bir makina icad etmişlerdir. Bu makina yürüyen bir fırın gibi pamuk bitkisi sıralarını içine almakta, bir bek şeklindeki brülör ile ısıtılan hava, bitkinin üstüne fan ile yönlendirilmektedir. İlerleme sırasında dış ortamdan ve bitki üzerinden dönen ılnmış hava tekrar kullanılarak, termal uygulamaya devam edilmektedir. Porterfield ve Batchelder'ın patent aldığı makina Şekil 2.3.'te sunulmuştur.



Şekil 2.3. Porterfield ve Batchelder'ın icadı olan makinaya ilişkin çizim

Funk ve ark. (2004a) bildirdiğine göre Porterfield ve Batchelder bu makina ile pamukta %80 'ne varan bir yaprak dökülmesi sağlamışlardır.

Wheeler (1971), “termal yöntemle bitki koşullandırma makinası ve yöntemi” adlı patentinde farklı bitkilere uygulama yapabilecek termal esaslı bir makinadan bahsetmektedir. Bu çalışmada, pamuk gibi bitkilerde yaprak kurutma veya dökme, zararlılarla mücadele işlerinde, alev ve sıcak havanın bitkinin üzerine gönderilmesi prensibine göre çalışan bir makina ortaya koymuştur. Wheeler'in bu makinasına ilişkin çizim Şekil 2.4.'te sunulmuştur.



Şekil 2.4. Wheeler'in icadı olan makinaya ilişkin çizim

Wheeller'in tünel şeklindeki bir fırını andıran bu icadında, tünelin alt kısmında karşılıklı yerleştirilmiş alev brülörleri, tünelin üst tavanında ise, bitki ile temas eden havayı ısıtan iki brülör bulunmaktadır. Tünel içine alınan bitki sırası termal şok ile karşılaşarak kurumaktadır. Wheeler, tarlada kurutma ihtiyacı olan bir çok üründe bu makinanın kullanılabileceğini belirtmekle birlikte, etkinliği konusunda bir bilgi vermemiştir.

Garbo (1982), "kriyojenik yaprak dökme" adı altında aldığı patentinde, çok düşük sıcaklıklarda gaz fazına geçebilen sıvı nitrojen gibi çok soğuk gazların atomize edilerek, soğuk etkisi ile bitki yapraklarının kurutulması ve dökülmesi üzerine çalışmıştır. Çok soğuk sıvı nitrojeni, tünel şeklindeki bir davlumbaz içindeki pamuk sırasına atomize ederek uygulamış ve uygulamadan sonraki birkaç gün içinde yaprakların döküldüğü belirtmiştir. Maksimum yaprak ölümü, dolayısıyla yaprak dökümünün sağlanabilmesi için, bitkinin soğuk olduğu saatlerde, örneğin, çok bulutlu günlerde, sabahın erken saatlerinde ya da akşam gün batımında sonra uygulama yapılmasının gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca, sıcak yaz günlerinde de uygulama yapılabilirse de, bu durumda tüketilecek gazın oldukça fazla olduğunun altını çizmiştir. Çalışmada çevreye zararı olmadığı belirtilen bu uygulamaya ilişkin, yaprak dökülme oranlarına ve lif kalitesi üzerine etkisine dair bir bilgi verilmemektedir.

Funk ve ark. (2001), çalışmalarında kuru buhar uygulaması ile pamuk yapraklarını bitkiden ayırma konusunda araştırma yapmışlardır. Yaprakları kurutmada başarılı olmalarına rağmen yaprak dökümlerinin çok düşük kaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında, hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol gurubu ile karşılaştırmalarında yabancı madde içeriği ve lif kalitesinde istatistiksel anlamda bir fark çıkmadığı ifade etmişlerdir.

Funk ve ark. (2002), pamuk yapraklarının ısı ile dökülmesini araştırdıkları çalışmalarında, sıcak hava kullanarak bitkinin yapraklarından arındırılmasını geleneksel uygulama olan yaprak dökücü kimyasallarla karşılaştırmış, bu iki uygulamada da yaprak dökme oranının hemen hemen aynı olduğunu, bunula birlikte tohuma ve pamuk lif özelliklerine zarar vermediğini belirtmişlerdir. Ayrıca termal uygulamanın, pamukta son dönem ortaya çıkan zararlılara karşı etkin bir mücadele olduğunu, ancak bu uygulamanın kimyasal yaprak dökücülere oranla daha maliyetli olduğunu vurgulamışlardır.

Funk ve ark. (2004a), termal yaprak dökücü denemelerinde, iki çeşit ile (Acala 1517-99, Delta Pine 565), iki toprak yapısında (ağır bünyeli, hafif bünyeli), propan gazı kullandıkları üç farklı sıcak hava uygulama yoğunluğunda (düşük, <9,35 l/da; orta, 9,35<, <14 l/da; yüksek >14 l/da) yürütmüşlerdir. Termal yaprak dökücü denemeleri sonucunda, termal etkili yaprak dökücü sistemde 200°C üzerindeki sıcak hava uygulamalarının pamuk elyafında kavrulma oluşturduğunu belirtmiş olup, daha düşük sıcaklıklarda uygulamalar yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Orta ve yüksek sıcaklık uygulamalarında 7 gün içinde yaprakların %90'ından fazlasının öldüğünü belirtmişlerdir. Uygulama yapılmayan parsellere göre, termal uygulama yapılan parsellerdeki Acala 1517-99 çeşidinde 0,03 \$/kg, Deltapine 565 çeşidinde ise 0,10 \$/kg'lık bir değer artışı olduğunu ifade etmişlerdir.

Aynı çalışmada, hasat edilen pamuk kalitesi açısından termal etkili yaprak dökücü ile kimyasal yaprak dökücü uygulamaları karşılaştırmışlar ve bu iki uygulamayı rekabet edebilir bulmuşlardır. Funk ve ark. tarafından termal uygulamalarda kullanılan prototip makina Şekil 2.5.'te sunulmuştur.



Şekil 2.5. Termal etkili yaprak dökücü prototip

Şekil 2.5.'te sunulan prototip makinada, tekerlek iz genişliği 1 m kadardır. Tek sıralı makinada, 3 m uzunluğundaki tünele 4,25 m³/s debili fan ile sıcak hava üflenmektedir. Havanın ısıtılmasında kullanılan brülör gücü 732 kW olup, termal uygulama için kullanılan propan gazı, makinanın yanında ayrı bir romörk üstünde çekilerek taşınmaktadır. Çalışmada, uygulama günü öncesinde ve uygulamadan 7, 14 ve 21 gün sonra bitki üzerindeki kahverengi ve yeşil yaprak sayıları belirlenerek, yaprak ölüm ve döküm oranları tespit edilmiştir. Funk ve ark. 21 gün sonunda en yüksek yaprak dökümünü, Acala çeşidinde hafif bünyeli toprakta düşük yoğunluklu sıcak hava uygulamasında %76 olarak, ağır bünyeli toprakta yüksek yoğunluklu sıcak hava uygulamasında %79 olarak; Delta Pine çeşidinde ise, hafif bünyeli toprakta, düşük sıcak hava yoğunluğunda %69 olarak, ağır bünyeli toprakta yüksek yoğunlukta sıcak hava uygulamasında %80 olarak bulmuştur. Funk ve ark. yaprakların %90 nın ölümü durumunda hasata girilebileceğini, bu nedenle, hasat zamanının kimyasal uygulanan parsellere göre daha erkene çekilebileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, termal uygulamanın pamuk lif değerini arttırdığını ifade etmekte ve uygulamanın, kimyasal uygulamaya oranla 3,9 \$/da-12,2 \$/da arasında net geri dönüş sağladığını söylemektedirler.

Funk ve ark. (2005), çalışmalarında, kimyasal kullanımının sınırlandırıldığı organik pamuk tarımında, termal etkili yaprak dökücü uygulamasının etkili ve alternatif bir yöntem olduğunu belirtmektedirler.

Funk ve ark. (2006), makalelerinde, termal etkili yaprak dökücü uygulama ve kimyasal yaprak dökücü uygulamayı erken hasat ve zamanında hasat olarak karşılaştırmışlar ve lif değeri olarak ifade etmişlerdir. Termal uygulamadan iki gün sonra yapılan hasatta elde edilen lifin değeri 1,12 \$/kg iken zamanında normal hasat zamanında hasat edilen kimyasal yaprak dökücünün uygulananmış olduğu parsellerdeki lifin değerinin 1,12 \$/kg olduğunu belirtmektedirler. Bununla birlikte erken hasat edilen termal uygulama yapılan parsellerdeki verim 1098 kg/ha iken, normal zamanında hasat edilen kimyasal uygulama yapılan parsellerde ise verimin 1097 kg/ha olduğunu bildirmektedirler. Ayrıca, termal uygulama yapılan parsellerdeki erken hasat ve normal zamanında yapılan hasadı karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda termal uygulama yapılan parsellerde yapılan erken hasatta lif değeri 1,12 \$/kg iken, zamanında yapılan hasatta bu değer 1,13 \$/kg olduğunu belirtmektedir. Verim ise erken hasat yapılan parsellerde 1134 kg/ha, normal zamanda hasat edilen parsellerde ise 1177 kg/ha olduğunu belirtmişlerdir.

Showler ve ark. (2006), termal yaprak dökme yönteminin pamuk bitkisi, yaprak dökümü ve lif kalitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, termal yaprak dökücü sistemin özellikle organik pamuk yetiştiriciliğinde kimyasal defolyanta alternatif bir potansiyele sahip olduğunu belirtmektedirler. Çalışmada, iki sıralı prototip olarak imal ettikleri termal defolyant uygulama ekipmanı ile üç farklı tarla denemesi gerçekleştirmiş olup, uyguladıkları termal yöntem ile kimyasal defolyant uygulamalarını karşılaştırmışlardır. Showler ve ark. yaptıkları çalışmada, 4,57 m uzunluğunda sıcak hava uygulama tüneline sahip bir prototip makina kullanmışlardır. Termal uygulamayı 0,45 m/s ilerleme hızında ve 193 °C hava sıcaklığında gerçekleştirmişlerdir. Uygulama sonrası 1, 3, 5, 7, 9, 11 ve 13. günlerde yaprak sayımlarını yapmışlardır. Uygulamanın gerçekleştirildiği 2004 ve 2005 yıllarında üç lokasyonda, kimyasal uygulama yapılan parsellerde 6 gün sonunda yaprakların %80'inin döküldüğünü buna karşın, termal uygulama yapılan parsellerde ilk 24 saat içinde %80 - %98 oranında yaprak ölümlerinin gerçekleşmesine rağmen, uygulama sonrası 13 gün sonra bile yaprak dökülme oranının %65'i geçmediğini bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda, uygulamaların lif özelliklerine etkisi incelendiğinde, 2004 yılında bir lokasyonda lif uzunluğu değeri termal uygulama yapılan parsellerde, kimyasal ve kontrol parsellerinde göre biraz düşük çıkmakla birlikte diğer pamuk lif özelliklerinde istatistiksel anlamda önemli bir fark çıkmadığını ifade etmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında, lif değeri ve tohum kalitesi yönünden termal uygulama ile kimyasal uygulama arasında önemli bir

farklılık olmadığını, ancak termal uygulamanın, kimyasal defolyant uygulamalarının çevre yönüyle ortaya koyduğu problemleri ortadan kaldırdığını ve organik pamuk tarımı için bu yöntemin uygun olabileceğini ifade etmişlerdir.

Kıvılcım ve ark. (2009), çalışmalarında pamuk hakkında şu bilgileri vermektedirler. “Pamuk ülkemiz ekonomisinde çok önemli yere sahip olan ve tarımında en fazla kimyasal girdi kullanılan ürünlerden biridir. Pamuk tarımında gübreler, zirai mücadele ilaçları ve bitki gelişme düzenleyicileri yoğun olarak kullanılan kimyasallardır. Bunların bilinçsizce ve aşırı kullanımı pamuk maliyetini arttırdığı gibi doğal dengenin bozulmasına çevre kirlenmesine ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle çevre ve insan sağlığı gözetilerek yapılacak organik pamuk tarımının önemi her geçen gün artmaktadır. Diğer yönden ekolojik (organik) tarım ürünlerine talep her geçen gün daha da artmaktadır. Yakın gelecekte pamuk ürünü üreticileri organik tarımın avantajlarından faydalanarak bazı kurallara bağlı sözleşmeli üretim yapmak avantajına kavuşacaklardır. Pamuk üretim teknolojisine yeni bir hareketlilik gelecektir.”

3. MATERYAL VE YÖNTEM

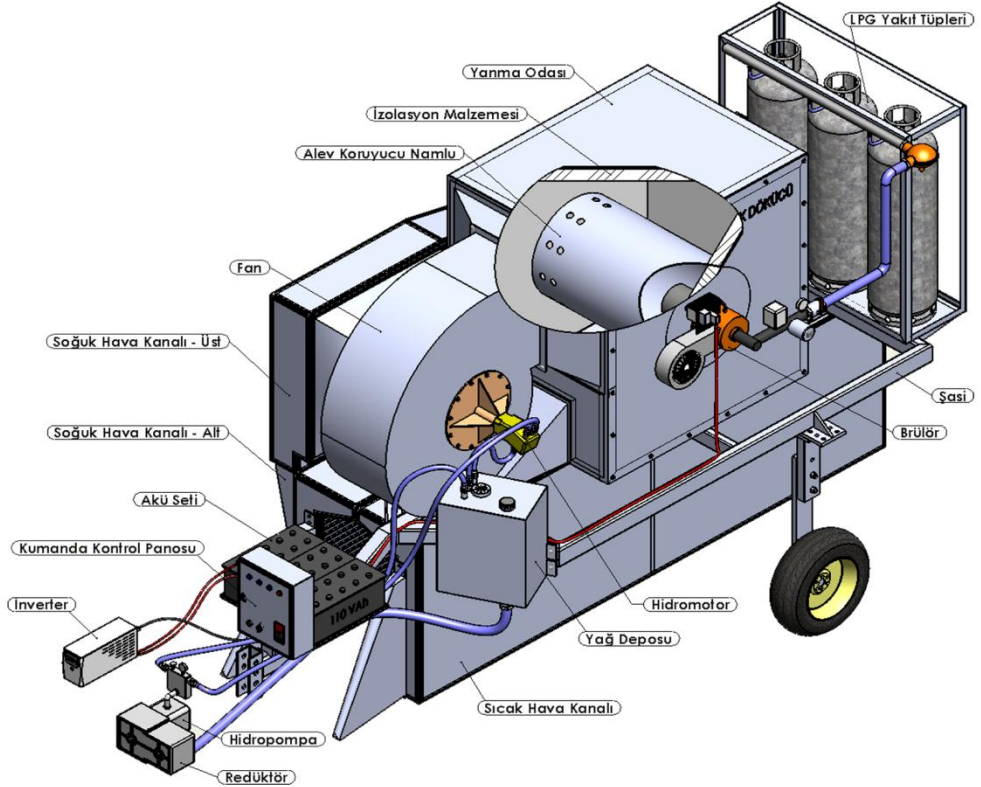
Çalışmada kullanılan materyaller ve çalışmanın gerçekleştirilmesinde faydalanılan yöntemler iki ana başlık altında ele alınmıştır.

3.1. Materyal

Materyal bölümü, termal etkili yaprak dökücü prototip makina, ölçüm ekipmanları, deneme yeri ve deneme materyali olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır.

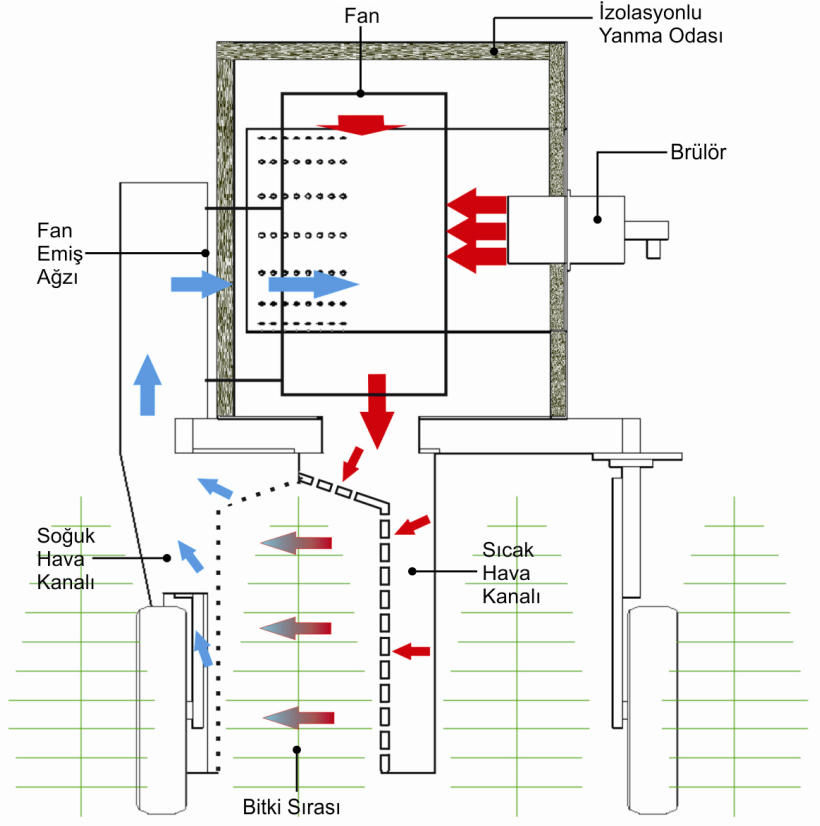
3.1.1. Termal Etkili Yaprak Dökücü Prototip Makina

Çalışmanın ana materyalini, hesaplama, tasarım ve imalat aşamaları yöntem bölümünde açıklanan termal etkili yaprak dökücü prototip makina oluşturmaktadır. Termal etkili yaprak dökücü prototip makina traktörün alt bağlantı kollarına bağlanarak çekilen yarı asma bir makinadır. Prototip makina tek sıralı olup, farklı ekim sıklığında ekilmiş pamuk bitkileri için sıra arası ve bitki yüksekliğine yönelik olarak şasi yüksekliği ayarlanabilmektedir. Prototip makinayı oluşturan temel elemanlar Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Termal etkili yaprak dökücü makinaryı oluşturan temel elemanlar

Prototip makina ile hava ısıtılmakta, ısıtılan hava bitki üzerine yönlendirilmekte, yapraklarda termal şokla ölüm meydana gelmekte ve yaprakların dökülmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.2.'de termal etkili yaprak dökücü makinanın çalışma prensibine ilişkin bir şematik görünüş verilmiştir.



Şekil 3.2. Termal etkili yaprak dökücü makinanın çalışma prensibi

Makinanın çalışması sırasında, izolasyonlu yanma odasında brülör ile ısıtılan hava yüksek debili fanla sıcak hava kanalına basılmaktadır. Buradan lüleler yardımıyla bitki üzerine yönlendirilen sıcak hava, bitki üzerinden geçerek soğumakta ve soğuk hava kanalına akarak fanın emiş ağzına ulaşmaktadır. Bu döngü ile sürekli olarak bitki üzerinden sıcak hava akışı sağlanarak bitki yapraklarında sıcak hava şoku oluşmakta ve ölen yapraklar zamanla dökülmektedir. Çizelge 3.1.'de Termal etkili yaprak dökücü prototip makina üzerindeki sıcak hava tüneline ilişkin bazı tasarım parametreleri verilmektedir.

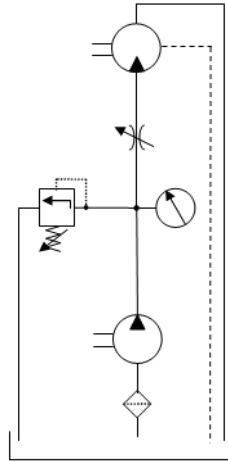
Çizelge 3.1. Sıcak hava tüneline ilişkin bazı parametre değerleri

Parametre	Değeri
Bitki sıra arası	75 cm
Tünel içine alınacak bitki sayısı	1 sıra
Tünelin yerden yüksekliği (ayarlanabilir)	1050 - 1250 mm
Tünel uzunluğu	3500 mm
Tünel iç genişliği	580 mm

Termal etkili yaprak dökücü makina üzerinde işlevini yerine getirmesini sağlayan 3 önemli ünite bulunmaktadır. Bunlar, hidrolik tahrik sistemi, hava ısıtma ünitesi, kumanda-kontrol panosudur.

3.1.1.1. Hidrolik tahrik sistemi

Termal etkili yaprak dökücü makina üzerinde fanı çalıştırmak amacıyla hidrolik tahrik sistemi kullanılmıştır. Hidrolik tahrik sistemine ilişkin devre şeması Şekil 3.3.'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Hidrolik tahrik sistemi devre şeması

Hidrolik tahrik sistemi aşağıda belirtilen temel elamanlardan oluşmaktadır.

Redüktör

Traktör kuyruk miline bağlanan redüktör 3:1 oranında devri düşürerek hidropompayı çalıştırmaktadır.

Hidropompa

Hidrolik yağ deposundan aldığı yağa basınç kazandırarak hidromotora basmaktadır. Kullanılan hidropompaya ilişkin bazı teknik özellikler Çizelge 3.2.'de verilmiştir (Anonim, 2011a).

Çizelge 3.2. Hidropompaya ait bazı teknik özellikler

Deplasman hacmi	51,83 cm ³
Maksimum çalışma basıncı	230 bar
Maksimum çalışma devri	2500 min ⁻¹

Hidrolik yağ deposu

Hidrolik yağ deposu, sistemde dolaştırılacak yağ için hem soğutma hem de depo görevini yapmaktadır. Hidrolik yağ deposunun hacmi 80 L olup, yağ deposunun üzerinde yağın sıcaklığını gösteren bir termometre ve deponun içinde emiş hattına bağlı bir adet yağ filtresi bulunmaktadır.

Hidrolik valfler

Hidrolik akışkana yön vermek için kullanılan valf üzerinde biri giriş, biri depo olmak üzere iki çıkış bulunmaktadır. Depo dönüş hattı üzerinde basınç kısma vanası bulunmaktadır. Ayrıca basınç hattında 1 adet manometre ve debi kısma vanası bulunmaktadır.

Hidrolik hortumlar

Hidrolik hortumlar emme, basma ve geri dönüş hattında akışkanı iletmek için kullanılmıştır. Emme hattında 1 ½ in, basma ve geri dönüş hattında ¾ in, sızıntı hattında ise ½ in 330 bar basınca dayanıklı hidrolik hortum kullanılmıştır.

Hidromotor

Hidromotor, sistemdeki basınçlı akışkanın hareketini dönü hareketine çevirerek direkt bağlı olduğu fan rotorunu tahrik etmektedir. Hidromotora ait bazı teknik veriler Çizelge 3.3.'te verilmiştir (Anonim, 2011b).

Çizelge 3.3. Hidromotora ait bazı teknik özellikler

Deplasman	12,6 cm ³
Maksimum çalışma basıncı anlık / sürekli	40 MPa / 35 MPa
Minimum çalışma devri sürekli	300 min ⁻¹
Maksimum çalışma devri anlık / sürekli	8800 min ⁻¹ / 8000 min ⁻¹
Maksimum çalışma gücü anlık / sürekli	54 kW / 20 kW

3.1.1.2. Hava ısıtma ünitesi

Hava ısıtma ünitesi brülör, likit petrol gazı (LPG) tüpleri ve fandan oluşmaktadır.

Brülör

Termal etkili yaprak dökücü makina üzerinde havayı ısıtmak amacıyla 300000 kcal/h kapasiteye sahip otomatik oransal çalışabilen bir brülör kullanılmıştır (Şekil 3.4.). Brülöre ait bazı özellikler Çizelge 3.4.'te verilmiştir (Anonim, 2011c).

Çizelge 3.4. Brülöre ait bazı teknik özellikler

Kapasite	8500 – 300000 kcal/h
Gaz Debisi	0,90 – 34 m ³ /h
Yakma Havası Maksimum	716 Nm ³ /h
Çalışma aralığı	35/1



Şekil 3.4. Brülör

Likit petrol gazı (LPG) tüpleri

Likit petrol gazı alt ısı değeri 11200 kcal/kg olan ve %90-92 verimle yakılabilen çevreci ve kullanımı kolay organik kimyasal bir yakıttır. Tarım ve hayvancılık alanında, özellikle ısıtma ve ürün kurutma işlerinde kullanılmaktadır. Termal etkili yaprak dökücü makinada, havanın ısıtılmasında yakıt olarak %30 propan - %70 bütan karışımına sahip 45 kg'lık sanayi tipi likit petrol gazı (LPG) kullanılmıştır (Mumcu, 2003; Anonim, 2006b; Anonim, 2011d). Makina üzerinde aynı anda 3 adet LPG tüpünün depolanacağı bir kafes var olup, tüplerdeki LPG gazı 1 ¼ çaplı bir kolektör yardımıyla alınmaktadır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. LPG tüpleri

Fan

Termal etkili yaprak dökücü makina üzerinde ısıtılan havayı bitki üzerine basmak ve bitki üzerinden dönen havayı emmek amacıyla maksimum 20000 m³/h (1500 min⁻¹) debili (maks.150 mmSS) seyrek kanatlı radyal tip bir fan kullanılmıştır (Anonim, 2011e) (Şekil 3.6.). Fanın çalıştırılması hidrolik tahrik sistemi ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Fan

3.1.1.3. Kumanda-kontrol ünitesi

Kumanda-kontrol ünitesi voltaj dönüştürücü (invertör), sıcaklık algılayıcı ve kumanda-kontrol panosundan oluşmaktadır.

Voltaj dönüştürücü (invertör)

Termal etkili yaprak dökücü makina üzerinde brülörün ve kumanda kontrol panosunun elektrik gereksinimini karşılamak üzere 1000 W gücünde 36 V DC - 220 V AC çevrimi yapabilen tam sinüs dalga voltaj çıkışlı bir invertör kullanılmıştır. İvertörü, biri traktörde olmak üzere toplam 3 adet 110 VAh'lik akü seri bağlı olarak beslemektedir. Şekil 3.7.'de prototip makinada kullanılan invertör görülmektedir.



Şekil 3.7. İnvörtör

Sıcaklık algılayıcı

Tünel içindeki hava sıcaklığının ölçülüp kumanda-kontrol panosuna bildirilmesi için paslanmaz çelik uçlu sıcaklık algılayıcı kullanılmıştır.

Kumanda-kontrol panosu

Termal etkili yaprak dökücü makinada elektrikli ve elektronik cihazların kumanda ve kontrolü için, üzerinde ana şalter, aç-kapa anahtarı, kontrol ve arıza ikaz lambaları, ısı kontrol sensör girişleri ile brülör kontrol ekranını taşıyan bir kumanda-kontrol panosu bulunmaktadır (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Kumanda kontrol panosu

Kumanda-kontrol panosu ile brülör çalıştırılmakta, üzerinde bulunan sıcaklık kontrol cihazı ile bitkiye yönlendirilecek havanın ısı ayarlanabilmekte, prob ile sıcak hava tüneli içinden alınan sıcaklık verileri anlık olarak izlenebilmekte, brülör fanı hava dolaşımı için bağımsız olarak çalıştırılabilmektedir. Havanın ısıtılmasında kullanılan sistemin çalışması, kontrol ve arıza ikaz lambalarından izlenebilmektedir.

3.1.2. Ölçüm Ekipmanları

Çalışmanın yürütülmesinde, verileri toplanmak ve derlemek amacıyla bazı ölçüm ekipmanları kullanılmıştır. Bunlar, sıcaklık, hava hızı, devir, gürültü ölçüm cihazı, basınç ve yakıt ölçüm aleti olup, altı başlık altında toplanmıştır.

3.1.2.1. Sıcaklık ölçüm cihazları

Termal etkili yaprak dökücü prototip makinanın laboratuvar ve tarla çalışma koşullarında, makina iç ve dış hava sıcaklığı, sac yüzey ve LPG tüpü yüzey sıcaklıkları, bitki yaprak yüzey sıcaklıkları tespitinde değişik özelliklerde termometreler ve sıcaklık algılayıcı uçlar kullanılmıştır (Genceli, 1998) (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Sıcaklık ölçümlerinde kullanılan termometreler ve algılayıcıları

Sıcaklık ölçümlerinde kullanılan cihaz ve sıcaklık algılayıcı uçlara ilişkin bazı teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

4 kanallı dataloger

Kanal sayısı	: 4
Kullandığı problar	: Type K/J, Pt 100 ohm
Type K	: -100 °C ile +1300 °C
Type J	: -100 °C ile +1200 °C
Pt 100 ohm	: -199 °C ile +850 °C
Hassasiyet	: 0,1 °C/ 1 °C

Kızıl ötesi + 1 kanallı termometre

Kanal sayısı	: 1 + kızıl ötesi
Kullandığı problar	: Kızıl ötesi, Type K
Kızıl ötesi	: -40 °C ile +800 °C
Type K	: -100 °C ile +1300 °C
Hassasiyet	: % ±1°C

Termokupl

Kullanım yeri	: Genel amaçlı hava ve yüzey ölçümleri
Tipi	: K
Prob uzunluğu	: 20,3 cm
Ölçüm aralığı	: -40 °C ile +816 °C
Hassasiyet	: % ±2,2, -40 °C ile +293 °C
Hassasiyet	: % ±0,75, 293 °C ile +816 °C

Termo rezistans

Kullanım yeri	: Genel amaçlı sıcaklık ölçümleri
Tipi	: Pt - 100
Prob uzunluğu	: 50 mm
Ölçüm aralığı	: -100 °C ile +800 °C
Maks. ortam sıcaklığı	: +400 °C

3.1.2.2. Hava hızı ölçüm cihazı

Termal etkili yaprak dökücü prototip makinada fan emiş ve üfleme sırasındaki hava hızı değerleri, sıcak hava tünelineki lülelerden bitkiye gönderilen hava akış hızı, bitki üzerinden geçen hava hızının belirlenmesinde kızgın telli hava hızı ölçer (anemometre) kullanılmıştır (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. Hava hızı ölçer

Hava akış hızının belirlenmesinde kullanılan anemometreye ilişkin bazı teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

Anemometre

Kullanım yeri	: Hava hızı, hava debisi, sıcaklık ölçümleri
Prob uzunluğu	: 94 cm, teleskopik
Hız ölçüm aralığı	: 0-30 m/s
Hız ölçüm hassasiyet	: $\pm 0,015$ m/s
Hız ölçüm yakalama süresi	: 200 ms
Sıcaklık ölçüm aralığı	: 17,8 °C ile 93,3 °C
Sıcaklık ölçüm hassasiyet	: $\pm 0,3$ °C
Sıcaklık ölçüm yakalama süresi	: 8 s
Hacimsel debi ölçüm aralığı	: 0,0424 m ³ /h ile 702000 m ³ /h

3.1.2.3. Devir ölçüm cihazı

Termal etkili yaprak dökücü prototip makinanın hidro-mekanik tahrik sisteminde bulunan kuyruk milinin ve fanın devrinin ölçülmesinde temaslı ve optik olarak ölçüm yapabilen takometre kullanılmıştır (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Takometre cihazı ve temaslı ölçüm uçları

Temaslı / temassız takometre

Kullanım yeri	: Temaslı/temassız devir ölçümleri, yüzey hızı ölçümleri
Ölçüm aralığı (temassız)	: 5 ile 100000 min ⁻¹
Ölçüm aralığı (temaslı)	: 0,5 ile 19999 min ⁻¹
Ölçüm hassasiyet	: % 0,05
Yüzey hızı	: m/min

3.1.2.4. Gürültü ölçüm cihazı

Termal etkili yaprak dökücü makinanın yaydığı gürültü seviyesi ölçmek amacıyla ses seviyesi ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.12.)



Şekil 3.12. Ses seviyesi ölçme cihazı

Ses seviyesi ölçer cihazına ilişkin bazı teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

Ses seviyesi ölçüm cihazı

Kullanım yeri	: Çevresel gürültü ölçümleri
Frekans ağırlığı	: A/C
Ölçüm yaptığı parametreler	: Anlık/maksimum/minimum, eşdeğer ses seviyesi, hızlı/yavaş/darbe gürültüsü yakalayabilme
Ölçüm aralığı	: 30 – 130 dB
Hassasiyet	: $\pm 1,5$ dB

3.1.2.5. Basınç ölçüm aleti

Termal etkili yaprak dökücü makina yanma odasında ve fan tahrikinde kullanılan hidrolik sistemde oluşan basıncın ölçülmesinde basınç saati (manometre) kullanılmıştır (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Manometre

Manometre

Kullanım yeri	: Sıvı ve gaz basıncı ölçümlerinde
Ölçüm aralığı	: 0 - 250 bar / 0 - 3600 psi
Hassasiyet sınıfı	: KL2.5
Ortam sıcaklığı	: -10 °C ile +60 °C
Akışkan sıcaklığı	: +60 °C

3.1.2.6. Yakıt ölçüm aleti

Termal etkili yaprak dökücü makina uygulaması ve kimyasal uygulama sırasında traktör tarafından sarf edilen yakıt miktarının belirlenmesinde mezür (dereceli silindir) kullanılmıştır (Yalçın, 1999) (Şekil 3.14.).



Şekil 3.14. Mezür (dereceli silindir)

Mezür

Kullanım yeri	: Sıvı/katı hacim ölçümlerinde
Ölçüm aralığı	: 5 ml
Maksimum ölçüm miktarı	: 500 ml

3.1.3. Deneme Yeri

Araştırma, 2009 ve 2010 yıllarında Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Çiftliği arazilerinde yürütülmüştür. 37°45'47.39"K 27°45'21.95"D koordinatında bulunan deneme alanına ilişkin uydu fotoğrafı Şekil 3.15.'te sunulmuştur (Anonim, 2011f).



Şekil 3.15. Denemelerin yürütüldüğü alan

Dokuz parselden oluşan deneme alanı Şekil 3.15. üzerinde görülmektedir.

3.1.3.1. Toprak özellikleri

Deneme alanına ilişkin bazı toprak analiz sonuçları Çizelge 3.5.'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Deneme alanına ilişkin bazı toprak analiz sonuçları

Toprak Tekstürü			pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Organik Madde (%)
Kum(%)	Silt(%)	Kil(%)				
65,2	23,2	11,6	7,80	0,027	3,4	1,74

Çizelge 3.5.'te görüldüğü gibi denemelerin yürütüldü alan ağırlıklı olarak kum ve silt içerikli bünyeye sahip bir topraktır.

3.1.3.2. İklim özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü Aydın ilinde ılıman Akdeniz iklimi görülmektedir. Kışlar ılık ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçmektedir. Denemenin kurulduğu yerin iklim özelliklerini açıklayabilmek için Aydın Meteoroloji istasyonundan elde edilen iklim verilerinden yararlanılmıştır (Anonim, 2011g). Çizelge 3.6.'da denemelerin yürütüldüğü araziye ilişkin uzun yıllar ortalamaları ile bazı iklim özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 3.6. Deneme yerine ilişkin bazı iklim özellikleri

Ay	Yıl	Maks. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Sıcaklık (°C)	Yağış Miktarı (mm)	Ort. Nisbi Nem (%)	Ort. Rüzgar Hızı (m/s)
MAYIS	1971-2010	28,3	14	20,8	35,3	57,9	1,8
	2009	29,2	14,6	21,3	19,2	49,4	1,5
	2010	29,9	15,2	22	30,4	51,1	1,5
HAZİRAN	1971-2010	33,5	18	25,9	13,8	50,2	1,9
	2009	34,7	19,2	26,7	0,5	40,4	1,5
	2010	32	18,9	24,9	32,2	58,2	1,5
TEMMUZ	1971-2010	36,1	20,3	28,3	3,3	50,6	1,9
	2009	37,6	22,1	29,3	0	39,4	1,5
	2010	36,7	22	28,7	0	51	1,5
AĞUSTOS	1971-2010	35,3	19,8	27,2	2,3	55,5	1,9
	2009	36,4	20,7	27,7	9,5	41,5	1,5
	2010	37,9	23,3	29,8	0	53,1	1,5
EYLÜL	1971-2010	32	16,3	23,2	10,9	57,6	1,7
	2009	31,4	17,4	23,3	36,8	54,8	1,3
	2010	32,8	18,2	24,6	0,8	55,1	1,4
EKİM	1971-2010	26,6	12,6	18,4	44	63,3	1,3
	2009	27,8	14,9	20,4	21,3	59,1	1,3
	2010	24	13,4	17,8	95,7	69,5	1,3
KASIM	1971-2010	19,5	8,2	12,8	88,5	68,8	1,4
	2009	19,9	8,8	13,2	99,3	74,4	1,2
	2010	23,2	12	16,4	37,9	71	1,2

3.1.4. Deneme Materyali

Çalışmada bölgede yaygın olarak tarımı yapılan Carmen, Beyaz Altın 119, Nazilli 84S pamuk çeşitleri kullanılmıştır (Anonim, 2009). Materyal olarak kullanılan bu çeşitler *G. hirsutum* türüne aittir. Kullanılan pamuk çeşitlerine ilişkin bazı morfolojik özellikler aşağıda verilmiştir (Çiçek ve Kaynak, 2008; Kılıçkan, 2008; Anonim, 2011h).

Carmen

Çırcır Randımanı (%)	: 40
100 Tohum Ağırlığı (g)	: 11,7
Lif Uzunluğu (mm)	: 30
Lif İnceliği (micronaire)	: 4,6
Lif Mukavemeti (g/tex)	: 33,8

Beyaz Altın 119

Çırcır Randımanı (%)	: 43,0
100 Tohum Ağırlığı (g)	: 11,2
Lif Uzunluğu (mm)	: 29,0
Lif İnceliği (micronaire)	: 4,35
Lif Mukavemeti (g/tex)	: 34,0

Nazilli 84S

Çırcır Randımanı (%)	: 42,2
100 Tohum Ağırlığı (g)	: 10,9
Lif Uzunluğu (mm)	: 29,1
Lif İnceliği (micronaire)	: 5,0
Lif Mukavemeti (g/tex)	: 30,5

3.2. Yöntem

Çalışmanın yürütülmesinde kullanılan yöntemler, termal etkili yaprak dökücü makinanın tasarım ve imalatı, mukavemet analizleri, hava ve termal akış analizleri, makinanın ergonomisinin belirlenmesi, işletme maliyetlerinin hesaplanması ve tarla denemeleri, ana başlıkları altında ele alınmıştır.

3.2.1. Termal Etkili Yaprak Dökücü Makina İmalatı

Termal etkili yaprak dökücü makina tasarlanırken öncelikli olarak aşağıdaki beklentiler ele alınmıştır.

- Pamuk yapraklarını termal şokla öldürebilmeli,
- Traktör tarafından çekilebilen, manevra ettirilebilen ağırlık ve ölçüde olmalı,
- Çalışma sırasında ihtiyaç duyacağı enerji kaynağını (elektrik, yakacağı yakıtı) kendi üzerinde sağlayabilmeli,
- Bitki sıra arasında ve arazide kolaylıkla hareket edebilmeli,

Bu beklentilere yönelik olarak traktörün üç nokta askı sisteminin alt bağlantı kollarına asılarak çekilen, sağlam bir şaseye sahip iki tekerlekli bir prototip makina imalatına geçilmiştir.

Prototip makinanın imalatında mümkün olduğunca hafif konstrüksiyona ve şase üzerinde dengeli bir dağılımı sağlayacak yerleşim gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Termal etkili yaprak dökücü makinaya ilişkin görselleştirilmiş (render) üç boyutlu çizim Şekil 3.16.'da, genel ölçülerinin verildiği çizimler ise Ek-1'de sunulmuştur.



Şekil 3.16. Termal etkili yaprak dökücü prototip makinaya ilişkin görselleştirilmiş (Render) üç boyutlu bilgisayar çizimi

Termal etkili yaprak dökücü makinanın ana şasisi Uzel Makina A.Ş. firmasında imal edilmiş olup, makinanın diğer sac ve profil işçiliği ile makina elamanlarının montajı Alpler A.Ş. (Aydın) firmasının atölyelerinde tamamlanmıştır. İmalata ait bazı fotoğraflar Şekil 3.17.'de verilmiştir.



Şekil 3.17. Termal etkili yaprak dökücü prototip makinanın imalatına ilişkin fotoğraflar

Yanma odasında 60x60x5 mm'lik köşebent ile oluşturulmuş kafes, 3 mm'lik sacla kaplanmış olup, iç yüzeyinde 80 mm'lik taş yünü yalıtım malzemesi ile hem brülörün elektronik aksamının zarar görmemesi hem de üretilen ısının muhafaza edilmesi amacıyla ısı yalıtımı sağlanmıştır. Sıcak havanın bitkiye yönlendirildiği sıcak hava kanalı ve bitkiden geçen havanın emildiği soğuk hava kanalının imalatında ise 30x30x1 mm'lik kutu profilden oluşturulmuş kafes yapı kullanılmış ve 1,5 mm'lik sacla kaplanmıştır. Autocad® 2007 deneme sürümü programında makinaryı oluşturan sac ve profil malzemelerin 2B/3B teknik resimleri çizilmiş ve imalat sırasında eş zamanlı olarak makina üzerinde, makinanın etkinliğini artırma yönünde düzenlemelere gidilmiştir (Nalbant, 2000; Fındık, 2010; Aydın ve ark. 2011). Prototip makina imalatında kullanılan malzemeler ve malzeme özellikleri Çizelge 3.7.'de verilmiştir (Akkurt, 1994a; Genceli, 1998; Odabaş, 2004; Anonim, 2008; Kutay, 2009; Anonim, 2012d).

Çizelge 3.7. Prototip makina imalatında kullanılan malzemelere ilişkin bazı mekanik ve fiziksel özellikler

Malzeme	Prototip makina üzerinde kullanıldığı yer	Akma dayanımı (daN/mm ²)	Kopma Dayanımı (daN/mm ²)	Isıl iletkenlik katsayısı (W/mK)	Termal genleşme katsayısı (µm/m8C)
St 37-2	Sıcak hava kanalı, soğuk hava kanalı iç çerçevelerindeki profillerde ve sac yüzeylerde	23	36-44	44	0,000012
St 52-3	Ana şase çerçevesi, tekerlek çatı bağlantı ayaklarında	35	51-61	44	0,000012
304L	Brülörün oluşturduğu alevin kopmasını engellemek amacıyla	21	55	15,7	16,6
St 70	Poyraların ayaklara bağlantısındaki millerde	36	69-85	44	0,000012
Taş yünü	Yanma odası yalıtımında	-	-	0,040	-

Yüksek ısıdan dolayı ortaya çıkabilecek şekil değiştirmeleri en aza indirmek amacıyla, konstrüksiyonun yapımında mümkün olduğunca kaynak yerine cıvata/vida bağlantıları tercih edilmiş ve etkili sıcak havanın kaçabileceği tüm açıklıklar yüksek ısıya (300 °C'ye kadar) dayanıklı silikon malzeme ile kapatılmıştır. Makina aksamalarını, korozyona karşı koruyabilmek amacıyla yüksek ısıya (600 °C'ye kadar) dayanıklı boya ile boyanmıştır.

Termal etkili yaprak dökücü makinanın imalatı; makinanın mekaniği, mukavemet hesapları, brülör seçimi, fan seçimi, hidrolik tahrik sisteminin belirlenmesi, başlıkları altında detaylı olarak ele alınmıştır.

3.2.1.1. Termal etkili yaprak dökücü makinanın mekaniği

Termal etkili yaprak dökücü makinanın stabilitesinin belirlenebilmesi için makina ağırlığı, tekerleklere gelen yük, çeki noktasına gelen yük ve ağırlık merkezinin yeri belirlenmiştir (Tunalıgil ve Eker, 1985; Deligönül, 1995).

Termal yaprak dökücü makina elektronik kantara çıkarılarak, statik halde ağırlığı; makina şasesi yere paralel olana kadar çeki noktasından kaldırılarak, tekerleklere gelen toplam yük; makinanın sol tekeri kantar dışında sağ tekeri kantar üstünde ve makina şasesi yere paralel olduğu halde sağ teker üzerindeki yük belirlenmiştir. Mesnet noktalarında gelen yükler ve ağırlık merkezinin yerine ilişkin çizimler, Şekil 3.18., Şekil 3.19., Şekil 3.20. ve Şekil 3.21.'de verilmiştir. Buradan, mesnet noktalarına gelen yüklerin hesaplanmasında 3.1 nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$W_a = F_{\zeta n} + F_{top} \quad (3.1)$$

Burada,

W_a : Termal etkili yaprak dökücü makinanın ağırlığı (daN)

$F_{\zeta n}$: Çeki noktasına gelen düşey yük (daN)

F_{top} : Tekerleklere gelen toplam yük (daN)

$$F_{top} = F_{sol} + F_{sağ} \quad (3.2)$$

Burada,

F_{top} : Tekerleklere gelen toplam yük (daN)

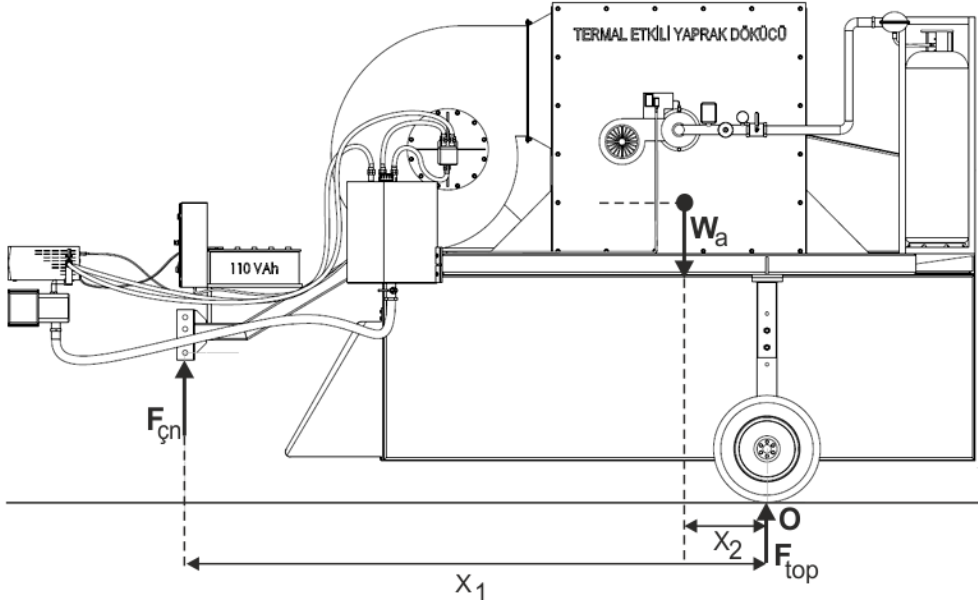
F_{sol} : İlerleme yönünde sol tekerleğe gelen yük (daN)

$F_{sağ}$: İlerleme yönünde sağ tekerleğe gelen yük (daN)

Çeki noktasına gelen yükün çekilen aracın ağırlığının %20 sini geçmemesi istenir. 3.3 nolu eşitlikle kontrolü yapılmıştır.

$$F_{\zeta n} \leq 0,20 \cdot W_a \quad (3.3)$$

Makinanın ağırlık merkezinin belirlenmesinde 3.4, 3.5 ve 3.6 nolu eşitlikler kullanılmıştır.



Şekil 3.18. Termal etkili yaprak dökücü makina üzerindeki kuvvetler (makinanın sağdan görünüşü)

Ağırlık merkezinin tekerlek merkezine olan yatay uzaklığı 3.4 nolu eşitlikle belirlenmiştir.

$$\sum M_o = 0$$

$$X_2 = \frac{F_{\text{çn}} \cdot X_1}{W_a} \quad (3.4)$$

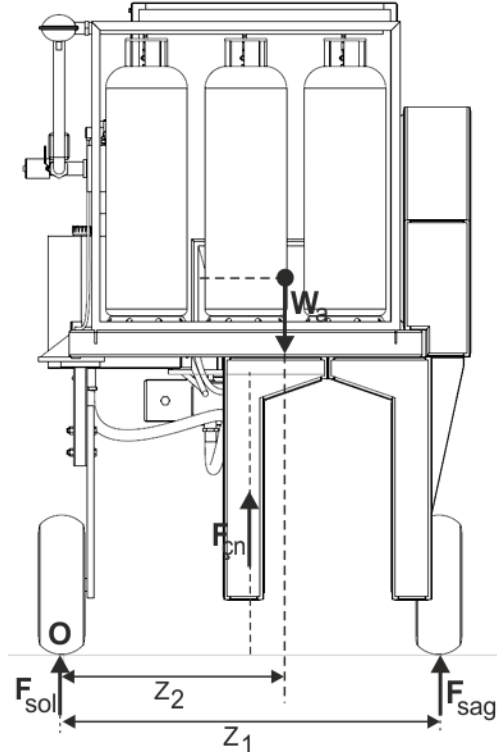
Burada,

X_2 : Ağırlık merkezinin tekerlek merkezine olan yatay uzaklığı (mm)

$F_{\text{çn}}$: Çeki noktasına gelen düşey yük (daN)

X_1 : Çeki noktası ile tekerlek merkezi arası yatay mesafe (mm)

W_a : Termal etkili yaprak dökücü makinanın ağırlığı (daN)



Şekil 3.20. Termal etkili yaprak dökücü makina üzerindeki kuvvetler (makinanın arkadan görünüşü)

Çeki noktasına gelen düşey kuvvetin makinanın simetri ekseninde olduğu kabul edilerek, ağırlık merkezinin sol tekerleğe olan yatay uzaklığı 3.6 nolu eşitlikle belirlenmiştir.

$$\sum M_o = 0$$

$$Z_2 = \frac{Z_1}{W_a} \cdot \left(F_{sağ} + \frac{F_{çn}}{2} \right) \quad (3.6)$$

Burada,

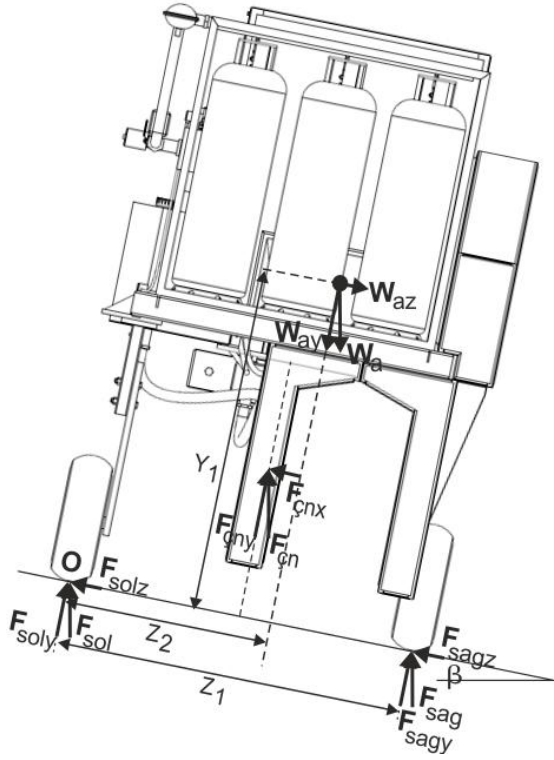
Z_2 : Ağırlık merkezinin sol tekerleğe olan yatay uzaklığı (mm)

Z_1 : Tekerlekler arası yatay mesafe (iz genişliği) (mm)

W_a : Termal etkili yaprak dökücü makinanın ağırlığı (daN)

$F_{sağ}$: Sağ tekerleğe gelen düşey yük (daN)

$F_{çn}$: Çeki noktasına gelen düşey yük (daN)



Şekil 3.21. Termal etkili yaprak dökücü makina yatayla β açısı yaptığında üzerindeki kuvvetler (arka görünüş)

Termal etkili yaprak dökücü makinanın yanıl stabilite açısı 3.7 nolu eşitlikle hesaplanabilmektedir.

Yanal stabilite için,

$$\beta \leq \tan^{-1} \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Y_1} \right) \quad (3.7)$$

olmalıdır.

β : Yanal stabilite için statik halde müsaade edilen açı

Z_1 : Tekerlekler arası yatay mesafe (iz genişliği) (mm)

Z_2 : Ağırlık merkezinin sol tekerleğe olan yatay uzaklığı (mm)

Y_1 : Ağırlık merkezinin tekerlek mesnet noktasına olan düşey uzaklığı (mm)

Termal etkili yaprak dökücü makinayı çekmek için gereksinim duyulan çeki kuvveti ihtiyacı 3.8 nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$F_{\zeta} = F_{yu} + F_i \quad (3.8)$$

Yuvarlanma direncini yenmek için gerekli kuvvet eşitlik 3.9 ile hesaplanmıştır.

$$F_{yu} = W_a \cdot f \quad (3.9)$$

Burada,

F_{yu} : Yuvarlanma direncini yenmek için gerekli kuvvet (daN)

W_a : Termal etkili yaprak dökücü makinanın ağırlığı (daN)

f: Yuvarlanma direnci katsayısı

Yuvarlanma direnci katsayı 3 tonluk tarım arabası ve değişik zemin koşulları için Çizelge 3.8.'de verilmiştir (Tunalıgil ve Eker, 1985).

Çizelge 3.8. Farklı zemin koşulları için yuvarlanma direnci katsayısı

Zemin koşulları	Yuvarlanma direnci katsayısı (f)
Asfalt yol	0,014
Toprak yol	0,048
Anız	0,080
Sürülmüş tarla	0,096

Makinanın ivmelenmesi için gerekli kuvvet ise 3.10 nolu eşitlikle belirlenmiştir.

$$F_i = \frac{W_a}{g} \cdot a \quad (3.10)$$

Burada,

F_i : Makinanın ivmelenmesi için gerekli kuvvet (daN)

W_a : Makinanın ağırlığı (daN)

g: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

a: Makinanın ilerleme ivmesi (m/s^2)

Böylelikle çeki kuvveti ihtiyacı 3.11 nolu eşitlikteki halini alır.

$$F_{\zeta} = W_a \cdot \left(f + \frac{a}{g} \right) \quad (3.11)$$

Burada,

F_{ζ} : Gereksinim duyulan çeki kuvveti ihtiyacı (daN)

W_a : Termal etkili yaprak dökücü makinanın ağırlığı (daN)

f : Yuvarlanma direnci

a : Makinanın ilerleme ivmesi (m/s^2)

g : Yer çekimi ivmesi (m/s^2)

Gerekli çeki gücü ise, 3.12 nolu eşitlikle hesaplanabilir.

$$P_m = \frac{F_{\zeta} \cdot v_m}{3600} \quad (3.12)$$

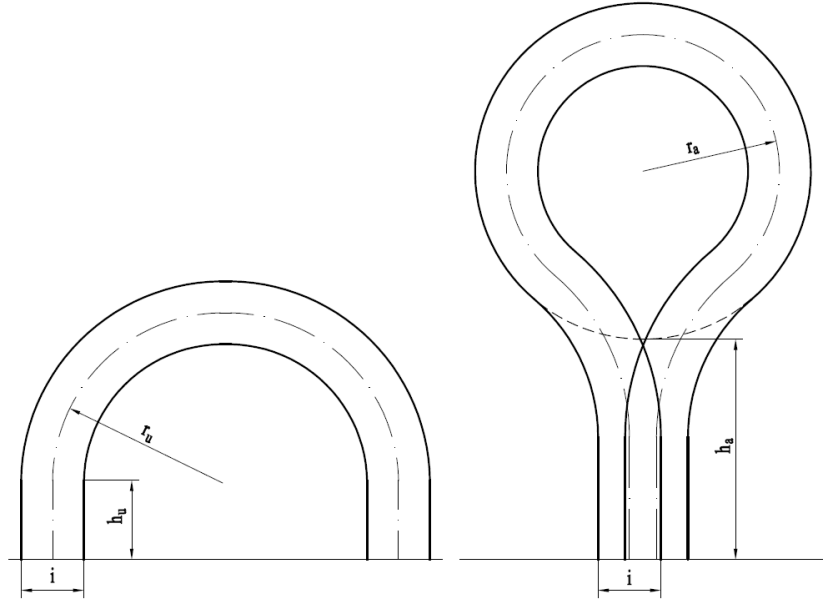
Burada,

P_m : İhtiyaç duyulan çeki gücü (kW)

F_{ζ} : Çeki kuvveti (N)

v_m : Makina ilerleme hızı (km/h)

Yapılan hesaplamalar ışığında termal etkili yaprak dökücü makinayı çekecek/çalıştıracak traktör seçilmiştir. Seçilen traktör ile makina ikilisinin manevra kabiliyetleri, “U” ve “Ampulvari” dönüşlerine ilişkin dönme dairesi yarıçapları belirlenmiş ve bulgular bölümünde verilmiştir (Şekil 3.22.).



Şekil 3.22. “U” ve “Ampulvari” dönüşlere ilişkin gösterim

Traktör-Termal yaprak dökücü makina, bitki sıra bitimi ve deneme tarlası sınırı arasında (yastık başı alanında) dönüş yapma imkânına sahiptir. Bu alanda “ampulvari” dönüşte “U” dönüşüne göre daha fazla genişliğe ihtiyaç duyulmaktadır.

İhtiyaç duyulan yastık başı mesafesi “U” dönüş için 3.13 nolu eşitlikle, “ampulvari” dönüş için ise 3.14 nolu eşitlikle belirlenmiştir.

$$L_{yu} = h_u + r_u + \frac{i}{2} \quad (3.13)$$

Burada,

L_{yu} : “U” dönüş için gerekli minimum yastık genişliği (m)

h_u : “U” dönüş için traktör-thermal yaprak dökücü makina ikilisinin bitki sırasından çıkması için gereken mesafe (m)

r_u : Traktör-thermal yaprak dökücü makina dönme dairesi yarıçapı (m)

i : Traktör ön tekerlekleri arası iz genişliği (m)

$$L_{ya} = h_a + r_a + i \quad (3.14)$$

Burada,

L_{ya} : “Ampulvari” dönüş için gerekli minimum yastık genişliği (m)

h_a : “Ampulvari” dönüş için traktör-termal yaprak dökücü makina ikilisinin bitki sırasından çıkması için gereken mesafe (m)

r_a : Traktör-termal yaprak dökücü makina dönme dairesi yarıçapı (m)

i : Traktör ön tekerlekleri arası iz genişliği (m)

Dönüşlerdeki zaman kaybını azaltmak ve deneme parselindeki alanı daha verimli kullanabilmek için, denemelerde dönüşler en küçük “U” şeklinde yapılmaya çalışılmıştır.

3.2.1.2. Termal etkili yaprak dökücü makinanın mukavemet hesapları

Makina imalatına geçilmeden önce, imalatta kullanılacak olan sac, profil, makina elemanları, lpg tüpleri ve diğer makina aksamlarının ağırlıklarından yola çıkarak makina üzerinde statik halde oluşabilecek maksimum yük ön görülmüştür. Makinanın ön mukavemet hesapları ön görülen yüke göre yapılmıştır. Prototip makinanın imalatının tamamlanmasından sonra, makinanın statik ağırlığı ve mesnet noktalarına gelen yükler belirlenerek mukavemet hesaplarının kontrolü yapılmıştır (Akkurt, 1994a; Akkurt, 1994b; Sandor ve ark., 1999; Gürhan ve ark. 2000; Erim, 2001; Binici, 2004; Megson, 2005; Sadd, 2005; Acar ve Denктаş, 2008; Babalık, 2008; Yıldırım ve Kök, 2008).

Prototip makina üzerindeki kuvvetlerin oluşturduğu çeki/bası gerilmeleri 3.15 nolu eşitlik ile belirlenmiştir.

$$\sigma_{\zeta,b} = \frac{F_{\zeta,b}}{A} \quad (3.15)$$

Burada,

$\sigma_{\zeta,b}$: Çeki/bası gerilmesi (daN/mm²)

$F_{\zeta,b}$: Çeki/basıya çalışan kuvvet (daN)

A: Kuvvete dik olan kesit alanı (mm²)

Çentik faktörü ise 3.16 nolu eşitlikle belirlenir.

$$K_{\zeta} = 1 + q \cdot (K_t - 1) \quad (3.16)$$

Burada,

K_{ζ} : Çentik faktörü

K_t : Teorik çentik faktörü

q : Çentik hassasiyet faktörü

Prototip makina üzerinde eğilmeye maruz makina elemanlarında oluşan eğilme gerilmeleri 3.17 nolu formül ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} \quad (3.17)$$

Burada,

σ_e : Eğilme gerilmesi (daN/mm²)

M_e : Eğilme momenti (daNmm)

W_e : Eğilme (eksenel) direnç momenti (mm³)

Eğilme momentini hem yatay hem düşey kuvvetlerin oluşturduğu durumlarda,

$$M_e = \sqrt{M_v^2 + M_h^2} \quad (3.18)$$

$$M_v = F_v \cdot l_e \quad (3.19)$$

$$M_h = F_h \cdot l_e \quad (3.20)$$

Burada,

M_v : Düşey eğilme momenti (daNmm)

M_h : Yatay eğilme momenti (daNmm)

l_e : Uygulanan kuvvet ile elemanın sabitlendiği mesnet arası mesafe (mm)

F_v : Düşey kuvvet (daN)

F_h : Yatay kuvvet (daN)

Prototip makina üzerinde kesmeye çalışan kuvvetlerin oluşturduğu kayma gerilmeleri 3.21 nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\tau_k = \frac{F_k}{A} \quad (3.21)$$

Burada,

τ_k : Kayma gerilmesi (daN/mm²)

F_k : Kesmeye çalışan kuvvet (daN)

A: Kuvvetin kesmeye çalıştığı kesit alan (mm²)

Maksimum biçim değiştirme enerjisi varsayımına göre, hem eğilme hem de burulmaya çalışan makina elemanlarında oluşan eşdeğer gerilme 3.22 nolu eşitlikle, eşdeğer moment ise 3.24 nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma_e^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \quad (3.22)$$

Burada,

σ_B : Eşdeğer gerilme (daN/mm²)

σ_e : Eğilme gerilmesi (daN/mm²)

τ_b : Burulma gerilmesi (daN/mm²)

Burulma gerilmesi 3.23 nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p} \quad (3.23)$$

Burada,

τ_b : Burulma gerilmesi (daN/mm²)

M_b : Burulma momenti (daNmm)

W_p : Burulma (kutupsal) direnç momenti (mm³)

$$M_B = \sqrt{M_e^2 + 0,75 \cdot M_b^2} \quad (3.24)$$

Burada,

M_B : Eşdeğer moment (daNmm)

M_c : Eğilme momenti (daNmm)

M_b : Burulma momenti (daNmm)

Oluşan gerilmelerin malzemenin emniyet gerilmesinden küçük ya da eşit olması gerekmektedir.

$$\sigma \leq \sigma_{em} \quad (3.25)$$

Tam değişken zorlanma halinde malzemenin emniyet gerilmesi 3.26 nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_{em} = \frac{K_y \cdot K_b \cdot 0,5 \cdot \sigma_k}{K_c \cdot S} \quad (3.26)$$

Burada,

σ_{em} : Emniyet gerilmesi (daN/mm²)

K_y : Yüzey pürüzlülük faktörü

K_b : Boyut faktörü

σ_k : Malzemenin kopma mukavemet sınırı (daN/mm²)

K_c : Çentik faktörü

S : Emniyet katsayısı

Emniyetli mil çapının hesabında 3.27 nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot \sigma_{em}}} \quad (3.27)$$

Burada,

d : Mil çapı (mm)

M : Mil üzerinde oluşan moment (daNmm)

σ_{em} : Emniyet gerilmesi (daN/mm²)

Tam değişken zorlanma durumunda kaynak kontrolünde emniyet gerilmesinin hesaplanmasında 3.28 nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$\sigma_{kem} = \frac{K_k \cdot \sigma_{kk}}{K_{k\check{c}} \cdot S} \quad (3.28)$$

Burada,

σ_{kem} : Kaynağın emniyet gerilmesi (daN/mm²)

K_k : Kaynak kalite faktörü

$K_{k\check{c}}$: Kaynak çentik faktörü

σ_{kk} : Kaynak malzemesinin mukavemet sınırı (daN/mm²)

S: Emniyet katsayısı

Isıya maruz kalan makina elemanlarında sıcaklıktan dolayı oluşan gerilmeler 3.29 nolu eşitlik ile belirlenmiştir.

$$\sigma_t = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (3.29)$$

Burada,

σ_t : Termal gerilme (daN/mm²)

E: Elastisite modülü (daN/mm²)

α : Termal genleşme katsayısı (°C⁻¹)

ΔT : Sıcaklık farkı (°C)

Sıcaklıktan dolayı oluşan yer değiştirme miktarı (uzama/kısalma) 3.30 nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \quad (3.30)$$

Burada,

ΔL : Yer değiştirme (uzama/kısalma) miktarı (mm)

α : Termal genleşme katsayısı (°C⁻¹)

ΔT : Sıcaklık farkı (°C)

L: Eleman uzunluğu (mm)

Sıcaklıktan oluşan termal gerilmelerin doğurduğu kuvvet 3.31 nolu eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

$$F_t = A \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (3.31)$$

Burada,

F_t : Termal gerilmeden doğan kuvvet (daN)

A: Kuvvete dik olan kesit alanı (mm²)

E: Elastisite modülü (daN/mm²)

α : Termal genleşme katsayısı (°C⁻¹)

ΔT : Sıcaklık farkı (°C)

3.2.1.3. Brülör seçimi

Bitkiye verilecek ısı enerjisini sağlayacak olan brülör, termal etkili yaprak dökücü makinanın en önemli elemanlarından biridir. İhtiyaç duyulan ısı enerjisini sağlamanın yanı sıra, brülörün seçiminde dikkat edilen konuların başında brülörün;

- Kullandığı yakıtın atık bırakmaması,
- Kullandığı yakıtın pratik bir şekilde depolanıp taşınabilmesi,
- Sıcaklık değişimlerine duyarlı olup, verilen ısı enerjisini otomatik olarak hassas bir şekilde kendi ayarlayabilir olması gelmektedir.

Bu kriterlere yönelik olarak, çevreci ve kullanımı kolay olan likit petrol gazı (LPG) ile çalışabilen, oransal olarak otomatik kendini kumanda edebilen bir brülör tercih edilmiştir (Anonim, 2011c).

Termal etkili yaprak dökücü makinada meydana gelen ısı transferleri Şekil 3.23.'te gösterilmiştir.

Brülör kapasitesinin hesaplanmasında 3.32 nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 - q_g \quad (3.32)$$

Burada,

Q : Brülör kapasitesi (W)

q_1 : Yanma odasından dış ortama geçen ısı transferi (W)

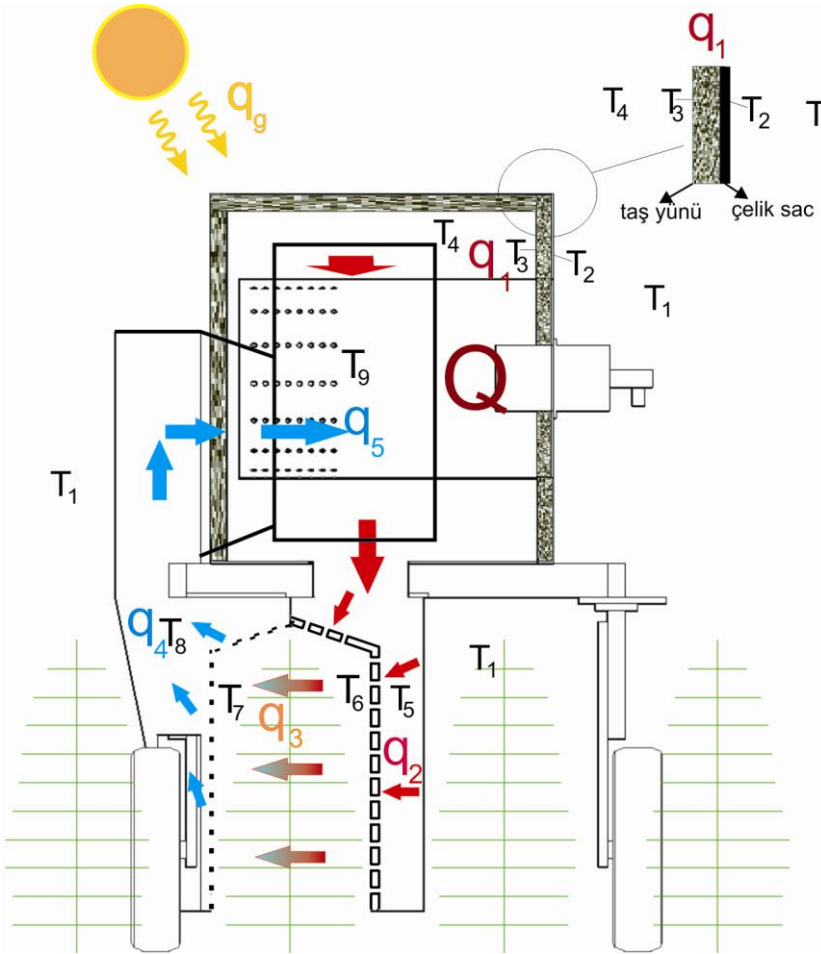
q_2 : Sıcak hava kanalından dış ortama geçen ısı transferi (W)

q_3 : Bitkiye verilen ısı enerjisi miktarı (W)

q_4 : Soğuk hava kanalından dış ortama geçen ısı transferi (W)

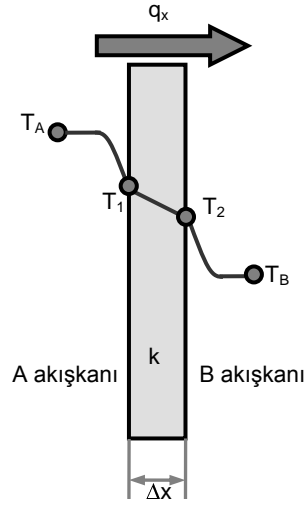
q_5 : Fandan dış ortama geçen ısı transferi (W)

q_g : Güneşten makina üzerine gelen ısı miktarı (W)



Şekil 3.23. Termal etkili yaprak dökücü prototip makinada ortaya çıkan ısı transferleri

Termal etkili yaprak dökücü makinada tek katmanlı elemanlar (sıcak hava kanalı, q_2 ; soğuk hava kanalı, q_3 ; fan, q_5) ve iki katmanlı eleman (yanma odası, q_1) için karma ısı transferi (taşınım+iletim) durumu söz konusu olup, tek katmanlı bir elemanda meydana gelen ısı transferi Şekil 3.24.'te, iki katmanlı bir elemanda meydana gelen ısı transferi Şekil 3.25.'te gösterilmiştir (Aybers, 1990; Tosun, 2002; Geankoplis, 2003; Çengel, 2003; Çengel ve Boles, 2008).



Şekil 3.24. Tek katmanlı elemanlarda oluşan karma ısı transferi

Tek katmanlı elemanlarda oluşan karma ısı transferi 3.33 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$q_x = U \cdot A \cdot (T_A - T_B) \quad (3.33)$$

Burada,

q_x : Birim zamandaki ısı transferi miktarı (W)

U: Karma ısı transfer katsayısı ($W/m^2 \cdot K$)

A: Isı transferinin gerçekleştiği yüzey alan (m^2)

T_A : A akışkanının sıcaklığı (K)

T_B : B akışkanının sıcaklığı (K)

Karma ısı transferi katsayısı 3.34 nolu eşitlik yardımıyla bulunmuştur.

$$\frac{1}{U} = \left(\frac{1}{h_A} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_B} \right) \quad (3.34)$$

Burada,

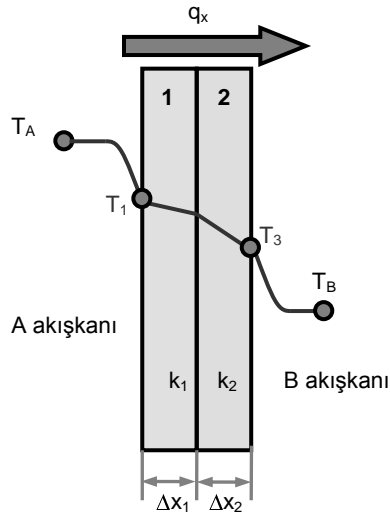
U: Karma ısı transferi katsayısı ($W/m^2 \cdot K$)

h_A : A akışkanın ısı transfer katsayısı ($W/m^2 \cdot K$)

Δx : Elemanın kalınlığı (m)

k: Elemanın ısı iletim katsayısı ($W/m \cdot K$)

h_B : B akışkanının ısı transfer katsayısı ($W/m^2 \cdot K$)



Şekil 3.25. İki katmanlı elemanlarda oluşan karma ısı transferi

İki katmanlı elemanda (q_x , yanma odası) birim zamanda meydana gelen ısı transfer miktarı 3.35 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$q_x = \frac{T_A - T_B}{R_T} \quad (3.35)$$

Burada,

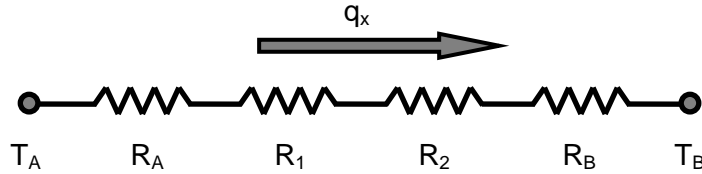
q_x : Birim zamandaki ısı transferi miktarı (W)

T_A : A akışkanının sıcaklığı (K)

T_B : B akışkanının sıcaklığı (K)

R_T : Toplam direnç (W)

Farklı malzeme tabakalarından oluşturulmuş bir duvarda, ısı transferi sırasında her bir katmanın bir direnç oluşturduğundan yola çıkarak, elektrik antolojisindeki seri bağlı direnç benzeşimiyle problemlere yaklaşmak mümkündür (Tosun, 2002) (Şekil 3.26.)



Şekil 3.26. İki katmanlı elemanlarda oluşan karma ısı transferi elektrik antolojisi

Her bir katmanın oluşturduğu dirençler 3.36, 3.37, 3.38 ve 3.39 nolu eşitliklerle hesaplanabilir (Geankoplis, 2003).

$$R_A = \frac{1}{h_A \cdot A} \quad (3.36)$$

$$R_1 = \frac{\Delta x_1}{k_1 \cdot A} \quad (3.37)$$

$$R_2 = \frac{\Delta x_2}{k_2 \cdot A} \quad (3.38)$$

$$R_B = \frac{1}{h_B \cdot A} \quad (3.39)$$

Buradan toplam direnç (R_T),

$$R_T = \frac{1}{U \cdot A} = \frac{1}{A} \cdot \left(\frac{1}{h_A} + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{1}{h_B} \right) \quad (3.40)$$

Burada,

R_T : Toplam direnç (W)

U : Karma ısı transferi katsayısı ($W/m^2 \cdot K$)

A : Isı transferinin gerçekleştiği yüzey alan (m^2)

h_A : A akışkanın ısı transfer katsayısı ($W/m^2 \cdot K$)

Δx_1 : 1. Katmanın kalınlığı (m)

k_1 : 1. Katmanı oluşturan malzemenin ısı iletim katsayısı ($W/m \cdot K$)

Δx_2 : 2. Katmanın kalınlığı (m)

k_2 : 2. Katmanı oluşturan malzemenin ısı iletim katsayısı ($W/m \cdot K$)

h_B : B akışkanının ısı transfer katsayısı ($W/m^2 \cdot K$)

Termal uygulama arazide yapılacağında dolayı güneşten termal etkili yaprak dökücü makina üzerine düşen enerji miktarı da göz önünde bulundurularak 3.41 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$q_g = I_0 \cdot A_m \quad (3.41)$$

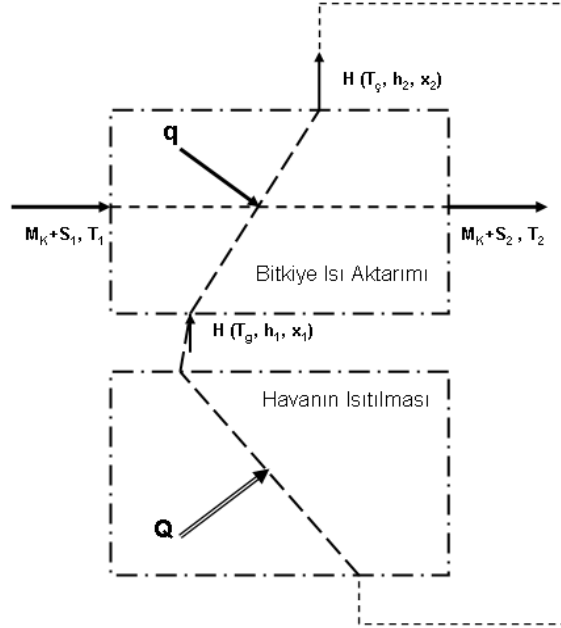
Burada,

q_g : Güneşten kazanılan enerji miktarı (W)

I_0 : Güneş enerjisi miktarı (W/m^2)

A_m : Termal etkili yaprak dökücü makinanın güneş gören yüzey alanı (m^2)

Pamuk bitkisi üzerindeki yaprakların termal etkili yaprak dökücü makinanın bir geçişinde termal şokla ölmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yaprak ve yaprak saplarının bünyesindeki suyun hızlı bir şekilde bitkiden uzaklaştırılması için, ihtiyaç duyulan ısı miktarının belirlenmesinde termodinamik ve kurutma eşitliklerinden yararlanılmıştır (Ayık, 1985; Okos ve ark., 1992; Ayık, 1995; Yağcıoğlu, 1999; Tosun, 2002; Geankoplis, 2003; Tunçer, 2006). Termal yaprak dökücü makina ile yapılan kurutma işi Şekil 3.27.'de verilmiştir.



Şekil 3.27. Termal yaprak dökücü ile kurutma

Isıtılan hava yüksek sıcaklıkta bitki akış yönüne dik bir şekilde bitki sırası üzerinden geçmeye zorlanmaktadır. Bu sırada üzerindeki ısı enerjisini bitkiye aktarmakta ve bitkiyi kütle transferine zorlamaktadır. Şekil 3.27.'de, Q , kurutmada kullanılacak havanın ısıtılması için gerekli ısı miktarını; q , bitki yaprakları ve yaprak sapları (ürüne) aktarılan ısı miktarını; M_K , üründeki kuru madde miktarını; S_1 , ürünün başlangıçtaki su içeriğini; T_1 , ürünün başlangıçtaki sıcaklığını; S_2 , ürünün makinadan çıktıktan sonraki su içeriğini (denge nemi); T_2 , ürünün makinadan çıktığı andaki sıcaklığını; H , kurutma havasının miktarını; T_g , kurutma havasının ürüne giriş sıcaklığını; h_1 , kurutma havasının ürüne girişteki entalpisini; x_1 , kurutma havasının ürüne giriş nemini; T_g , kurutma havasının üründen ayrılma sıcaklığını; h_2 , kurutma havasının ürün çıkışındaki entalpisini; x_2 , kurutma havasının ürün çıkışındaki nemini ifade etmektedir. Prototip makina ile amaçlanan bitki yapraklarını öldürüp, dökülmelerini sağlamak olduğundan, bitki yapraklarındaki suyun tamamını buharlaştırmaya çalışmaktansa, bitki özsuyu sıcaklığını kaynama noktasına getirerek bitkinin şoklanması ve bitkinin yeşil aksamının kurumasının sağlanabileceği düşünülmüştür.

Bitkideki suyu buharlaşma noktasına getirmek için verilmesi gereken enerji miktarı 3.42 nolu eşitlikle hesaplanabilir (Okos ve ark., 1992; Tosun, 2002; Geankoplis, 2003; Çengel ve Boles, 2008).

$$q = \int_{t_1}^{t_2} q_x \cdot dt \quad (3.42)$$

Uygulama süresince verilen ısı enerjisinin sabit olduğu düşünülürse, 3.43 nolu eşitlik ile birim zamanda ihtiyaç duyulan enerji miktarı hesaplanabilecektir.

$$q_x = \frac{q}{\Delta t} \quad (3.43)$$

Burada,

q_x : Birim zamanda verilmesi gereken enerji miktarı (kW)

q : Verilmesi gereken enerji miktarı (kJ)

Δt : Uygulama süresi (s)

Tünel içindeki bitkilere verilmesi gereken enerji miktarı 3.44 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$q = M_s \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (3.44)$$

Burada,

q : Tünel içindeki bitkiye verilmesi gereken enerji miktarı (kJ)

M_s : Tünel içindeki bitki yapraklarından buharlaştırılacak toplam su miktarı (kg)

c_p : Sabit basınçta suyun özgül ısısı (kJ/kg·K)

T_1 : Bitki yapraklarındaki suyun sıcaklığı (\cong yaprak sıcaklığı) (K)

T_2 : Suyun buharlaşma sıcaklığı (1 atmosfer basınçta 373 K)

$$\Delta t = \frac{L_{tünel}}{v_m} \quad (3.45)$$

Burada,

Δt : Sıcak hava uygulama süresi (s)

$L_{Tünel}$: Tünel uzunluğu (m)

v_m : Makina ilerleme hızı (m/s)

Tünel içine alınan bitki yapraklarındaki toplam su miktarını hesaplayabilmek için öncelikle bir bitkideki yaprak ve yaprak saplarının (ürün) nem içeriği belirlenmiştir. Ürününün etüve konulmadan önceki ağırlığı ($M_{SU}+M_K$), ürünün etüvden çıkarıldıktan sonraki ağırlığı (M_K) olduğu takdirde, ürünün nem içeriği 3.46 nolu eşitlik yardımıyla bulunabilir.

$$N = \frac{M_{SU}}{M_{SU} + M_K} \cdot 100 \quad (3.46)$$

Burada,

N: Ürünün su içeriği (%)

M_{SU} : Üründeki su miktarı (kg)

M_K : Üründeki kuru madde miktarı (kg)

Bitki üzerinde buharlaştırılacak su miktarı 3.47 nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\Delta M = S = M_1 \cdot \frac{N_1 - N_2}{100 - N_2} \quad (3.47)$$

Burada,

$\Delta M, S$: Üründeki ağırlık azalması ya da buharlaştırılan su miktarı (kg)

M_1 : Ürünün başlangıçtaki ağırlığı (kg)

N_1 : Ürünün başlangıçtaki su içeriği (%)

N_2 : Kurutma sonunda ürünün su içeriğini (%)

Tünel içindeki bitki sayısının belirlenmesinde 3.48 nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$n_{Bitki} = \frac{L_{Tünel}}{L_{SÜ}} \quad (3.48)$$

Burada,

n_{Bitki} : Tünel içindeki bitki sayısı

$L_{\text{Tünel}}$: Tünel uzunluğu (m)

$L_{\text{SÜ}}$: Bitki sıra üzeri mesafe (m)

Toplam buharlaştırılacak su miktarı

$$M_S = n_{\text{Bitki}} \cdot S \quad (3.49)$$

Burada,

M_S : Tünel içinde buharlaştırılacak toplam su miktarı (kg)

n_{Bitki} : Tünel içindeki bitki sayısı

S : Bir bitkiden buharlaştırılacak su miktarı (kg)

Brülör tarafından sağlanan ısı enerjisinin koruna bilmesi için, yanma odası içinde taş yünü ile izolasyon sağlanarak, etkin sıcak havanın dolaştığı kanallardaki bağlantı yerlerindeki açıklıklar yüksek ısıya dayanıklı (-60°C - +300°C) silikon conta ile kapatılmıştır.

Brülörün ürettiği ısı enerjisi, brülör fanının ürettiği hava debisi ve hava basıncı değerleri, hava akış ve termal analizlerinde sınır parametreleri içinde kullanılmıştır.

3.2.1.4. Fan seçimi

Bitkilerin üzerine sıcak havayı gönderecek fanın büyüklüğünü belirlemede, bitki üzerinden geçecek havanın hızı önem taşımaktadır. Funk ve ark. (2004a) hava hızının 12,5 m/s seviyelerinde olmasının kozalardaki pamuk liflerine zarar vermediğini bildirmektedir. Fanın temininden sonra, bu hava hızının bitkideki liflere zarar verip vermediği ön denemeler ile kontrol edilmiştir.

Fanın hacimsel debisi 3.50 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Q_{\text{fan}} = A_{\text{lüle}} \cdot n_{\text{lüle}} \cdot v_{\text{hava}} \cdot 3600 \quad (3.50)$$

Burada,

Q_{fan} : Fanın hacimsel debisi (m^3/h)

$A_{lüle}$: Lüle kesit alanı (m^2)

$n_{lüle}$: Lüle sayısı

v_{hava} : Bitki üzerinden geçecek havanın hızı (m/s)

Fan tahriki için gerekli güç 3.51 nolu eşitlikle hesaplanmıştır (Arun ve Akkoç, 1997)

$$P_f = \frac{1}{\eta_f} \cdot P_{tf} \quad (3.51)$$

Burada,

P_f : Fanın tahriki için gerekli güç (kW)

η_f : Fanın çalışma verimi (0,6...0,8)

P_{tf} : Teorik fan gücü (kW)

Teorik fan gücü 3.52 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

$$P_{tf} = Q_{fan} \cdot p_1 \cdot \left(\frac{n}{n-1} \right) \cdot \left[\left(1 + \frac{\Delta p}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (3.52)$$

Küçük basınç üretimleri için 3.53 nolu eşitlik kullanılabilir,

$$P_{tf} \approx Q_{fan} \cdot \Delta p \quad (3.53)$$

Burada,

P_{tf} : Teorik fan gücü (kW)

Q_{fan} : Fanın hacimsel debisi (m^3/s)

p_1 : İlk basınç (kPa)

Δp : Oluşturulacak basınç farkı (kPa)

n : Adyabatik koşullarda hava için, $n=1,4$

Oluşacak basınç farkı 3.54 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

$$\Delta p = \eta_f \cdot \rho_h \cdot u_2^2 \quad (3.54)$$

u_2 Fan çarkının çevresel hızı olup, eşitlik 3.55 ile hesaplanabilir.

$$u_2 = \frac{\pi \cdot d_f \cdot n_f}{60} \quad (3.55)$$

Burada,

Δp : Oluşan basınç farkı (Pa)

η_f : Fanın çalışma verimi (0,6...0,8)

ρ_h : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

u_2 : Fan çarkının çevresel hızı (m/s)

d_f : Fan çarkının çapı (m)

n_f : Fan çarkının devir sayısı (min^{-1})

Fanın ürettiği yüksek debili havanın brülör alevini koparmaması için, yüksek ısıya dayanıklı paslanmaz çelikten alev koruyucu bir namlu imal edilerek, brülör alevini çevreleyecek şekilde konumlandırılmıştır.

Fanın ürettiği havanın hacimsel debisi ve hava basıncı değerleri, hava akış ve termal analizlerinde sınır parametreleri olarak kullanılmıştır.

3.2.1.5. Hidrolik tahrik sisteminin belirlenmesi

Isıtılan sıcak havayı bitki üzerine yönlendiren fanın tahrikinde hidrolik tahrik sistemi kullanılmıştır. Hidrolik tahrik sistemini oluşturan hidrolik pompa, hidrolik motor, hidrolik bağlantı boruları ve hidrolik yağ deposunun büyüklüklerinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Çevik, 1996; Karacan, 2003; Anonim, 2005; Anonim, 2011i).

Dişli pompanın hacimsel debisi 3.56 nolu eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_p = \frac{n \cdot V \cdot \eta_h}{1000} \quad (3.56)$$

Burada,

Q_p : Pompanın hacimsel debisi (l/min)

V : Yer değiştirme hacmi (cm^3)

n : Pompa devir sayısı (min^{-1})

η_h : Hacimsel verim (0,90...0,95)

Hidrolik pompanın işletme basıncı 3.57 nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$p = \frac{M}{V} \quad (3.57)$$

Burada,

p : Basıncı (Pa)

M : Dönme momenti (N·m)

V : Geometrik yer değiştirme hacmi (m^3)

Dişli pompanın yuttuğu gücün belirlenmesinde 3.58 nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M}{60 \cdot \eta_{top}} \quad (3.58)$$

Burada,

P : Pompa gücü (W)

n : Pompa devri (min^{-1})

M : Dönme momenti (N·m)

η_{top} : Toplam verim

$$\eta_{top} = \eta_h \cdot \eta_{hm} \quad (3.59)$$

Burada,

η_{top} : Toplam verim (0,81...0,91)

η_h : Hacimsel verim (0,90...0,95)

η_{hm} : Hidro-mekanik verim (0,90...0,95)

Hidrolik tahrik sisteminde kullanılacak boru veya bağlantı elemanlarının iç çapı 3.60 nolu eşitlikle belirlenmiştir.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot v_a}} \quad (3.60)$$

Burada,

d: Boru veya bağlantı elemanının iç çapı (mm)

Q_p : Pompanın hacimsel debi (l/min)

v_a : Akışkan hızı (m/s)

Hidrolik tahrik sistemindeki bazı basınç değerleri için akışkan hızı (v_a) değerleri Çizelge 3.9.'da sunulmuştur (Çevik, 1996)

Çizelge 3.9. Hidrolik tahrik sistemindeki bazı basınç değerleri için akışkan hızı değerleri

	p (bar)	v_a (m/s)
Basınç hattı	p < 50	4,0
	50 < p < 100	4,5
	100 < p < 150	5,0
	150 < p < 200	5,5
	200 < p < 300	6,0
Emme hattı		1,5
Dönüş hattı		2,0

Hidrolik tahrik sisteminde kullanılacak yağ deposunun hacminin belirlenmesinde, hidro-pompanın 3-5 dakika içinde bastığı yağ miktarı göz önüne alınmaktadır (Çevik, 1996; Karacan, 2003). Buna göre hidrolik tahrik sisteminin minimum yağ deposu hacmi 3.61 nolu eşitlikten faydalanılarak hesaplanmıştır.

$$V_y = 5 \cdot V \cdot n \quad (3.61)$$

Burada,

V_y : Yağ deposu hacmi (m^3)

V : Geometrik yer değiştirme hacmi (m^3)

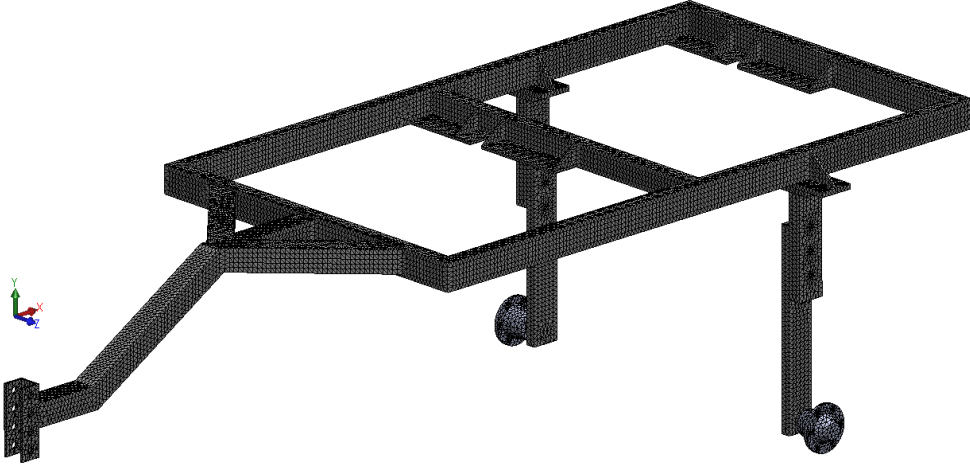
n : Pompa devri (min^{-1})

3.2.2. Makina Mukavemet Analizleri

Termal etkili yaprak dökücü prototip makinanın bütün yükünü taşıyan şasesinin farklı kuvvetler altında zorlanmasını analiz etmek amacıyla sonlu elemanlar yöntemi (SEY) ile analiz yapan bilgisayar destekli tasarım programlarından SolidWorks® Premium 2010 Programı kullanılmıştır (Anonim, 2006c; Turgut ve Turgut, 2009; Anonim, 2010b).

Sonlu elemanlar yönteminin temel yaklaşımı; sıcaklık, basınç, gerilme veya deplasman (yer değiştirme) gibi herhangi bir sürekli büyüklüğün küçük ve sürekli parçaların birleşmesi ile oluşan bir modele dönüştürülmesidir. Sonlu elemanlar yönteminde yapı, davranışı daha önce belirlenmiş olan bir çok elemana bölünür. Elemanlar "düğüm" adı verilen noktalarda tekrar birleştirilerek denklem takımları elde edilir. Elemanlar uygun biçimde seçilmeli ve problemin yapısına uygun olarak yerleştirilmelidir. Değişkenin ani değişim gösterdiği yerlerde elemanlar küçük seçilmelidir. Sonlu elemanlara ayırma işleminden sonra, ifade edilmek istenen büyüklüğün bölge içerisinde değişimini gösteren bir enterpolasyon fonksiyonu belirlenir. Fonksiyon gerçeğe ne kadar yakın seçilirse çözümdeki yaklaşıklıkta o kadar iyi olur (Topçu ve Taşgetiren, 1998; Ergin ve ark., 2000; Chapra ve Canale, 2008)

Laboratuvar ve tarla koşullarından elde edilen ve hesaplanan kuvvet değerleri, malzeme özellikleri, programa tanıtılarak, çalışma koşulları altındaki dayanımı analiz edilmiştir. Termal etkili yaprak dökücü makinanın şasesine ilişkin programın ürettiği ağ (mesh) görüntüsü Şekil 3.28.'de verilmiştir.



Şekil 3.28. Termal etkili yaprak dökücü makinaya ilişkin ağ (mesh) görüntüsü

Yapılan ağın özellikleri aşağıdaki gibidir.

Düğüm noktası sayısı = 235614

Eleman sayısı = 121629

Serbestlik derecesi = 704898

Mukavemet analizlerinde şase üzerinde oluşan maksimum gerilme ve toplam yer değiştirme değerleri ile minimum emniyet katsayısı değerlerinin ortaya çıktığı noktalar incelenmiştir.

3.2.3. Hava ve Termal Akış Analizleri

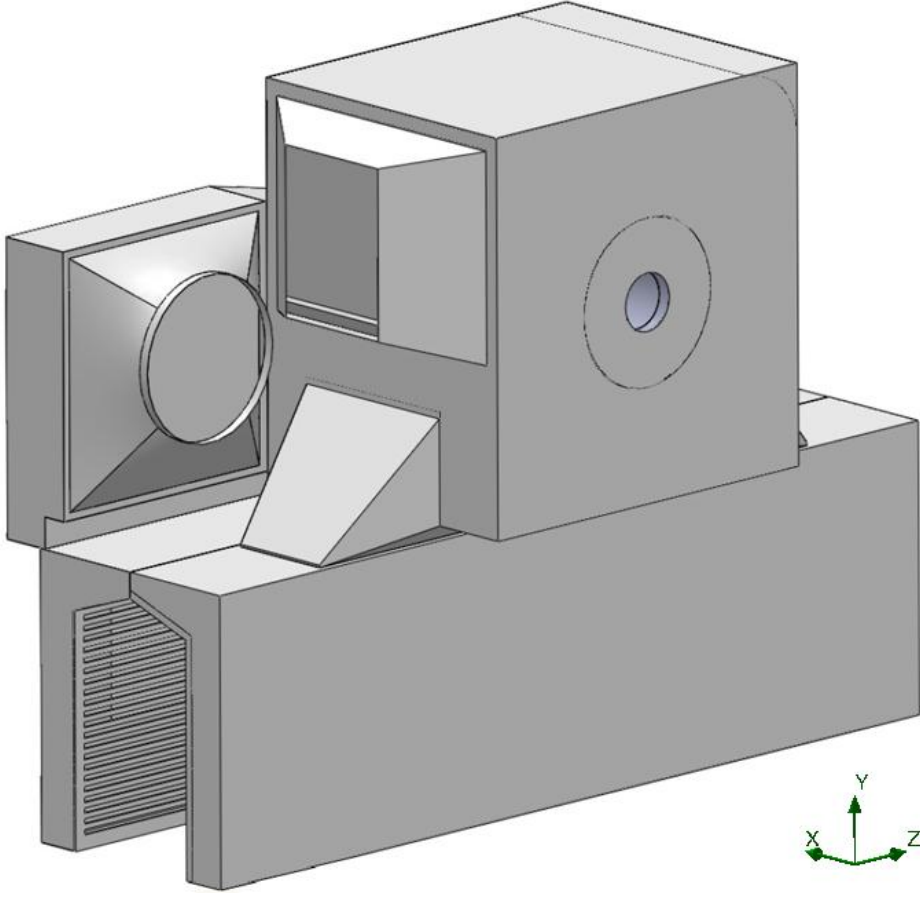
Termal etkili yaprak dökücü prototip makinada hava brülör ile ısıtılıp yüksek debili fanla bitki üzerine gönderilmekte ve bitki üzerinden geçen hava tekrar fanın emiş ağzına yönlendirilmektedir. Bu hava akışının verimli olabilmesi için makina içyapısında keskin köşelerden kaçınılmış ve izolasyon sağlanmıştır.

Hava akış ve termal analizler için, bilgisayar destekli tasarım programlarından SolidWorks® Premium 2010 FloWorks Simulation yazılımı kullanılmıştır (Anonim, 2006c; Anonim 2010b). Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD)

formüllerini kullanarak SEY'ne göre analiz yapan bilgisayar programlarının simülasyon metodolojisi aşağıdaki gibidir.

- Problemin oluştuğu geometri çizilir (bilgisayar destekli tasarım programları kullanılır),
- Ağ (mesh) üretilir. Akışkan hacmi hücrelere ayrılır,
- Fiziksel model tanımlanır (hareket, korunum kanunları vb.),
- Sınır şartları tanımlanır. Gerekirse, sistem iç koşulları da tanımlanır,
- Oluşturulan denklemler sayısal olarak çözülür,
- Analiz görselleştirilerek sunulur.

Termal etkili yaprak dökücü makinanın, bilgisayar ortamında hava akış ve termal analizlerinin yapılabilmesi için, akışın gerçekleştiği geometri, üç boyutlu olarak modellenmiş (Şekil 3.29) ve malzeme özellikleri programa tanıtılmıştır.



Şekil 3.29. Termal etkili yaprak dökücü makina hava akış ve termal analizleri için çizilen üç boyutlu model

Hava akış analizlerinde havanın tamamen türbülanslı olarak aktığı varsayılarak standart türbülans modeli $k-\epsilon$ (türbülans kinetik enerjisi ve viskoz kaybolma değeri) seçilmiş ve prototip makina modeli üzerinde analiz gerçekleştirilmiştir.

Brülörün monte edildiği açıklık, fanın emiş ve üfleme yaptığı ağızlar, sıcak hava tünelinin atmosfere açık yüzeyleri için ölçülen/hesaplanan veriler sınır şartları olarak programa tanıtılmıştır.

Akış ve termal analizlerde, akışkan hızı, akışkan sıcaklığı, akışkan basıncı ve yüzey sıcaklıkları, ısı transferi değerleri incelenmiştir.

3.2.4. Makinanın Ergonomisinin Belirlenmesi

Termal etkili yaprak dökücü makinada, yüksek debili fanın çalışması ve havanın ısıtılması sırasında gürültü ve yüksek ısı ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu olumsuz etkileri kabul edilebilir seviyeye düşürmek için, kumanda-kontrol panosu, operatörün kolaylıkla ulaşımına elverişli yakın bir noktaya konulmuştur. Ayrıca, acil bir durumda brülöre giden elektriğin kesilmesi için voltaj dönüştürücü cihaz operatörün yanına yerleştirilmiştir. Olası kazaları önlemek amacıyla, çalışma sırasında ısınan yüzeyler üzerine, uyarı işaretleri ve yazıları yüksek ısıya dayanıklı boya ile tatbik edilmiştir.

Gürültünün belirlenmesinde ses seviyesi ölçer, ortam sıcaklığının belirlenmesinde ise termometre kullanılmıştır.

Gürültü ölçümleri arazi koşullarında öncelikle termal etkili yaprak dökücü makina çalışmıyorken sadece traktörün oluşturduğu ses basıncı ölçülmüş, daha sonra termal etkili yaprak dökücünün çalışması durumunda eşdeğer ses basıncı seviyesi saptanmıştır. Ölçümler traktör sürücü koltuğunda kulak hizasından alınmıştır (Sabancı, 1981).

Termal yaprak dökücü makina ile çalışmada, etkisinde kalınan gürültüde anlık değişimler olmamaktadır. Ortaya çıkan gürültünün belli seviyede, belli sürelerde, belli sabit düzeyleri oluşmaktadır; bu tip gürültü için eşdeğer ses düzeyi 3.62 nolu eşitlikle bulunabilmektedir (Özgüven, 2000).

$$L_{eq} = 10 \cdot \log \left(\sum t_i \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (3.62)$$

Burada,

L_{eq} : Eşdeğer ses düzeyi (dB)

L_i : i. zaman aralığında ölçülen ses düzeyi (dB)

t_i : i. zaman aralığının söz konusu toplam zaman aralığına oranıdır.

Termal etkili yaprak dökücü makinanın ortama yaydığı ısı etkisinin belirlenmesi için, prototip makinanın çalışma durumunda ve çalışmama koşullarında traktör

sürücü koltuğunda ve kumanda-kontrol panosu yanında sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.5. İşletme Değerleri ve Uygulama Maliyetlerinin Hesaplanması

3.2.5.1. Akaryakıt tüketimi

Kimyasal uygulamada kullanılacak olan tarla pülverizatörü ve termal uygulamada kullanılacak olan termal etkili yaprak dökücü prototip makina, traktör ile kullanılmaktadır. Traktörün yakıt tüketim değerleri, eksilen akaryakıtın yerine konmasıyla tespit edilmiştir. Uygulamalar öncesi traktör deposu tamamen yakıtla doldurulmuş olup, uygulamalar sonrasında eksilen miktar ölçekli bir kap (mezür) ile yerine konularak belirlenmiştir. Bu değer uygulama süresine bölünerek birim zamanda ortalama yakıt tüketim değerleri tespit edilmiştir.

$$B_{ort} = \frac{B_y}{t} \quad (3.63)$$

Burada,

B_{ort} : Birim zamanda ortalama yakıt tüketimi (l/h)

B_y : Uygulama sonucunda yakıt deposundan eksilen yakıt miktarı (l)

t : Uygulama süresi (h)

3.2.5.2. Likit petrol gazı tüketimi

Termal etkili yaprak dökücü prototip makinanın harcadığı likit petrol gazının (LPG) miktarının belirlenmesinde tartım yöntemi kullanılmıştır. Uygulama öncesi ve sonrasında LPG tüpleri tartılarak ortalama LPG tüketimi belirlenmiştir. Birim zamanda tüketilen ortalama LPG miktarı 3.64 nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$B_{LPGort} = \frac{m_{LPG1} - m_{LPG2}}{t_{termal}} \quad (3.64)$$

Burada,

B_{LPGort} : Birim zamanda ortalama LPG tüketimi (kg/h)

m_{LPG1} : Uygulama öncesi LPG tüp ağırlığı (kg)

m_{LPG2} : Uygulama sonrası LPG tüp ağırlığı (kg)

t_{termal} : Termal uygulama süresi (h)

3.2.5.3. Zaman ölçümleri

Çalışmada, kimyasal uygulamada kullanılan tarla pülverizatörünün ve termal uygulamada kullanılan prototip makinanın ilerleme hızlarının, işe hazırlanma sürelerinin, uygulama esnasında boşa geçen sürelerinin belirlenmesinde zaman ölçümleri yapılmıştır. Zaman ölçümlerinde kronometre kullanılmıştır (Yalçın, 1999; Yalçın ve ark., 2001).

3.2.5.4. İş başarılarının hesaplanması

Termal etkili yaprak dökücü makinanın ve defolyant uygulamasında kullanılan tarla pülverizatörünün efektif iş başarıları 3.65 nolu eşitlik yardımıyla belirlenmiştir (Ülger ve ark., 2002)

$$E_f = \frac{v_i \cdot b_m \cdot K}{1000} \quad (3.65)$$

Burada,

E_f : Efektif iş başarıları (da/h)

v_i : Makina ilerleme hızı (km/h)

b_m : Makina iş genişliği (m)

K : Zamandan yararlanma katsayısı

Termal etkili yaprak dökücü makina tek sıralı bir makinadır. Bu nedenle iş genişliği bitki sıra arası mesafe olarak alınmıştır.

Tarla pülverizatörünün iş genişliği ise 3.66 nolu eşitlikle hesaplanmıştır (Çilingir ve Dursun, 2002)

$$b_m = m_{ma} \cdot n_{ms} \quad (3.67)$$

Burada,

b_m : Tarla pülverizatörünün iş genişliği (m)

m_{ma} : İki ilaçlama memesi arası mesafe (m)

n_{ms} : İlaçlama memesi sayısı

Zamandan yararlanma katsayısı ise 3.68 nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$K = \frac{K_{i\dot{s}}}{K_{top}} \quad (3.69)$$

$$K_{top} = K_{i\dot{s}} + K_{bo\dot{s}} \quad (3.70)$$

Burada,

K: Zamandan yararlanma katsayısı

$K_{i\dot{s}}$: İşte geçen zaman (s)

K_{top} : Toplam uygulama zamanı (s)

$K_{bo\dot{s}}$: Makinanın boşa (parsel sonlarındaki dönüşlerde ve ön görülemeyen aksamalarda) geçirdiği zaman (s)

3.2.5.5. Uygulama maliyetlerinin hesaplanması

Termal etkili yaprak dökücü uygulaması ile kimyasal (defolyant) uygulaması maliyetlerinin hesaplanmasında, defolyant uygulama zamanına kadar yapılan yetiştiricilik maliyetleri aynı olduğundan, yetiştiricilik maliyetleri göz ardı edilmiştir. Termal uygulama maliyeti 3.71 nolu eşitlikle, kimyasal uygulama maliyeti ise 3.72 nolu eşitlikle hesaplanmıştır.

$$TU_m = \frac{B_{TUYort} \cdot Y_f + B_{LPGort} \cdot LPG_f}{E_{ft}} \quad (3.71)$$

Burada,

TU_m : Termal uygulama maliyeti (₺/da)

B_{LPGort} : Ortalama LPG tüketimi (kg/h)

LPG_f : Lpg fiyatı (₺/kg)

E_{it} : Termal etkili yaprak dökücü makinanın efektif iş başarısı (da/h)

B_{TUyort} : Termal uygulama sırasında traktörün tükettiği ortalama yakıt miktarı (l/h)

Y_f : Yakıt fiyatı (₺/l)

$$DU_m = \left(\frac{B_{DUYort} \cdot Y_f}{E_{fp}} \right) + B_{Dort} \cdot D_f \quad (3.72)$$

Burada,

DU_m : Defolyant uygulama maliyeti (₺/da)

B_{DUYort} : Defolyant uygulama sırasında traktörün tükettiği ortalama yakıt miktarı (l/h)

Y_f : Yakıt fiyatı (₺/l)

B_{Dort} : Ortalama kimyasal (defolyant) tüketimi (l/da)

D_f : Defolyant fiyatı (₺/l)

E_{fp} : Tarla pülverizatörünün efektif iş başarısı (da/h)

3.2.5.6. Makina imalat maliyetinin hesaplanması

Termal yaprak dökücü prototip makinanın yaklaşık üretim maliyetinin hesaplanmasında makina üzerindeki sistemlerin satın alınma bedelleri, imalata kullanılan sac, profil, makina elemanları maliyetleri ve imalat sürecindeki işçilik maliyetleri dikkate alınmıştır. Makina imalatında ortaya çıkan yaklaşık maliyet Bulgular ve Tartışma bölümünde sunulmuştur.

3.2.6. Tarla denemeleri

Pamuk tarımında, işlemler, Aydın yöresinde uygulanmakta olan geleneksel pamuk yetiştiriciliğindeki yöntemlere göre yürütülmüştür. Bu geleneksel yetiştiricilik yönteminde, sonbahar derin sürümünden (25-30 cm) sonra ilkbahar aylarında 15 cm derinliğinde sürüm yapılmakta, mineral gübreleme işlemi ve ardından diskli tırmık çekilmekte ve toprak tapan ile bastırılıp ekime hazır hale getirilmektedir. Ekim işlemi genellikle Nisan sonu ya da Mayıs başında yapılmaktadır. Ekimi takiben seyreltme, ara çapa ve sulama işlemleri yapılmaktadır. Zararlılar gözlemlendiği takdirde ilaçlama yapılmaktadır.

Tarla denemeleri kapsamında iklim verilerinin ölçülmesi, yaprak dökülme ve ölme oranlarının belirlenmesi, koza açma ve kütlü dökülme oranlarının belirlenmesi ile pamuk verim ve kalite değerlerinin belirlenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

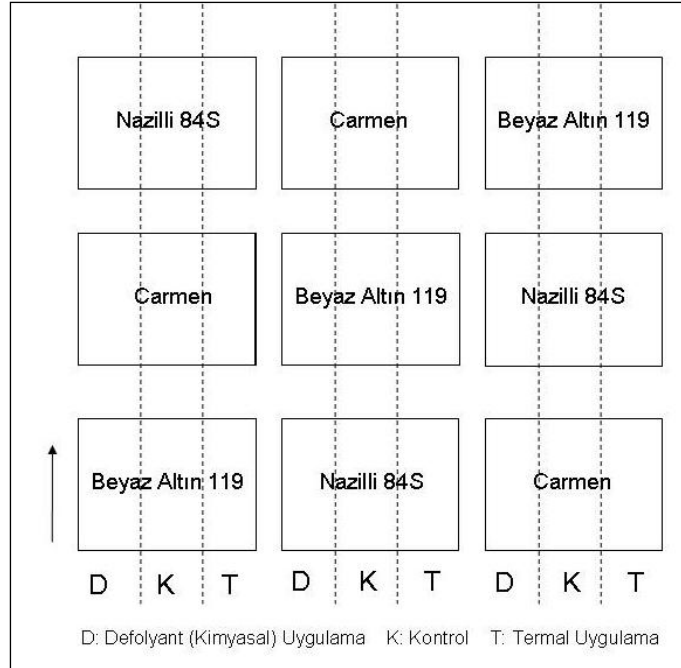
Çalışmada yörede yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan, Nazilli 84S, Beyaz Altın 119 (BA 119) ve Carmen pamuk çeşitleri kullanılmıştır. Seçilen pamuk çeşitleri tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre 24 sıradan oluşan 30 m boyundaki parsellere 3 tekrarlı olmak üzere ekilmiştir. Ekim işleminde, bitki sıra arası mesafesi 75 cm olacak şekilde ayarlanarak, 4 sıralı pnömatik tek dane ekim makinası kullanılmıştır (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. Arazi denemelerine ilişkin ekim görüntüleri

Mayıs ayının ikinci haftası gerçekleştirilen ekim işlemi takiben, bitki çıkışlarından iki hafta sonra seyreltme işlemi yapılmıştır. Seyreltme ile bitki sıra üzeri mesafe ~16,7 cm'ye getirilmiştir. Böylelikle ekim sıklığı ~8000 bitki/da olmuştur.

3 çeşit ve 3 tekrarlı olmak üzere toplam 9 parselde yürütülen çalışmalar, aynı arazi parçasında 2 yıl üst üste tekrarlanmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987). Tarla denemelerinde termal etkili yaprak dökücünün yaprak öldürme/dökme performansını belirlemek/karşılaştırmak amacıyla, kimyasal uygulama ve kontrol parselleri de oluşturulmuştur. Tarla denemelerine ilişkin deneme planı Şekil 3.31.'de görülmektedir.



Şekil 3.31. Tarla çalışma parsellerine ilişkin deneme planı

Deneme alanında açmış koza oranına ve rastgele alınan örnek kozalarda çiğit rengine bakılarak kimyasal (defolyant) ve termal uygulama zamanına karar verilmiştir (Burmester ve ark., 2001; Ülger ve ark., 2002)

Kontrol parsellerinde yaprak dökmeye yönelik herhangi bir uygulama yapılmamıştır.

Kimyasal uygulamanın yapılacağı parsellerde, yaprak dökücü olarak Freefall Ultra (119,75 g/l thidiazuron, 59,88 g/l diuron) ilacı kullanılmıştır. Kullanım şeklinde belirtildiği üzere, 60 ml/da normda ilaç 40 l/da su ile karıştırılarak, kimyasal uygulamanın yapılacağı parsellere tarla pülverizatörü ile uygulanmıştır. Uygulama öncesi tarla pülverizatörünün kalibrasyonu 40 l/da olarak yapılmıştır.

Termal uygulamanın yapılacağı parsellerde ise, belirlenen bitki sıralarında, termal etkili yaprak dökücü makina ile tek geçişte uygulama gerçekleştirilmiştir. Makina ile uygulanacak havanın sıcaklığı ~145 °C'ye çıkarıldıktan sonra uygulamaya geçilmiştir. Termal etkili yaprak dökücü makina ile gerçekleştirilen arazi uygulamasına ilişkin bir fotoğraf Şekil 3.32.'de verilmiştir.



Şekil 3.32. Termal etkili yaprak dökücü prototip makina ile yapılan arazi uygulamasına ilişkin fotoğraf

Uygulama öncesinde, uygulamadan sonra 1. günde ve daha sonraları 2 gün arayla bitki üzerinde bulunan yeşil yaprak sayısı, kuru yaprak sayısı, koza sayısı, açmış koza sayısı belirlenmiştir. Her bir uygulama grubundan tesadüfen on adet bitki işaretlenerek, sayımlar bu bitkiler üzerinde yapılmıştır.

Parsellerde oluşan yaprak dökülme oranlarının belirlenmesinde 3.73 nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$YDO_i = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{k=1}^n \frac{YS_{k,i}}{YS_{k,0}}}{n} \right) \quad (3.73)$$

Burada,

YDO_i : i. günde yaprak dökülme oranı ortalaması (%)

$YS_{k,0}$: Uygulama öncesi k. bitki üzerindeki yaprak sayısı

$YS_{k,i}$: i. günde k. bitki üzerindeki yaprak sayısı

i: Uygulama sonrası günler (0, 1, 3, ...)

k: Örnek numarası (1,2,...,n)

n: Toplam örnek sayısı

Bitki üzerindeki yaprakların yeşil rengini kaybetmesi, yaprak ölümü olarak nitelendirilmiştir. Deneme parsellerindeki yaprak ölüm oranları 3.74 nolu eşitlikle bulunmuştur.

$$YÖO_i = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{k=1}^n \frac{YYS_{k,i}}{YYS_{k,0}}}{n} \right) \quad (3.74)$$

Burada,

$YÖO_i$: i. günde ortalama yaprak ölme oranı ortalaması (%)

$YYS_{k,0}$: Uygulama öncesi k. bitki üzerindeki yeşil yaprak sayısı

$YYS_{k,i}$: i. günde k. bitki üzerindeki yeşil yaprak sayısı

i: Uygulama sonrası günler (0, 1, 3, ...)

k: Örnek numarası (1,2,...,n)

n: Toplam örnek sayısı

Uygulamalar sonrasında bitki üzerindeki kütlülerin dökülme oranlarının saptanmasında 3.75 nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$KDO_i = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{k=1}^n \frac{KS_{k,i}}{KS_{k,0}}}{n} \right) \quad (3.75)$$

Burada,

KDO_i : i. günde kütlü dökülme oranı ortalaması (%)

$KS_{k,0}$: Uygulama öncesi k. bitki üzerindeki koza sayısı

$KS_{k,i}$: i. günde k. bitki üzerindeki koza sayısı

i: Uygulama sonrası günler (0, 1, 3, ...)

k: Örnek numarası (1,2,...,n)

n: Toplam örnek sayısı

Deneme parsellerinde koza açma oranları 3.76 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$KAO_i = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{AKS_{k,i}}{KS_{k,i}}}{n} \cdot 100 \quad (3.76)$$

Burada,

KAO_i : i. günde koza açma oranı ortalaması (%)

$AKS_{k,i}$: i. günde k. bitki üzerindeki açmış koza sayısı

$KS_{k,i}$: i. günde k. bitki üzerindeki koza sayısı

i: Uygulama sonrası günler (0, 1, 3, ...)

k: Örnek numarası (1,2,...,n)

n: Toplam örnek sayısı

Uygulamalar sonrasında, uygulamaların koza açımına etkisi belirlemede 3.77 Nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$KAE_i = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{KAO_{k,i} - AKO_{k,0}}{AKO_{k,0}}}{n} \cdot 100 \quad (3.77)$$

Burada,

KAE_i : i. günde koza açtırma etkisi ortalaması (%)

$KAO_{k,i}$: i. günde k. bitki üzerindeki açmış koza oranı (%)

$AKO_{k,0}$: Uygulama öncesi k. bitki üzerindeki açmış koza oranı (%)

i: Uygulama sonrası günler (0, 1, 2, ...)

k: Örnek numarası (1,2,...,n)

n: Toplam örnek sayısı

Uygulamaların yaprak dökülme oranlarına, yaprak ölüm oranlarına, kütlü dökülme oranlarına, koza açma oranlarına ve koza açtırma üzerine etkileri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel sonuçlara ilişkin tablolar Ek-2'de sunulmuştur.

3.2.7. Pamuk Verim ve Kalite Analizleri

Kimyasal uygulama, termal uygulama ve kontrol parsellerinde hasat elle gerçekleştirilmiştir. Uygulama parsellerinden elde edilen pamuk kütlüsü tartılarak, dekar başına kütlü verim belirlenmiştir (Yalçın, 1999).

Uygulama parsellerinden alınan pamuk kütlü örnekleri Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü'nde HVI cihazında incelemeye tabi tutulmuştur. Örneklerde kalite analizleri için, lif inceliği, olgunluk oranı, lif uzunluğu, üniformite, kısa lif yüzdesi, lif elastikiyeti, lif mukavemeti, parlaklık, sarılık, yabancı madde alanı, yabancı madde yüzdesi değerleri incelenmiştir (Faircloth ve ark., 2004; Dong ve ark., 2006).

İncelenen özellikler uygulamalar bazında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel karşılaştırmalarda TARİST 4.0 paket programı kullanılmıştır (Açıköz ve ark.,1994). Herbir özellik için elde edilen değerler iki faktörlü tesadüf blokları deneme desenine uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD(%) testi kullanılmıştır. İstatistiksel sonuçlara ilişkin tablolar Ek-2'de sunulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümü, termal etkili yaprak dökücü makinaya ilişkin bulgular, tarla denemelerine ilişkin bulgular, kimyasal yaprak dökücü ve termal etkili yaprak dökücü uygulamalarının işletme maliyetlerinin karşılaştırılması ve termal yaprak dökücü makina imalat maliyeti ana başlıklarından oluşmaktadır.

4.1. Termal Etkili Yaprak Dökücü Makinaya İlişkin Bulgular

Termal etkili yaprak dökücü makinaya ilişkin bulgular, makinanın mekaniğine ve üzerindeki sistemlere ilişkin bulgular, makina mukavemet analizleri, hava akış ve termal analizler ve ergonomik analizler başlıkları altında incelenmiştir.

4.1.1. Termal Etkili Yaprak Dökücü Makinanın Mekaniğine ve Üzerindeki Sistemlere İlişkin Bulgular

4.1.1.1. Makinanın mekaniğine ilişkin bulgular

Termal etkili yaprak dökücü makinanın mekaniğine ilişkin ölçümlenen ve/veya hesaplanan değerler Çizelge 4.1.'de, hesaplamalara ilişkin detaylar Ek-3'te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Termal etkili yaprak dökücü makinanın mekaniğine ilişkin değerler

Makinanın ağırlığı (W_a), daN	2320				
Makinanın çeki kuvveti ihtiyacı (F_c), daN	258,2				
Makinanın çeki gücü ihtiyacı (P_m), kW	1,1				
Kuyruk mili çıkış gücü ihtiyacı (P), kW	16,2				
	F_{sag}	F_{sol}			
Tekerleklerle gelen yükler, daN	1010	855			
Çeki noktasına gelen düşey yük (F_{cn}), daN	455				
	X_1	X_2	Y_1	Z_1	Z_2
Ağırlık merkezinin yeri (m)	3,70	0,73	1,76	1,70	0,91
Yanal stabilite için β açısı ($^\circ$)	24,3				
	r_u	r_a			
Dönme dairesinin yarıçapı (m)	3,85	3,78			
	L_{yu}	L_{ya}			
Sıra sonu dönüşler için gerekli en az yastık genişliği (m)	7,80	15,10			

Ağırlığı en çok 2320 daN'a ulaşan makinanın çeki noktasına gelen yük statik halde 455 daN olup, bu değer makina ağırlığının %20'sinden küçük olduğu görülmektedir. En yüksek noktası 2,83 m olan makinanın ağırlık merkezi, yerden 1,76 m yükseklikte, tekerlek ekseninden 0,73 m önde ve ilerleme yönüne göre sol tekerlekten 0,91 m içeridedir. Makinanın ilerleme yönünde sağ tarafa göre yanal stabilite açısı $24,3^\circ$ dir. Çalışmamızda tasarlanan termal yaprak dökücü makina ile dönüşlerde, en küçük dönme dairesi çapı 7,56 m olarak ölçülmüştür. Bu değer tarım arabası değerlerine yakındır (Tunalıgil ve Eker, 1985). Termal yaprak dökücü makinanın çeki okunu, traktör üç nokta askı sisteminin alt bağlantı kollarına yarı asma olarak bağlanmasından dolayı, traktörün direksiyonu tam kırıldığında çeki oku bağlantısında kasılma oluşmaktadır. Bu manevra kısıtlamasına rağmen, makina ile traktör ikilisinin sıra sonunda "U" dönüşlerde ihtiyaç duyduğu en az yastık genişliği ise 7,80 m olarak belirlenmiştir.

Makinanın sürekli olarak güç ihtiyacı yaklaşık 17,3 kW'tır. Anlık güç ihtiyaçları (özellikle hidropompanın çalışma başlangıcında) ve aktarma organlarındaki

kayıplar da dikkate alındığında, en az 30 kW gücünde bir traktör ile makinanın kullanımını mümkün görülmektedir.

4.1.1.2. Makinanın mukavemet hesaplarına ilişkin bulgular

Makinanın ön mukavemet hesapları, makina imalatından önce öngörülen 2500 daN luk yük için yapılmış olup, imalat sonrasında ölçülen makina ağırlığı olan 2320 daN değerine göre kontrol edilmiştir. Kritik noktalar için yapılmış olan hesaplamalara ilişkin çözümler Ek-4'te sunulmuştur.

4.1.1.3. Brülör seçimine ilişkin bulgular

Termal esaslı yaprak dökücü makina üzerinde kullanılan brülörün kapasitesine ilişkin hesaplanan ve/veya ölçümlenen değerler Çizelge 4.2.'de, hesaplamalara ilişkin detaylar Ek-5'te sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Termal etkili yaprak dökücü makina üzerinde kullanılan brülör kapasitesine ilişkin değerler

Yanma odasından dış ortama geçen ısı transferi miktarı (q_1), kW	0,89
Sıcak hava kanalından dış ortama geçen ısı transferi miktarı (q_2), kW	16,93
Sıcak hava ile bitki üzerine aktarılan ısı miktarı (q_3), kW	157,80
Soğuk hava kanalından dış ortama geçen ısı transferi miktarı (q_4), kW	8,86
Fan üzerinden dış ortama geçen ısı transferi miktarı (q_5), kW	2,73
Güneşten kazanılan ısı transferi miktarı (q_g), kW, (Anonim, 2011j)	2,94
İhtiyaç duyulan en düşük brülör kapasitesi (Q), kW	184,27

Seçilen brülör 350 kW gücünde olup, ihtiyaç duyulan kapasitenin yaklaşık iki katı büyüklüğündedir. Funk ve ark. (2004a), tek sıralı, Funk ve ark. (2004b), Showler ve ark. (2006) ise iki sıralı prototip termal yaprak dökücü makina çalışmasında 732 kW gücünde bir brülör kullanmış ve Funk ve ark. (2004a) bunun yarı gücünde bir brülörün tek sıralı bir makina için yeterli olacağını belirtmiştir. Ancak, bu çalışmada tasarımı ve geliştirilmesi yapılan makinada, hesaplamalar, makina üzerinden alınan ölçümler ve uygulamadaki gözlemlere göre 350 - 400 kW'lık bir brülörün iki sıralı bir makina için yeterli olacağını göstermektedir. En büyük ısı transferi bitki üzerine gerçekleşmekte olup, yalıtım ve tasarım iyileştirmeleriyle

diğer kayıplar minimize edildiğinde, bu kapasitenin yeterli olacağı görülmektedir. Uygulamanın gerçekleştiği aylarda, Aydın iline gelen güneş radyasyonu 2,38 kWh/m²-gün (güneşlenme süresi 5,76 h/gün-Kasım) olarak verilmektedir (Anonim, 2011j). Makina üzerine güneşten kazanılan ısı miktarı 2,94 kW gibi küçük bir değer olsa da, gündüz yapılan uygulamalarda, fan üzerinden dış ortama geçen ısı kaybının yerine konabilecek büyüklükte bir kazanım sağlayabileceği belirlenmiştir.

4.1.1.4. Fan seçimine ilişkin bulgular

Sıcak havanın bitki üzerine gönderilmesinde kullanılan yüksek debili fanın kapasitesinin belirlenmesine ilişkin hesaplanan ve/veya ölçülen veriler Çizelge 4.3.'te, hesaplama detayları ise Ek-6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Termal etkili yaprak dökücü makina üzerinde kullanılan yüksek debili fan kapasitesine ilişkin değerler

Bitki üzerine yönlendirilen havanın ortalama hızı (v_{hava}), m/s	11,6
Lüle çapı, mm	22,4
Lüle sayısı ($n_{\text{lüle}}$)	602
İhtiyaç duyulan anlık hacimsel debi (Q_{fan}), m³/h	9872
Fanın tahriki için ihtiyaç duyulan güç (sürekli), (P_f), kW	5,8

Bitki üzerine gönderilecek havanın hızı liflerin dökülmesine sebep olmaması için literatür ışığında ve ön denemeler sonucunda ortalama ~12 m/s olarak belirlenmiş olup, dizayn edilen makina üzerindeki lüle çapı ve sayısı dikkate alınarak ~10000 m³/h debili bir fan yeterli olarak görülmüştür. Temin edilen fanın debisi (1500 min⁻¹ devirde maks. 20000 m³/h), redüktör ve hidrolik tahrik sistemi kullanılarak fan devri ~740 min⁻¹ civarında tutularak, istenilen hava hızını sağlayacak debiye ulaşılmıştır. Funk ve ark. (2004a) çalışmalarında bitkiye ortalama 12,4 m/s hava hızını uygulamış olup, kullandıkları fanın debisi ise ~15000 m³/h civarındadır. Çalışmada kullandığımız makina için seçilen brülörün uygun tasarımıyla iki sıralı bir makina için yeterli kapasitede olduğu görülmektedir.

4.1.1.5. Hidrolik sisteme ilişkin bulgular

Fanın tahrikinde kullanılan hidrolik tahrik sisteminin belirlenmesine ilişkin hesaplanan ve/veya ölçülen veriler Çizelge 4.4.'te, hesaplama detayları ise Ek-7'de sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Fanın çalıştırılmasında kullanılan hidrolik tahrik sistemine ilişkin değerler

Hidrolik yağ basıncı (çalışma anında), (p) bar	150
Kuyruk mili-Hidromotor bağlantısı redüktör transmisyon oranı	3:1
Hidropompa deplasman hacmi (V), cm³	51,83
Hidropompa devri (n), min⁻¹	180
Hidromotor deplasman hacmi (V), cm³	12,6
Hidromotor devri (n), min⁻¹	~740
İhtiyaç duyulan hidrolik yağ deposu hacmi (V_y), l	46,7
Hidropompanın yuttuğu güç (sürekli), (P), kW	~16,2

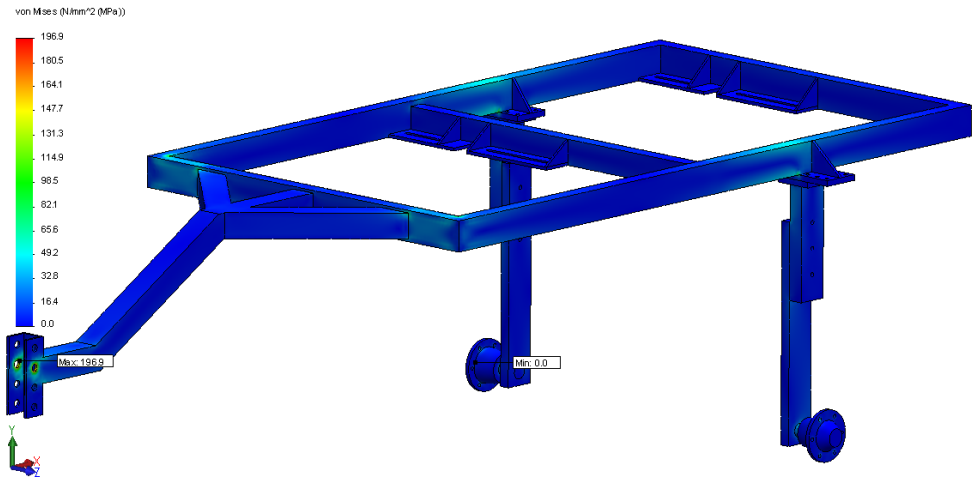
Yüksek debili fanın çalıştırılmasında kullanılan hidrolik tahrik sisteminde, çalışma basıncı 150 bar olarak kabul edilmiş ve uygulanmış olup, redüktör ve hidropompa-hidromotor deplasman oranları dikkate alınarak 51,83 cm³'lük deplasmana sahip pompa ve 12,6 cm³'lük motor seçilmiştir. Çevik (1996) Hidrolik yağının soğutulmasında kullanılacak yağ deposu büyüklüğünün, pompanın 3-5 dakikada bastığı yağ miktarı kadar olması gerektiğini söylemektedir. Buna göre, hesaplanan yağ deposu hacmi 46,7 l olup, güneş altında arazi şartlarında çalışılacağından dolayı yaklaşık 2 katı büyüklüğünde 80 l lik bir yağ deposu makina üzerine monte edilmiştir. Hidropompanın yuttuğu güç ~16,2 kW olarak hesaplanmış olup; bu güç isteği, termal etkili yaprak dökücü makinanın çekilip çalıştırılmasında kullanılan Fiat 70-56 traktörün kuyruk mili çıkış gücü tarafından anlık/sürekli olarak karşılanabilmektedir. Funk ve ark. (2004a) 15000 m³/h debili fanın tahrikinde 11,2 kW gücünde bir hidropompa, Showler ve ark. (2006) prototip makinalarında toplam debisi 36000 m³/h olan iki fanın tahrikinde ise 22,4 kW gücünde bir hidropompa kullanmışlardır.

4.1.2. Makina Mukavemet Analizleri

Termal etkili yaprak dökücü makinaya ilişkin mukavemet analizleri statik ve dinamik koşullar için hesaplanan sınır değerlerine göre SolidWorks® Simulation 2010 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

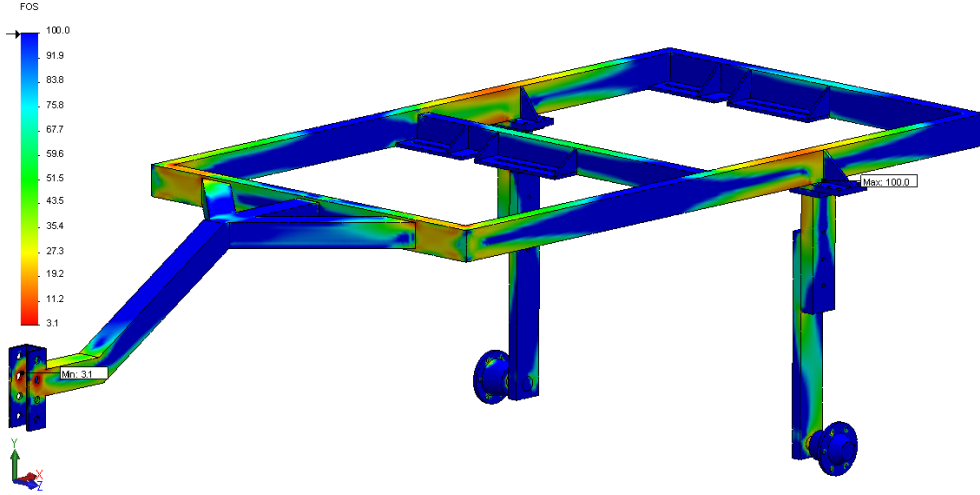
Statik koşullarda, makina şasesi çeki oku ve poyraların tekerleklere bağlandığı cıvata deliklerinden sabitlenerek 2320 daN 'luk statik yük şase üzerine uygulanmıştır.

Statik halde termal etkili yaprak dökücü makinanın şasesi üzerinde oluşan gerilme değerleri Şekil 4.1.'de, emniyet katsayısı değerleri Şekil 4.2.'de, toplam yer değiştirme miktarları ise Şekil 4.3.'te sunulmuştur.



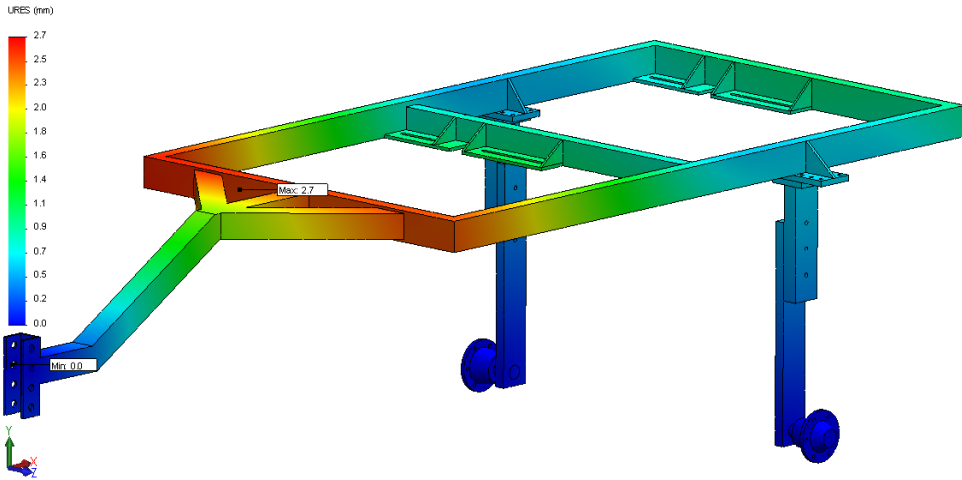
Şekil 4.1. Statik halde makinanın şasesi üzerinde oluşan gerilme değerleri

Şekil 4.1. incelendiğinde, en yüksek gerilmelerin çeki oku deliklerinde, çeki oku şase bağlantısında ve şaseyi oluşturan çerçevenin tekerlek ayaklarına bağlandığı noktalarda olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek gerilme değerinin 196,9 MPa ile çeki oku bağlantı deliğinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. Statik halde makinanın şasesi üzerinde oluşan emniyet katsayısı değerleri

Statik halde makina şasesi üzerinde oluşan emniyet katsayılarının verildiği Şekil 4.2. incelendiğinde, kırmızı ile işaretlenmiş çeki oku bağlantı deliği, çeki oku-şase bağlantısı, şase çerçevesi-tekerlek ayak bağlantısı, tekerlek aks-ayak bağlantılarının kritik alanlar olduğu anlaşılmaktadır. En düşük emniyet katsayısı değeri çeki oku deliğinde 3,1 olarak ortaya çıkmıştır. Bu emniyet değeri makina mukavemeti açısından tatmin edici bir değerdir.

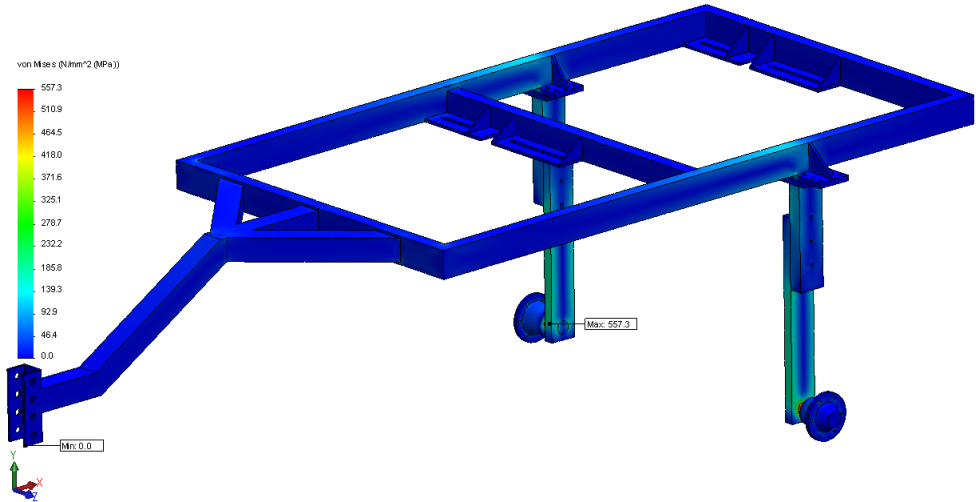


Şekil 4.3. Statik halde makinanın şasesi üzerinde oluşan toplam yer değiştirme miktarları

Şekil 4.3. incelendiğinde, en yüksek toplam yer değiştirme değerinin statik koşullar altında, çeki oku-şase çerçevesi bağlantı elemanında 2,7 mm olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu bölgede oluşan yer değiştirmeye karşılık şase arka kirişinde 0,9-1,1 mm ‘lik bir aksi yönde toplam yer değiştirme gerçekleşmiştir.

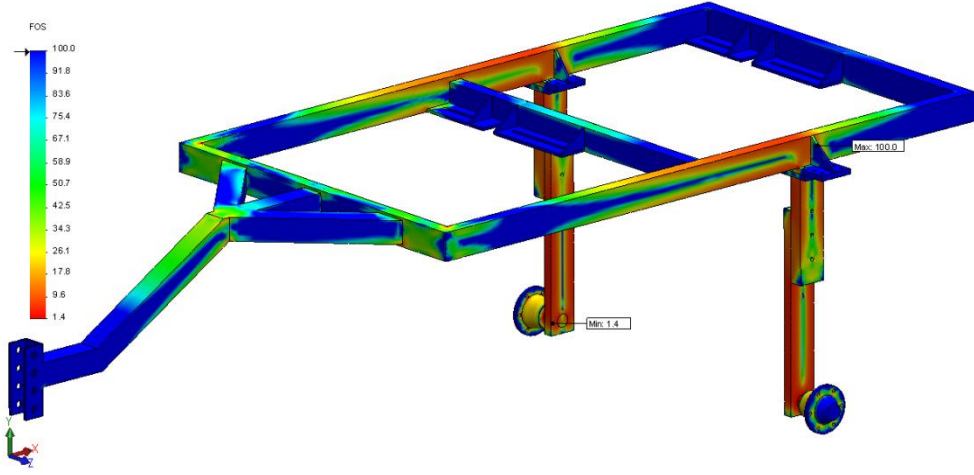
Dinamik koşullar altında gerçekleştirilen mukavemet analizlerinde, makina şasesi çeki oku bağlantı deliğinden sabitlenerek, makina şasesi üzerine 2320 daN luk makina ağırlığı ve toplam 500 daN’luk tekerlek-poyra bağlantı deliklerine etki eden çeki kuvveti direnci olduğu hesap edilmiştir. Yuvarlanma direnci katsayısı ağır toprak koşulları için 0,2, makina ilerleme ivmesi $0,15 \text{ m/s}^2$ olarak alınarak, çeki kuvveti direnci eşitlik 3.11 yardımıyla hesaplanmıştır.

Dinamik halde termal etkili yaprak dökücü makinanın şasesi üzerinde oluşan gerilme değerleri Şekil 4.4.’te, emniyet katsayısı değerleri Şekil 4.5.’te, toplam yer değiştirme miktarları ise Şekil 4.6.’da sunulmuştur.



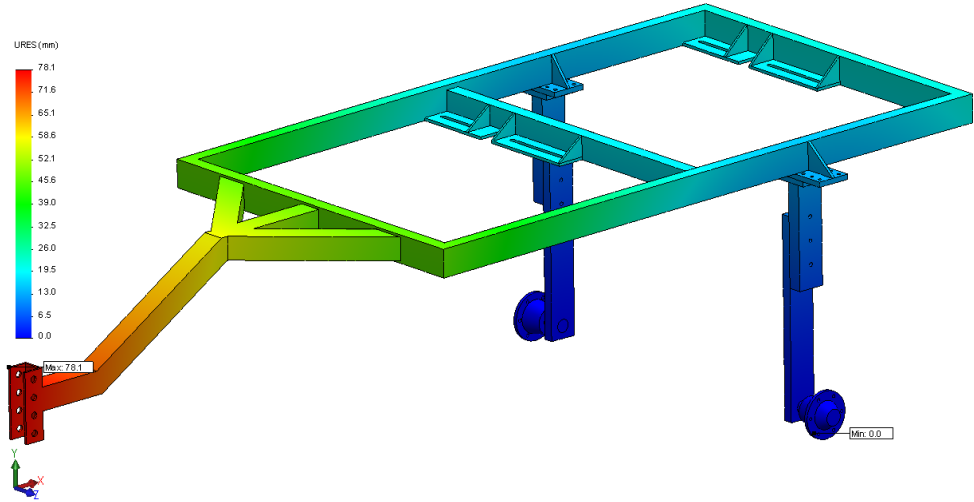
Şekil 4.4. Dinamik koşullar altında makinanın şasesi üzerinde oluşan gerilme değerleri

Şekil 4.4. incelendiğinde, dinamik koşullar altında, en yüksek gerilmelerin tekerlek aks-ayak bağlantı millerinde, tekerlek ayaklarında ve ayak-şase bağlantılarında olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek gerilme değeri 557,3 MPa ile ilerleme yönüne göre sağ tekerlek aks-ayak bağlantı milinde gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.5. Dinamik koşullar altında makinanın şasesi üzerinde oluşan emniyet katsayısı değerleri

Dinamik koşullar altında makina şasesi üzerinde oluşan emniyet katsayılarının verildiği Şekil 4.5. incelendiğinde, kırmızı ile işaretlenmiş çeki oku-şase bağlantısı, şase çerçevesi-tekerlek ayak bağlantısı, tekerlek aks-ayak bağlantılarının kritik alanlar olduğu anlaşılmaktadır. En düşük emniyet katsayısı değerinin tekerlek aks-ayak bağlantı milinde, dinamik koşullar altında, 1,4 olarak meydana geldiği görülmektedir.



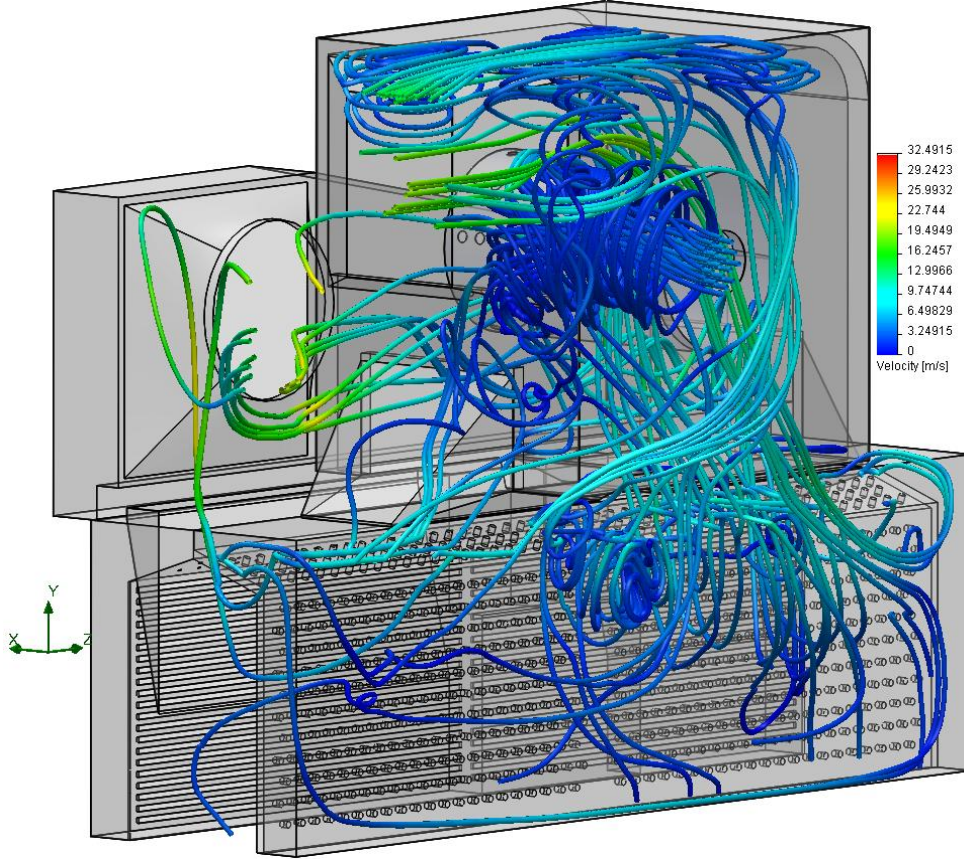
Şekil 4.6. Dinamik koşullar altında makinanın şasesi üzerindeki toplam yer değiştirme miktarları

Şekil 4.6. incelendiğinde, en yüksek toplam yer değıştirme değeri dinamik koşullar altında, çeki okunda 78,1 mm olarak gerçekleştiği görülmektedir. Termal yaprak dökücü makina ile çalışmada çeki okunun bağlantısı yapıp, makinanın kaldırılması ve çeki esnasında, çeki oku ucunda düşey (Y) ekseninde 70-80 mm'lik bir yer değıştirme olduğu gözlemlenmiştir.

Gerçek çalışma koşullarında, prototip makina ile yapılan uygulamalar sırasında, konstrüktif açıdan herhangi bir problemle karşılaşılmaştır.

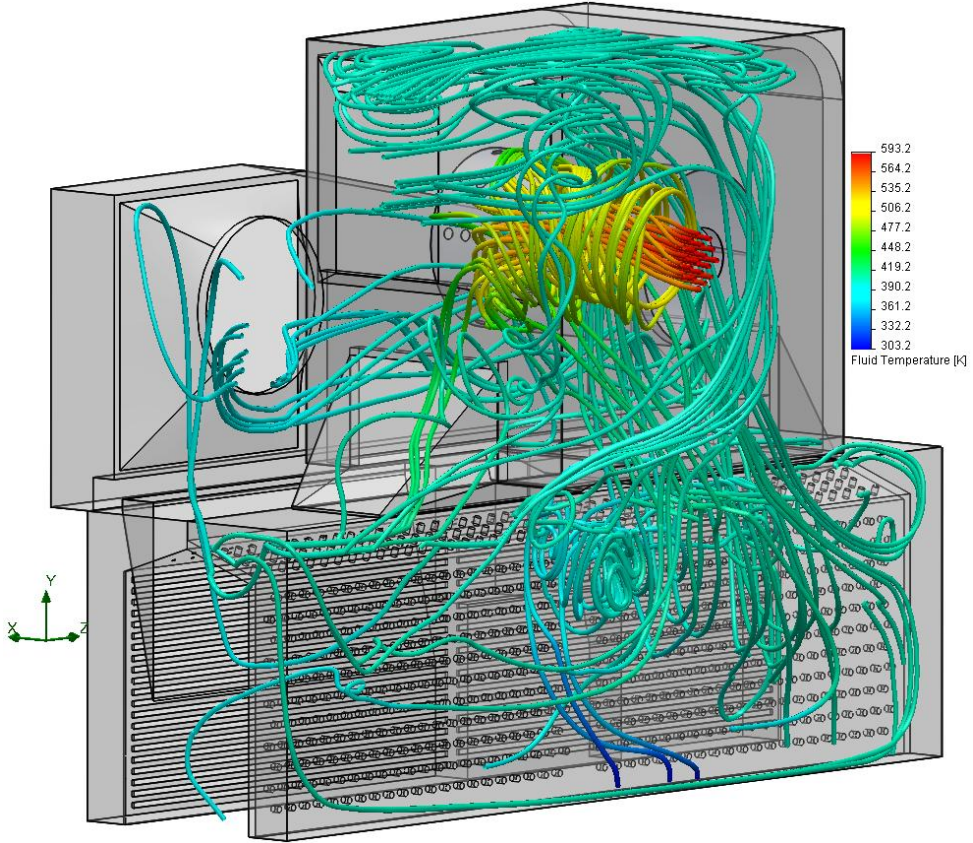
4.1.3. Hava Akış ve Termal Analizler

Hava akış ve termal analizlerin gerçekleştirilmesi için makinanın hava akışının ve ısı transferinin olduğu geometri modellenerek, malzeme özellikleri tanımlanmıştır. Ön denemelerde elde edilen ve hesaplanan verilerden faydalanılarak, sınır parametreleri programa tanıtılmıştır. Termal etkili yaprak dökücü makinada hava hızı değeri Şekil 4.7.'de, hava sıcaklık değeri Şekil 4.8.'de, havanın dinamik basıncı Şekil 4.9.'da ve havanın katı yüzeylerdeki sıcaklık değeri Şekil 4.10.'da sunulmuştur.



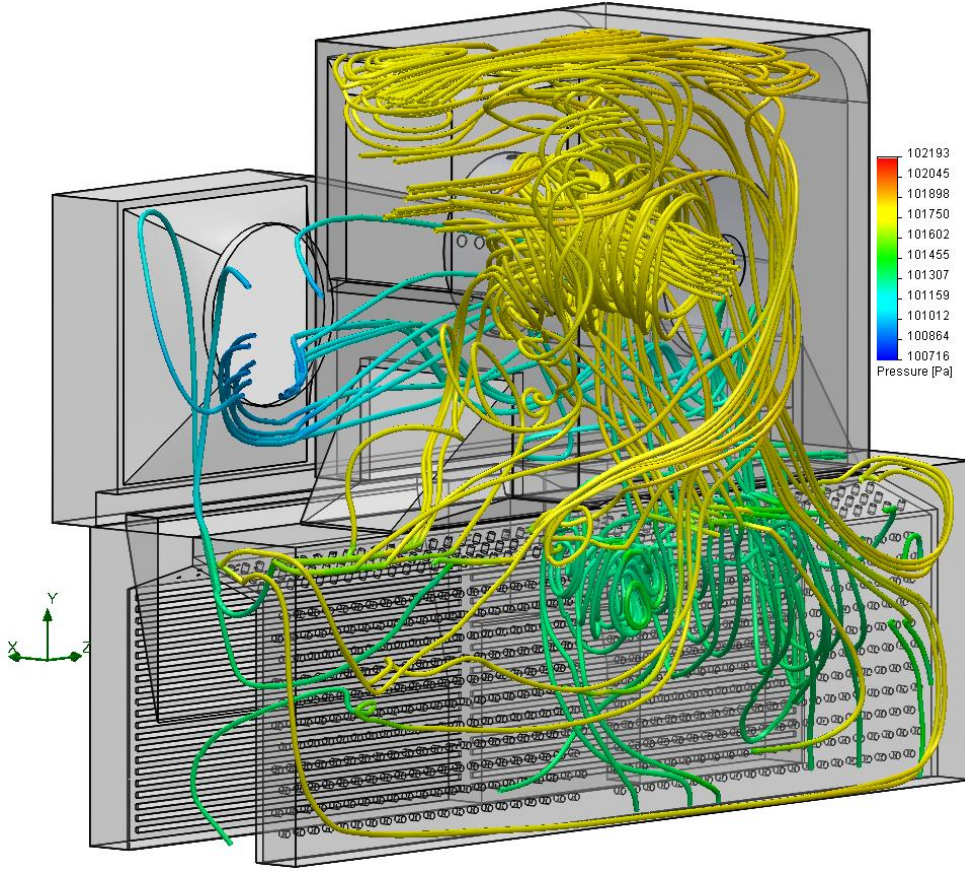
Şekil 4.7. Makinada havanın hız değişimi

Hava akış ve termal analizlerin gerçekleştirildiği modelde hava hızı akım iplikleri incelendiğinde, akışın özellikle alev koruyucu namlu içinde, yanma odası tavanı köşelerinde ve sıcak hava tüneli orta bölgesinde türbülanslı olarak aktığı görülmektedir. Sıcak hava kanalının arkasına göre akan hava hızının, ön tarafa doğru akan hava hızından daha yüksek olduğu renk gradyanından anlaşılmaktadır. Bitki üzerinden geçen havanın hızının geniş bir aralığa sahip olduğu, tünel ön alt kısımlarında ~3 m/s hızında iken, tünel arka üst kısımlarında ~16 m/s hıza ulaştığı görülmektedir. Tünel ortasında, sıcak hava tüneli ile soğuk hava tüneli arasında yer alan hava akım iplikleri incelendiğinde, hava hızının ~9 m/s ile ~13 m/s arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Sıcak hava kanalındaki lülelerin ağzından yapılan ölçümlerde hava hızı ortalaması, Fanın emiş ağzının bağlı bulunduğu üst soğuk hava dönüş tüneline ise hava hızı artmakta, fanın emiş ağzında ~20 m/s hıza kadar çıkmaktadır.



Şekil 4.8. Makinada hava akım ipliklerinin sıcaklık değişimi

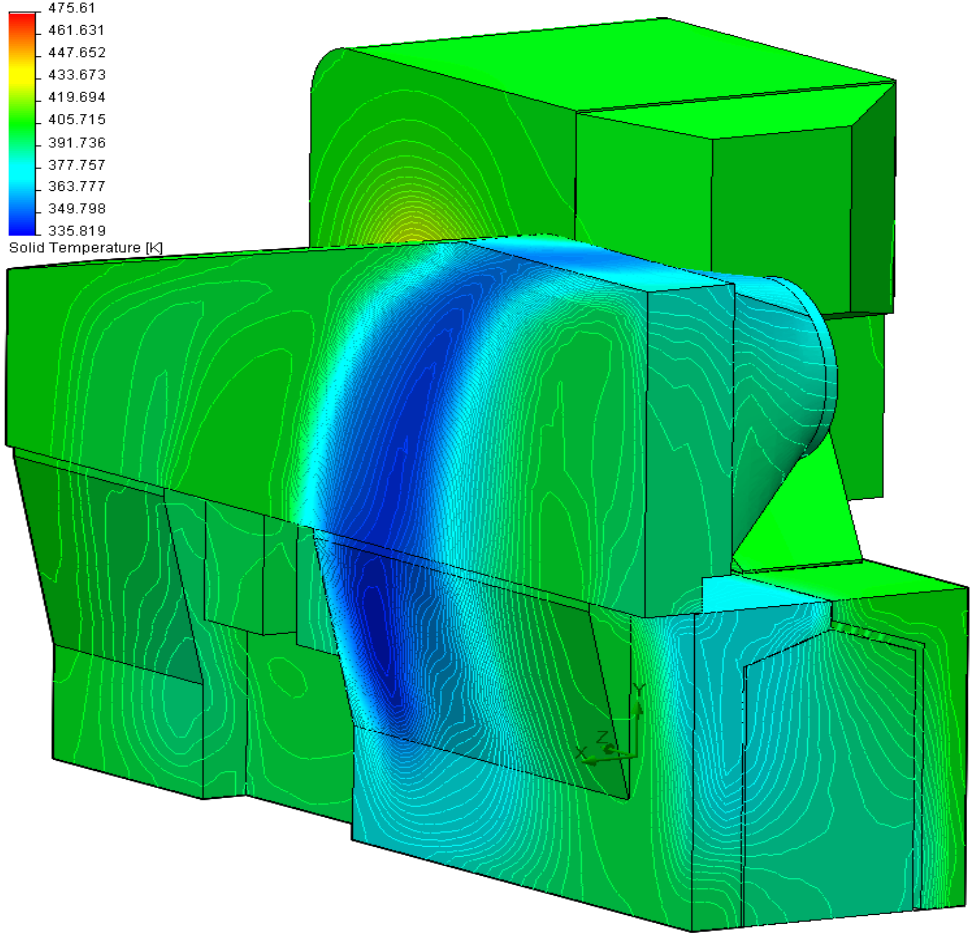
Aynı hava akım iplikleri üzerinden verilen akışkan sıcaklıklarının gösterildiği Şekil 4.8. incelendiğinde, en yüksek sıcaklığın hava sıcaklığının alev koruyucu namlu ve yanma odasında olduğu açıkça görülmektedir. Hava sıcaklık değerlerinin tünelin üst ve arka bölgelerinde, alt ve ön bölgelerine göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. En düşük hava sıcaklığı neredeyse dış ortamla aynı seviyelerde olup sıcak hava kanalı orta alt kısımlarında meydana gelmiştir. Fanın emiş ağzından emilen havanın sıcaklığı ~ 360 K ile ~ 370 K arasında gerçekleştiği görülmektedir. Fan emiş ağzından yapılan sıcaklık ölçümlerinin ortalaması ~ 355 K civarındadır. Brülör sıcaklık algılayıcının bulunduğu, sıcak hava tüneli orta noktasında, hava sıcaklığı ~ 410 K ile ~ 420 K arasında değiştiği görülmektedir. Çalışma sırasında algılayıcının verdiği sıcaklık değeri ortalaması ~ 418 K (145 °C) civarındadır. Bitki üzerinden geçen hava akım ipliklerindeki sıcaklıklara dikkat edilecek olursa, tünel ön bölgelerinde ~ 400 K, tünel arka kısımlarında ise, ~ 435 K dolaylarındadır.



Şekil 4.9. Makinada dinamik basınç değişimi

Şekil 4.9.'da sunulan dinamik basınç değerleri incelendiğinde, termal yaprak dökücü makinada en yüksek basıncın yanma odası arka üst köşesinde gerçekleştiği görülmektedir. Hava akım ipliklerinin sıcak hava tüneline akışının kolaylaştığı kısımlarda akışkan basıncı düşmeye başlamıştır. Sıcak hava tüneline basınç 101800 Pa dolaylarında gerçekleşmekte, atmosfere açılan lüle ve bitki ortamında ise atmosfer basıncına yaklaşmaktadır. Soğuyan havanın emildiği soğuk hava kanalında ise vakum oluşmakta, vakum değeri ~ 100800 Pa seviyelerinde gerçekleşmektedir.

Hava akım ipliklerindeki basınç kaybını en aza indirmek için, akış yollarında, fandan sıcak hava kanalına, sonrasında soğuk hava kanalı ve fanın emiş ağzı yolunda tasarım iyileştirmeleriyle, akışkan-yüzey sürtünmelerinde ve türbülanslarda oluşan enerji kayıpları düşürülmelidir.



Şekil 4.10. Makinada havanın katı yüzeylerdeki sıcaklık dağılımı

Akışkanın katı yüzeylerindeki sıcaklık değerleri, yüzey ve eğrilerden oluşan renk gradyanlarıyla sunulmuştur. Akışkan sıcaklığı en düşük olduğu yüzeyde (alt soğuk hava tünelinin orta bölgelerinde) ~ 336 K olarak, en yüksek olduğu yüzeydeki sıcaklığı (yanma odasında brülör karşı duvarının ortasında) ~ 476 K civarında gerçekleşmiş olduğu görülmektedir. Termal yaprak dökücü makinada soğuk hava tünelinin bu bölgesinde en düşük sıcaklığın ortaya çıkmasına sebep olarak, sıcak havanın yeteri kadar ön bölgelere dolamaması, ilerleme esnasında tünel içinde giren dış ortam havasının soğuk hava tüneli tarafından emilmesi olduğu düşünülmektedir. Fanın emiş ağzındaki sac yüzeylerde ise sıcaklığın 360 K-370 K arasında olduğu görülmektedir. Bu sıcaklık ölçümler sonucu elde ettiğimiz verilerle uyumludur.

Çalışma sırasında ortaya çıkan sıcaklık değerleri makina üzerinde kullanılan sistemlerde ve sac yüzeylerde herhangi bir probleme yol açmamıştır.

Yapılan hava ve termal akış analizleri makinanın termik veriminin ve etkinliğinin artırılması için önemli sonuçlar içermektedir.

4.1.4. Ergonomik Analizler

Ergonomik açıdan incelenen termal etkili yaprak dökücü makinaya (TEYD) ilişkin ses seviyesi ve sıcaklık ölçümlerine ait veriler Çizelge 4.5.'te sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Ses seviyesi ve sıcaklık ölçümlerine ilişkin veriler

Ölçümlenen Konu	Çevresel Koşullar	Ölçüm Noktası			
		Sürücü Koltuğu (İlerleme Durumunda)		Kumanda Kontrol Panosu (Sabit Durumda)	
	Traktör Çalışmıyor	Traktör Çalışıyor - TEYD Çalışmıyor	Traktör Çalışıyor - TEYD Çalışıyor	Traktör Çalışıyor - TEYD Çalışmıyor	Traktör Çalışıyor - TEYD Çalışıyor
Ses seviyesi Leq (dBA)	47,1	85,8	86,7	85,2	86,6
Sıcaklık (°C)	31,1	29,9	30,0	31,2	37

Çizelge 4.5. incelendiğinde, çevresel ses düzeyi 47,1 dBA iken, TEYD ile çalışma sırasında sürücü koltuğunda ilerleme sırasında ölçülen ses seviyesi 86,7 dBA, sabit durumda kumanda kontrol panosu yanından ölçülen ses seviyesi 86,6 dBA olmuştur. Günlük çalışma süresi 8 saat olarak kabul edildiğinde, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı günlük gürültü maruziyet sınırını 87 dBA/gün olarak bildirmektedir (Anonim, 2003). Ölçülen gürültü seviyeleri bu sınırın altında olduğundan kabul edilebilir değerlerdedir.

Sıcaklık değerleri incelendiğinde, sürücü koltuğunda ölçülen değerlerde önemli bir farklılık görülmemekle birlikte, kumanda kontrol panosu yanındaki sıcaklık değeri çevre sıcaklığına göre 6 °C daha yüksektir. Bu sıcaklık artışına, sıcak hava tüneli içinden akan havanın, tünel bitki girişinden dışarı kaçmasının neden olduğu tespit edilmiştir. Erkan (2003) hafif giyimle ve hafif işlerde dayanılabilir terleme ile 25-35 °C kuru termometre sıcaklığında 8 saat çalışabildiğini belirtmiştir. Sabancı (1999) ise, bağıl nemle ilişkili olmakla birlikte genel anlamda “konforlu” algılanan

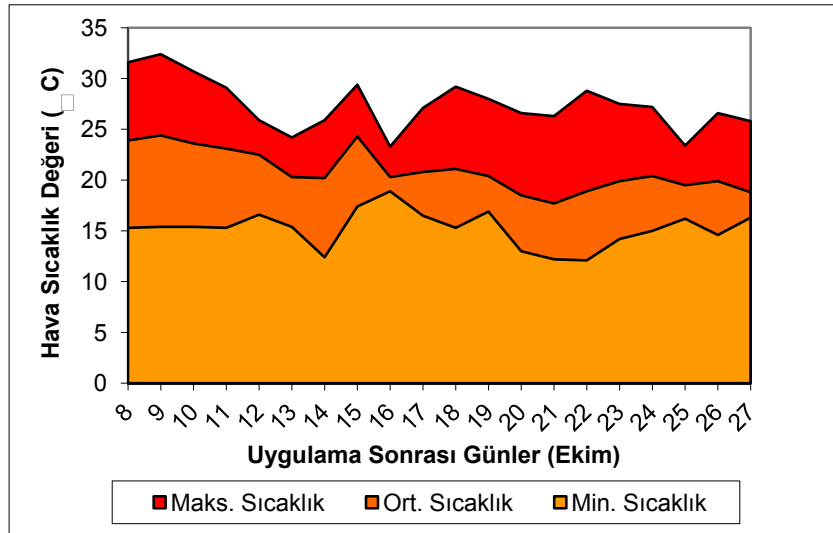
sıcaklığın 20 – 29 °C arasında olduğunu bildirmiştir. Kumanda kontrol panosu yanında ölçülen sıcak değeri 37 °C olsa da, makina çalışma sıcaklığına (~145 °C) ulaştığında, her hangi bir ayarlama ihtiyacı olmamakta, olsa da çok kısa süre içinde ayar yapma imkânı olduğundan bu sıcaklıkta kabul edilebilir görülmüştür.

4.2. Tarla Denemelerine İlişkin Bulgular

Tarla denemelerine ilişkin bulgular iklim verileri, yaprak ölme ve dökülme oranları, koza açma ve kütlü dökülme oranları, pamuk verim ve kalite analizleri başlıkları altında toplanmıştır.

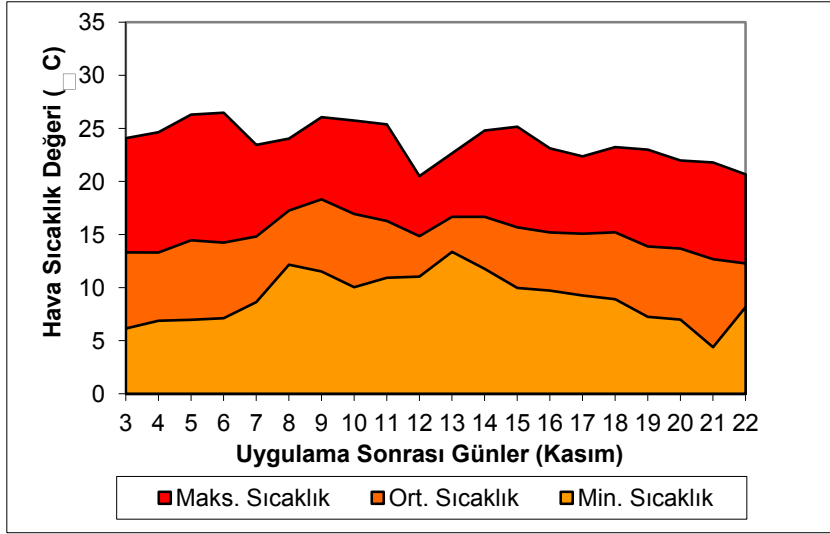
4.2.1. İklim Verileri

Birinci yıl tarla denemelerinde kimyasal ve termal yaprak dökücü uygulamaları 8 Ekim 2009 tarihinde, ikinci yıl tarla denemelerinde kimyasal ve termal yaprak dökücü uygulamaları ise 3 Kasım 2009 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama günü ve sonrası günlerde hava sıcaklığına ilişkin veriler Şekil 4.11. ve Şekil 4.12.'de, rüzgar hızına ilişkin veriler Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.'te, uygulama sonrası alınan yağış miktarları Şekil 4.15. ve Şekil 4.16.'da verilmiştir.



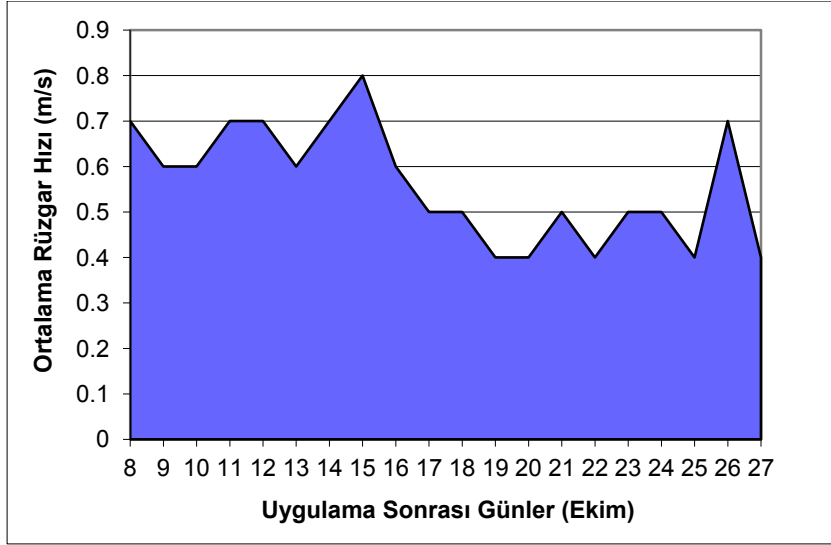
Şekil 4.11. Uygulama günü ve sonrası hava sıcaklığı verileri (I. Yıl)

Birinci yıl uygulama günü ortalama hava sıcaklığı 23,9 °C olup, kimyasal ve termal yaprak dökücü uygulamaların yapıldığı anda 32,1 °C olarak ölçülmüştür. Şekil 4.11. incelendiğinde, en yüksek hava sıcaklığı uygulamaların yapıldığı günün ertesinde 32,4 °C, en düşük hava sıcaklığı ise uygulama sonrası 6. günde 12,4 °C olarak görülmektedir.



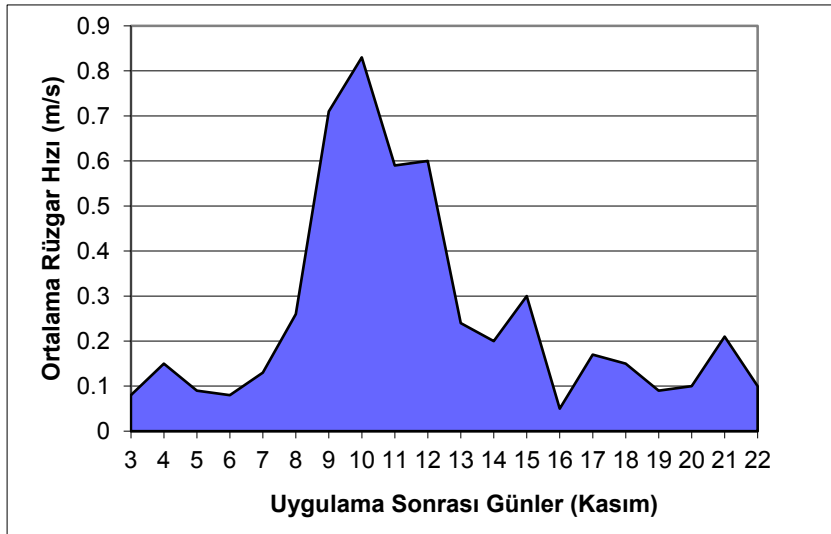
Şekil 4.12. Uygulama günü ve sonrası hava sıcaklığı verileri (II. YIL)

İkinci yıl uygulama günü ortalama hava sıcaklığı 13,3 °C olup, kimyasal ve termal yaprak dökücü uygulamaların yapıldığı anda 24,2 °C olarak ölçülmüştür. Şekil 4.12. incelendiğinde, en yüksek hava sıcaklığı uygulamaların yapıldığı günden 3 gün sonra 26,5 °C, en düşük hava sıcaklığı ise uygulama sonrası 18. günde 4,4 °C olarak görülmektedir.



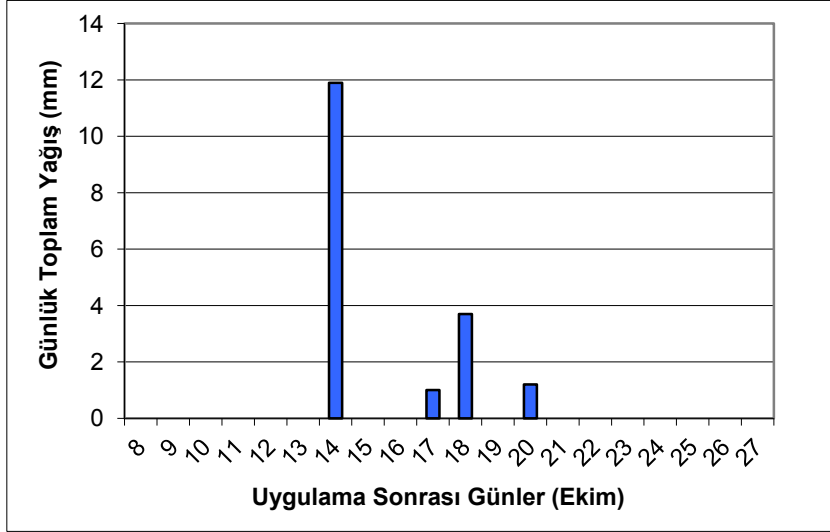
Şekil 4.13. Uygulama günü ve sonrası rüzgar hızı değerleri (I. Yıl)

Birinci yıl uygulama günü ortalama rüzgar hızı 0,6 m/s olup, kimyasal ve termal yaprak dökücü uygulamaların yapıldığı anda 0,7 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.13. incelendiğinde, en yüksek ortalama rüzgar hızı değeri uygulamaların yapıldığı günden 6 gün sonra 0,8 m/s, en düşük ortalama hava hızı değeri ise uygulama sonrası 10., 13., 16., 18. ve 19. günlerde 0,4 m/s olduğu görülmektedir.



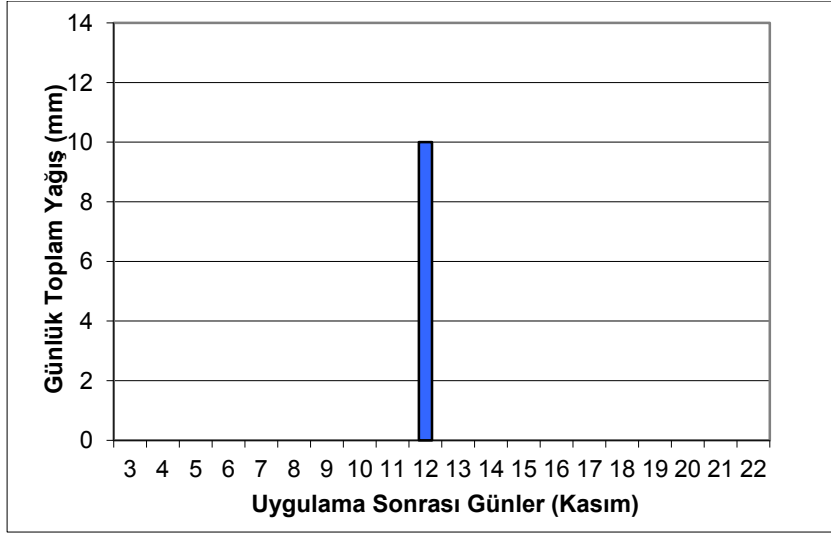
Şekil 4.14. Uygulama günü ve sonrası rüzgâr hızı değerleri (II. YIL)

İkinci yıl uygulama günü ortalama rüzgâr hızı 0,08 m/s olup, kimyasal ve termal yaprak dökücü uygulamaların yapıldığı anda 0,07 m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 4.14. incelendiğinde, en yüksek ortalama rüzgâr hızı değeri uygulamaların yapıldığı günden 7 gün sonra 0,8 m/s, en düşük ortalama hava hızı değeri ise 16 Kasım günü 0,05 m/s olduğu görülmektedir.



Şekil 4.15. Uygulama günü ve sonrası yağış verileri (I. Yıl)

Birinci yıl uygulama günü nem %55 olarak ölçülmüş olup, hava açıktır. Şekil 4.15. incelendiğinde, uygulamaların yapıldığı günden 5 gün sonra günlük toplam 12 mm/m² yağış düşmüş olup, sonrasında ise, 8., 9. ve 11. günlerde de günlük toplam 4 mm/m²'ye varan yağış miktarı görülmektedir.



Şekil 4.16. Uygulama günü ve sonrası yağış verileri (II. YIL)

İkinci yıl uygulama günü bağıl nem %80 olarak ölçülmüş olup, hava kapalıdır. Şekil 4.16. incelendiğinde, uygulamaların yapıldığı günden 9 gün sonra günlük toplam 10 mm/m^2 yağış düşmüş olup, diğer günlerde ise yağış görülmemiştir.

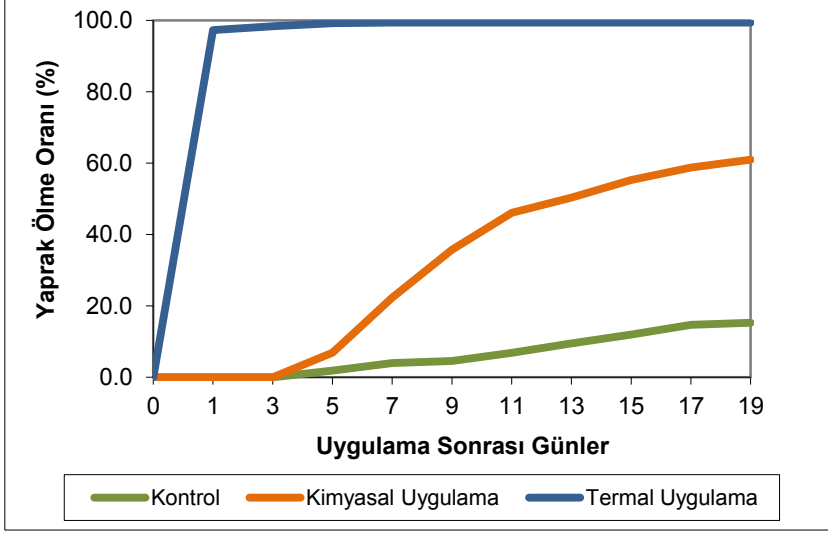
Birinci ve ikinci yıla ilişkin iklim verilerine genel karşılaştırıldığında, ikinci yıla ilişkin uygulama günü ve sonrasındaki sıcaklık, rüzgâr hızı ve yağış miktarlarının, birinci yıla göre daha düşük seyretmiş olduğu görülmektedir.

4.2.2. Yaprak Ölme ve Dökülme Oranları

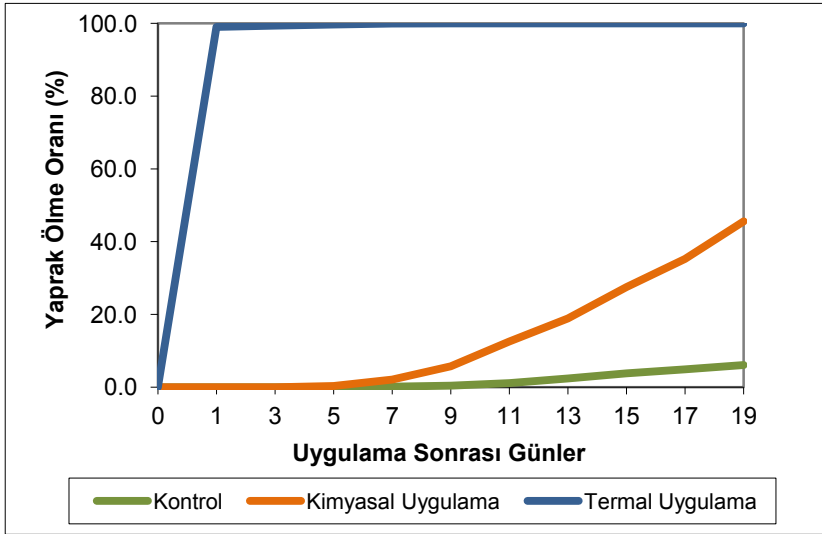
Yaprak ölme ve dökülme oranları iki başlık altında ele alınmıştır. Yaprak ölme oranları ve yaprak dökülme oranları tarla denemelerinde kullanılan çeşitler bazında ayrı ayrı incelenmiştir.

4.2.2.1. Yaprak ölme oranları

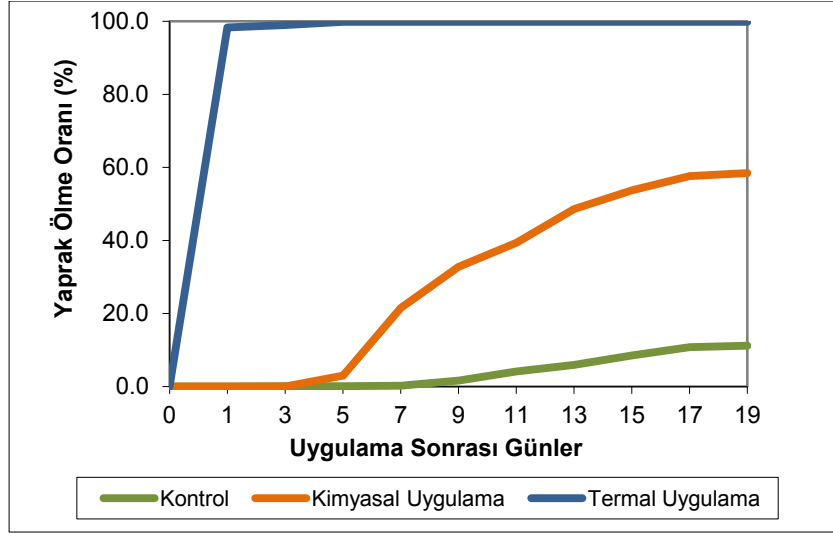
Birinci ve ikinci yıla ait termal yaprak dökücü uygulama, kimyasal yaprak dökücü uygulama ve kontrol grubuna ilişkin yaprak ölme oranları, Beyaz Altın 119 çeşidi için Şekil 4.17. ve Şekil 4.18.'de, Nazilli 84S çeşidi için Şekil 4.19. ve Şekil 4.20.'de, Carmen çeşidi için ise Şekil 4.21. ve Şekil 4.22.'de verilmiştir.



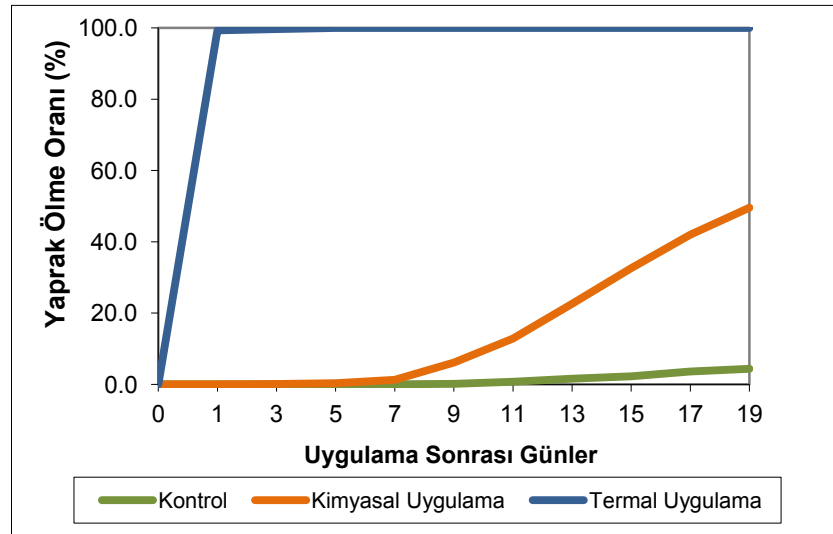
Şekil 4.17. Beyaz Altın 119 çeşidine ait yaprak ölme oranları (I. Yıl)



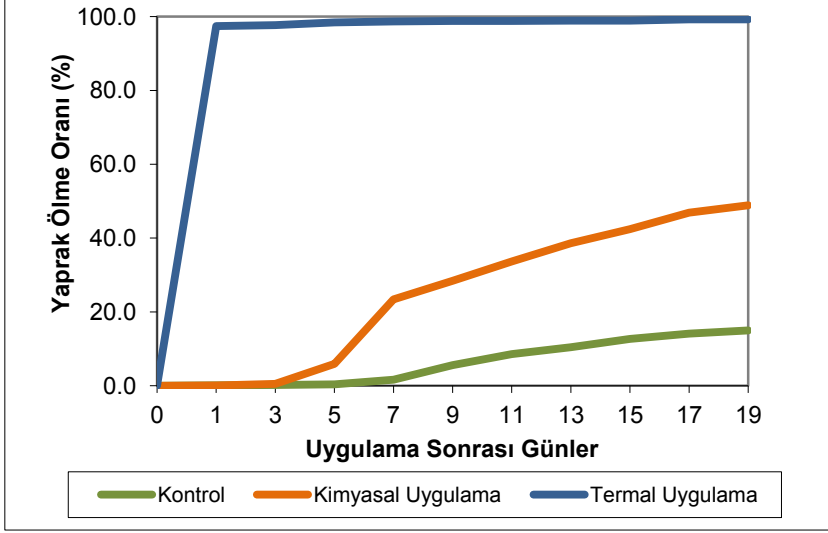
Şekil 4.18. Beyaz Altın 119 çeşidine ait yaprak ölme oranları (II. Yıl)



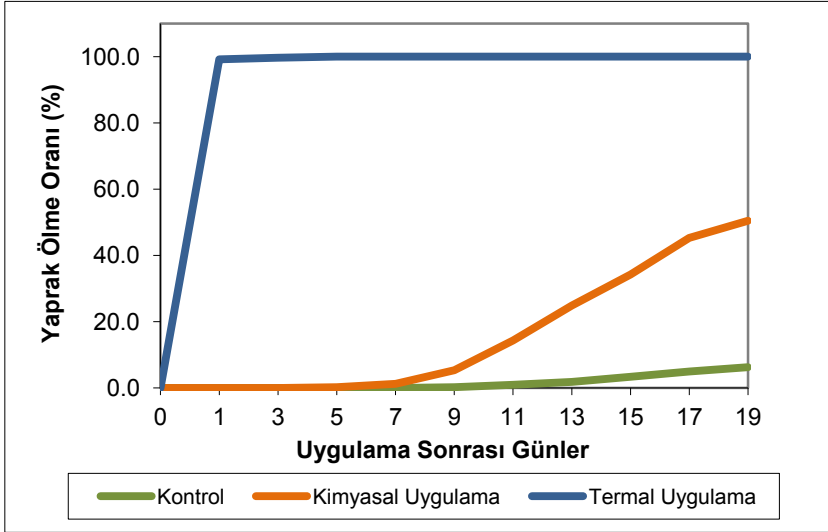
Şekil 4.19. Nazilli 84S çeşidine ait yaprak ölme oranları (I. Yıl)



Şekil 4.20. Nazilli 84S çeşidine ait yaprak ölme oranları (II. Yıl)



Şekil 4.21. Carmen çeşidine ait yaprak ölme oranları (I. Yıl)



Şekil 4.22. Carmen çeşidine ait yaprak ölme oranları (II. Yıl)

Şekil 4.17., Şekil 4.19. ve Şekil 4.21.'de sunulan, termal yaprak dökücü, kimyasal yaprak dökücü ve kontrol grubuna ait birinci yıl yaprak ölme oranları genel olarak incelendiğinde, üç çeşitte de yaprak ölümleri, termal uygulamanın yapıldığı parsellerde 1 gün içinde ortalama %97 seviyelerine ulaşmıştır. Kimyasal uygulamanın yapıldığı parsellerde ise yaprak ölümleri uygulamadan 3 gün sonra gözlemlenmiş olup, gün geçtikçe artmış, 19 gün sonra en üst seviyesine ulaşmış ve

%~56 civarında gerçekleşmiştir. Hiçbir yaprak dökücü uygulamanın yapılmadığı kontrol gurubunda yaprak ölüm oranı 19 gün sonunda %14, termal uygulamanın yapıldığı parsellerde ise %100 seviyelerinde meydana gelmiştir.

Şekil 4.18., Şekil 4.20. ve Şekil 4.22.'de sunulan, termal yaprak dökücü, kimyasal yaprak dökücü ve kontrol grubuna ait ikinci yıl verilerine genel olarak bakıldığında, üç çeşitte de yaprak ölümleri, termal uygulamanın yapıldığı parsellerde 1 gün içinde ortalama %99 seviyelerine ulaşmıştır. Kimyasal uygulamanın yapıldığı parsellerde ise yaprak ölümleri, uygulamadan 5 ila 7 gün sonra gözlemlenmiş olup, 19 gün sonra ortalama %49 civarında gerçekleşmiştir. Hiçbir yaprak dökücü uygulamanın yapılmadığı kontrol gurubunda ise yaprak ölüm oranı 19 gün sonunda ortalama %6 seviyelerinde meydana gelmiştir.

Birinci ve ikinci yıl yaprak ölme oranlarına ilişkin ortalamalar ve istatistiksel gruplandırma Çizelge 4.6. da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Uygulamaların yaprak ölümü üzerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar

İncelenen Özellik	UYGULAMA			LSD
	Termal Uygulama	Kimyasal Uygulama	Kontrol Grubu	
I. Yıl Yaprak Ölüm Oranları, % **	99,600 a	55,989 b	13,789 c	8,067
II. Yıl Yaprak Ölüm Oranları, % **	100,000 a	48,544 b	5,556 c	3,767

* %5 seviyesinde önemli, ** % 1 seviyesinde önemli, ^{ns} önemsiz

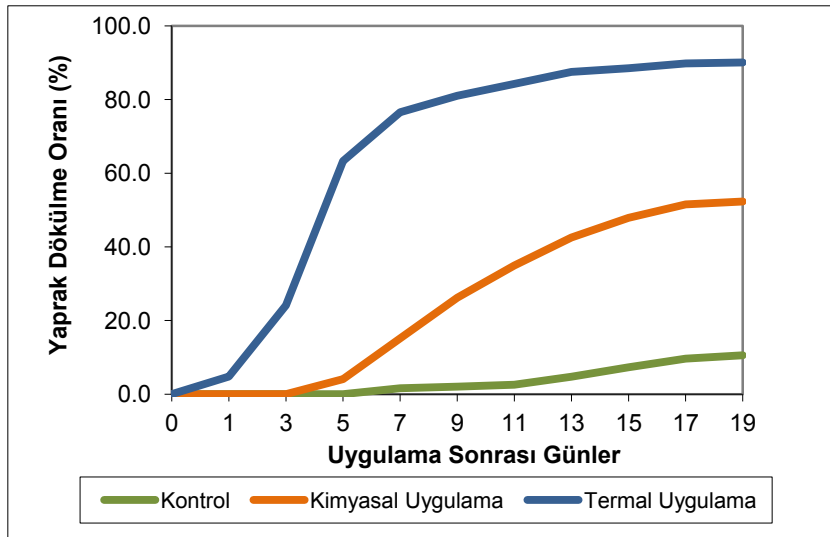
Çizelge 4.6. incelendiğinde uygulamaların yaprak ölüm üzerine etkisi, istatistiksel anlamda %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Termal uygulamanın pamuk bitkisi yapraklarında, uygulama süresi ve uygulanan hava sıcaklığında kesin ölüme yol açtığı anlaşılmaktadır.

Funk ve ark. (2006) termal uygulama ve kimyasal uygulamaları hasat zamanı konusunda karşılaştırmış, uygulamadan 2-3 gün sonra yapılan hasat ile 2-3 hafta sonra yapılan hasat arasında verim ve lif kalite parametreleri açısından istatistiksel anlamda bir fark bulunmadığını, bu nedenle hasadın, yaprakların %90'ından fazlası kuruduğu anda yapılabileceğini belirtmektedirler. Funk ve ark. (2004), termal uygulamadan 7 gün sonra orta ve yüksek yoğunlukta sıcak hava

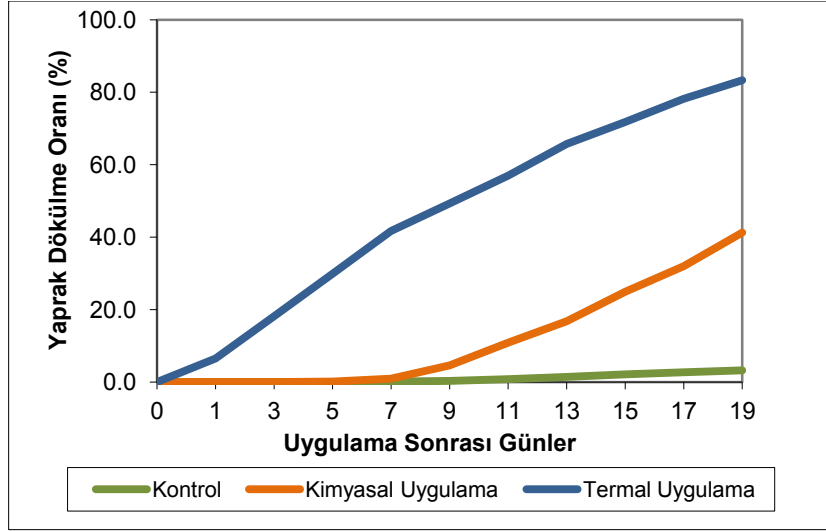
uygulamasında %90'nın üzerinde yaprak ölümü gerçekleştiğini bildirmektedir. Showler ve ark. (2006) ise termal uygulamadan 24 saat içinde yaprak ölümlerinin %80'nin üzerinde gerçekleştiğini söylemektedir. Bu doktora çalışması kapsamında ulaşılan yaprak ölümü ise 24 saat içinde %100'e yakındır. Bu yüksek etkinin birincil sebebi olarak, Funk ve ark. (2004a) ve Showler ve ark. (2006) yürüttükleri çalışmalarda bitki sıra arası mesafesi 1 m olmasına karşın, çalışmamızın yürütüldüğü denemelerde bitki sıra arası mesafenin 0,75 m alınmıştır. Ortaya konulan makinada sıcak hava lülelerden çıkar çıkmaz bitki içlerine doğru akmakta ve yüksek oranda bir ısı transferi gerçekleşmektedir. Ayrıca, Funk ve ark. (2004) ve Showler ve ark. (2006) prototip makinalarıyla arazide ilerleme hızları 1,6 km/h'ın biraz üzerindeyken, çalışmada kullandığımız makina ile en çok 1,6 km/h hıza çıkılmıştır. İlerleme hızının biraz düşük olması da bitkiye uygulanan sıcak hava etkisinin biraz daha uzun sürmesi, yaprak ölümü üzerine etkili olmuştur.

4.2.2.2. Yaprak dökülme oranları

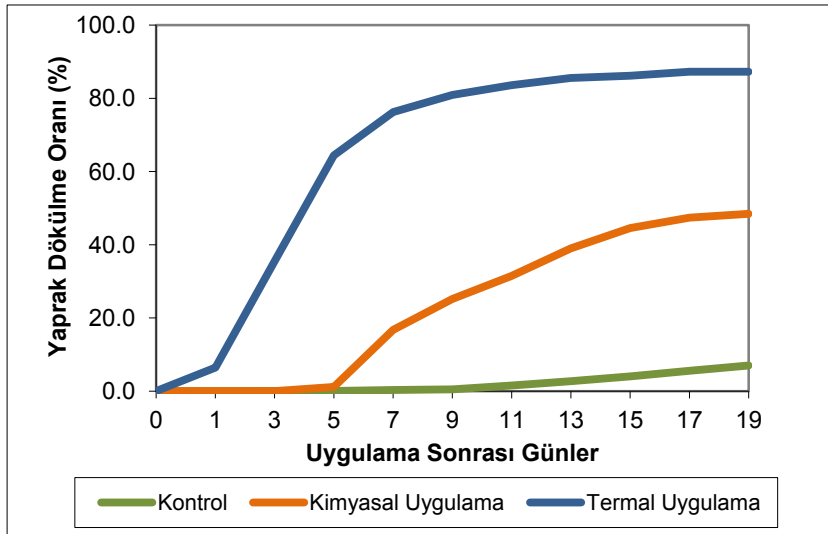
Birinci ve ikinci yıla ait termal yaprak dökücü uygulama, kimyasal yaprak dökücü uygulama ve kontrol grubuna ilişkin yaprak dökülme oranları, Beyaz Altın 119 çeşidi için Şekil 4.23. ve Şekil 4.24.'te, Nazilli 84S çeşidi için Şekil 4.25. ve Şekil 4.26.'da, Carmen çeşidi için ise Şekil 4.27. ve Şekil 4.28.'de verilmiştir.



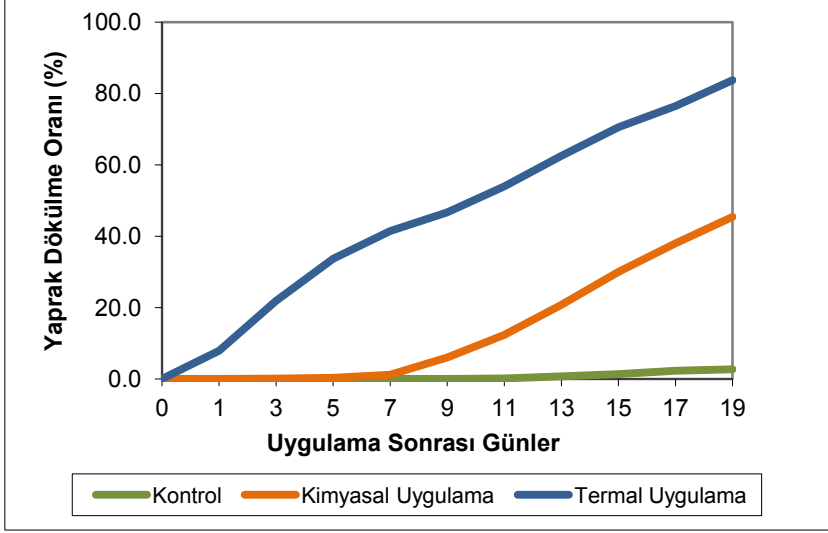
Şekil 4.23. Beyaz Altın 119 çeşidine ait yaprak dökülme oranları (I. Yıl)



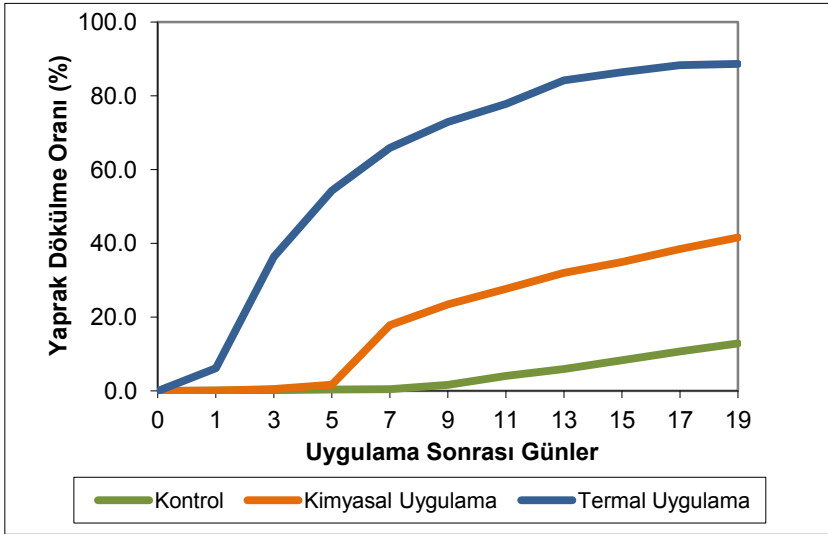
Şekil 4.24. Beyaz Altın 119 çeşidine ait yaprak dökülme oranları (II. Yıl)



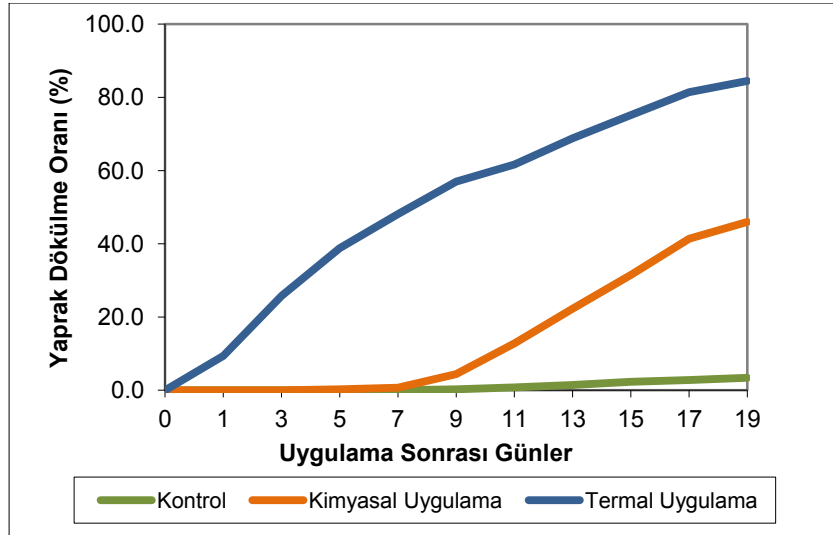
Şekil 4.25. Nazilli 84S çeşidine ait yaprak dökülme oranları (I. Yıl)



Şekil 4.26. Nazilli 84S çeşidine ait yaprak dökülme oranları (II. Yıl)



Şekil 4.27. Carmen çeşidine ait yaprak dökülme oranları (I. Yıl)



Şekil 4.28. Carmen çeşidine ait yaprak dökülme oranları (II. Yıl)

Şekil 4.23, Şekil 4.25. ve Şekil 4.27.'de sunulan, termal yaprak dökücü, kimyasal yaprak dökücü ve kontrol grubuna ait birinci yıl yaprak dökülme oranları genel olarak incelendiğinde, üç çeşitte de yaprak dökümleri, termal uygulamanın yapıldığı parsellerde 1. günden itibaren başlamıştır. Uygulamadan sonraki 5. günde yapılan ölçümlerde ise yaprak döküm oranı %60 seviyelerine ulaşmıştır. Kimyasal uygulamaların yapıldığı parsellerde ise 5. günde yaprak döküm oranı %~3 seviyelerindedir. 5. günden itibaren kimyasal uygulamanın yapıldığı parsellerde de yaprak döküm oranlarına artış olduğu görülmekle birlikte bu oran 19 gün sonunda %47 dolaylarında kalmıştır. Yaprak dökülme oranı termal uygulama yapılan parsellerde %89, hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol gurubu parsellerinde ise %10 civarında gerçekleştiği görülmektedir. Bununla birlikte, uygulamadan sonra 5. günde gerçekleşen yağış ve rüzgâr hızının yaprak dökümlerini hızlandırdığı anlaşılmaktadır.

Şekil 4.24., Şekil 4.26. ve Şekil 4.28.'de sunulan, termal yaprak dökücü, kimyasal yaprak dökücü ve kontrol grubuna ait ikinci yıl verilerine genel olarak bakıldığında, üç çeşitte de yaprak dökümleri, termal uygulamanın yapıldığı parsellerde 1. günden itibaren başlamıştır. Uygulamadan sonraki 7. günde yapılan ölçümlerde ise yaprak döküm oranı %44 seviyelerine ulaşmıştır. Kimyasal uygulamaların yapıldığı parsellerde ise 7. günde yaprak döküm oranı %~2 seviyelerindedir. 7. günden itibaren kimyasal uygulamanın yapıldığı parsellerde de

yaprak döküm oranlarına artış olduğu görülmekle birlikte bu oran 19 gün sonunda %44 dolaylarında kalmıştır. Termal uygulama yapılan parsellerde yaprak dökülme oranı %84, kontrol gurubu parsellerinde ise bu oran ortalama %3'te kalmıştır. Uygulamadan sonra 7. günde gerçekleşen yüksek rüzgâr hızı ve 9. günde meydana gelen yağışın, yaprak dökümlerini kısmen hızlandırdığı anlaşılmaktadır.

II. Yılda gerçekleşen yaprak dökülme oranlarının düşük kalmasını, yağmur, rüzgâr gibi dökülme üzerinde fiziksel etkisi olan iklim verilerinin düşük seyretmesine bağlamak mümkündür.

Yaprak dökülme oranlarına ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar Çizelge 4.7.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Uygulamaların yaprak dökümü üzerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar

İNCELENEN ÖZELLİK	UYGULAMA			LSD
	Termal Uygulama	Kimyasal Uygulama	Kontrol Grubu	
I. Yıl Yaprak Dökülme Oranları, % **	88,667 a	47,444 b	10,133 c	13,265
II. Yıl Yaprak Dökülme Oranları, % **	83,822 a	44,211b	3,111c	3,396

* %5 seviyesinde önemli, ** % 1 seviyesinde önemli, ^{ns} önemsiz

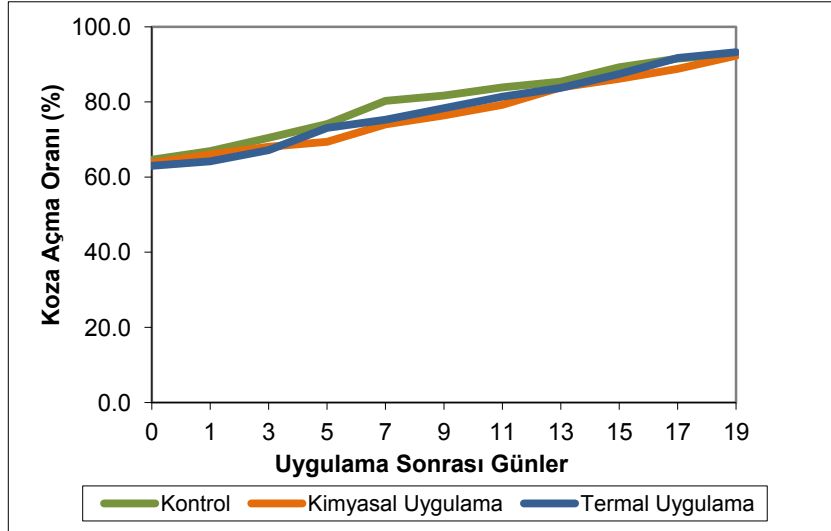
Funk ve ark. (2004) termal yaprak dökücü uygulamalarında, uygulamadan 14 gün sonra, yüksek yoğunluklu sıcak hava uyguladıkları parsellerde en çok %77 oranında yaprak dökümü sağlamışlardır. Uygulamadan 21 gün sonra ise yaprak dökme etkileri %80'i geçmemiştir. Showler ve ark. (2006) ise yaptıkları termal uygulamada, 13 gün sonunda yaprak döküm oranı %65'i geçememiştir. Funk ve ark. (2004) ve Showler ve ark. (2006)'nın çalışmalarında hava koşullarına ilişkin bir veri bulunmamakla birlikte, yaprak dökülme eğilimleri, yürüttüğümüz çalışmanın 2. yılında elde edilen yaprak döküm oranlarıyla benzer değerler göstermektedir. Çalışmamızda, termal uygulamadan sonraki 19 gün içinde, en düşük yaprak dökülme oranı % 83 dolaylarında gerçekleşmiştir. Bu döküm oranında harcanan yakıt, Funk ve ark. (2004)'nın düşük yoğunluktaki sıcak hava uygulamalarında kullandıkları yakıt miktarından biraz daha düşüktür. Dökülmenin, yaprakların tam ölmesinin yanı sıra, uygulama sonrasındaki havanın rüzgârlı olmasına bağlı olduğu da anlaşılmaktadır.

4.2.3. Koza Açma ve Kütlü Dökülme Oranları

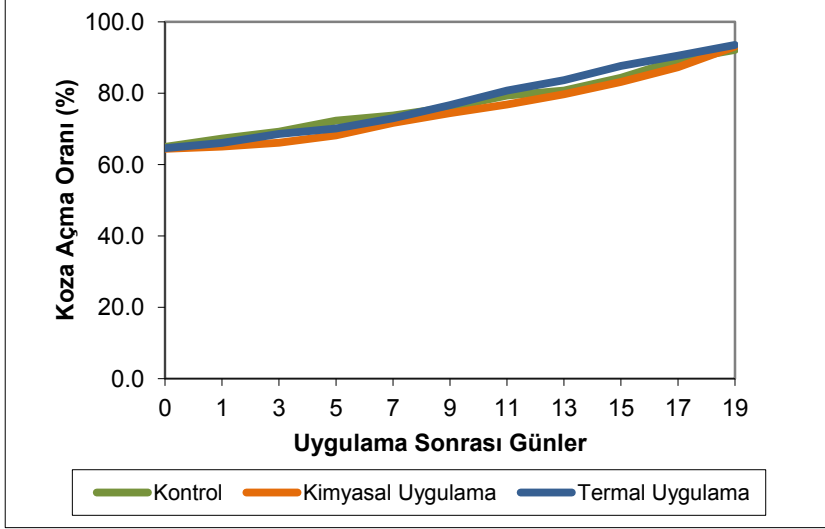
Koza açma ve kütlü dökülme oranları iki başlık altında ele alınmıştır. Koza açma ve kütlü dökülme oranları tarla denemelerinde kullanılan çeşitler bazında ayrı ayrı incelenmiştir.

4.2.3.1. Koza açma oranları

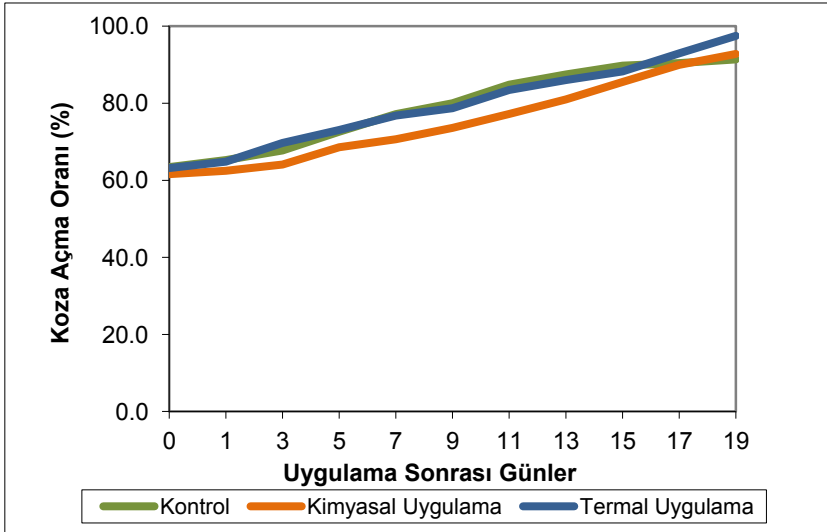
Birinci ve ikinci yıla ait termal yaprak dökücü uygulama, kimyasal yaprak dökücü uygulama ve kontrol grubuna ilişkin koza açma oranları, Beyaz Altın 119 çeşidi için Şekil 4.29. ve Şekil 4.30.'da, Nazilli 84S çeşidi için Şekil 4.31. ve Şekil 4.32.'de, Carmen çeşidi için ise Şekil 4.33. ve Şekil 4.34.'te verilmiştir.



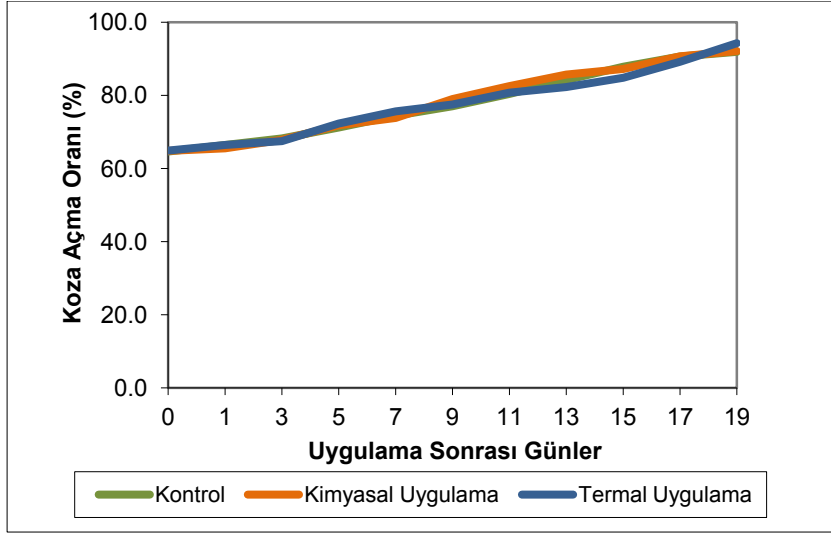
Şekil 4.29. Beyaz Altın 119 çeşidine ait koza açma oranları (I. Yıl)



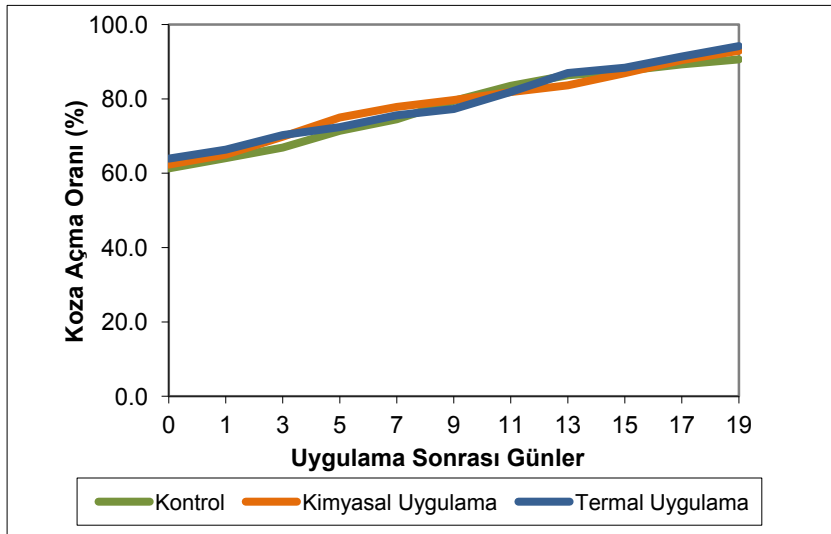
Şekil 4.30. Beyaz Altın 119 çeşidine ait koza açma oranları (II. Yıl)



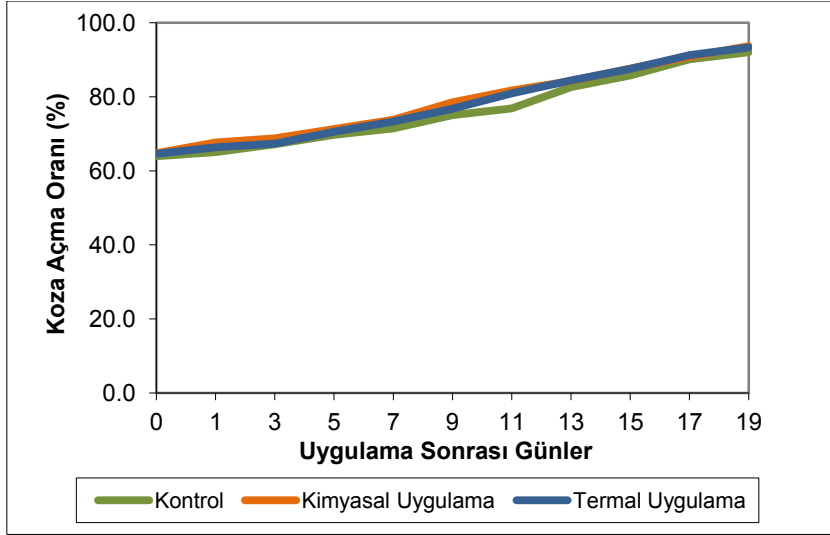
Şekil 4.31. Nazilli 84S çeşidine ait koza açma oranları (I. Yıl)



Şekil 4.32. Nazilli 84S çeşidine ait koza açma oranları (II. Yıl)



Şekil 4.33. Carmen çeşidine ait koza açma oranları (I. Yıl)

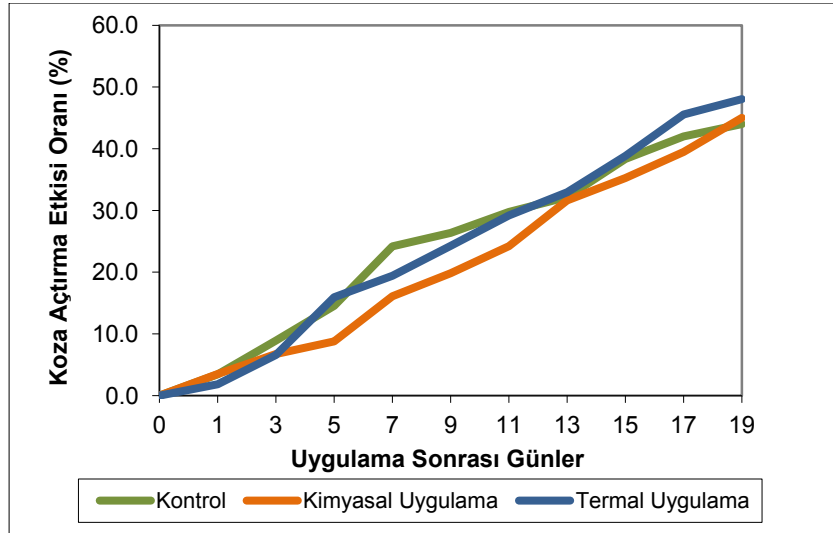


Şekil 4.34. Carmen çeşidine ait koza açma oranları (II. Yıl)

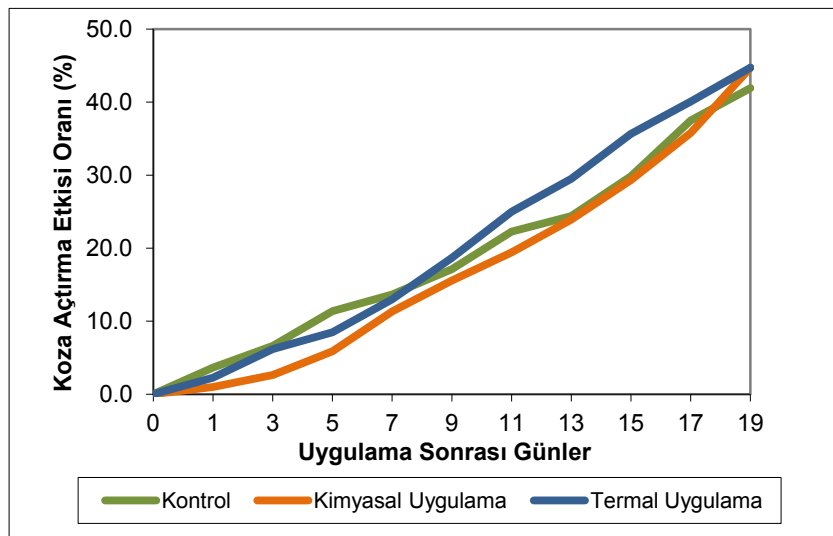
Şekil 4.29., Şekil 4.31. ve Şekil 4.33.'te sunulan, termal yaprak dökücü, kimyasal yaprak dökücü ve kontrol grubuna ait birinci yıl verileri genel olarak incelendiğinde, uygulamaların, koza açma oranının %62-64 arasındayken yapıldığı anlaşılmaktadır. Birinci yıl koza açma oranları, uygulama sonrası günlerde de istikrarlı bir şekilde artış göstermiş olup, hasadın yapıldığı 19. günde, termal uygulama yapılan parsellerde %95, kimyasal uygulamanın yapıldığı parsellerde %93, hiç bir uygulamanın yapılmadığı kontrol parsellerinde ise %91 seviyelerinde olduğu görülmüştür.

İkinci yıl koza açma oranlarının sunulduğu Şekil 4.30., Şekil 4.32. ve Şekil 4.34. incelendiğinde uygulamaların, koza açma oranının %65 dolaylarındayken yapıldığı anlaşılmaktadır. İkinci yıl koza açma oranları da, uygulama sonrası günlerde istikrarlı bir şekilde artış göstermiş olup, hasadın yapıldığı 19. günde, termal uygulama yapılan parsellerde %94, kimyasal uygulamanın yapıldığı parsellerde %93, kontrol parsellerinde ise %92 seviyelerinde olduğu görülmüştür.

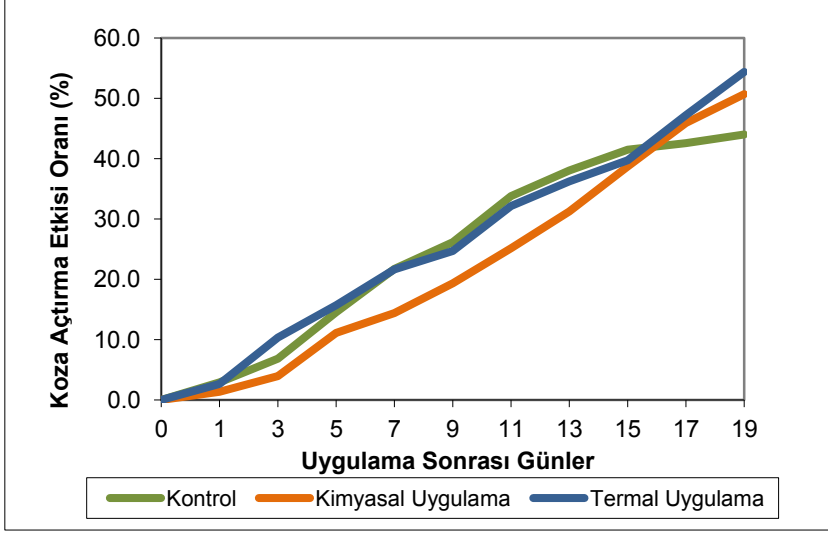
Termal yaprak dökücü uygulama, kimyasal yaprak dökücü uygulama ve kontrol grubuna ilişkin uygulamaların koza açma oranlarına etkisi birinci ve ikinci yıl verileri olarak sırasıyla, Beyaz Altın 119 çeşidi için Şekil 4.35. ve Şekil 4.36.'da, Nazilli 84S çeşidi için Şekil 4.37. ve Şekil 4.38.'de, Carmen çeşidi için ise Şekil 4.39. ve Şekil 4.40.'da verilmiştir.



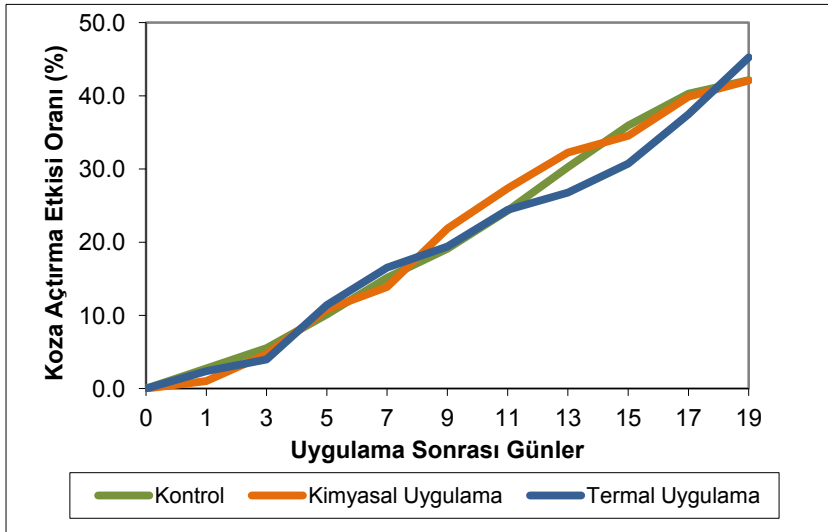
Şekil 4.35. Beyaz Altın 119 çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (I. Yıl)



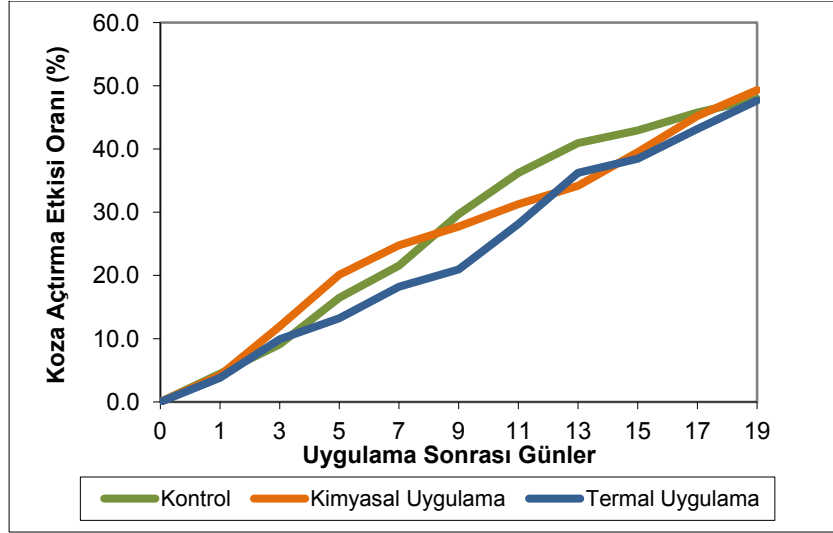
Şekil 4.36. Beyaz Altın 119 çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (II. Yıl)



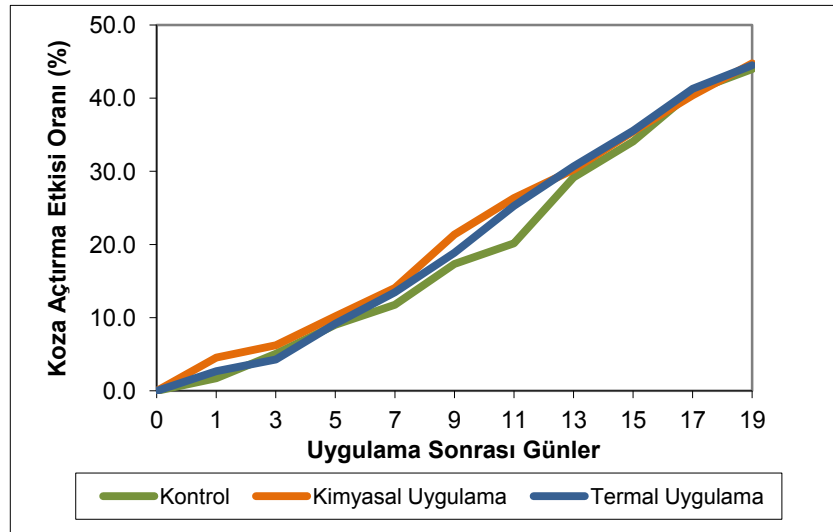
Şekil 4.37. Nazilli 84S çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (I. Yıl)



Şekil 4.38. Nazilli 84S çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (II. Yıl)



Şekil 4.39. Carmen çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (I. Yıl)



Şekil 4.40. Carmen çeşidine ait koza açma oranlarına uygulamaların etkisi (II. Yıl)

Şekil 4.35. , Şekil 4.37. ve Şekil 4.39.'da sunulan, uygulamaların koza açma oranlarına etkisine ilişkin I. Yıl verileri incelendiğinde termal yaprak dökücü, kimyasal yaprak dökücü ve kontrol grubunda sırasıyla %50, %48, %45 oranlarında uygulamalar sonrası koza açma oranı artmıştır. I. Yıl verilerinde istatistiksel bir fark olmamakla birlikte, II. Yıla ilişkin verilerin sunulduğu Şekil 4.36., Şekil 4.38. ve Şekil 4.40. incelendiğinde koza açma oranlarında

uygulamaların etkisi istatistiksel anlamda farklılık göstermemekte olup, termal uygulamanın yapıldığı parsellerde %45, kimyasal uygulamanın yapıldığı parsellerde %43, herhangi bir uygulamanın yapılmadığı parsellerde ise %43 olarak gerçekleşmiştir.

Uygulama yapılan parsellerdeki koza oranlarına ve uygulamaların koza açma oranlarına etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Uygulamaların koza açma oranlarına etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar

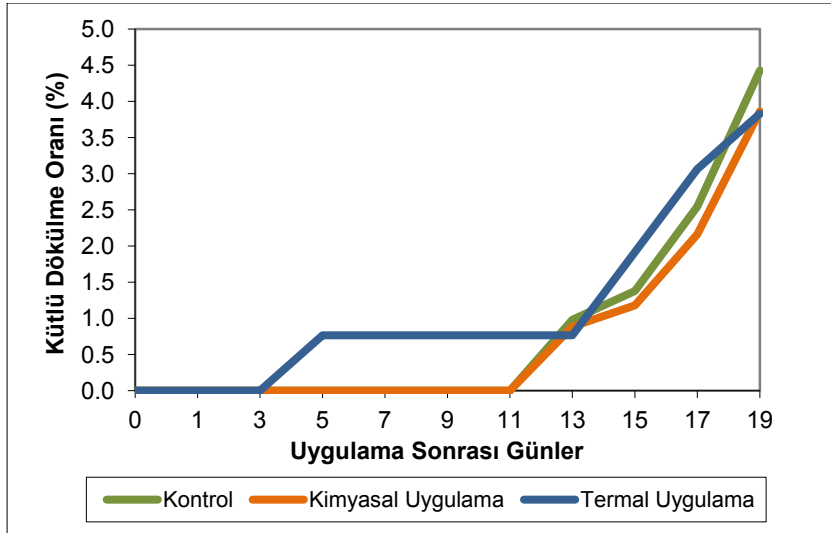
İNCELENEN ÖZELLİK	UYGULAMA			LSD
	Termal Uygulama	Kimyasal Uygulama	Kontrol Grubu	
I. Yıl Koza Açma Oranları, % ^{ns}	94,967 a	92,689 ab	91,233 b	3,695
II. Yıl Koza Açma Oranları, % ^{ns}	93,700 a	92,944 ab	92,011b	1,444
I. Yıl Koza Açma Oranlarına Etkisi, % ^{ns}	50,022 a	48,233 a	44,711 a	7,625
II. Yıl Koza Açma Oranlarına Etkisi, % ^{ns}	44,833 a	43,400 a	42,689 a	3,686

* %5 seviyesinde önemli, ** % 1 seviyesinde önemli, ^{ns} önemsiz

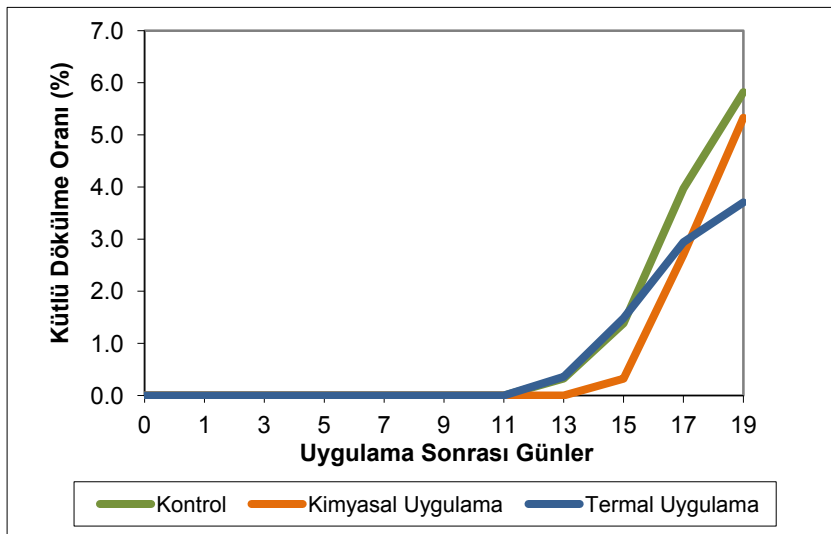
Koza açma oranları, her iki yılda ve üç uygulamada da %95'e yaklaşmakla birlikte, uygulamaların koza açma oranlarına etkisi %43-50 arasında değişmiştir. Funk (2007) termal uygulama, kimyasal uygulama ve hiçbir uygulamanın yapılmadığı parsellerdeki koza açma oranlarına uygulamaların etkisinin, uygulamadan 19 gün sonra %60 ile %83 oranında artış sağladığını belirtmiştir. Çalışmamızda, uygulamaların %43-50 arasında açan koza sayısında artış sağlaması, tüm kozaların açması anlamına gelmektedir.

4.2.3.2. Kütlü dökülme oranları

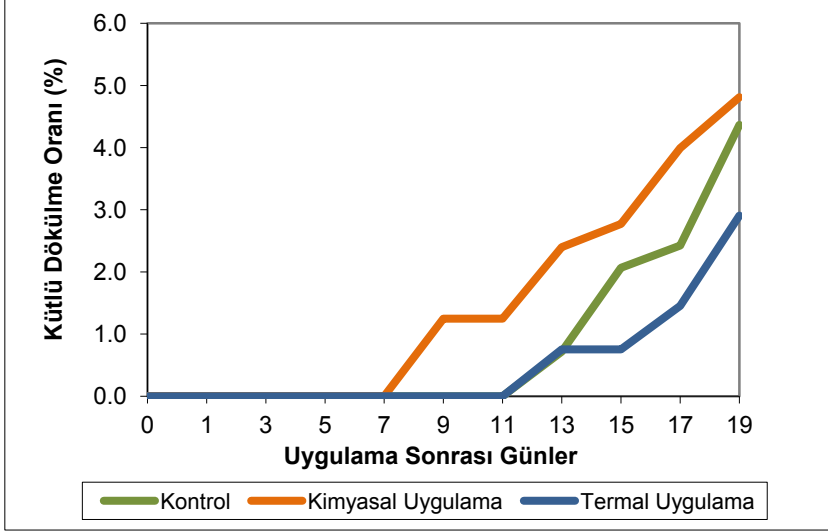
Birinci ve ikinci yıla ait termal yaprak dökücü uygulama, kimyasal yaprak dökücü uygulama ve kontrol grubuna ilişkin kütlü dökülme oranları sırasıyla, Beyaz Altın 119 çeşidi için Şekil 4.41. ve Şekil 4.42.'de, Nazilli 84S çeşidi için Şekil 4.43. ve Şekil 4.44.'te, Carmen çeşidi için, Şekil 4.45. ve Şekil 4.46.'da verilmiştir.



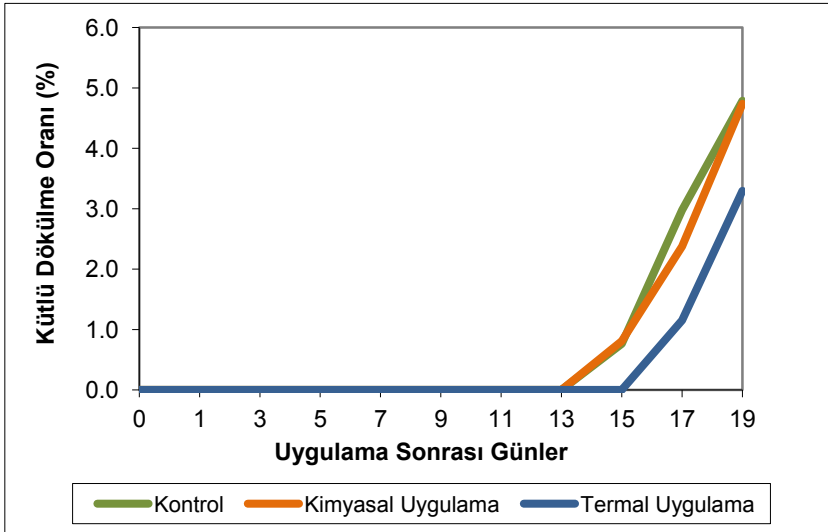
Şekil 4.41. Beyaz Altın 119 çeşidine ait kütlü dökülme oranları (I. Yıl)



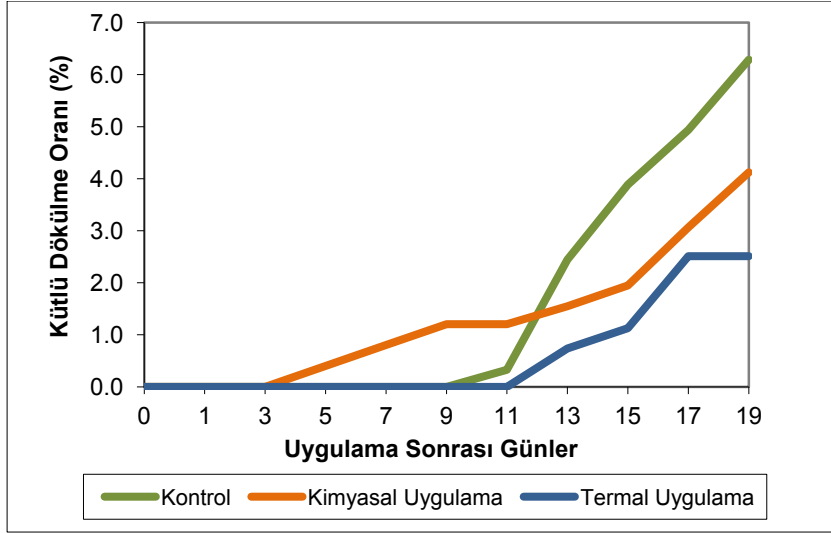
Şekil 4.42. Beyaz Altın 119 çeşidine ait kütlü dökülme oranları (II. Yıl)



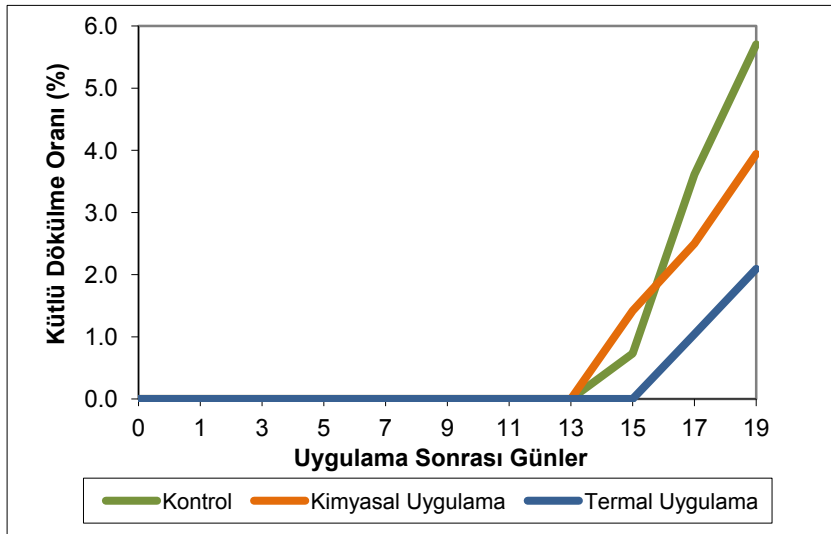
Şekil 4.43. Nazilli 84S çeşidine ait kütlü dökülme oranları (I. Yıl)



Şekil 4.44. Nazilli 84S çeşidine ait kütlü dökülme oranları (II. Yıl)



Şekil 4.45. Carmen çeşidine ait kütlü dökülme oranları (I. Yıl)



Şekil 4.46. Carmen çeşidine ait kütlü dökülme oranları (II. Yıl)

Şekil 4.41., Şekil 4.43., Şekil 4.45.'te sunulan, birinci yıl kütlü dökülme oranları ile Şekil 4.42., Şekil 4.44., Şekil 4.46.'da sunulan ikinci yıl kütlü dökülme oranları uygulamalar bazında genel olarak karşılaştırıldığında, ikinci yıl kütlü dökülmelerinin yapılan uygulamalardan 11-12 gün sonra başladığı, birinci yıl verilerine bakıldığında ise uygulamaların 3. ve 7. günlerinde dökülmelerin meydana geldiği ve devam ettiği görülmektedir. Birinci yıl uygulama sonrası

günlerdeki hava koşullarının (rüzgâr hızı ve yağış), ikinci yıl uygulama sonrası günlere oranla daha sert geçmesinin kütlü dökülmelerinde önemli etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Birinci ve ikinci yıl uygulamaların kütlü dökülme oranları üzerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Uygulamaların kütlü dökülme oranlarına etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar

İNCELENEN ÖZELLİK	UYGULAMA			LSD
	Termal Uygulama	Kimyasal Uygulama	Kontrol Grubu	
I. Yıl Kütlü Dökülme Oranları, % ^{ns}	3,078 b	4,511 ab	5,033 a	1,666
II. Yıl Kütlü Dökülme Oranları, % [*]	3,044 b	4,656 ab	5,433 a	1,795
* %5 seviyesinde önemli, ** % 1 seviyesinde önemli, ^{ns} önemsiz				

Uygulamalar bazında, birinci yıl kütlü dökülme oranları istatistiksel açıdan karşılaştırıldığında bir fark gözlenememiş olup, ikinci yıla ait değerlerde ise %5 önem seviyesinde fark çıkmıştır. Bununla birlikte, ortalama değerlere bakıldığında termal uygulama yapılan parsellerde, kimyasal uygulama yapılan ve uygulama yapılmayan kontrol parsellerinden daha düşük bir kütlü dökümü olduğu göze çarpmaktadır.

4.2.4. Pamuk Verim ve Kalite Analizleri

Birinci ve ikinci yıl uygulamaların pamuk kütlü verimi üzerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Uygulamaların pamuk kütlü verimine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar

İNCELENEN ÖZELLİK	UYGULAMA			LSD
	Termal Uygulama	Kimyasal Uygulama	Kontrol Grubu	
I. Yıl Kütlü Verim, kg ^{ns}	444,444 a	434,816 a	487,408 a	79,959
II. Yıl Kütlü Verim, kg ^{ns}	477,778 a	471,112 a	490,370 a	24,889
* %5 seviyesinde önemli, ** % 1 seviyesinde önemli, ^{ns} önemsiz				

Birinci ve ikinci yıl verim değerleri uygulamalar bazında incelendiğinde istatistiksel olarak bir fark ortaya çıkmamıştır. Termal uygulama, kimyasal uygulama ve kontrol grubunun verim üzerine etkisi önemsizdir. Funk ve ark. (2006) da çalışmalarında, uygulamaların verim değerleri üzerine etkisini önemsiz bulmuşlardır.

Birinci ve ikinci yıl pamuk çeşitlerinin kütlü verim değerlerine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar Çizelge 4.11.'da sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Çeşitlerin pamuk kütlü verimlerine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar

İNCELENEN ÖZELLİK	ÇEŞİT			LSD
	Beyaz Altın 119	Nazilli 84S	Carmen	
I. Yıl Kütlü Verim, kg *	505,927 a	397,778 b	462,963 ab	79,959
II. Yıl Kütlü Verim, kg ^{ns}	492,592 a	470,370 a	476,298 a	24,889
* %5 seviyesinde önemli, ** % 1 seviyesinde önemli, ^{ns} önemsiz				

Birinci ve ikinci yıl denemelere ilişkin pamuk kütlü verim değerleri çeşitler açısından incelendiğinde, her iki deneme yılı için de, verim sıralaması Beyaz Altın 119, Carmen ve Nazilli 84S olduğu görülmektedir. İki yılın ortalama değerleri Beyaz Altın 119 çeşidinde 499 kg/da, Carmen çeşidinde 470 kg/da ve Nazilli 84S çeşidinde ise 434 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Anonim (2012b), birinci yıl Türkiye kütlü pamuk verim ortalamasının 411 kg/da, ikinci yıl verim ortalamasının ise 447 kg/da seviyelerinde gerçekleştiğini bildirmektedir. İlk yıl denemelerinde sadece Nazilli 84S çeşidinin kütlü verimi Türkiye ortalamasının altında kalırken, ikinci yıl da tüm çeşitlerin kütlü verim değerleri Türkiye ortalamasının üstünde gerçekleşmiştir.

Birinci ve ikinci yıl pamuk kalite analizleri uygulamalar bazında ayrı ayrı incelenmiştir. Birinci yıl pamuk kalite özelliklerine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar Çizelge 4.12.'de, ikinci yıl verileri ise Çizelge 4.13.'te sunulmuştur.

Çizelge 4.12. Uygulamaların pamuk kalite özelliklerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar (I. yıl)

İNCELENEN ÖZELLİK	UYGULAMA			LSD
	Termal Uygulama	Kimyasal Uygulama	Kontrol Grubu	
Lif İnceliği (Micronair) ($\mu\text{g}/\text{in}$) ^{ns}	4,646 a	4,777 a	4,631 a	0,269
Olgunluk Oranı (Mat) ^{ns}	0,904 a	0,909 a	0,898 a	0,016
Lif Uzunluğu (Len) ^{ns}	28,358 a	28,617 a	28,461 a	1,352
Düzensizlik (Üniformite) indeksi ^{ns}	84,356 a	84,244 a	83,767 a	1,053
Kısa Lif Yüzdesi (SFI) ^{ns}	8,544 a	8,578 a	8,433 a	0,732
Lif Elastikiyeti ^{ns}	5,689 a	5,622 a	5,711 a	0,339
Lif Mukavemeti (STR)(g/tex) ^{**}	32,000 a	32,611 a	30,433 b	1,202
Parlaklık (Rd) ^{ns}	69,944 a	70,444 a	71,711 a	1,985
Sarıklık (B) ^{ns}	7,500 a	7,389 a	7,687 a	0,367
TR Area ^{ns}	0,400 ab	0,520 a	0,226 b	0,266
TR CNT [*]	25,444 ab	29,667 a	14,222 b	12,451

* %5 seviyesinde önemli, ** % 1 seviyesinde önemli, ^{ns} önemsiz

Çizelge 4.13. Uygulamaların pamuk kalite özelliklerine etkisine ilişkin ortalamalar ve istatistiksel guruplar (II. yıl)

İNCELENEN ÖZELLİK	UYGULAMALAR			LSD
	Termal Uygulama	Kimyasal Uygulama	Kontrol Grubu	
Lif İnceliği (Micronair) ($\mu\text{g}/\text{in}$) ^{ns}	4,723 a	4,528 a	4,620 a	0,211
Olgunluk Oranı (Mat) ^{ns}	0,900 a	0,888 a	0,899 a	0,013
Lif Uzunluğu (Len) ^{ns}	28,136 b	28,399 ab	28,562 a	0,378
Düzensizlik (Üniformite) indeksi [*]	84,656 a	83,656 b	84,444 a	0,656
Kısa Lif Yüzdesi (SFI) ^{ns}	6,500 a	6,689 a	6,822 a	0,714
Lif Elastikiyeti ^{ns}	5,389 a	5,267 a	5,278 a	0,280
Lif Mukavemeti (STR)(g/tex) ^{ns}	30,222 a	29,178 a	30,000 a	1,131
Parlaklık (Rd) ^{ns}	57,411 a	56,589 a	55,833 a	1,627
Sarıklık (B) [*]	8,244 b	8,922 a	8,467 ab	0,537
TR Area ^{ns}	0,948 a	0,787 a	0,730 a	0,379
TR CNT ^{ns}	65,778 a	63,222 a	55,667 a	22,633

* %5 seviyesinde önemli, ** % 1 seviyesinde önemli, ^{ns} önemsiz

Uygulamaların lif kalite özelliklerine etkisine ilişkin birinci ve ikinci yıl verilerinin sunulduğu çizelgeler incelendiğinde, lif inceliği, olgunluk oranı, lif uzunluğu, kısa lif yüzdesi, lif elastikiyeti, parlaklık, yabancı madde alanı, bakımından uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark görülmemiştir. Bununla birlikte, birinci yıl lif mukavemeti değerlerinde istatistiksel anlamda %1 önem seviyesinde fark çıkmış olup sırasıyla, kimyasal

uygulamada 32,61 g/tex, termal uygulamada 32,00 g/tex, kontrol grubunda ise 30,43 g/tex değerleri ile istatistiksel gruplar oluşmuştur. Birinci yıl yabacı madde sayıları verilerinde, ikinci yıl ise sarılık verilerinde %5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Yabancı madde sayılarında sıralama, kimyasal uygulamada 29,67, termal uygulamada 25,44, kontrol gurubunda ise 14,22 şeklinde dir. Sarılık değerleri ise sırasıyla, kimyasal uygulamada 8,92, kontrol gurubunda 8,47, termal uygulamada ise 8,24 seviyesindedir. İkinci yıl verilerinde yabancı madde alanının ve sayısının birinci yıla göre daha yüksek çıkması, hasat tarihinin bir önceki yıla göre gecikmesi ile açıklanabilir.

Çeşitler üzerinde, uygulamalar arasında olumsuz yönde bir fark çıkmamış olması, ısı etkisi ile uyguladığımız yöntemin diğer yöntemlere göre bir dezavantaj oluşturmadığını ispatlamaktadır.

4.3. Kimyasal Yaprak Dökücü ve Termal Etkili Yaprak Dökücü Uygulamaların İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Birinci ve ikinci yıla ilişkin uygulama maliyetleri sırasıyla Çizelge 4.14. ve Çizelge 4.15.'te sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Uygulamaların işletme maliyetlerine etkisine ilişkin tablo (I. Yıl)

	Kontrol	Kimyasal Uygulama	Termal Uygulama
İşe hazırlanma süresi	-	15 dakika	5 dakika
Çalışma sıcaklığı	-	-	~145°C
Çalışma hızı	-	~3,8 km/h	~1,5 km/h
Zamandan yararlanma katsayısı	-	0,70	0,88
İş genişliği	-	8 m	0,75 m
İş başarısı	-	21,4 da/h	1 da/h
Kimyasal tüketimi	-	60 ml/da	-
Kimyasal maliyeti¹	-	4,2 ₺/da, 2,88 \$/da	-
LPG tüketimi	-	-	4,8 kg/h, 4,8 kg/da
LPG fiyatı²	-	-	3,77 ₺/kg, 18,1 ₺/da, 12,4 \$/da
LPG fiyatı³	-	-	3,09 ₺/kg, 14,83 ₺/da, 10,12 \$/da
LNG fiyatı⁴	-	-	0,84 ₺/kg, 4,03 ₺/da, 2,76 \$/da
Akaryakıt tüketimi	-	3,90 l/h	4,20 l/h
Akaryakıt fiyatı⁵	-	2,54 ₺/l	2,54 ₺/l
Yaprak dökme etkinliği	~%10	~%47	~%89
Toplam Kimyasal Uygulama Maliyeti	-	4,66 ₺/da (3,19 \$/da)	-
Toplam Termal Uygulama (LPG) Maliyet⁶	-	-	28,77 ₺/da (19,71\$/da)
Toplam Termal Uygulama (Otogaz LPG) Maliyet⁷	-	-	25,50 ₺/da (17,47 \$/da)
Toplam Termal Uygulama (LNG) Maliyet⁸	-	-	14,70 ₺/da (10,07 \$/da)
9 Ekim 2009 tarihinde			
¹ Kimyasal yaprak dökücü perakende fiyatı, 70 ₺/l			
² 45 kg lık sanayi tipi LPG perakende fiyatı (depozitosuz), 169,50₺ (Anonim, 2011k)			
³ Otogaz fiyatı 1,73 /l (Anonim, 2011l); karışım $\rho_{ort}=0,56$ kg/l (Can, 2009)			
⁴ Likit doğal gaz (LNG) en üst ısıl değerde (13983kcal/kg) $\rho_{maks}=0,714$ kg/m ³ (Anonim, 2012e); organize sanayi için m ³ fiyatı, 0,5969 ₺/m ³ (Anonim, 2012f),			
⁵ Aydın/Koçarlı kırsal motorin pompa fiyatı, 2,54₺/l (Anonim, 2011m)			
⁶ 45 kg'lık sanayi tüpü kullanımında ortaya çıkan toplam maliyet			
⁷ Otogaz LPG kullanımında ortaya çıkan toplam maliyet			
⁸ Aynı miktar LNG sarfiyatı olduğu varsayıldığında ortaya çıkan toplam maliyet			
⁹ T.C. Merkez Bankası döviz kuru, 1\$=1,46₺ (Anonim, 2011n)			

Çizelge 4.15. Uygulamaların işletme maliyetlerine etkisine ilişkin tablo (II. Yıl)

	Kontrol	Kimyasal Uygulama	Termal Uygulama
İşe hazırlanma süresi	-	15 dakika	5 dakika
Çalışma sıcaklığı	-	-	~145°C
Çalışma hızı	-	~4 km/h	~1,6 km/h
Zamandan yararlanma katsayısı	-	0,68	0,89
İş genişliği	-	8 m	0,75 m
İş başarısı	-	21,8 da/h	1,1 da/h
Kimyasal tüketimi	-	60 ml/da	-
Kimyasal maliyeti	-	4,5 ₺/da 3,19 \$/da	-
LPG tüketimi	-	-	4,6 kg/h, 4,2 kg/da
LPG fiyatı²	-	-	4,64 ₺/kg 19,49 ₺/da, 13,82 \$/da
LPG fiyatı³	-	-	3,79 ₺/kg 15,92 ₺/da, 11,29 \$/da
LNG fiyatı⁴	-	-	0,84 ₺/kg 3,53 ₺/da, 2,50 \$/da
Akaryakıt tüketimi	-	4,05 l/h	4,30 l/h
Akaryakıt fiyatı	-	2,97 ₺/l	2,97 ₺/l
Yaprak dökme etkinliği	~%3	~% 44	~% 83
Toplam Kimyasal Uygulama Maliyeti	-	5,05 ₺/da (3,58 \$/da)	-
Toplam Termal Uygulama (LPG) Maliyet⁶	-	-	31,1 ₺/da (22,06 \$/da)
Toplam Termal Uygulama (Otogaz LPG) Maliyet⁷	-	-	27,53 ₺/da (19,53 \$/da)
Toplam Termal Uygulama (LNG) Maliyet⁸	-	-	15,14 ₺/da (10,74 \$/da)
3 Kasım 2010 tarihinde, ¹ Kimyasal yaprak dökücü perakende fiyatı, 75 ₺/l ² 45 kg lık sanayi tipi LPG perakende fiyatı (depozitosuz), 209,00 ₺ (Anonim, 2011k) ³ Otogaz fiyatı, 2,12 ₺/l (Anonim, 2011l); karışım $\rho_{ort}=0,56$ kg/l (Can, 2009) ⁴ Likit doğal gaz (LNG) en üst ısıl değerinde (13983kcal/kg) $\rho_{maks}=0,714$ kg/m ³ (Anonim, 2012e); organize sanayi için m ³ fiyatı, 0,5964 ₺/m ³ (Anonim, 2012f), ⁵ Aydın/Koçarlık kırsal motorin pompa fiyatı, 2,97 ₺/l (Anonim, 2011m) ⁶ 45 kg'lık sanayi tüpü kullanımında ortaya çıkan toplam maliyet ⁷ Otogaz LPG kullanımında ortaya çıkan toplam maliyet ⁸ Aynı miktar LNG sarfiyatı olduğu varsayıldığında ortaya çıkan toplam maliyet ⁹ T.C. Merkez Bankası döviz kuru, 1\$=1,41 ₺ (Anonim, 2011n)			

Birinci yıl termal uygulama ile 4,8 kg/da gaz tüketimiyle 1 da/h iş başarısı sağlanıp, 28,77 ₺/da maliyet oluşken, ikinci yıl termal uygulamada da iş başarısı

1,1 da/h 'e çıkarılarak gaz tüketimi 4,2 kg/da'a düşürülmüş, maliyet ise 31,1 ₺/da olarak gerçekleşmiştir. 45 kg sanayi tüpü yerine, otopaz LPG kullanımı durumunda, dekar başına gaz maliyetini %20, sıvılaştırılmış doğal gaz kullanımında ise, dekar başına gaz maliyetini 1/4'üne düşürmek mümkün görülmektedir. Birinci yıl kimyasal uygulama ile 60 ml/da defolyant dozunda, 21,4 da/h iş başarısı sağlanıp, 4,66 ₺/da maliyet oluşurken, ikinci yıl kimyasal uygulamada iş başarısı 21,8 da/h 'e çıkarılarak, maliyet 5,05 ₺/da olarak gerçekleşmiştir.

Funk ve ark. (2004) çalışmalarında 9,35 l/da (~4,9 kg/da), 9,35-14,0 l/da (~4,9-7,3 kg/da), 14,0 l/da (~7,3 kg/da) propan gazı kullanımı ile termal uygulama maliyetleri sırasıyla 2,1 \$/da, 3,7 \$/da, 5,4 \$/da şeklinde olup kimyasal maliyeti ise 10,2 \$/da olarak bulmuşlardır. Funk ve ark.'nın düşük yoğunluk uygulamalarında kullandıkları gaz miktarı ~4,9 kg/da olup, çalışmamızda yapılan termal uygulama miktarına (4,2-4,8 kg/da) oldukça yakındır. Bununla birlikte LPG maliyeti ortalama ~13,1 \$/da civarındayken, Funk ve ark.'nın gaz maliyeti 2,1 \$/da kadardır. Türkiye koşullarında alternatif yakıt olarak LNG kullanıldığında yakıt maliyetini 2,5 \$/da 'a kadar düşürmek mümkün görülmektedir. Türkiye'de uygulanan kimyasal maliyeti (2,88 \$/da – 3,19 \$/da) ise Funk ve ark. kimyasal maliyetine (10,2 \$/da) göre oldukça düşüktür.

Funk (2007) termal etkili yaprak dökücü tek sıralı prototip makinalarıyla 0,9 da/h lik iş başarısına ulaşırken, Showler ve ark. (2006) iki sıralı kendi yürür prototipleriyle 4 da/h tarla iş başarısına ulaşmışlardır. Funk ve ark. (2004)'nin tek sıralı prototip makinalarının yanında propan tankı çeken ayrı bir romörk bulunmakta, bu da manevra kabiliyetini düşürmektedir. Çalışmamız kapsamında ortaya konulan prototip makinada, brülör yakıtı, makina üzerinde depolanmış olup, tek sıralı termal etkili yaprak dökücü makina ile 1,1 da/h tarla iş başarısına ulaşılmıştır.

Termal yaprak dökücü uygulama ile kimyasal yaprak dökücü uygulama maliyetleri arasında oldukça büyük bir fark bulunmaktadır. Bu fark, elde edilen üründen sağlanacak getirilerin ayrıca karşılaştırılmasını gerekli kılmaktadır. Termal uygulama ile hasat zamanını erkene almak mümkündür. Erkene alınan hasat ile üründeki kalite kaybının, dolayısıyla değer kaybının önüne geçilebilir. Bu şekilde oluşan maliyeti dengelemek mümkün görülmektedir.

Anonim (2012g) de sunulan pamuk bülteni incelendiğinde, en yüksek kalitedeki Standart Garanti ile Beyaz Standart1 arasında 0,10 ₺/kg, Beyaz Standart2 arasında 0,25 ₺/kg, Benekli Standart1 arasında 0,20 ₺/kg fark bulunduğu görülmektedir. Hasattın gecikmesin dolayı ortaya çıkabilecek kalite düşmelerinde kg başına ortalama yaklaşık 0,15 ₺ kadar kaybedilmektedir. Termal yaprak dökücü uygulamayla erkene alınabilecek hasat ile, pamuğun arazide beklemesinden dolayı ortaya çıkan kalite kayıplarının önüne geçilebilecektir. Erken hasatla gerçekleştirilecek net geri dönüşler çeşit verimleri dikkate alınarak Çizelge 4.16.'da sunulmuştur.

Çizelge 4.16. Termal uygulama maliyetinin çeşitler bazında erken hasatla geri dönüşüne ilişkin değerler

Uygulama Yılı	Çeşitler	Verim Değerleri, (kg/da)	Erken hasat ile 0,15 ₺/kg kazanım (₺/da)	Termal Uyg. maliyetinden sonra net geri dönüş, (₺/da)
I	Beyaz Altın 119	506	75,90	47,13
	Nazilli 84S	398	59,70	30,93
	Carmen	463	69,45	40,68
II	Beyaz Altın 119	493	73,95	42,85
	Nazilli 84S	470	70,50	39,40
	Carmen	476	71,40	40,30

Termal yaprak dökücü uygulama yapılan parsellerde, hasat uygulamanın yapıldığı günden bir kaç gün içinde gerçekleştirildiği ve aynı verimin elde edildiği durumda, net geri dönüşler en çok I. yıl uygulamalarında Beyaz Altın 119 çeşidinde 47,13 ₺/da, en az Nazilli 84S çeşidinde 30,93 ₺/da olarak gerçekleşmektedir. Erken hasatla verim kaybı olmadığı sürece, termal uygulama ile dekar başına 50 ₺ 'ye varan kazançlara ulaşmak mümkün görülmektedir.

4.4. Termal Etkili Yaprak Dökücü Makinanın İmalat Maliyeti

Termal etkili yaprak dökücü makinanın yaklaşık imalat maliyeti Çizelge 4.17.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.17. Termal yaprak dökücü makinanın yaklaşık maliyetine ilişkin değerler

Maliyet Unsuru	Maliyeti (₺)
Sac, profil, makina elemanları, yürüyen aksam, izolasyon malzemeleri	7000,00
Brülör	5500,00
Fan	2000,00
Hidrolik tahrik sistemi	2000,00
45kg'lık sanayi tüpü (3 adet)	1000,00
İşçilik (3 işçi/1 ay)	4500,00
Toplam İmalat Maliyeti	22000,00

Tek sıralı makinanın yaklaşık maliyeti 22000 ₺ civarında olup, burada sunulan maliyetler perakende fiyatlar üzerindedir. Seri üretim sürecinde makinanın maliyetini daha aşağı çekmek mümkün görülmektedir.

5. SONUÇ

Bu doktora çalışmasının sonucunda, pamuk tarımında makinalı hasat öncesinde pamuk bitkisinin yapraklarından arındırılmasında kullanılabilir, termal esaslı yaprak dökücü bir makinanın tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Tarla koşullarında denemeleri yapılarak pamuk üzerine etkileri incelenmiştir. Makinanın tasarımı, gerilme analizleri, hava akış ve termal analizleri bilgisayar destekli tasarım ve analiz programlarıyla gerçekleştirilmiştir.

Traktöre yarı asma olarak bağlanan ve tek sıralı olan makinada, bitkiye gönderilecek havanın ısıtılmasında likit petrol gazı kullanılmıştır. İmalatı gerçekleştirilen makinanın laboratuvar denemeleri ve kimyasal yaprak dökücü (defolyant) ile etkinliğinin karşılaştırılmasına yönelik olarak, aynı lokasyonda iki yıl üst üste 3 çeşit üzerinde tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak yürütülen çalışmalar sonucunda, termal etkili yaprak dökücü makinanın yaprak dökme performansı kimyasal yaprak dökücüye kıyasla çok üstün olduğu bulunmuştur. Termal etkili yaprak dökücü makina, uygulamadan sonraki ilk 24 saat içinde, pamuk bitkisi yapraklarını %100 'e varan oranda öldürmekte ve ölen yapraklar için bitkiden ayrılıp dökülme süreci başlamaktadır. Kimyasal uygulamada ise yaprak dökülme etkisi uygulamadan 7 gün sonra gözlemlenebilmiştir. Termal uygulamada, uygulama gününden 19 gün sonra ortalama %85'in üzerinde yaprak dökümü gerçekleşirken, bu oran kimyasal uygulama yapılan parsellerde %46, hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol parsellerinde ise %7 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Termal yaprak dökücü uygulama, kimyasal uygulamalarda ortaya çıkan, uygulama sonrası hava sıcaklık farklılıkları, rüzgâr hızı, yağış gibi atmosfer koşullarından olumsuz yönde etkilenmemiştir. Termal uygulamanın bu kesin etkisi, yaprakların bitkiden ayrılma sürecini, kimyasal uygulamaya göre daha erkene çekmektedir. Bitkiden yaprakların erken dökülmesi, hasat tarihini öne çekmekte ve hasat sezonunda yağışların yol açtığı pamuk lif kalite kaybının önüne geçilebilmektedir.

Pamuk lif kalitesi yönünden termal uygulama ve kimyasal karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Uygulanan havanın sıcaklığı, pamuk lifi üzerinde olumsuz yönde etki bırakmamasından dolayı, kalite kaybına yol açmamıştır. Uygulamaların pamuk kütlü verimi üzerine etkileri de istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır.

Tek sıralı termal etkili yaprak dökücü makinanın iş başarısı 1,1 da/h kadardır. İş başarısının arttırılması için 2, 3 veya 4 sıralı; çalışma hızının arttırılabilmesi için, mevcut traktör-makina kombinasyonu yerine, kendi yürür aksama sahip modellerin geliştirilmesi gerekmektedir. Yüksek çalışma hızlarının gereği olarak bitkiye uygulanacak sıcaklıkta yüksek tutulması gerekecektir. Çalışma sonucu ortaya çıkan makinanın işletme maliyetlerinin düşürülmesine yönelik olarak, bitkiye yönlendirilecek havanın ısıtılmasında kullanılan likit petrol gazı temininde sanayi tüpü kullanımı yerine, otogaz yada likit doğal gaz (LNG) gibi yakıtların kullanılabilirdiği alternatif modeller üzerinde çalışılmalıdır. İmalatı gerçekleştirilen makinanın endüstriyel tasarımın iyileştirilmesi, fonksiyonlarını yerine getirmede uygulanacak ileri güvenlik tedbirleriyle, kullanıcı tarafından tercih edilebilirliği sağlanabilir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, H.İ. ve Denктаş, M. 2008. Mühendislik Bilimi, Lisans Yayıncılık, Ankara.
- Açıkğöz, N., Aktaş, M.E., Mokhaddam, A.F., Özcan, K. 1994. Tarist an agrostatistical packageprogramme for personal computer. **EÜZF Tarla Bitkileri Kongresi**, İzmir.
- Akkurt, M. 1994a. Makina Elamanları (Cilt I). Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Akkurt, M. 1994b. Makina Elemanları Problemleri. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Aksoy, E., Dölekoğlu, T. 2003. Dünya’da ve Türkiye’de organik pamuk üretim ve ticareti. **Türkiye 6. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri**, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 106, s. 58-64, 24-25 Nisan, Antalya.
- Algan, N. 2002. Tarla Bitkileri (Endüstri Bitkileri). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Notları:52/3.
- Anonim, 2003. Gürültü Yönetmeliği. Resmi Gazete, (23/12/2003) Sayı: 25325.[<http://www.csgb.gov.tr/csgbPortal/csgb.portal?page=mevzuat&id=2>], Erişim: 08.07.2011
- Anonim, 2005. Hidrolik Sistemler. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2006a. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Tekstil, Deri Ve Giyim Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Tekstil, Hazır Giyim Ve Konfeksiyon Alt Komisyonu Raporu. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı.
- Anonim, 2006b. Propane Technology. Propane Education and Research Council (PERC), Washington, DC.
- Anonim, 2006c. CosmosFloWorks® Fluid Simulation Analysis. Structural Research and Analysis Corporation, Santa Monica, California, USA.
- Anonim, 2008. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standardı, TS825, Türk Standartları Enstitüsü. [<http://www.izocam.com.tr/izocam/Teknik-Bilgiler/Standart-ve-Yonetmelikler.aspx>], Erişim: 01.02.2012.
- Anonim, 2009. Endüstri Bitkileri Pamuk Araştırmaları Program Değerlendirme Toplantısı. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Antalya.

- Anonim, 2010a. 2010 Yılı Pamuk Raporu. T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Teşkilatlandırma Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2010b. The Role Of CFD in Real Life Designs.[http://www.solidworks.com/sw/docs/CFD_2010_ENG_FINAL.pdf], Erişim Tarihi: 11.05.2010.
- Anonim, 2011a. <http://www.casappa.com/pdf/Company-profile/DOC-05-R-E.pdf>, Erişim: 10.06.2011
- Anonim, 2011b. <http://www.sunfab.com/?lang=EN&pageID=24&slug=Datasheets>, Erişim: 10.06.2011
- Anonim, 2011c. <http://www.termo-heat.com/urunDosya/brulorler-ecostar-gazorom.pdf>, Erişim: 10.06.2011
- Anonim, 2011d. <http://www.aygaz.com.tr/tr-TR/Tuplugaz/Bilgilendirme/LpgUygulamalari/>, Erişim: 10.06.2011
- Anonim, 2011e. <http://www.cerciller.com/UrunDetay.aspx?UrunId=7>, Erişim: 02.06.2011
- Anonim, 2011f. <http://maps.google.com/>, Erişim: 13.09.2011
- Anonim, 2011g. Meteoroloji İstasyonu Verileri, Aydın.
- Anonim, 2011h. http://www.progenseed.com/ozbugday_tohum/index.php?okod=80, Erişim: 29.05.2011
- Anonim, 2011i. <http://www.hpa.com.tr/tr/hpa/kaynaklar/formuller.pdf>, Erişim: 10.06.2011
- Anonim, 2011j. <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/9.aspx>, Erişim: 11.12.2011
- Anonim, 2011k. <http://www.aygaz.com.tr/tr-TR/Tuplugaz/Fiyatlar/>, Erişim: 10.10.2011
- Anonim, 2011l. <http://www.aygaz.com.tr/tr-TR/Otogaz/Fiyatlar/>, Erişim: 10.10.2011,
- Anonim, 2011m. <http://www.turkiyeshell.com/pompa/pricingv2/default.aspx>, Erişim: 10.10.2011

- Anonim, 2011n. <http://www.tcmb.gov.tr/>, Erişim: 10.10.2011
- Anonim, 2012a. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>, Erişim: 01.06.2012.
- Anonim, 2012b. http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=58, Erişim: 01.06.2012.
- Anonim, 2012c. Organic Cotton Production – IV. [http://www.icac.org/cotton_info/tis/organic_cotton/documents/1998/e_deceember.pdf], Erişim: 01.02.2012
- Anonim, 2012d. Binalarda ısı yalıtımı ve ısı yalıtım malzemeleri. [http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/2d40e1e994e4df1_ek.pdf], Erişim: 01.02.2012
- Anonim, 2012e. <http://www.polng.com.tr/fatura.aspx>, Erişim: 11.02.2012
- Anonim, 2012f. <http://www.baskentdogalgaz.com.tr/inc/main.asp?id=tarifearsiv>, Erişim: 11.02.2012
- Anonim, 2012g. Pamuk Bülteni. [<http://www.itb.org.tr/TR/Default.asp>], Erişim: 03.04.2012
- Arun, N., Akkoç, H. 1997. Pnömatik İletim Temel Bilgileri. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Oda Yayın No:205, İZMİR.
- Aybers, N. 1990. Mühendislik Termodinamiğinin Esasları. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Aydın, M., Gavas, M., Yaşar, M., Altunpark, Y. 2011. Üretim Yöntemleri ve İmalat Teknolojileri. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Ayık, M. 1985. Ürün İşleme Tekniği ve Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:957, Ders Kitabı No:277, Ankara.
- Ayık, M. 1995. Ürün İşleme Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:1409, Ders Kitabı No:407, Ankara.
- Babalık, F.C. 2008. Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri. Nobel Yayın Dağıtım A.Ş., Yayın No:697, Ankara.
- Barra, F.L. 2006. Method for Thermal Pest Control. U.S. Patent Office, Patent No:7134239
- Binici, H. 2004. Çözümlü Mukavemet. Dilara Yayınevi, Trabzon.

- Burmester C., Patterson M.G., Monks, C.D. 2001. Coton Defoliation Time. Alabama Cooperative Extension System , ANR-715, USA.
- Can, İ. 2009. Lpg İle Çalışan Benzinli Bir Motora Kademeli Dolgu Yapılmasının Performans Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Elazığ.
- Chapra, S.C., Canale, R.P. 2008. Yazılım ve Programlama Uygulamalarıyla Mühendisler için Sayısal Yöntemler (Çeviri: H. Heperkan, U. Kesgin).
- Çengel, Y.A. 2003. Heat Transfer: A Practical Approach. McGraw-Hill, USA.
- Çengel, Y.A., Boles, M.A. 2008. Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik (Çeviri: A. Pınarbaşı Ed.). İzmir Güven Kitapevi, İzmir.
- Çevik, F. 1996. Hidrolik, Temel Seviye Öğretim Kitabı. Festo Didactic, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Çiçek, S., Kaynak, M.A. 2008. Farklı pamuk türlerine ait çeşitlerin diallel melezlerinde önemli agronomik ve teknolojik özelliklerin kalıtımının saptanması. **ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 5(1):45-52
- Çilingir, İ., Dursun, E. 2002. Bitki Koruma Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1531, Ders Kitabı:484, Ankara.
- Çobanoğlu, F., Ünay, A., Tunalıoğlu, R., Ereku, O., Karabat, S., Aydın, H., Ekizoğlu, M., Yoldaş, B., Kavas, E., Turak, Ö., Şahin, F., Filizer, F., Erol, N., Özkan, S., Sarı, E., Başol, İ., Özal, M., Ersan, Y., Aksoy, S., Eryılmaz, H., Eralp, Ö. 2011. Ege Bölgesinde 2011 Yılı Kütlü Pamuk Üretim Maliyetinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. http://www.egelihracatcilar.com/images/menu11-page/Pamuk_Maliyet_rapor_00000030.pdf, Erişim: 01.02.2012.
- Deligönül, F. 1995. Taşıma ve İletim Tekniği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı:3, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, ADANA.
- Dong, H., Li, W., Tang, W., Li, Z., Zhang, D., Niu, Y. 2006. Yield, quality and leaf senescence of cotton grown at varying planting dates and plant densities in the Yellow River Valley of China. **Field Crops Research** 98:106–115.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ders Kitabı: 295, Ankara.

- Ergin, A., Bayraktarkatal, E., Ünsan, Y. 2000. Sonlu Elemanlar Metodu ve Gemi İnşaatı Sektöründeki Uygulamaları (Seminer Kitabı). Yapım Matbaacılık, İstanbul.
- Erim, S. 2001. Cisimlerin Dayanımı (Mukavemet). TMMOB Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Oda Yayın No: 6, İzmir.
- Erkan, N. 2003. Verimlilik, Sağlık ve Güvenlik için İnsan Faktörü Mühendisliği Ergonomi. Milli Produktivite Merkezi Yayınları, No: 373, Ankara.
- Evcim, Ü., Değirmencioğlu, A. 2007. Transition to mechanical picking “a real step towards competitiveness in turkish cotton production”. **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi**, 3(4): 267-269.
- Faircloth, J.C., Hutchinson, R., Barnett, J., Paxson, K., Coco, A., Price III, P. 2004. An Evaluation of Alternative Cotton Harvesting Methods in Northeast Louisiana –A Comparison of the Brush Stripper and Spindle Harvester. *The Journal of Cotton Science* 8:55–61 (2004) 55, <http://journal.cotton.org>, Erişim: 12.12.2009
- Fındık, F. 2010. Malzeme ve Tasarım Bilgisi. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Fletcher, R.S., Showler, A.T., Funk, P.A. 2007. Surveying Thermally-defoliated Cotton Plots with Color-infrared Aerial Photography. [<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2007/thermal/>], Erişim: 09.07.2011.
- Funk, P.A., Hughs, S.E., Gillum, M.N., Lewis, B.E. 2001. Initial Attempt at Non-Chemical Defoliation of Cotton. ASAE Meeting Paper No: 011001.
- Funk, P.A., Armijo, C.B., Lewis, B.E., Steiner, R.L., McAlister III, D.D. 2002. Thermal Defoliation of Cotton. ASAE Meeting Paper No: 021149.
- Funk, P. A., Armijo, C. B., McAlister, III, D. D., Lewis, B.E. 2004. Experimental thermal defoliator trials. **The Journal of Cotton Science**, 8:230–242.
- Funk, P.A., Armijo, C.B., McAlister III, D.D., Brashears, A.D., McGuire, M.R., Lewis, B.E., Hutmacher, R.B., Roberts. B.A. 2004a. 2003 Thermal defoliation trials. **Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences**, January 5-9, San Antonio, TX, USA, S:755-759.
- Funk, P.A., Armijo, C.B., Brashears, A.D., McAlister, III, D. D., Showler, A.T., Bancroft, J.S. 2005. Cotton Harvest Preparation Using Thermal Energy. ASAE Meeting Paper No: 051094.

- Funk, P.A., Armijo, C.B., Showler, A.T., Fletcher, R.S., Brashears, A.D., McAlister, III, D. D. 2006. Cotton harvest preparation using thermal energy. **Transaction of The ASABE**, 49(3):617-622
- Funk, P.A. 2007. Alternative Cotton Harvest Preparation. [<http://www.icac.org/meetings/wcrc/wcrc4/presentations/data/papers/Paper2244.pdf>], Erişim:09.09.2010.
- Garbo, P.W. 1982. Cryogenic Defoliation. U.S. Patent Office, Patent No:4322910.
- Geankoplis, C.J. 2003. Transport Processes and Separation Process Principles. Pearson Education, Inc, New Jersey, USA.
- Genceli, O.F. 1998. Buhar Kazanları. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Gençer, O., Özüdoğru, T., Kaynak, M.A., Yılmaz, A., Ören, N. 2003. Türkiye’de Pamuk Üretimi Ve Sorunları. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/8d437661d952917_ek.pdf?tipi=14&sube. Erişim: 11.01.2012
- Gürhan, R., Ergüneş, G., Çetin, M. 2000. Tarım Makinaları Lastikleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 47, Ders Notları Serisi No:24, Tokat.
- Gwathmey, C.O., Hayes, R.M. 1997. Harvest-aid interactions under different temperature regimes in field-grown cotton. **The Journal of Cotton Science**, 1:1-28.
- Gwathmey, C.O, Bednarz, C.W., Fromme, D.D., Holman, E.M. Miller, D.K. 2004. Response to defoliation timing based on heat-unit accumulation in diverse field environments. **The Journal of Cotton Science**, 8:142–153.
- Karacan, İ. 2003. Hidrolik+Pnömatik. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük.
- Kaya, T., Özkan, İ. 2002. Organik pamuk tarımı konusunda ülkemizde yapılmakta olan çalışmalar. **Türkiye V. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri**, Polat Matbaası, Ankara.
- Kılıçkan, A. 2008. Pnömatik Bir Pamuk Hasat Makinası Tasarımı. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Ankara.
- Kıvılcım M.N., Erdoğan, O., Bozбек, T., Sezener, V., Özkan, İ, Erdal, Ü. 2009. Büyük Menderes Havzasında Organik Pamuk Üretim Olanaklarının Araştırılması. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Endüstri Bitkileri Pamuk Araştırmaları Program Değerlendirme Toplantısı, 09-12 Mart 2009, Antalya.

- Kutay, M.G. 2009. Mukavemet ve Malzeme. http://www.guven-kutay.ch/ozet-konular/05_mukavemet.pdf, Erişim: 10.12.2011
- Larson, J.A., Gwathmey, C.O., Hayes, R.M. 2002. Cotton defoliation and harvest timing effects on yields, quality, and net revenues. **Journal of Cotton Science**, 6:13-27.
- Mart, C. 2005. Pamukta Entegre Üretim. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yayın No: 119, Kahramanmaraş.
- Megson, T.H.G. 2005. Structural and Stres Analysis Second Edition. Elsevier Inc., USA.
- Mumcu, M. 2003. LPG ve LPG'nin Tesisatlarda Kullanım Özellikleri. TTMD Dergisi Sayı:28, <http://www.ttmd.org.tr/userfiles/dergi/dergi28.pdf> Erişim:10.08.2011.
- Nalbant, M. 2000. AutoCAD ile Çizim Teknikleri ve Modelleme. Beta Basım A.ř., İstanbul.
- Nisbet, C., Nisbet, C.S.Jr. 1954. Apparatus for Subjecting Cotton Plants and The Like to Hot Gases. U.S. Patent Office, Patent No: 2682728.
- Odabaş, C. 2004. Paslanmaz Çelikler - Temel Özellikleri - Kullanım Alanları-Kaynak Yöntemleri. Kaynak Tekniği San. ve Tic. A.ř., İstanbul.
- Okos, M.R., Narsimhan, G., Singh, R.K., Weitnauer, A.C. 1992. Food Dehydration, Handbook of Food Engineering (Heldman, D.R., Lund, D.B., Eds.), Marcel Dekker Inc., Newyork, S:437-562.
- Önal, İ., Aykas, E., Yalçın, H. 2009. Cotton production of main and second crop established from seedling in aegean region, **Journal of Agricultural Machinery Science**, 5(3), 323-336.
- Öz, E., Tekin, B., Evcim, Ü. 2007. Kuyruk mili tahrikli, traktöre bindirilir iki farklı tip pamuk hasat makinesinin nicesel ve nitesel iş başarılarının belirlenmesi. **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi**, 3(4): 271-276.
- Özgüven, M.M. 2000. Bazı Tarım Makinalarına Ait Ses Düzeylerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Porterfield, J.G., Batchelder, D.G. 1969. Thermal Defoliator. U.S. Patent Office, Patent No:3442262.
- Remmert, H.A. 1966a. Apparatus for Defoliation by Vaporizing and Applying Ammonia. U.S. Patent Office, Patent No:3238667.

- Remmert, H.A. 1966b. Defoliating Apparatus. U.S. Patent Office, Patent No:3238669.
- Sabancı, A. 1981. Tarım Traktörlerinin Ergonomik Nitelikleri Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye Zirai Donatım Kurumu Tarım Makinaları Araştırma Enstitüsü, Yayın No:1
- Sabancı, A. 1999. Ergonomi. Baki Kitabevi, Adana.
- Sadd, M.H. 2005. Elasticity, Theory, Applications, and Numerics. Elsevier Inc., Burlington, USA.
- Sağlam, R., Akyol, B. 2002. Ceylanpınar tarım işletmesi'nde makinalı pamuk hasadında ürün kayıplarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. **Türkiye V. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri**, Polat Matbaası, Ankara.
- Sandor, B.I., Roloff, R., Birn, S.M., Jawad, M.H., Brown, M.L. 1999. Mechanics of Solids. Mechanical Engineering Handbook, (Kreith, F., Ed.), CRC Press LLC, pp.1-125, Boca Raton, USA.
- Showler, A., Funk, P., Armijo, C. 2006. Effect of thermal defoliation on cotton leaf desiccation, senescence, post-harvest regrowth, and lint quality. **The Journal of Cotton Science**, 10: 39–45.
- Siebert, J.D., Stewart, A.M. 2006. Correlation of defoliation timing methods to optimize cotton yield, quality, and revenue. **The Journal of Cotton Science**, 10: 146–154
- Sijbring, P.H. 1972. Method and Apparatus for Thermally Treating Vegetative Materials. U.S. Patent Office, Patent No: 3636939.
- Stewart, A.M., Edmisten K.L., Wells, R. 2000. Boll openers in cotton: effectiveness and environmental influences. **Field Crops Research**,67:83-90.
- Şimşek, E., Özarslan, C. 2007. Tarım makinaları alanında ergonomik sorunların irdelenmesi. **13. Ulusal Ergonomi Kongresi**, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Şimşek, E., Coşkun, M.B. 2008. Alternative applications to chemical defoliants. **10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture**, Antalya. S:192-195.
- Tarakçıoğlu, I. 2002. Ege pamuğunun kalitesinin korunması ve geliştirilmesi projesi. **Türkiye V. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri**, Polat Matbaası, Ankara.

- Topcu, M., Taşgetiren, S. 1998. Mühendisler için Sonlu Elemanlar Metodu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Matbaası, Ders Kitapları, Yayın No: 007, Denizli.
- Tosun, İ. 2002. Modelling in Transport Phenomena – A Conceptual Approach. Elsevier.
- Tunalıgil, B.G., Eker, B. 1985. Taşıma-İletim Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:962, Ders Kitabı 281, Ankara.
- Tunçer, İ.K. 2006. Yüksek frekans (RF) teknolojisiyle çay kurutma. **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi**, 2(3): 197-201.
- Turgut, S., Turgut, M. 2009. SolidWorks. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Ülger, P., Güzel, E., Kayışoğlu, B., Eker, B., Akdemir, B., Pınar, Y., Bayhan, Y., Sağlam, C. 2002. Tarım Makinaları İlkeleri. Fakülteler Matbaası, İstanbul.
- Wheeler, J.R. 1971. Thermal Plant Conditioning Apparatus and Method. U.S. Patent Office, Patent No:3626636
- Yağcıoğlu, A. 1999. Tarım Ürünlerini Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:536.
- Yalçın, 1999. Değişik Toprak İşleme ve Pamuk Ekim Tekniklerini Aydın Yöresi Koşullarına Uygulama Olanakları. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), İzmir.
- Yalçın, H., Çakır, E., Gülsoylu, E., Keçecioglu, G. 2001. Tohum yatağı hazırlamada uygulanan farklı toprak işleme yöntemleri üzerine bir araştırma. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 38(1):71-78.
- Yıldırım, M.M., Kök, M. 2008. Makine Bilimi ve Elemanları. Lisans Yayıncılık, İstanbul.
- Yılmaz, A., Cevheri, İ., Beyavaş, V. 2005. Gap'ta makineli pamuk hasadı, sorunlar ve çözüm önerileri konusunda bir araştırma. **Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi**, 5-9 Eylül 2005, Antalya, Cilt I, Sayfa 315-320.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Erkan ŞİMŞEK
Doğum Yeri ve Tarihi : İzmir, 29.09.1979

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Makaleler

-SCI

Gürhan, R., Özarslan, C., Topuz, N., Akbaş, T., Şimşek, E. 2009. Effects of moisture content on physical properties of black kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed. **Asian Journal of Chemistry**, 21(4): 3270-3278.

Çetin, M., Yalçın, İ., Şimşek, E. 2008. Some physical and engineering properties of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed. **Asian Journal of Chemistry**, 20(4): 3097-3103.

Çetin, M., Şimşek, E., Akbaş, T., Özarslan, C. 2010. Physical properties of radish (*Raphanus sativus* L.) seed as a function of moisture content. **The Philippine Agricultural Scientist**, 93(3): 291-298.

-Diğer

Şimşek, E., Yalçın, İ. 2008. Değişik taşıma şekilleri ve bekleme sürelerinin zeytin üzerine etkileri. **ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 1(1): 75-82.

b) Bildiriler

-Uluslar arası

Şimşek, E., Coşkun M.B. 2008. Alternative applications to chemical defoliant. **10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture**, Antalya.

-Ulusal

Çetin, M., Akbaş, T., Şimşek, E. 2009. Farklı toprak işleme alet ve makinalarının toprağın penetrasyon direncine etkilerinin belirlenmesi. **Tarımsal Mekanizasyon 25. Ulusal Kongresi**, Isparta.

Şimşek, E., Özarslan, C. 2009. İnsan-makina-çevre ilişkisinde bazı ergonomik faktörleri ölçme yöntemleri. **Tarımsal Mekanizasyon 25. Ulusal Kongresi**, Isparta.

Şimşek, E., Özarslan, C., Akgül H.N., Karakaş, S. 2008. Sağımhane ergonomisi: sağımcı antropometrik ölçülerine yönelik sağımhane tasarımı. **14. Ulusal Ergonomi Kongresi**, Trabzon.

Akgül, H.N., Şimşek, E. 2008. Seralarda bulanık mantık uygulamaları. **Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu - BMYS**, Eskişehir.

Şimşek, E., Özarslan, C. 2007. Tarım makinaları alanında ergonomik sorunların irdelenmesi. **13. Ulusal Ergonomi Kongresi**, Kayseri.

Çetin, M., Gürhan, R., Şimşek, E. 2006. Hayvan barınaklarında dağınık gerilim problemi ve eş potansiyel düzlemler. **Tarımsal Mekanizasyon 23. Ulusal Kongresi**, Çanakkale.

c) Katıldığı Projeler

Pamuk Tarımında Kullanılacak Termal Esaslı Yaprak Dökücü Tasarımı ve Geliştirilmesi, ADU Bilimsel Araştırma Projeleri FBE -08039, Tez Öğrencisi, 2008 – devam ediyor.

Pamuk Tarımında Kullanılacak Termal Esaslı Yaprak Dökücü Tasarımı ve Geliştirilmesi, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı 141.STZ.2007-2 Nolu San-Tez Projesi, Tez Öğrencisi, 2007– 2010.

Değişik Taşıma Şekilleri ve Bekleme Sürelerinin Zeytin Üzerine Etkileri, ADU Bilimsel Araştırma Projeleri ZRF-05004, Tez Öğrencisi, 2005-2006.

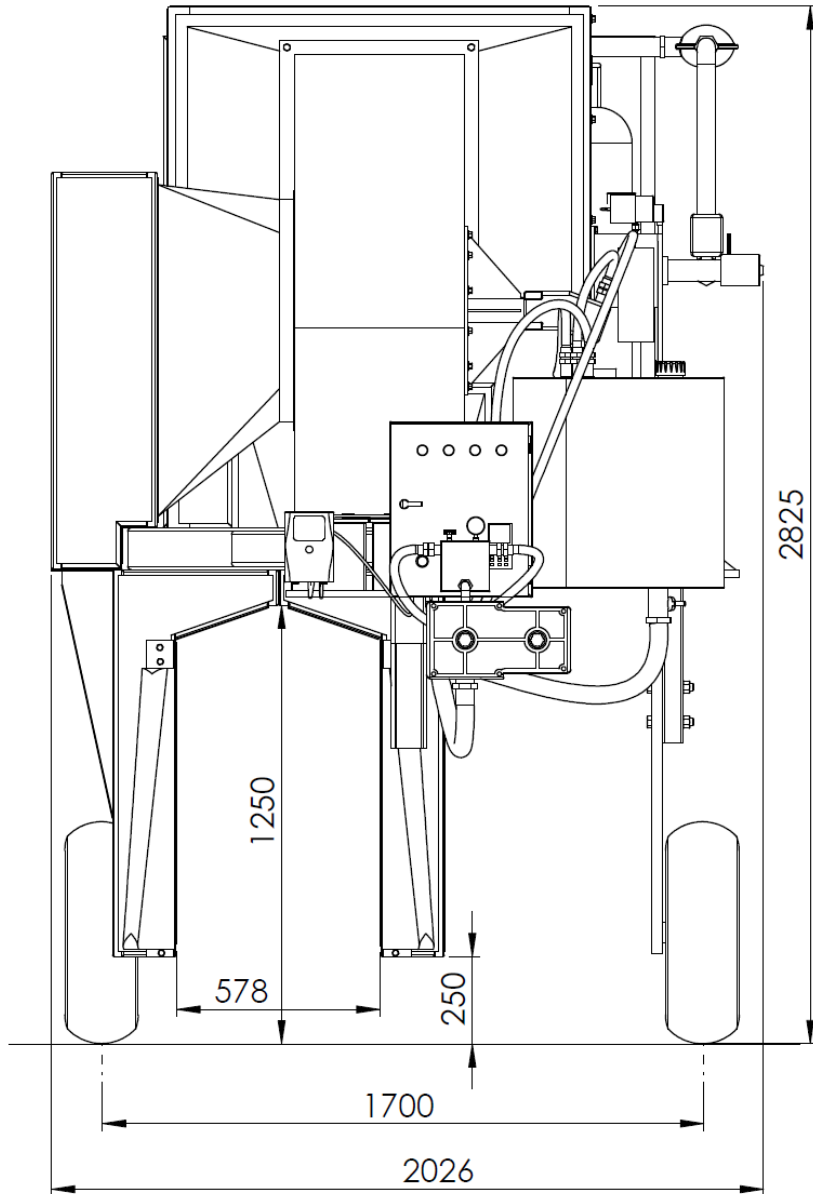
İŞ DENEYİMİ

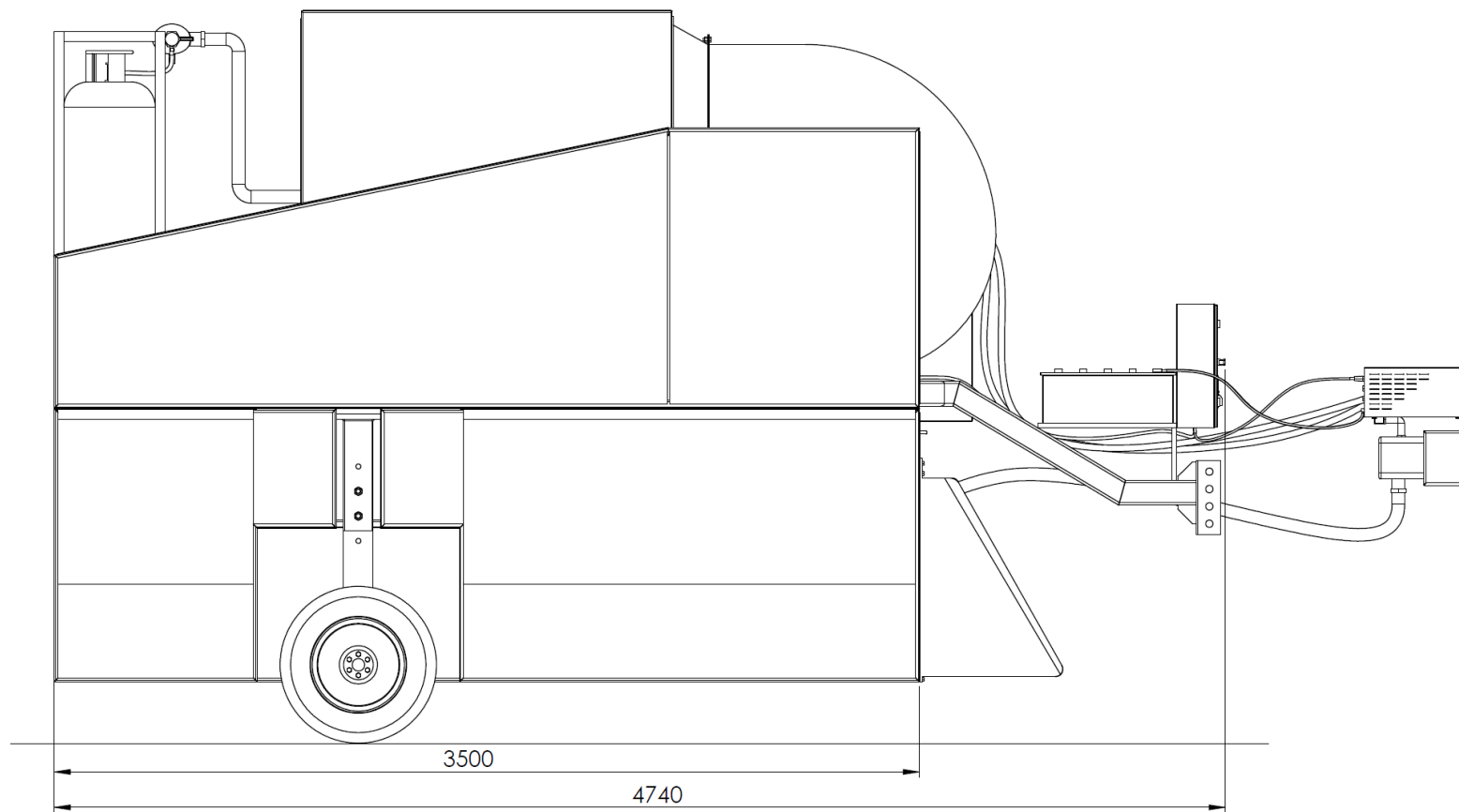
Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü, 2003-Devam ediyor.

İLETİŞİM

E-posta Adresi : erkansimsek@adu.edu.tr

Tarih :

EKLER**EK-1****Termal Etkili Yaprak Dökücü Makinaya İlişkin Bazı Ölçüler**



EK-2**Varyans Analiz Tabloları**

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen yaprak ölüm değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Yaprak Ölüm	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	6.205	3.103	0.048ns
Uygulama	2	33138.947	16569.474	254.580**
Çeşit	2	78.965	39.483	0.607ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	209.959	52.490	0.806ns
Hata	16	1041.368	65.086	
Genel	26	34475.445	1325.979	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen yaprak döküm değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Yaprak Döküm	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	151.765	75.883	0.431ns
Uygulama	2	27776.625	13888.313	78.913**
Çeşit	2	65.861	32.930	0.187ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	173.615	43.404	0.247ns
Hata	16	2815.921	175.995	
Genel	26	30983.787	1191.684	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen koza açma değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Koza Açma	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	19.725	9.863	0.722ns
Uygulama	2	63.734	31.867	2.334ns
Çeşit	2	13.414	6.707	0.491ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	33.081	8.270	0.606ns
Hata	16	218.428	13.652	
Genel	26	348.383	13.399	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen koza açtırma değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Koza Açtırma	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	213.469	106.734	1.836ns
Uygulama	2	131.442	65.721	1.130ns
Çeşit	2	68.082	34.041	0.585ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	73.942	18.486	0.318ns
Hata	16	930.371	58.148	
Genel	26	1417.307	54.512	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen kütlü döküm değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Kütlü Döküm	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	1.134	0.567	0.204ns
Uygulama	2	18.454	9.227	3.324ns
Çeşit	2	0.116	0.058	0.021ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	12.081	3.020	1.088ns
Hata	16	44.413	2.776	
Genel	26	76.199	2.931	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen kütlü verim değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Kütlü Verim	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	7466.756	3733.378	0.584ns
Uygulama	2	14113.516	7056.758	1.104ns
Çeşit	2	53373.560	26686.780	4.173*
Uyg.xÇeşit İnt.	4	2824.879	706.220	0.110ns
Hata	16	102311.556	6394.472	
Genel	26	180090.267	6926.549	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen lif inceliği değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL – Lif İnceliği	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.510	0.255	3.530ns
Uygulama	2	0.116	0.058	0.800ns
Çeşit	2	0.831	0.415	5.745*
Uyg.xÇeşit İnt.	4	0.231	0.058	0.797ns
Hata	16	1.157	0.072	
Genel	26	2.844	0.109	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen olgunluk oranı değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Olgunluk Oranı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.002	0.001	3.087ns
Uygulama	2	0.001	0.000	1.052ns
Çeşit	2	0.002	0.001	3.087ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	0.001	0.000	1.197ns
Hata	16	0.004	0.000	
Genel	26	0.009	0.000	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen lif uzunluğu değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Lif Uzunluğu	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	7.402	3.701	2.024ns
Uygulama	2	0.306	0.153	0.084ns
Çeşit	2	6.735	3.367	1.841ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	1.911	0.478	0.261ns
Hata	16	29.262	1.829	
Genel	26	45.615	1.754	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen düzgünlük indeksi değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Düzgünlük İnd.	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	10.309	5.154	4.651*
Uygulama	2	1.762	0.881	0.795ns
Çeşit	2	8.987	4.493	4.055*
Uyg.xÇeşit İnt.	4	8.178	2.044	1.845ns
Hata	16	17.731	1.108	
Genel	26	46.967	1.806	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen kısa lif yüzdesi değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Kısa Lif Yüzdesi	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	1.470	0.735	1.370ns
Uygulama	2	0.103	0.051	0.096ns
Çeşit	2	1.805	0.903	1.682ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	2.819	0.705	1.314ns
Hata	16	8.584	0.536	
Genel	26	14.781	0.568	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen lif elastikiyeti değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Lif Elastikiyeti	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.343	0.171	1.494ns
Uygulama	2	0.039	0.019	0.168ns
Çeşit	2	4.956	2.478	21.584**
Uyg.xÇeşit İnt.	4	0.037	0.009	0.081ns
Hata	16	1.837	0.115	
Genel	26	7.212	0.277	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen lif mukavemeti değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Lif Mukavemeti	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.605	0.303	0.209ns
Uygulama	2	22.712	11.356	7.854**
Çeşit	2	101.916	50.958	35.243**
Uyg.xÇeşit İnt.	4	20.613	5.153	3.564*
Hata	16	23.135	1.446	
Genel	26	168.981	6.499	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen parlaklık değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Parlaklık	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	32.347	16.173	4.103*
Uygulama	2	14.927	7.463	1.893ns
Çeşit	2	25.629	12.814	3.251ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	13.124	3.281	0.832ns
Hata	16	63.073	3.942	
Genel	26	149.100	5.735	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen sarılık değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Sarılık	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.364	0.182	1.349ns
Uygulama	2	0.408	0.204	1.512ns
Çeşit	2	1.499	0.749	5.559*
Uyg.xÇeşit İnt.	4	0.371	0.093	0.688ns
Hata	16	2.157	0.135	
Genel	26	4.797	0.185	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen yabancı madde alanı değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Yabancı M. A.	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.006	0.003	0.046ns
Uygulama	2	0.395	0.197	2.795ns
Çeşit	2	0.329	0.164	2.327ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	0.066	0.016	0.234ns
Hata	16	1.129	0.071	
Genel	26	1.925	0.074	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen yabancı madde sayısı değerlerine ait varyans analizi (1. YIL)

1. YIL- Yabancı M. S.	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	20.667	10.333	0.067ns
Uygulama	2	1146.889	573.444	3.699*
Çeşit	2	782.889	391.444	2.525ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	91.556	22.889	0.148ns
Hata	16	2480.667	155.042	
Genel	26	4522.667	173.949	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen yaprak ölüm değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Yaprak Ölüm	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	13.607	6.803	0.479ns
Uygulama	2	40246.416	20123.208	1418.126**
Çeşit	2	12.709	6.354	0.448ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	35.069	8.767	0.618ns
Hata	16	227.040	14.190	
Genel	26	40534.840	1559.032	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen yaprak döküm değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Yaprak Döküm	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	11.747	5.874	0.509ns
Uygulama	2	29317.601	14658.800	1271.091**
Çeşit	2	18.983	9.491	0.823ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	23.404	5.851	0.507ns
Hata	16	184.519	11.532	
Genel	26	29556.254	1136.779	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen koza açma değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Koza Açma	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	3.745	1.873	0.898ns
Uygulama	2	12.883	6.441	3.089ns
Çeşit	2	0.225	0.113	0.054ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	5.079	1.270	0.609ns
Hata	16	33.361	2.085	
Genel	26	55.294	2.127	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen koza açtırma değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Koza Açtırma	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	3.787	1.894	0.139ns
Uygulama	2	21.476	10.738	0.790ns
Çeşit	2	9.587	4.794	0.353ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	16.808	4.202	0.309ns
Hata	16	217.446	13.590	
Genel	26	269.105	10.350	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen kütlü dökülme değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Kütlü Dökülme	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	8.509	4.254	1.320ns
Uygulama	2	26.722	13.361	4.146*
Çeşit	2	5.216	2.608	0.809ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	4.056	1.014	0.315ns
Hata	16	51.564	3.223	
Genel	26	96.067	3.695	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen kütlü verim değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL – Kütlü Verim	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	2117.468	1058.734	1.709ns
Uygulama	2	1721.567	860.784	1.389ns
Çeşit	2	2383.424	1191.712	1.924ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	3197.174	799.293	1.290ns
Hata	16	9912.724	619.545	
Genel	26	19332.357	743.552	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen lif inceliği değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Lif İnceliği	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	1.343	0.671	15.052**
Uygulama	2	0.172	0.086	1.931ns
Çeşit	2	0.191	0.095	2.137ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	0.123	0.031	0.689ns
Hata	16	0.714	0.045	
Genel	26	2.543	0.098	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen olgunluk oranı değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Olgunluk Oranı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.002	0.001	7.148**
Uygulama	2	0.001	0.000	2.426ns
Çeşit	2	0.001	0.000	2.557ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	0.001	0.000	0.951ns
Hata	16	0.003	0.000	
Genel	26	0.007	0.000	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen lif uzunluğu değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Lif Uzunluğu	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.994	0.497	3.479ns
Uygulama	2	0.834	0.417	2.919ns
Çeşit	2	5.735	2.868	20.070**
Uyg.xÇeşit İnt.	4	1.835	0.459	3.211*
Hata	16	2.286	0.143	
Genel	26	11.684	0.449	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen düzgünlük indeksi değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Düzgünlük ind.	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	1.747	0.874	2.028ns
Uygulama	2	5.001	2.500	5.804*
Çeşit	2	4.139	2.069	4.803*
Uyg.xÇeşit İnt.	4	3.908	0.977	2.268ns
Hata	16	6.893	0.431	
Genel	26	21.687	0.834	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen kısa lif yüzdesi değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Kısa Lif Yüzdesi	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.192	0.096	0.188ns
Uygulama	2	0.472	0.236	0.463ns
Çeşit	2	4.610	2.305	4.526*
Uyg.xÇeşit İnt.	4	2.375	0.594	1.166ns
Hata	16	8.148	0.509	
Genel	26	15.796	0.608	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen lif elastikiyeti değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Lif Elastikiyeti	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.202	0.101	1.286ns
Uygulama	2	0.082	0.041	0.523ns
Çeşit	2	3.547	1.773	22.558**
Uyg.xÇeşit İnt.	4	0.078	0.019	0.247ns
Hata	16	1.258	0.079	
Genel	26	5.167	0.199	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen lif mukavemeti değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Lif Mukavemeti	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.687	0.343	0.268ns
Uygulama	2	5.449	2.724	2.129ns
Çeşit	2	39.896	19.948	15.589**
Uyg.xÇeşit İnt.	4	7.556	1.889	1.476ns
Hata	16	20.473	1.280	
Genel	26	74.060	2.848	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen parlaklık değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Parlaklık	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.667	0.333	0.126ns
Uygulama	2	11.209	5.604	2.117ns
Çeşit	2	66.776	33.388	12.609**
Uyg.xÇeşit İnt.	4	13.809	3.452	1.304ns
Hata	16	42.367	2.648	
Genel	26	134.827	5.186	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen sarılık değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Sarılık	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	2.362	1.181	4.098*
Uygulama	2	2.149	1.074	3.728*
Çeşit	2	6.020	3.010	10.444**
Uyg.xÇeşit İnt.	4	1.664	0.416	1.444ns
Hata	16	4.611	0.288	
Genel	26	16.807	0.646	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen yabancı madde alanı değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Yabancı M. A.	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	0.289	0.145	1.008ns
Uygulama	2	0.230	0.115	0.801ns
Çeşit	2	0.297	0.149	1.036ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	0.101	0.025	0.175ns
Hata	16	2.295	0.143	
Genel	26	3.212	0.124	

Farklı uygulamalarda çeşitlerde tespit edilen yabancı madde sayısı değerlerine ait varyans analizi (2. YIL)

2. YIL- Yabancı M. S.	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Tekerrür	2	662.889	331.444	0.647ns
Uygulama	2	497.556	248.778	0.486ns
Çeşit	2	546.000	273.000	0.533ns
Uyg.xÇeşit İnt.	4	1044.444	261.111	0.510ns
Hata	16	8197.778	512.361	
Genel	26	10948.667	421.103	

EK-3**Makinanın Mekanikine İlişkin Hesaplamalar**

Makinanın ağırlığı $W_a=2320$ daN, ilerleme yönünde sağ tekerleğine gelen yük $F_{sag}=1010$ daN, sol tekerleğine gelen yük $F_{sol}=855$ daN, olarak ölçülmüştür. Eşitlik 3.1 ve 3.2 kullanılarak,

$$W_a = F_{\zeta n} + F_{top} \quad (3.1)$$

$$F_{top} = F_{sol} + F_{sag} \quad (3.2)$$

$F_{\zeta n}=455$ daN olarak bulunmuştur. Kontrolü eşitlik 3.3 ile yapılmıştır.

$$F_{\zeta n} \leq 0,20 \cdot W_a \quad (3.3)$$

Ağırlık merkezinin tekerlek merkezine olan yatay uzaklığı (X_2), eşitlik 3.4 kullanılarak,

$$X_2 = \frac{F_{\zeta n} \cdot X_1}{W_a} \quad (3.4)$$

$X_2=0,73$ m bulunmuştur.

Makina şasesi $\alpha \sim 118$ kadar kaldırılarak $F_{top}= 1960$ daN olarak ölçülmüş olup buradan eşitlik 3.1 ile,

$F_{\zeta n\alpha}=360$ daN olarak hesaplanmıştır.

$r= 0,31$ m, $X_1=3,70$ m, $Y_2=0,65$ m ölçülerek, ağırlık merkezinin mesnet noktasına olan düşey uzaklığı (Y_1) eşitlik 3.5 kullanılarak,

$$Y_1 = \frac{F_{\zeta n\alpha}}{W_a} \cdot (r - r) \cdot \frac{1}{\tan \alpha} \cdot \left(\frac{F_{\zeta n} \cdot X_1}{W_a} - X_2 \right) + r \quad (3.5)$$

$Y_1=1,76$ m olarak hesaplanmıştır.

$Z_1=1,70$ m olarak ölçülmüş olup, ağırlık merkezinin sol tekerleğe olan yatay uzaklığı (Z_2) eşitlik 3.6 kullanılarak,

$$Z_2 = \frac{Z_1}{W_a} \cdot \left(F_{sağ} + \frac{F_{çn}}{2} \right) \quad (3.6)$$

$Z_2=0,91$ m olarak hesaplanmıştır.

Makinanın yanal stabilitesi (β) eşitlik 3.7 ile hesaplanmıştır.

$$\beta \leq \text{Tan}^{-1} \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Y_1} \right) \quad (3.7)$$

Buradan $\beta=24,38$ bulunmuştur.

Makinanın çekilmesi için gerekli çeki kuvveti (traktörün kendisini yürütmesi için gerekli kuvvet hariç) eşitlik 3.11 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$F_{ç} = W_a \cdot \left(f + \frac{a}{g} \right) \quad (3.11)$$

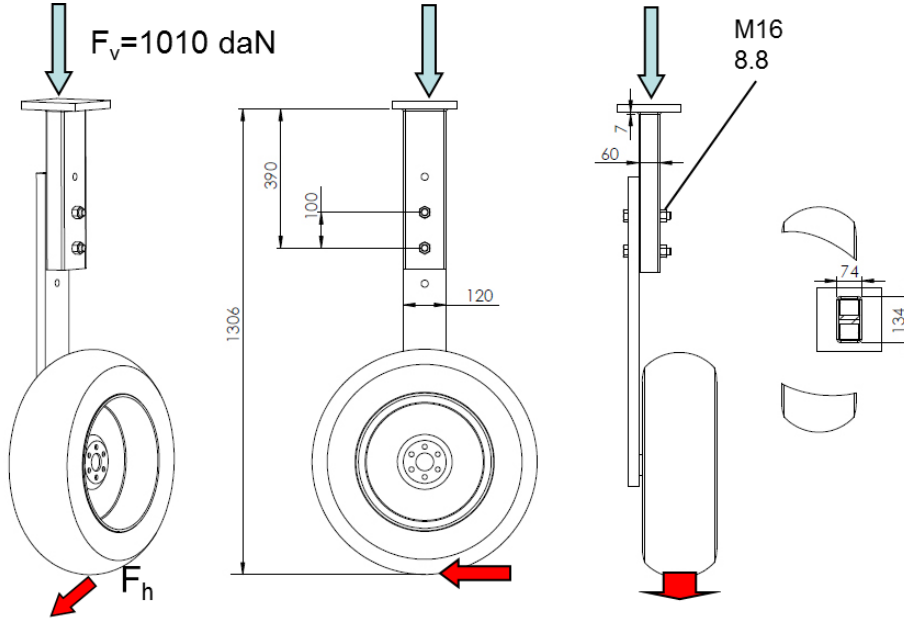
Sürülmüş tarla koşulları için yuvarlanma direnci katsayısı $f= 0,096$; makinanın ilerleme ivmesi $a=0,15$ m/s²; yer çekimi ivmesi $g=9,81$ m/s² olarak kabul edildiğinde,

$F_{ç}=258,2$ daN olarak hesaplanmıştır.

İhtiyaç duyulan ek çeki gücü ise 3.12 ile hesaplanmıştır.

$$P_m = \frac{F_{ç} \cdot v_m}{3600} \quad (3.12)$$

Burada makinanın tarlada ilerleme hızı $v_m=1,5$ km/h olarak alındığında, $P_m=1,1$ kW olarak hesaplanır.

EK-4**Makinanın Mukavemetine İlişkin Bazı Hesaplamalar****Kaynak kontrol hesabı**

Tekerlek bağlantı ayağı-şase kaynak bağlantısı kontrolünde eşitlik 3.15, 3.17 ve 3.28 kullanılmıştır. En yüksek düşey kuvvet ilerleme yönüne göre sağ tekerleğe gelmekte olup $F_v=1010$ daN, yatay kuvvet ise $F_h= 129,1$ daN olarak ölçülmüştür. Tam değişken zorlanma durumunda kaynak kalite faktörü $K_k=0,8$, kaynak çentik faktörü $K_{kç}=2,4$, kaynak malzemesinin kopma mukavemet sınırı $\sigma_{kk}=26$ daN/mm² olarak alındığında,

$$\sigma_{\zeta,b} = \frac{F_{\zeta,b}}{A} \quad (3.15)$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} \quad (3.17)$$

$$\sigma_{kem} = \frac{K_k \cdot \sigma_{kk}}{K_{kç} \cdot S} \quad (3.28)$$

Buradan, kaynağın emniyet katsayısı $S=8,7$ olarak bulunur.

Poyra bağlantı milinin çap hesabı

Poyra bağlantı milinin çap hesabında eşitlik 3.18, 3.19, 3.20, 3.26 ve 3.27 kullanılmıştır. En yüksek düşey kuvvet ilerleme yönüne göre sağ tekerleğe gelmekte olup $F_v=1010$ daN, yatay kuvvet ise $F_h= 129,1$ daN olarak ölçülmüştür. Tam değişken zorlanma durumunda, yüzey pürüzlülük faktörü $K_y=0,95$, boyut faktörü $K_b=0,95$, çentik faktörü $K_\zeta=1,2$, emniyet katsayısı $S=2$, malzemenin kopma mukavemet sınırı $\sigma_k=80$ daN/mm² ve tekerlek poyra-ayak bağlantı mil uzunluğu $l_e=245$ mm olarak alındığında,

$$M_e = \sqrt{M_v^2 + M_h^2} \quad (3.18)$$

$$M_v = F_v \cdot l_e \quad (3.19)$$

$$M_h = F_h \cdot l_e \quad (3.20)$$

$$\sigma_{em} = \frac{K_y \cdot K_b \cdot 0,5 \cdot \sigma_k}{K_\zeta \cdot S} \quad (3.26)$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot \sigma_{em}}} \quad (3.27)$$

Buradan mil çapı $d=55,3$ mm olarak bulunur.

Sıcak hava tüneli sac malzemesinde oluşan termal gerilme

En yüksek sıcaklık farkının oluştuğu sıcak hava kanalındaki sac'ta oluşan termal gerilme ve uzama/kısalma miktarı eşitlik 3.29 ve 3.30 ile hesaplanmıştır. Sacın en uzun kenarı $L=1750$ mm, yüzey sıcaklığının iç ve dış ortam arasındaki en yüksek fark $\Delta T=80$ 8C olarak ölçülmüştür. Elastisite modülü $E=2,1 \cdot 10^4$ daN/mm², termal genişleme katsayısı $\alpha= 0,000012$ $\mu\text{m}/\text{m}8\text{C}$ kabul edildiğinde,

$$\sigma_t = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (3.29)$$

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \quad (3.30)$$

Buradan, termal kaynaklı gerilme $\sigma_t=20,16$ daN/mm², en çok yer değiştirme miktarı $\Delta L=1,68$ mm olarak hesaplanır.

EK-5**Brülör Kapasitesine İlişkin Hesaplamalar**

Brülör Kapasitesi 3.32 eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 - q_g \quad (3.32)$$

Brülör kapasitesini etkileyen q ısı transfer miktarlarının hesabı aşağıda verilmiştir.

Yanma odasından dış ortama geçen ısı transferinin (q₁) hesaplanması

Yanma odasından dış ortama geçen ısı transferinin (q₁) hesaplanmasında eşitlik 3.35 ve 3.40 kullanılmıştır. Isı transferinin gerçekleştiği yüzey alanı A=8,52 m², akışkan sıcaklığı iç ortam için T_A=250 8C, dış ortam için T_B=30 8C, katman kalınlığı taş yünü için Δx_t=0,08 m, çelik için Δx_ç=0,003 m olarak ölçülmüştür. Isıl iletkenlik katsayısı taş yünü için k_t=0,04 W/mK, çelik için k_ç=43 W/mK, ısı transfer katsayısı iç ortamdaki akışkan için h_A= 20 W/m²K, dış ortamdaki akışkan için h_B=20 W/ m²K olarak kabul edilmiştir.

$$q_x = \frac{A \cdot (T_A - T_B)}{R_T} \quad (3.35)$$

$$R_T = \frac{1}{U \cdot A} = \frac{1}{A} \cdot \left(\frac{1}{h_A} + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{1}{h_B} \right) \quad (3.40)$$

Buradan q₁=0,89 kW olarak bulunmuştur.

Sıcak hava kanalında dış ortama geçen ısı transferinin (q₂) hesaplanması

Sıcak hava kanalında dış ortama geçen ısı transferinin (q₂) hesaplanmasında eşitlik 3.33 ve 3.34 kullanılmıştır.

$$q_x = U \cdot A \cdot (T_A - T_B) \quad (3.33)$$

$$\frac{1}{U} = \left(\frac{1}{h_A} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_B} \right) \quad (3.34)$$

Sıcak hava kanalında 3 ayrı kalınlıkta sac kullanımı söz konusu olduğundan hesaplamalar ayrı ayrı yapılmıştır.

Birinci bölgede, ısı transferinin gerçekleştiği alan $A_{21}=5,82 \text{ m}^2$, havanın sıcaklığı iç ortam için $T_{A21}=150 \text{ }^{\circ}\text{C}$, dış ortam için $T_{B21}=30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, katman kalınlığı $\Delta x_{21}=0,0015 \text{ m}$ olarak ölçülmüştür. Katmanın ısıl iletkenlik katsayısı $k_{21}=43 \text{ W/mK}$, ısı transfer katsayısı iç ortamdaki akışkan için $h_{A21}=20 \text{ W/m}^2\text{K}$, dış ortamdaki akışkan için $h_{B21}=20 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak kabul edilmiştir.

Buna göre, sıcak hava kanalının birinci bölgesinde oluşan ısı transfer miktarı $q_{21}=6,98 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

İkinci bölgede, ısı transferinin gerçekleştiği alan $A_{22}=2,9 \text{ m}^2$, havanın sıcaklığı iç ortam için $T_{A22}=180 \text{ }^{\circ}\text{C}$, dış ortam için $T_{B22}=30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, katman kalınlığı $\Delta x_{22}=0,002 \text{ m}$ olarak ölçülmüştür. Katmanın ısıl iletkenlik katsayısı $k_{22}=43 \text{ W/mK}$, ısı transfer katsayısı iç ortamdaki akışkan için $h_{A22}=20 \text{ W/m}^2\text{K}$, dış ortamdaki akışkan için $h_{B22}=20 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak kabul edilmiştir.

Buna göre, sıcak hava kanalının ikinci bölgesinde oluşan ısı transfer miktarı $q_{22}=4,35 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

Üçüncü bölgede, ısı transferinin gerçekleştiği alan $A_{23}=2,95 \text{ m}^2$, havanın sıcaklığı iç ortam için $T_{A23}=220 \text{ }^{\circ}\text{C}$, dış ortam için $T_{B23}=30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, katman kalınlığı $\Delta x_{23}=0,003 \text{ m}$ olarak ölçülmüştür. Katmanın ısıl iletkenlik katsayısı $k_{23}=43 \text{ W/mK}$, ısı transfer katsayısı iç ortamdaki akışkan için $h_{A23}=20 \text{ W/m}^2\text{K}$, dış ortamdaki akışkan için $h_{B23}=20 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak kabul edilmiştir.

Buna göre, sıcak hava kanalının üçüncü bölgesinde oluşan ısı transfer miktarı $q_{23}=5,60 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

Böylece yanma odasından dış ortama geçen toplam ısı miktarı (q_2),

$$q_2 = q_{21} + q_{22} + q_{23}$$

Eşitliğinden $q_2 = 16,93 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

Bitkiye verilen ısı enerjisi miktarının (q_3) hesaplanması

Bir bitkiden uzaklaştırılacak su miktarı $\Delta M = S = 191,46 \text{ g}$, tünel uzunluğu $L_{\text{Tünel}} = 3,5 \text{ m}$, bitki sıra üzeri mesafesi ortalama $L_{SÜ} = 0,16 \text{ m}$, makina ilerleme hızı $v_m = 1,5 \text{ km/h}$ olarak ölçülmüştür. Bitki üzerinde oluşturulacak sıcaklık farkı $\Delta T = 75 \text{ K}$,

sabit basınç altında suyun özgül ısısı $c_p=4,22$ kJ/kg olarak kabul edilmiştir. Eşitlik 3.43, 3.44, 3.45, 3.48 ve 3.49 kullanılarak q_3 hesaplanmıştır.

$$q_x = \frac{q}{\Delta t} \quad (3.43)$$

$$q = M_s \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (3.44)$$

$$\Delta t = \frac{L_{\text{tünel}}}{v_m} \quad (3.45)$$

$$n_{\text{Bitki}} = \frac{L_{\text{tünel}}}{L_{\text{SÜ}}} \quad (3.48)$$

$$M_s = n_{\text{Bitki}} \cdot S \quad (3.49)$$

Buradan tünel içinden buharlaştırılacak toplam su miktarı $M_s=4188$ g, sıcak hava uygulama süresi $\Delta t=8,4$ s, tünel içindeki bitkiye aktarılması gereken enerji miktarı $q_3=157,80$ kW olarak bulunur.

Soğuk hava kanalından dış ortama geçen ısı transferinin (q_4) hesaplanması

Soğuk hava kanalında dış ortama geçen ısı transferinin (q_4) hesaplanmasında eşitlik 3.33 ve 3.34 kullanılmıştır.

Isı transferinin gerçekleştiği alan $A_4=14,77$ m², havanın sıcaklığı iç ortam için $T_{A4}=90$ 8C, dış ortam için $T_{B4}=30$ 8C, katman kalınlığı $\Delta x_4=0,0015$ m olarak ölçülmüştür. Katmanın ısıl iletkenlik katsayısı $k_4=43$ W/mK, ısı transfer katsayısı iç ortamdaki akışkan için $h_{A4}=20$ W/m²K, dış ortamdaki akışkan için $h_{B4}=20$ W/m²K olarak kabul edilmiştir.

Buna göre, soğuk hava kanalından dış ortama geçen ısı transfer miktarı $q_4=8,86$ kW olarak hesaplanmıştır.

Fandan dış ortama geçen ısı transferinin (q_5) hesaplanması

Fandan dış ortama geçen ısı transferinin (q_5) hesaplanmasında eşitlik 3.33 ve 3.34 kullanılmıştır.

Isı transferinin gerçekleştiği alan $A_5=3,9$ m², havanın sıcaklığı iç ortam için $T_{A5}=100$ 8C, dış ortam için $T_{B5}=30$ 8C, katman kalınlığı $\Delta x_5=0,002$ m olarak

ölçülmüştür. Katmanın ısı iletkenlik katsayısı $k_5=43$ W/mK, ısı transfer katsayısı iç ortamdaki akışkan için $h_{A5}=20$ W/m²K, dış ortamdaki akışkan için $h_{B5}=20$ W/m²K olarak kabul edilmiştir.

Buna göre, fandan dış ortama geçen ısı transfer miktarı $q_5=2,73$ kW olarak hesaplanmıştır.

Güneşten makina üzerine gelen ısı miktarının (q_g) hesaplanması

Güneşten makina üzerine gelen ısı miktarının (q_g) hesaplanmasında eşitlik 3.41 kullanılmıştır.

$$q_g = I_0 \cdot A_m \quad (3.41)$$

Güneş gören alan $A_m=7,12$ m² olarak ölçülmüştür. Bölgeye düşen güneş enerjisi miktarı $I_0=0,413$ kW/m² kabul edildiğinde, güneşten makina üzerine gelen ısı miktarı $q_g=2,94$ kW olarak hesaplanır.

Böylece brülör kapasitesi,

$$Q=q_1+ q_2+ q_3+ q_4+ q_5- q_g$$

Eşitliğinden, $Q=184,27$ kW olarak bulunur.

EK-6**Fanın Seçimine İlişkin Bazı Hesaplamalar**

Bitkiye gönderilecek havanın hızı $v_{hava}=11,6$ m/s olarak seçilmiş, lüle çapı $d_{lüle}=22,4$ mm, lüle sayısı $n_{lüle}=602$ olarak alınmıştır. Eşitlik 3.50 kullanılarak

$$Q_{fan} = A_{lüle} \cdot n_{lüle} \cdot v_{hava} \cdot 3600 \quad (3.50)$$

$Q_{fan}=9872$ m³/h olarak hesaplanmıştır.

Fanın oluşturacağı basınç farkı $\Delta p=150$ mmSS ve verimi $\eta_f=0,7$ kabul edilerek, fanın yuttuğu güç 3.51 ve 3.53 eşitlikleriyle hesaplanmıştır.

$$P_f = \frac{1}{\eta_f} \cdot P_{tf} \quad (3.51)$$

$$P_{tf} \approx Q_{fan} \cdot \Delta p \quad (3.53)$$

Buradan, $P_f=5,8$ kW olarak bulunur.

EK-7**Hidrolik Sisteme İlişkin Bazı Hesaplamalar**

Pompanın yer değiştirme hacmi $V=51,83\text{cm}^3$, pompa devir sayısı $n=180\text{ min}^{-1}$, yağ çalışma basıncı $p=150\text{ bar}$, hacimsel verim $\eta_h=0,95$, hidro-mekanik verim $\eta_{hm}=0,95$ olarak seçilerek dişli pompanın yuttuğu gu 3.57 ve 3.58 nolu eşitliklerle hesaplanmıştır.

$$p = \frac{M}{V} \quad (3.57)$$

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M}{60 \cdot \eta_{top}} \quad (3.58)$$

$$\eta_{top} = \eta_h \cdot \eta_{hm} \quad (3.59)$$

Buradan $P=16,2\text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

Depo hacmi (V_y) 3.61 nolu eşitlikten hesaplanmıştır. Depo hacminin hesaplanmasında, pompanın 5 dakikada devrettiği yağ miktarı dikkate alınmıştır.

$$V_y = 5 \cdot V \cdot n \quad (3.61)$$

Buradan $V_y=46,7\text{ l}$ olarak bulunur.