ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Mucibirahman İLBUĞA

AYNI ANDA MISIR SİLAJI HASAT EDEBİLEN VE RULO YAPARAK, FİLM İLE SARABİLEN MAKİNE TASARIMI VE İMALATI

TARIM MAKİNALARI ve TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ADANA, 2016

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYNI ANDA MISIR SİLAJI HASAT EDEBİLEN VE RULO YAPARAK, FİLM İLE SARABİLEN MAKİNE TASARIMI VE İMALATI

Mucibirahman İLBUĞA

DOKTORA TEZİ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Bu Tez …./..../2016 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....	.....	.....
Prof. Dr. M. Tunç ÖZCAN	Prof. Dr. Halis ARIOĞLU	Doç. Dr. Ahmet İNCE
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

.....	.....
Yrd. Doç. Dr. Selçuk UĞURLUAY	Yrd. Doç. Dr. Orhan AKAY
ÜYE	ÜYE

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma T.C. Bilim Teknoloji ve Sanayi Bakanlığı tarafından desteklenmiştir.
Proje No: SAN-TEZ 646.STZ.2010-2

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

AYNI ANDA MISIR SİLAJI HASAT EDEBİLEN VE RULO YAPARAK, FİLM İLE SARABİLEN MAKİNE TASARIMI VE İMALATI

Mucibirahman İLBUĞA

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. M. Tunç ÖZCAN
Yıl: 2016, Sayfa: 83
Jüri : Prof. Dr. M. Tunç ÖZCAN
: Prof. Dr. Halis ARIOĞLU
: Doç. Dr. Ahmet İNCE
: Yrd. Doç. Dr. Selçuk UĞURLUAY
: Yrd. Doç. Dr. Orhan AKAY

Ülkemizde Silaj yapımında izlenen klasik yöntem, silajlık mısırı tarladan hasat ederek parçalanmış bir şekilde tarım arabalarına yüklemek ve depolanacağı çukuruna kadar taşınması ile başlar. Çukura doldurulan kıyılmış silaj üzerine silindir veya traktör ile bastırılarak sıkıştırılır. Daha sonra silajın hava almaması için üzeri plastik örtüler ile sıkıca kapatılır. Bu şekilde silaj elde etme işlemi zaman alıcı ve maliyetli olmaktadır. Ek olarak günümüz Türkiye'sinde çiftçilerimizin küçük ölçekli olduğundan çukura biriktirilmiş silajın tüketilmesi de uzun zaman almaktadır. Çukur üzerindeki örtü açıldığında silaj yavaş yavaş çürümeye başlamaktadır. Hayvan sayısının yeterli olmadığından dolayı silajın tüketilmesi uzun sürmekte ve bu sure zarfında silajın çürüyerek bozulma riski de olmaktadır.

Tez kapsamında silaj yapımındaki ana işlemler olan hasat, kıyma, sıkıştırma ve plastik örtü ile sarma işlemlerinin bir makinada olabilirliği incelenmiştir. Bu amaç ile tüm bu işlemleri kendi içinde yapan komple bir makine tasarlanmıştır. Makine tüm aşamalarda elektronik algılayıcılar ile kontrol sistemine bilgi vermekte ve işlem sıraları, bekleme, akış kontrol sistemi tarafından yürütülmektedir. Üretilen makine ile silaj tarlada hasat edilerek kıyılacak, küçük silindirler halinde sıkıştırılacak ve film ile kaplanıp tarlaya bırakılmıştır. Bu şekilde düşük ağırlıklı silaj paketlerinin en uygun maliyet ile elde edilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, silaj, hasat, balya, makine

ABSTRACT

PhD THESIS

DESIGN AND MANUFACTURE OF THE MACHINE WHICH IS ABLE TO HARVEST CORN AND MAKE ROUND BALE AND COVERING STRECH FILM AT THE SAME TIME

Mucibirahman İLBUĞA

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MECHANIZATION

Supervisor : Prof. Dr. M. Tunç ÖZCAN
Year: 2016, Pages: 83
Jury : Prof. Dr. M. Tunç ÖZCAN
: Prof. Dr. Halis ARIOĞLU
: Assoc. Prof. Dr. Ahmet İNCE
: Asst. Prof. Dr. Selçuk UĞURLUAY
: Asst. Prof. Dr. Orhan AKAY

Conventional method used in our country to make silage, corn harvest from the field by shattered a way to load the trailer and begin to pit the transportation or the storage pool. The pool is filled with chopped silage is compressed by pressing on the cylinder or tractor. Then to get silage with plastic sheeting over the air is tightly closed. In this way, the process is time consuming and costly to obtain silage. In addition, today's small-scale farmers from exhaustion of the pool of accumulated silage occurred in Turkey also takes a long time. The pool cover is opened on silage slowly begins to rot. The consumption of silage due to lack of sufficient number of animals is long and silage during this period of time decay is also the risk of deterioration.

The main process in the thesis harvest silage, ground beef, and the possibility of a compression machine for plastic cover with wrapping process had been examined. All these actions are designed with this purpose in itself makes a complete system. The system provides information at all stages in the process control system with electronic sensors and queues, pauses, is carried by the flow control system. Produced by harvest machine to chop silage fields it had been left to be compressed into small cylinders coated field and stretch film. In this way, the low weight package aimed to obtain silage with optimum cost.

Key Words: Corn, silage, harvest, bale, machine.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve bana "Aynı anda mısır silajı hasat edebilen ve rulo yaparak, film ile sarabilen makine tasarımı ve imalatı" konulu doktora tezini veren, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Tunç ÖZCAN'a sonsuz teşekkürler.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyelerim Sayın Prof. Dr. Halis ARIOĞLU'na ve Sayın Doç. Dr. Ahmet İNCE'ye çalışmamın tüm aşamalarında yönlendirici ve olumlu katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tezim süresince, ilk örnek makinanın tasarımında ve üretilmesinde her türlü desteğini esirgemeyen Sönmezler Tarım Makinaları San ve Tic. Ltd. Şti.'nin firma sahiplerinden Cevdet SÖNMEZLER, Mehmet SÖNMEZLER, Ahmet SÖNMEZLER ve diğer tüm çalışanlarına canı gönülden teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölüm Başkanlığı'na, bu çalışmamın bir SAN-TEZ projesi olması vesilesiyle T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına (Proje No: SAN-TEZ 646.STZ.2010-2) içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezin başlangıcından tamamlanmasına kadarki süreçte, desteklerini her zaman hissettiğim değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Oldukça yoğun bir çalışma temposu içerisinde gerçekleştirilen doktora çalışmam sırasında büyük özverilerde bulunarak, çalışmalarımı sabırla destekleyen ve her zaman yanımda olan çok sevgili eşime ve biricik kızıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XIV
1. GİRİŞ 1
1.1. Genel 1
1.2. Mısır Silajı Genel Özellikleri 4
1.3. Mısır Silajı Kullanım ve Önemi 6
1.4. Silaj Yapımında Kullanılan Mekanizasyon Yöntemleri 7
1.4.1. Tek Tarım Arabası ile Çalışma 8
1.4.2. İki Tarım Arabası ile Çalışma 9
1.4.3. İkiden Fazla Tarım Arabası ile Çalışma 9
1.5. Kesme/Kıyma Sistemi 11
1.5.1. Döner Diskli Kesme Tekniği 11
1.5.2. Serbest Kesme Tekniği 12
1.5.3. Makaslama Kesme Tekniği 13
1.6. Silaj Sıkıştırma Sitemi 13
1.6.1. Zincirli/Borulu Sistem 13
1.6.2. Bantlı Sistem 14
1.6.3. Değişken Çemberli Sistem 15
1.6.4. Sabit Çemberli Sistem 15
1.7. Film Kaplama Sistemi 17
1.8. Çalışmanın Önemi ve Amacı 18
1.8.1. Komple Silaj Balyalama Makinaları 18
1.8.2. Çalışmanın Amacı 22
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 23

3. MATERYAL VE METOD 27
3.1. Materyal 27
3.1.1. Silajlık Mısır 27
3.1.2. Silaj Kesme Direnci 27
3.2. Metod 31
3.2.1. Uygulanan Yöntem 31
3.2.1.1. Güç Sistemi 31
3.2.1.2. Kontrol Sistemi 32
3.2.1.3. Taşıyıcı Çatının Mukavemet Hesabı 33
3.2.1.4. Silindir Boruları Et Kalınlığı Hesabı 36
3.2.1.5. Piston Kolu Hesabı 37
3.2.1.6. File Kesme Pistonuna Gelen Kuvvet Hesabı 38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 41
4.1. Mısır Sapı Kesme Kuvveti 41
4.2. Tasarlanan Makine Bileşenleri 42
4.2.1. Ana Şasenin Mukavemet Hesapları 42
4.2.2. Ana Giriş Şanzımanı 46
4.2.3. Dozajlama Deposu 47
4.2.4. Rulo Yapma Ünitesi 50
4.2.5. File Sürme Ünitesi 52
4.2.6. File Kesme Ünitesi 52
4.2.7. Silaj Aktarma Arabası 53
4.2.8. Film Kaplama Ünitesi 55
4.2.8.1. Film Kaplama Ünitesi Şanzımanı 56
4.2.8.2. Film Ruloları Taşıma Ünitesi 57
4.2.8.3. Film Kesme Ünitesi 58
4.2.9. Manyetik Sensör 62
4.3. Balyalama İş Başarısı 63
4.4. File Sarma İş Başarısı 64
4.5. Film Kaplama İş Başarısı 64
4.6. Rulo Balya Düşürme Sistemi İş Başarısı 65

4.7. Makine Kontrol Ünitesi 65
4.8. Makinanın Çalışma Detayları 71
4.8.1. Çalıştırma 72
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 77
KAYNAKLAR 79
ÖZGEÇMİŞ 83

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Türkiye'de Mısır Üretiminin Yıllara Göre Dağılımı (Kaynak Türkiye İstatistik Yıllığı 2015) 1
Çizelge 1.2. Büyük Baş Hayvan Sayıları (Hayvancılık Genel Müdürlüğü Ekim 2015) 2
Çizelge 1.3. Sığır Sayıları ve Dağılımı (Hayvancılık Genel Müdürlüğü 2015) 3
Çizelge 1.4. Yıllara Göre Mısır Ekim Miktar ve Alanları (Tüik, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, TMO) 4
Çizelge 1.5. Farklı Vejetasyon Dönemlerinde Silajlık Mısırın Besin Madde İçeriği. (DLG, 1997). 5
Çizelge 3.1. CETOP Standardına Göre Silindir ve Mil Çapları Listesi..... 40
Çizelge 4.1. Mısır Sapları Kesme Dirençleri 41

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Tek sıralı silaj makinası 8
Şekil 1.2. Tek tarım arabası ile çalışma 9
Şekil 1.3. İkiden fazla tarım arabası ile çalışma 10
Şekil 1.4. Silajın tarladan taşınması 10
Şekil 1.5. Döner diskli kesme tekniği 12
Şekil 1.6. Serbest kesme tekniği 12
Şekil 1.7. Borulu sistem 14
Şekil 1.8. Borulu sistem detay görüntüsü 14
Şekil 1.9. Bantlı sıkıştırma sistemi detay gösterimi 15
Şekil 1.10. Değişken çemberli sistem 15
Şekil 1.11. Sabit çemberli sistem 16
Şekil 1.12. Sabit çemberli sistem iç görüntüsü 16
Şekil 1.13. Film kaplama sistemi 17
Şekil 1.14. Komple silaj paketleme makinaları 18
Şekil 1.15. Kıyılmış silajın makinaya yüklenmesi 19
Şekil 1.16. File sarma ünitesi 20
Şekil 1.17. Silaj rulosunun silaj taşıma arabası üzerine alınışı 21
Şekil 1.18. Silaj rulosunun film ile kaplanışı 21
Şekil 3.1. Kesme sistemi 29
Şekil 3.2. Bıçak görüntüsü 29
Şekil 3.3. Bıçak yakın görüntüsü 30
Şekil 3.4. Test düzeneğinde kullanılan bıçak 30
Şekil 3.5. Bıçak geometrik ölçüleri 31
Şekil 3.6. Tasarım aşamaları. 33
Şekil 3.7. Tasarım yük hesabı 34
Şekil 3.8. Serbest cisim diyagramı 34
Şekil 3.9. Şasi kesit hesaplaması 35
Şekil 3.10. Silindir enine ve boyuna kesiti 36
Şekil 3.11. Çeşitli çubuklarda mesnet durumları ve etkili burkulma boyu 38

Şekil 3.12. File kesme sistemi moment grafiği 39
Şekil 4.1. Tasarım yük hesabı 42
Şekil 4.2. Moment diyagramı 43
Şekil 4.3. Şasi U profili 45
Şekil 4.4. Ana giriş şanzımanı 46
Şekil 4.5. Ana giriş şanzımanı genel ölçüleri 46
Şekil 4.6. Dozajlama deposu 47
Şekil 4.7. Dozajlama deposu yan görünümü 48
Şekil 4.8. Dozajlama deposu ön görünümü 49
Şekil 4.9. Dozajlama helezonu 50
Şekil 4.10. Rulo yapma ünitesi 50
Şekil 4.11. Rulo yapma ünitesi ölçüleri 51
Şekil 4.12. Sıkıştırma silindiri 51
Şekil 4.13. File sürme ünitesi 52
Şekil 4.14. File kesme ünitesi 53
Şekil 4.15. Silaj aktarma arabası 54
Şekil 4.16. Araba temel çatısı 54
Şekil 4.17. Silaj arabası zincirli hareket sistemi 55
Şekil 4.18. Film kaplama ünitesi 56
Şekil 4.19. Film kaplama ünitesi şanzımanı 57
Şekil 4.20. Film ruloları taşıma ünitesi 58
Şekil 4.21. Film kesme ünitesi 59
Şekil 4.22. Film kesme sistemi detay görünümü 59
Şekil 4.23. Film kesme ünitesi hidrolik silindir devre şeması 60
Şekil 4. 24. Silindir mil çapı hesaplanması 61
Şekil 4.25. Kesme silindirine gelen yük 62
Şekil 4.26. Manyetik sensör 63
Şekil 4.27. Kontrol ünitesi 66
Şekil 4.28. Akış şeması 67
Şekil 4.29. Kontrol ünitesi tuş takımı baskı şeması 68
Şekil 4.30. Kontrol ünitesi tuş takımı devre şeması 68

Şekil 4.31. Kontrol ünitesi devre şeması 69
Şekil 4.32. İlk örnek makinanın genel görüntüsü 71
Şekil 4.33. Hidrolik kumanda bloğu 72
Şekil 4.34. Silajlık mısırın rulo yapma odasına akışı 73
Şekil 4.35. Mısır akışının üst görüntüsü 73
Şekil 4.36. Rulo haline getirilmiş ve file ile sarılmış silajın taşıma arabasına aktarılışı 74
Şekil 4.37. File ile sarılmış silaj rulosunun kaplama ünitesine gelişi 74
Şekil 4.38. Rulonun film ile kaplanma anı 75
Şekil 4.39. Silaj rulonun makinadan ayrılışı 75
Şekil 5.1. Üretilen ilk örnek makina genel görünümü 77

SİMGELER VE KISALTMALAR

D	: Cismin çapı (mm)
h	: Cismin yüksekliği (mm)
L	: Cismin uzunluğu (mm)
s	: Kesme direnci (N/mm^2)
F	: Kesme kuvveti (N)
A	: Kesit alanı (mm^2)
d_1	: İç çap (mm)
d	: Dış çap (mm)
e	: Et kalınlığı (cm)
P	: Çalışma basıncı (kg/mm^2)
A	: kesit alanı (mm^2)
$\sigma_{çem}$	: Emniyetli çekme gerilmesi
C	: Korozyona dayanım için korozyon payı 1 mm
F_K	: Piston burkulma kuvveti (N)
λ	: Narinlik
s	: Çubuk serbest burkulma uzunluğu
i	: Atalet yarıçapı (mm)
s_{SM}	: Sürekli mukavemet değeri
b	: Çentik etmeni (-)
S	: Emniyet sayısı (-)
da	: Dekar
ha	: Hektar

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Mısır (Zea mays), özellikle yetiştirme süresinin kısalığı nedeniyle buğdaydan sonra ikinci ürün olarak yetiştirilebilmektedir. Ayrıca, hayvan yetiştiriciliğinde silaj ve tane yem olarak kullanılabilmesi ekimden, hasat ve saklanmaya kadar mekanizasyonunun yapılabilmesi bu bitki üretiminin çok hızlı gelişmesini sağlamıştır. (Kırtok, 1998)

Yıllara göre mısır ve silaj üretim alanları Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Türkiye'de Mısır Üretiminin Yıllara Göre Dağılımı (Kaynak Türkiye İstatistik Yıllığı 2015)

Yıl	Ekilen Alan (Dekar)	Silaj (Ton)
2004	1.300.000	6.200.000
2005	1.800.000	7.600.000
2006	2.406.613	10.069.968
2007	2.552.735	10.259.595
2008	2.723.031	11.183.290
2009	2.608.852	11.099.653
2010	2.844.728	12.446.450
2011	3.007.946	13.294.380
2012	3.371.592	14.956.457
2013	3.885.092	17.835.115
2014	4.015.913	18.563.390
2015	4.105.412	19.684.599

Ülkemiz hayvancılığı belirli sorunlarına karşın büyük baş hayvan varlığı Çizelge 1.2'de görüldüğü gibi sürekli artış göstermektedir. Diğer yandan bu artış Çizelge 1.3'de görüldüğü gibi kültür ırklarında gözlenirken düşük verimli yerli ırklarda azalma gözlenmektedir. Buradan giderek daha yüksek verimli hayvan

ırklarının artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Bunun yanında bu tür hayvanların beslenmesinde giderek artan oranda daha fazla kesif yem kullanıldığı ve kullanılan kaba yemin kalitesinin giderek arttığını söylemek olasıdır. Bu tür yüksek verimli ırklardan beklenen et ve süt veriminin alınabilmesi besleme kalitesinin yükseltilmesiyle sağlanabilir.

Çizelge 1.2. Büyük Baş Hayvan Sayıları (Hayvancılık Genel Müdürlüğü Ekim 2015)

Büyükbaş Hayvan Sayıları			
Yıl	**Sığır**	**Manda**	**Büyükbaş Toplam**
2002	9.803.498	121.077	9.924.575
2003	9.788.102	113.356	9.901.458
2004	10.069.346	103.900	10.173.246
2005	10.526.440	104.965	10.631.405
2006	10.871.364	100.516	10.971.880
2007	11.036.753	84.705	11.121.458
2008	10.859.942	86.297	10.946.239
2009	10.723.958	87.207	10.811.165
2010	11.369.800	84.726	11.454.526
2011	12.386.337	97.632	12.483.969
2012	13.914.912	107.435	14.022.347
2013	14.415.257	117.591	14.532.848
2014	14.223.109	122.114	14.345.223
2015	14.595.506	135.984	14.731.490

Çizelge 1.3. Sığır Sayıları ve Dağılımı (Hayvancılık Genel Müdürlüğü 2015)

Kültür, Melez, Yerli Sığır Sayıları							
Yıl	**Sığır Sayıları (Baş)**						
	Kültür	**%**	**Melez**	**%**	**Yerli**	**%**	**Toplam**
2002	1.859.786	18,97	4.357.549	44,45	3.586.163	36,58	9.803.498
2003	1.940.506	19,83	4.284.890	43,78	3.562.706	36,40	9.788.102
2004	2.109.393	20,95	4.395.090	43,65	3.564.863	35,40	10.069.346
2005	2.354.957	22,37	4.537.998	43,11	3.633.485	34,52	10.526.440
2006	2.771.818	25,50	4.694.197	43,18	3.405.349	31,32	10.871.364
2007	3.295.678	29,86	4.465.350	40,46	3.275.725	29,68	11.036.753
2008	3.554.585	32,73	4.454.647	41,02	2.850.710	26,25	10.859.942
2009	3.723.583	34,72	4.406.041	41,09	2.594.334	24,19	10.723.958
2010	4.197.890	36,92	4.707.188	41,40	2.464.722	21,68	11.369.800
2011	4.836.547	39,05	5.120.621	41,34	2.429.169	19,61	12.386.337
2012	5.679.484	40,82	5.776.028	41,51	2.459.400	17,67	13.914.912
2013	5.954.333	41,31	6.112.437	42,40	2.348.487	16,29	14.415.257
2014	6.178.757	43,44	6.060.937	42,61	1.983.415	13,95	14.223.109
2015	6.447.969	44,27	6.147.665	42,21	1.969.872	13,52	14.565.506

Hayvansal üretimde karlılık kaba hayvan yemlerinin işletme içerisinde hazırlanmasıyla sağlanabilir. Bu nedenle yonca tarımı, tane mısır tarımı, silajlık mısır tarımı, silajlık yulaf-korunga tarımı hayvancılık işletmelerinin ağırlık verdiği tarımsal üretimler haline gelmektedir. Özellikle tarımsal desteklerin artmasıyla hem yem üretimi artmış hem de yem üretiminde kullanılan makinaların üretimi ve satışı artmıştır.

Kaba yem üretimi içerisinde mısır silajının ayrı bir yeri vardır. Hem yem hazırlamadaki besin değeri katkıları hem de verimli bir ürün olması nedeniyle yem maliyetine olumlu katkıları ülkemizde silajlık mısır üretiminin giderek artmasına neden olmuştur.

Ülkemizde ise ikinci ürün mısır üretiminin yaygınlaşması soyada olduğu gibi ikinci ürün projesi ile gerçekleştirilmiştir. Çizelge 1.4'de görüleceği Mısır ekim alanları ve üretimi her yıl yükseliş göstermektedir.

Çizelge 1.4. Yıllara Göre Mısır Ekim Miktar ve Alanları (Tüik, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, TMO)

YILLAR	EKİLİŞ (ha)	ÜRETİM (Ton)	VERİM (Kg/ha)
1970	648.000	1.040.000	16
1975	600.000	1.200.000	20
1980	583.000	1.240.000	21
1985	567.000	1.900.000	33,5
1990	515.000	2.100.000	40,8
1995	515.000	1.900.000	36,9
2000	555.000	2.300.000	41,4
2005	600.000	4.200.000	70
2010	594.000	4.310.000	72,6
2015	680.154	6.400.000	94

1.2. Mısır Silajının Genel Özellikleri

Önemli bir sıcak iklim tahılı olan mısır, üretim bakımından dünyada buğdaydan sonra ikinci, Türkiye'de ise buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer almaktadır (Dellal ve ark., 2001). Mısır, tanesi ile insan beslenmesinde ve tarıma dayalı endüstride önemli bir yere sahipken, son 30 yıl içerisinde üretiminin büyük bir bölümü silajlık olarak hayvan beslemesinde kullanılan ve dünyada en önemli işlenebilir alanda üretilen kaba yem haline gelmiştir (Allen ve Kilkeny, 1986; Çete ve Sarıcan, 1998). Mısır silajı, dünyada üretilen en ekonomik ve en yaygın kaba yem olup, Amerika Birleşik Devletleri, Hollanda, Almanya ve Fransa gibi ülkelerde proteince zenginleştirilerek sığır besiciliğinde çok yoğun olarak kullanılmaktadır

(Kılıç, 1986; Kılıç, 1996; Alçiçek ve Karaayvaz, 2003). Mısır ekiminin yaygınlaşmasında etkili olan etmenleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

a) Çeşitlerin daha soğuk iklimlere uyum sağlaması,
b) Etkili yabancı ot kontrolü ve randımanlı hasat aletlerinin geliştirilmesi,
c) Birim alandan çok fazla yeşil aksam üretilmesi,
d) İkinci ürün olarak yetiştirilmesi,
e) Hasattan uzun süre sonra kalitesini koruyabilmesi,
f) Yüksek düzeyde tüketilebilmesi,
g) Diğer kaba yemlere göre yüksek düzeyde enerji içermesi,
h) Çayırdan daha az gübreye gereksinim duyması,
i) Daha kaliteli ve ucuz silaj üretilmesi,
j) Fermantasyon için herhangi bir katkı maddesine ihtiyaç duyulmaması,
k) Ekim nöbetine girmesi,
l) Mısır silajıyla beslenen hayvanlardan elde edilen gübrenin nem içeriğinin yüksek olması gibi üstünlükleri bulunmaktadır (Phipps ve Wilkinson, 1985; Kılıç, 1986; Çete ve Sarıcan, 1998). Silajlık mısırın vejetasyon dönemi ve koçan oranına göre kuru madde, ham protein ve enerji içerikleri aşağıdaki Çizelge 1.5'de verilmiştir (DLG, 1997).

Çizelge 1.5. Farklı Vejetasyon Dönemlerinde Silajlık Mısırın Besin Madde İçeriği. (DLG, 1997).

Vejetasyon Dönemi	Kurumadde, g/kg	Ham protein, g/kg	Metabolik enerji, kcal/kg
Süt olumu			
Koçan Oranı %25	200	19	500
Koçan Oranı %25-35	210	20	550
Koçan Oranı %35>	230	22	600
Hamur olumu			
Koçan Oranı %35	250	22	600
Koçan Oranı %35-45	270	24	680
Koçan Oranı %45>	290	25	750

Silaj fermantasyonunda katkı maddesi olarak kullanılmak üzere çeşitli özelliklerde birçok mikrobiyal katkı maddesi geliştirilmiştir. Silaj yapımında kullanılan mikrobiyal katkı maddelerini; belirli dozlarda kullanılmaları durumunda silolanacak kitlede homofermantatif nitelikli fermantasyon olaylarının gelişimini sağlayabilecek yoğunlukta LAB veya gruplarını içeren ürünler olarak tanımlamak mümkündür. Mikrobiyal katkı maddelerinin büyük bir çoğunluğu başta Lactobacillus plantarum olmak üzere homofermantatif özellikteki laktik asit bakterilerini içerirler. Laktik asit bakteri inokulantlarının kullanıldığı birçok çalışmada, söz konusu katkı maddelerinin silajların pH değerini hızla düşürdüğü, laktik asit içeriğini arttırdığı, asetik asit, bütrik asit, amonyak azotu ve etanol düzeylerini azalttığı saptanmıştır (Weinberg ve ark., 1993; Stokes ve Chen, 1994). Bolsen ve Heidker (1985) LAB inokulantların özellikle enzimler ile birlikte bir karışım halinde silaj katkı maddesi olarak kullanabileceğini bildirmektedirler. Laktik asit bakterileri ile birlikte kullanılan selülaz, hemiselülaz ve pektinaz gibi hücre duvarını parçalayan enzimler ile amilaz gibi nişastayı parçalayan enzimlerin silajlarda katkı maddesi olarak kullanılır. Bu durumda laktik asit bakteri faaliyeti için ilave substrat açığa çıkararak silaj fermantasyonunu geliştirir. Silajlarda nötral çözücülerde çözünmeyen karbonhidratlar (NDF), asit çözücülerde çözünmeyen karbonhidratlar (ADF), asit çözücülerde çözünmeyen lignin (ADL), hemiselüloz ve selüloz içeriklerini düşürmektedir. KM, organik maddeler (OM), NDF ve ADF parçalanabilirliğini veya sindirilme derecesini arttırmaktadır (Filya, 2002).

1.3. Mısır Silajı Kullanım ve Önemi

İnsanların beslenmesinde et, süt, yumurta gibi hayvansal ürünlerin önemi büyüktür. Ülkemizdeki hayvancılık işletmelerinin ana girdilerinin önemli bir bölümünü (% 50-70) yem giderleri oluşturmaktadır (Görgülü, 2012). Özellikle yüksek verimli hayvanların ekonomik beslenmesinde kaliteli kaba yemler önemli bir rol oynamaktadır. Süt sığırlarının günlük toplam yem ihtiyacının yaklaşık yarısı kaba yemlerden karşılanmalıdır. Böylece hayvanın sindirim sisteminin düzgün çalışması

ve oluşan besin dengesiyle nitelikli ve bol ürün alınması sağlanabilir (Adesogan ve ark, 2010).

Kaliteli bir mısır silajı enerji bakımından oldukça zengin olup, diğer yemlere göre lezzetli, sulu ve besleyicidir. Ayrıca ekonomik bir yem olduğundan et ve süt maliyetindeki yem girdisinin payını önemli ölçüde düşürebilir.

Son dönemlerde paket veya balya silajı kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Paket silaj kullanımı silaj yapma olanağı olmayan küçük ölçekli hayvancılık işletmelerinin ihtiyaçlarını ekonomik bir şekilde karşılamanın yanında, silaj yapımı için tarla, ekipman ve eleman tahsis etmek istemeyen büyük işletmeler için de cazip görünmektedir. Dünyadaki silaj hazırlama sistemlerindeki eğilimleri inceleyen Muck ve Shinners (2001) balya silajının gelecekte de artarak devam etmesinde, sıkıştırma işleminin etkinliğinin, hava şartlarına bağlı olmayışının ve hasat işlemindeki esnekliğin önemli rolü olduğunu belirtmektedirler.

1.4. Silaj Yapımında Kullanılan Mekanizasyon Yöntemleri

Ülkemizde çayır mera alanlarının kısıtlı, otlatma mevsiminin sınırlı oluşu ve kış aylarında hayvanların kaba yem ihtiyacı önemli bir sorun olmasından dolayı silaj yapımı önem arz etmektedir. Kışın hayvanlar için gerekli olan kaba yemler yeşil ve sulu yemlerden sağlanırsa, hayvanların verimleri yıl boyu korunabilmektedir. Bunu da; yeşil ve sulu yemlerin bol bulunduğu mevsimlerde ihtiyaç fazlası çayır otları ile baklagiller ve buğdaygiller yem bitkileri, endüstri bitkileri ve artıklarını silolayarak elde edilir. Yeşil yemlerin hava almayacak şekilde depolanması ile elde edilen ekşimsi yeme silaj, depolandığı yere silo denir. (Tıknazoğlu, 2009)

Yaygın yöntem ile Mısır silajı yapımına, bitki uygun neme ulaştığında yani % 33-40 kuru madde oranında hasat edilir. Mısır silajı için en uygun zaman danelerin süt olumunu tamamlayıp, hamur olumu devresindeki hasadıdır. Hasat işleminde kıyıcı makinalar kullanılır. (Tıknazoğlu, 2009)

Kullanımda olan bu makineler mısırı bitkisini toprak yüzeyine en yakın yerinden keserek kendi içindeki kıyıcıda ince dilimlere ayırır ve arka tarafta bulunan tarım arabasına aktarır. Şekil 1.1’de tek sıralı Silaj Makinası görülmektedir. Tarım

arabasına doldurulan silaj, silaj çukurlarına doldurulur. İçinde hava kalması kokuşmayı arttıracağından mümkün olduğu kadar sıkıştırılır üzeri örtü ile kaplanır ve bekletilir. İhtiyaç duyulduğunda örtü kaldırılarak hayvanlara verilir. (Tıknazoğlu, 2009)

Silaj mekanizasyonu konusunda yoğun çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaktadır. Şekil 1.1'de tek sıralı silaj makinası görülmektedir.



Şekil 1.1. Tek sıralı silaj makinası

Günümüzde silaj, tarladan hayvana verilinceye kadar olan tüm aşamalarda mekanize edilebilmektedir. Silaj üretiminde farklı mekanizasyon yöntemleri de kullanılabilmektedir. Bu yöntemlerin farklı makine ve tarım arabaları ile kullanıldıklarında iş başarıları ve kayıp zamanlar açısından belirgin farklar görülmektedir.

1.4.1. Tek Tarım Arabası ile Çalışma

Bu yöntemde traktör arkasına Şekil 1.2'de görüldüğü gibi çift akslı bir tarım arabası bağlanmaktadır. Silajlık mısır hasat makinesi, traktörün yan tarafına gelecek şekilde traktöre üç nokta bağlantı sisteminden bağlanmaktadır. Hasat edilerek kıyılan mısır tarım arabasına dolmaktadır. Tarım arabası dolduğunda traktör tarla dışına

çıkarak dolu olan tarım arabasını bırakır, boş olan tarım arabası alır. Bu işlemde ek bir traktöre gerek yoktur ama tarım arabaları değiştirilirken hasat işlemine ara verildiği için zaman kaybı oluşur.



Şekil 1.2. Tek tarım arabası ile çalışma

1.4.2. İki Tarım Arabası ile Çalışma

Bu çalışma şeklinde birinci yöntemden farklı olarak tarım arabasını tarla dışında değiştirmek yerine boş bir tarım arabası ek bir traktör ile getirilmekte ve tarla içinde değişim yapılmaktadır. Bu şekilde zaman kaybı çok daha düşük olmakla beraber, yine de sök/tak zaman kaybı oluşmaktadır.

1.4.3. İkiden Fazla Tarım Arabası ile Çalışma

Bu yöntemde hasat makinası ile traktör tek başına hareket ederken paralelinde ikinci bir traktör ve Şekil 1.3 ve 1.4'de görüldüğü gibi arkasına bağlı tarım arabasının aynı anda hareketi ile yapılır. Hasat işlemi hiç durmaz. Paralel ilerleyen tarım arabası dolduğunda bir diğer tarım arabası hemen onun yerini alır.



Şekil 1.3. İkiden fazla tarım arabası ile çalışma

Tüm bu yöntemlerin ardından kıyılan silajın çukura doldurulması ve sıkıştırılması işlemi gelmektedir. Bu süreç zahmetli ve zaman alan bir süreçtir. Ek olarak örtü açıldıktan sonra geri kalan silajın hızla çürümeye başlaması ve bozulması başarıyı etkilemektedir.



Şekil 1.4. Silajın tarladan taşınması

Özellikle Aflatoksin oluşumunun silajda oluşan en tehlikeli mikrobiyal değişim olduğu söylenebilir. Hayvan yeminde bulunan Aflatoksin süt yoluyla insanlara kolayca ulaşabilmektedir. Silajda Aflatoksin oluşumunun önlenmesi de

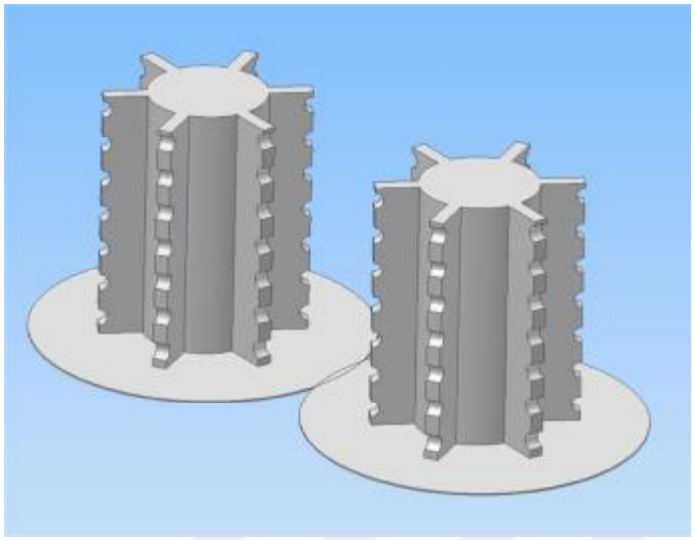
önemli bir konudur. Özellikle silolarda yapılan silajda silonun hava alması sonucu ve silo açıldıktan sonra hızla tüketilmemesi sonucu Aflatoksin oluştuğu bilinmektedir. Diğer yandan, Türkiye'de genelde küçük tarım işletmelerinin yaygın olması ve bu işletmelerde hayvan varlığının az olması silajın hızla tüketilmesine olanak vermemektedir. Silajın tüketimindeki bu yavaşlık bahsedilen sorunları ortaya çıkarmaktadır. (Tıknazoğlu, 2009)

1.5. Kesme/Kıyma Sistemi

Silajlık mısırı tarladan kesip kıymak için üreticiler tarafından kullanılan sistemler incelenmiştir. Buna göre piyasada yaygın olarak tepsi bıçaklar ile yatay olarak kesme ve döner bıçak ile serbest olarak kesme sistemleri bulunmaktadır.

1.5.1. Döner Diskli Kesme Tekniği

Yatay silaj kesme tekniğinde bıçak döner bir disk şeklindedir. Diskler üzerinde Şekil 1.5'de görüldüğü gibi aynı zamanda götürücü kanatlar bulunur. Bu kanatlar köklerden ayrılmış sapların hızlıca kıyıcı sisteme iletilmesini sağlar. Disklerin bağlı olduğu gövde şanzıman tarafından döndürülmektedir. Bu sayede yan yana iki döner disk yüksek hızda dönmektedir. Sıra üzerindeki mısır sapları bu iki döner bıçak arasında makaslama yapılarak sapından ayrılır.



Şekil 1.5. Döner diskli kesme tekniği

1.5.2. Serbest Kesme Tekniği

Serbest kesme tekniğinde ise döner bir tambura ardışık olarak bağlanan bıçaklar yüksek hızda dönmektedir. Saplar tambur önüne geldiğinde yüksek bıçak hızı ile kesilmektedir. Bu düzenek Şekil 1.6'da görülmektedir.



Şekil 1.6. Serbest kesme tekniği

1.5.3. Makaslama Kesme Tekniği

Makaslama kesme sisteminde birbirine zıt yönde hareket eden iki kesici bıçak kullanılır. Ancak kesme hızları düşük olduğundan silaj yapımında performanslı bir sistem değildir. Ülkemizde makaslama kesme ile çalışan bir silaj hasat makinasına rastlanmamıştır.

1.6. Silaj Sıkıştırma Sitemi

Kıyılmış silajın rulo halinde sıkıştırılması için kullanılan iki sistem incelenmiştir. Birincisi, zincirli/borulu sistemdir. Diğeri ise bantlı sistemdir. Dünya'da yaygın olarak kullanılan değişken çemberli sistem ise biraz daha karmaşık ve pahalı bir sistem olduğundan bu araştırmada inceleme dışı bırakılmıştır.

1.6.1. Zincirli/Borulu Sistem

Zincirli/Borulu sistemde, sıkıştırma odasının her iki yanında zincir dönmektedir. Şekil 1.7 ve 1.8'de görüldüğü gibi bu zincire kulaklar ile bağlanmış borular da zincir ile birlikte dönerler. Bu esnada sıkıştırma odasında bulunan kıyılmış silaj üzerine baskı uygulayarak sıkıştırır. Ancak tarla koşullarında olası zincir kırılmalarında büyük zarar oluşabilir. Dolayısı ile arıza yapma riski yüksek bir sistemdir. Ayrıca değişken hacimli sıkıştırma için de uygun bir sistem değildir. Bununla beraber ucuz bir sistemdir.



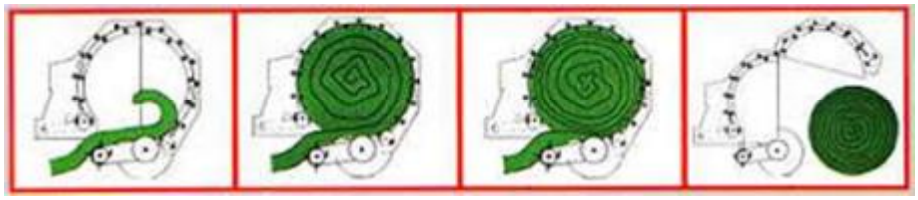
Şekil 1.7. Borulu sistem



Şekil 1.8. Borulu sistem detay görüntüsü

1.6.2. Bantlı Sistem

Bantlı sıkıştırma sisteminde ise Şekil 1.9'da görüldüğü gibi sıkıştırma odası çevresine uygun aralıklar ile sabit silindirler yerleştirilmiştir. Bu silindirler tek tarafındaki dişliler üzerindeki zincir yardımı ile dönerler. Tüm silindirler aynı zincir tarafından çevrildiği için arıza durumunda büyük risk oluşturmaz. Silindirler üzerindeki kauçuk bandı çevirmektedir. Kauçuk bant sıkıştırma odasına silaj malzemesi doldukça gerilmekte ve sıkıştırmaya başlamakatadır. Farklı modellerde bu kauçuk bant ek mekanizmalar ile uzayıp kısalmakta ve değişken çapta rulo balyalar oluşturulabilmektedir.

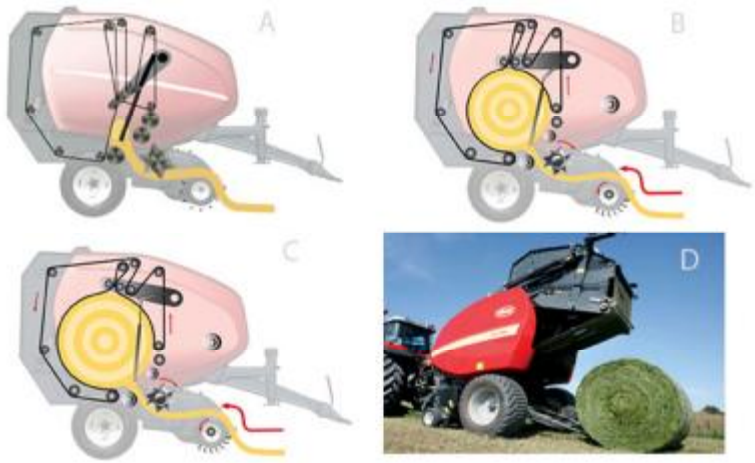


Şekil 1.9. Bantlı sıkıştırma sistemi çalışma şekli

1.6.3. Değişken Çemberli Sistem

Değişken çemberli sistemlerde Şekil 1.10'da görüldüğü gibi bandın döndüğü makaralar oynaktır ve isteğe göre gergileri ayarlanabilir. Bu durumda istenilen bir çapa gelindiğinde sıkıştırma işlemi sonlandırılabilir ve ip veya file ile bağlama/kaplama işlemi başlatılabilir.

Diğer yöntemlere göre daha pahalı bir sistemdir. Daha fazla ekipman bulundurduğundan ek kontrol/kumanda sistemleri gerektirir.



Şekil 1.10. Değişken çemberli sistem

1.6.4. Sabit Çemberli Sistem

Sabit Çemberli Sistemlerde silaj dairesel bir hat çevresine dizilmiş silindirler içerisinde hareketlendirilir. Şekil 1.11 ve 1.12'de görüldüğü gibi silindirler tek taraftan dönen bir zincir ile tahrik edilir. Tüm silindirler aynı yönde dönmektedir. Sıkıştırma odası içine silaj malzemesi doldukça silindirlerin etkisi ile dönmeye başlar. Dolma işlemi arttıkça sıkıştırma da artar. Bir süre sonra içerideki malzemenin

sıkıştırma miktarı istenilen düzeye geldiğinde makinanın arka kapağı açılmaya başlar ve sistem uyarı verir. Bunun üzerine sıkıştırma sonlanır ve ip ile bağlama veya file ile sarma işlemi başlanır.



Şekil 1.11. Sabit çemberli sistem

Makinanın sıkıştırma sistemi arka kapağı kapalı tutan kilit sistemi üzerine bağlanan yay ile yapılmaktadır. İçerideki malzeme arttıkça kapak açılmaya zorlanır. Bu arada kilit de zorlanır ve ayarlandığı noktaya geldiğinde uyarı verir. Bundan sonra bağlama sitemi devreye girer.



Şekil 1.12. Sabit çemberli sistem iç görüntüsü

1.7. Film Kaplama Sistemi

Sıkıştırma işlemi tamamlandıktan ve bağlama veya file ile sarma işlemi Şekil 1.13'de görüldüğü gibi tamamlandıktan sonra silajın dış etkenler ile ilişkisinin kesilmesi için esnek film ile kaplanması gerekir. Ancak bu şekilde fermantasyona girebilir.



Şekil 1.13. Film kaplama sistemi

Kaplama işlemi sırasında silindirik rulo hem kendi merkezinde dairesel olarak dönmekte hem de çevresel olarak dönü işlemi yapmaktadır. Bu iki dönü arasındaki oran "Kaplama Oranı" olarak isimlendirilir. Silindirik rulonun eksenel dönme hızı azaldıkça kaplama oranı artar. Bu şekilde kat sayısı artar ve daha yüksek bir koruma sağlanmış olur. Ancak film malzemesi oldukça pahalı bir malzemedir. Bu durumda kaplamada kullanılan film miktarı arttığından birim silaj rulosu başına düşen film maliyeti de yükselmektedir.

1.8. Çalışmanın Önemi ve Amacı

1.8.1. Komple Silaj Balyalama Makinaları

Bu makinalar günümüzde ticari amaçlı olarak tarlalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sebeple işleyişi detaylandırılacaktır.

Bölgemizde bu tür makinaların kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte yerli muadil üreticileri de artmıştır. Ancak kullanıcılardan alınan bilgiye göre yerli üretimler gerek teknolojileri gerekse ömürleri nedeni ile ithal edilen makinalar ile yarışamamaktadır.

Bu makinalar hareketlerini traktör kuyruk milinden almaktadırlar. Makine kullanılacağı tarlaya kadar çekilmekte ve tarlanın uygun bir noktasında sabitlenmektedir. Bu aşamadan sonra en az 200 HP olan traktör makinaya güç vermek için kuyruk milinden bağlanmaktadır.

Mısır tarlasından kıyılan malzeme tarım arabaları ile Şekil 1.14'de görüldüğü gibi makinanın yanına getirilir ve arkadaki konveyör bölümüne dökülür.



Şekil 1.14. Komple silaj paketleme makinaları

Şekil 1.15'de görülen konveyörün ilerleme hızı makine üzerindeki hidrolik akış kontrol valfleri ile kontrol edilebilmektedir.



Şekil 1.15. Kıyılmış silajın makinaya yüklenmesi

Rulo yapma işlemi boyunca malzeme bant sistemi içerisinde sıkıştırılır. Sıkıştırılma miktarı sistem üzerinden ayarlanabilir. Sıkıştırma işlemi tamamlandığında file sarma işlemi başlar (Şekil 1.16).



Şekil 1.16. File sarma ünitesi

File sarma başlama sinyali geldiğinde sistem rulo yapma odası içerisine file sürmeye başlar. Bir süre sonra sürtünmeden dolayı file kendi kendine ilerler. Belirlenen miktarda file sürülmesinin ardından file kesme sistemi devreye girer ve akan fileyi, rulosundan ayırır. File kesme sistemi bıçağı bir sonraki işlem için yeniden kurulmaktadır. Kesici bıçağın olabildiğince hızlı olarak kesme işlemini yapması file kesme işleminin başarısı için çok önemlidir. Ek olarak kesme işleminin ardından kendi ataleti ile dönmeye devam eden filenin frenlenmesi için hidrolik bir frenleme sistemi de bulunmaktadır.

Rulo yapma işlemi tamamlandığında rulo sarma arabası zincirli kayıt mekanizması sayesinde rulo yapma ünitesinin altına gelir ve file ile kaplanmış silaj rulosunu üzerine alarak file sarma ünitesine götürür (Şekil 1.17).



Şekil 1.17. Silaj rulosunun silaj taşıma arabası üzerine alınışı

Rulo sarma arabası rulo sarma ünitesi altına geldiğinde rulo sarma işlemi başlar. Rulo sarma sistemi çift ünite olarak tasarlanmıştır. Bu şekilde daha hızlı kaplama yapılabilmektedir (Şekil 1.18).



Şekil 1.18. Silaj rulosunun film ile kaplanışı

Kullanıcı tarafından sisteme girilen kat sayısına ulaşıldığında her iki yandaki film kesme bıçakları yardımı ile film kesilir ve film ile kaplanmış rulo makine üzerinden aşağıya bırakılır.

1.8.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada mısır bitkisini hasat anında silaj yapacak ve balyalayıp film ile kaplayacak “Mısır Silaj ve Sarma Makinası” geliştirilmiş, imal edilmiş makinanın atölye denemeleri yapılmış ve işlevleri denenmiştir. Makine öncelikle uygun boylarda, silaj tekniğine uygun olarak silajlık mısırı yerden yaklaşık 10-12 cm yukarıdan kesecek ve kıyıcıdan geçirerek 5-7 cm iriliğinde parçalara bölmüştür. Kıyıcının üfleme etkisinden de yararlanarak kıyılmış materyal rulo balya düzenine aktarılmıştır. Rulo balya düzeni, alışılmışın dışında oldukça sıkı bir silaj rulosu hazırlayarak materyal arasında hava kalmasının önleyecek ve küçük işletmelerin gereksinimlerine uygun olarak 60-100 kg arasında ayarlanabilen rulolar üretebilmiştir.

Bu ruloların silaj haline gelmesi için havayla temasının kesilmesi ve anaerobik bakterilerin çalışacağı bir ortam yaratılması amacıyla, bir nevi turşulaştırma işlemi olan silaj haline gelmesi amacıyla çevresi havayla teması tamamen kesecek şekilde birkaç kat streç film malzemeyle kaplanmıştır. Streç film ile kaplanan rulo tarla yüzeyine bırakılmıştır. Ruloların tarlaya bırakılması esnasında, kalın ve sivri görünümlü mısır sapı şeklindeki mısır anızı tarafından delinmesini önlemek amacıyla rulolar tarlaya bırakılırken sıra arasına ve uzunlamasına bırakacak bir düzenleme yapılmıştır

Tasarlanacak olan makinanın tüm organlarının bilgisayarlı bir kontrol sistemi ile çalıştırılabilmesi sağlanmıştır. Hidrolik sistemlerin de yoğun olarak kullanılacağı bu sistemde tüm hareketler ve konumlar elektronik algılayıcılar ile belirlenmiş ve bu veriler doğrultusunda kontrol ünitesinin işe akışını izlemesi sağlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Brooks ve ark. (1975), yaptığı araştırmada mısır silajı hazırlanmasında hasadın ve silolamanın kalitesiz olması sonucunda fermantasyonun geciktiğine ve silaj kalitesinin düştüğüne değinilmiştir. Bunun sonucunda silajın fermente özelliğini arttırma amacıyla bakteri inokulantları, asitler ve protein miktarını arttırmak için de belirli miktar üre katılması tavsiye edilmiştir. Fakat bu tip kimyasal katkıların her yıl mekanizasyon zinciri içerisinde kullanılmaması önerilmektedir.

Kılıç (1986), silo yemi adlı yayınında silo yemlerinin depolandığı, saklandığı silolar arasındaki farklar ve siloların sahip olması gereken kriterlerden bahsedilmiştir. Ayrıca bu yemlerin depolanmadan önce sahip olmaları gereken (nem miktarı, kuru madde miktarı pH değeri) unsurlardan bahsedilmiştir.

Hunt (1989), mısır silajı yapımında en önemli aşamalardan olan hasat zamanının tayin edilmesinde büyük rol oynayan mısır cinsi, verimi, kimyasal kompozisyonu ve besin içeriği üzerine yapılan çalışmada, yanlış zamanda yapılan hasat işleminin silolama sonrasında silo sızıntıları ile kayıpların yüksek olduğu açıklanmıştır. Ayrıca yüksek neme sahip mısır bitkisinin hasat edilmesinden sonra da pH derecesini düşürmek için büyük miktarlarda laktik aside ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da silajın fermente olmasını uzatarak silaj kalitesini düşürmektedir.

Bilgen ve Sungur (1991), yaptıkları araştırmada silaj makinaları ve ilerleme hızları arasındaki ilişkileri ortaya koymuştur. Bu çalışmanın sonucuna göre tek sıralı silajlık mısır hasat makinaları ile 2,1-5,1 km/h ilerleme hızı ile çalışabilmektedir. Bu sınırları arasında en uygun olarak 3,6 km/h ortalama hız değerinde çalışabilmektedir. İki sıralı çekilir tip makine ile daha düşük değerler olan 1,8-3,8 km/h sınırları arasında çalışabilmektedir. Bu değerler içerisinde 2,7 km/h uygun ortalama ilerleme hızında çalışabilmektedir. İlerleme hızlarına bağlı olarak, alan iş başarısı tek sıralı makinalarda 1,5 ile 3,6 da/h ve iki sıralı makinada ise 2,6-5,4 da/h arasında tespit edilmiştir. Ürün iş başarısı ise tek sıralı makinalarda 8,4-20,5 t/h, iki sıralı makinalarda ise 14,7-30,2 t/h olmaktadır. İlerleme hızı ve ürün iş başarısı arttıkça kuyruk mili üzerinden tüketilen güç artmakta, 28 kW değerine kadar çıkan güç ihtiyacı II. Kategori traktörler tarafından rahatlıkla karşılanmaktadır.

Bilgen ve ark. (1992) ambalajlanan silajlık kıyılmış mısır materyalinin biyolojik yapısı ve besin değerini araştırmışlar, ambalajlamanın ülkemizde uygulanabilirliğini ortaya koymuşlardır. Ot balya silajı yapım mekanizasyonu ile ilgili çalışmalar da yürütmüşlerdir. Yapılan araştırmada Ege Bölgesinde silaj mekanizasyonunun gelişimi ve kullanılan makinalara değinilmiştir. Kullanılan yöntemler ortaya konulmuştur.

Kayışoğlu ve Tan (1994), çalışmalarında Trakya Bölgesinde mısır silajı yapım mekanizasyonunda önemli bir zinciri oluşturan taşıma işlemleri ile ilgili olarak zaman analizleri yapılmış ve ölçüm yapılan üç farklı işletme içinde en uygun taşıma işlemini yapan işletme saptanmaya çalışılmıştır. Araştırmanın sonucunda işletmelerin ikisinde uygun sayıda taşıma aracı kullanılmadığı, kullanılan taşıma araçlarının taşıma tekniği yönünden yetersiz olduğu saptanmıştır.

Özbaydur ve Ulusoy (1996), Söke Yöresinde İşletmelerde Karşılaştırmalı Mekanizasyon Planlaması Uygulamaları isimli çalışmasında Söke yöresinde uygulanan mekanizasyon işlemleri incelenmiştir. Bölgedeki işletmecilerle anketler yapılmış, tarladan veriler alınarak bilgisayar paket programları yapılarak ekonomik analiz yapılmıştır. Sistemler karşılaştırılarak hangi alanda hangi sistemin daha uygun olduğu ortaya konulmuştur.

Woolford ve Pahlow (1998), yapmış oldukları çalışmada pH düzeyinin silolanan materyalin KM içeriğine bağlı olduğunu belirmişlerdir. Bir çok bölgede silajlık materyalin kıyılmasında sonra silolama işlemi gerçekleşmektedir. KM düzeyi 200 g/ kg olduğunda pH düzeyinin 4,2 değerinin altında sabitlendiğini ortaya koymuşlardır. Silolama sonrası yığın içinde fermentasyon süreci boyunca oluşan laktik asit bakterileri KM oranı700 g/ kg değerine kadar tolerans göstermektedirler. Fakat bölünme oranları ve metabolik aktiviteleri KM oranı450 g/kg seviyesini geçtiğinde belirgin şekilde düşmektedir.

Filya (2001), "Silaj Teknolojisi" adlı yayınında mısır silajının diğer silajlık ürünlerle olan farklılıklarına değinilmiş ve mekanizasyon ölçütleri hasattan depolamaya kadar ortaya koyulmuştur. Silaj yapımındaki ölçütleri arasında özellikle hasat süresinin en kısa ve aralıksız olarak yapılması vurgulanmıştır. Genellikle su içeriği %50'nin üzerinde olan yeşil yemlerin silolamasında temel olarak, anaerobik

koşullar altında laktik asit bakterileri (LAB) suda çözünebilir karbonhidratları(SÇK) başta laktik asit olmak üzere diğer organik asitlere dönüştürürler. Bunun sonucunda pH düşer ve su içeriği yüksek materyal bozulmaya neden olan mikroorganizmalardan korunmuş olur. Silaj fermantasyonunda kullanılmak üzere çok sayıda kimyasal ve biyolojik katkı maddeleri geliştirilmiştir.

Bates (2002), mısır silajı üretimindeki aşamalardan bahsedilen çalışmada, hasat aşamasında farklı nem düzeylerinde farklı tipte silo seçimine değinilmiştir. Beton ve toprak altı gibi sıkıştırmanın problem olduğu alçak silolarda özellikle nem düzeyinin üst değerlere yakın olması tercih edilmiştir. Bu değerler %60-70 nem içeriği olarak belirtilmiştir.

Alçiçek ve Karaayvaz (2002)'ın Alman Tarım Örgütü (DLG 1987)'den bildirdiğine göre; silajlık mısırın kuru madde oranı, süt olum döneminde %21 iken, hamur olumu başlangıcında %27, hamur olumu sonunda %35'dir. Ham protein oranı sırası ile %9,3 - %8,8 ve %8,1 organik maddelerin sindirim oranı %74 - %73 ve %72 ile mısırın kuru madde oranıyla ters orantılı olarak değiştiğini ifade etmektedirler.

Savoie ve ark. (2002) mısır silajı yapımında hasat sırasında mısırın nem düzeyi, kıyma boyutu ve paketleme basıncının silajın pH değeri ve silo suyu çıkışı üzerinde etkili olduğunu vurgulamaktadır.

Wilkinson and Toivonen (2003), Dünya Silaj konferansında sunulan bildirilerinde Türkiye'de silaj gelişimi ve kullanılan teknik üzerine bir araştırma yapmışlardır. Araştırma sonuçlarında silaj yapımındaki sorunların başında alanların küçük ve bölünmüş olması geldiği, bunun sonucunda da yüksek kapasiteli mekanizasyona daha uygun olan makinaların kullanımına rastlanılmadığına değinilmiştir.

Czeslaw ve Kostyra (2003) sıkıştırma derecesinin nem ve kuru madde oranına bağlı deneysel modellerini geliştirmişlerdir. Bu modellerde nem artışına bağlı olarak ürünün yoğunluğunun arttığı ve materyal boyunun küçülmesinin sıkıştırılmış ürün yoğunluğunun artmasına neden olduğu görülmektedir. Ayrıca kıyılmış, taneli ve başka özelliklere sahip birçok tarımsal ürünün sıkıştırılması, ürünün depolanmasında ve taşınmasında daha az yer kaplamasını ve daha etkin bir şekilde kullanımını sağlamaktadır.

Charmley ve Firth (2004) çarpmalı tip biçme düzenli ve kıyıcılı tip makinalarla hasat edilen ürünlerle yüzeysel silaj, silindirik balya makinaları ile de balya silajı olmak üzere 3 değişik biçimde silaj yapmışlardır. Elde edilen silajların et sığırlarının performansına etkisini araştıran Charmley ve Firth (2004) sıkıştırma oranları ve birim hacim değerlerinin yüksek olması nedeniyle balya silajlarının sindirilebilirlik ve kilo kazancı açısından yüzeysel siloda elde edilen silajlara göre daha üstün olduklarını belirlemişlerdir.

Kılıç (2004), silajın yararlarını açıkladığı yayınında silo yemlerinin diğer kaba yemlere üstünlüklerinden (içerdikleri vitaminler ve maliyet olarak çok daha ucuz olmaları) bahsetmiştir. Silo yemlerinin tatları ve kokuları hayvanlar tarafından sevildiği için daha çok tüketilmeleri söz konusudur. Özellikle kış aylarında yem bulunamadığı için silo yemlerinin kullanımı avantajlı olmaktadır.

Johnson ve ark. (2005) laboratuvarda 4 farklı vakum değeri ile paket silaj hazırlayıp yoğunluklarını ölçmüş ve fermantasyon döneminde pH değişimini incelemişlerdir. Araştırıcılar vakum uygulaması yapılan örneklerde, yapılmayanlara göre pH değerlerinin daha hızlı bir şekilde düştüğünü ve bir süre sonra stabilize olduğunu belirlemişlerdir.

Shinners ve ark. (2007), Silajlık mısır bitkisinin değişik nem oranlarında hasat edilmesi, kıyılması ve depolanmasının silajın yem niteliği ve silo kayıpları üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, üç farklı nem düzeyinde (%42, 47 ve 55) hasat ettikleri mısır bitkisini üç farklı kıyma boyunda (6,4 mm, 12,7 mm ve 19,1 mm) kıydıktan sonra iki farklı ambalaj koşulunda (plastik torba silo ve streç film) ambalajlayıp, iki farklı depo ortamında (içeride ve dışarıda) depolayarak fermantasyon süreci sonunda silajların içeriklerine ve silo kayıplarına bakmışlardır. Çalışma sonucunda araştırmacılar; birinci ve üçüncü hasat nem düzeylerinde yapılan silajların pH seviyelerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde değiştiğini saptamışlardır. Buna göre; ($p<0,05$), plastik torba silolarda 4,3 olan pH düzeyinin streç film ile sarılmış balyalarda 4,9'a yükseldiğini görmüşlerdir. Bununla beraber, yaklaşık sekiz aylık depolama süresi sonunda içeride depolanan örneklerde ortalama %3,3 olan kuru madde kaybının, dışarıdaki örneklerde %18,1'e kadar yükseldiğini ifade etmektedirler.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Silajlık Mısır

Besicilikle uğraşanların en sıkıntı duydukları dönem, yeşil ve sulu taze yemin bulunmadığı yaz ve kış aylarıdır. Bu yüzden silaj yapılmadan ekonomik bir hayvancılık düşünülemez. Yeşil yapraklı ve suca zengin olan bitkilerden silaj yapılır. Ama daha çok tercih edilen mısır silajıdır. Kolay sıkışma özelliği nedeniyle kolayca silo içinde saklanabilir. Ayrıca enerji değeri bakımından zengin olmasından dolayı, geviş getiren hayvanlar mısır silajını zevkle yemektedir. Silajlık mısırın hasat edilmesi için 3 ay kadar beklemek gerekir. Bu sürede daneler süt olumu döneminden hamur olumu dönemine geçmektedir. En iyi silaj bu dönemde yapılır. Silajlık mısır silaj makineleriyle hasat edildikten sonra, daha önceden hazırlanmış olan silo çukurlarına doldurulur. Traktör yardımıyla üzerinden geçilerek iyice sıkıştırılır. Bitki hücreleri silolama sırasında tam olarak ölmez. Bu nedenle ortamdaki oksijeni tüketip karbondioksit üretirler. Bu esnada ortamdaki diğer mikroorganizmalar faaliyetlerini artırarak ürünün mayalanmasına neden olurlar.

3.1.2. Silaj Kesme Direnci

Silajlık mısırın ortalama kesme direncinin ölçülmesi için bir giyotin kesme sistemi tasarlanmıştır. Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Laboratuvarında bulunan “LLOYD INSTRUMENTS” marka ölçüm sisteminden faydalanılmıştır. Bu sistemde aşağı ve yukarı çıkarken oluşan kuvvetlerin değerleri izlenebilmektedir. Ölçü sistemini kesme kuvvetini okuyacak şekilde düzenlemek amacı ile Şekil 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5’de görülen Giyotin Kesme sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Tarlada oluşan makaslama kesme sistemi laboratuvar ortamında oluşturularak kesme kuvvetleri incelenmiştir. Buna göre silaj makinalarında

kullanılan makaslama kesme bıçağı bir düzeneğe monte edilerek mısır sapları kesilmiştir. Ölçüm cihazı her kesme işleminde oluşan tepe noktaları kaydetmiştir. Daha sonra kesilen kalınlığa göre oluşan ortalama kesme kuvvetleri elde edilmiştir. Kesilen alan çap değerinden hesaplanarak kesme direnci hesaplanmıştır

$$s = \frac{F}{A} \tag{3.1}$$

Burada,

s - kesme direnci N/mm^2

F – kesme kuvveti N

A – Mısır sapı kesit alanı mm^2

Frekans dağılım tablosu düzenlenerek aritmetik ortalaması, mod ve medyan değerleri ve standart sapması hesaplanmıştır. Ölçüm sonuçları (X ± S) olarak sunulmuştur.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{3.2}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \tag{3.3}$$

Burada;

X_i - Ölçülmüş kesme direnci değerlerinden biri.

n – Ölçülmüş değerlerin toplam tekrar sayısı

X – Ortalama kesme direnci

S – Standart sapma.



Şekil 3.1. Kesme sistemi



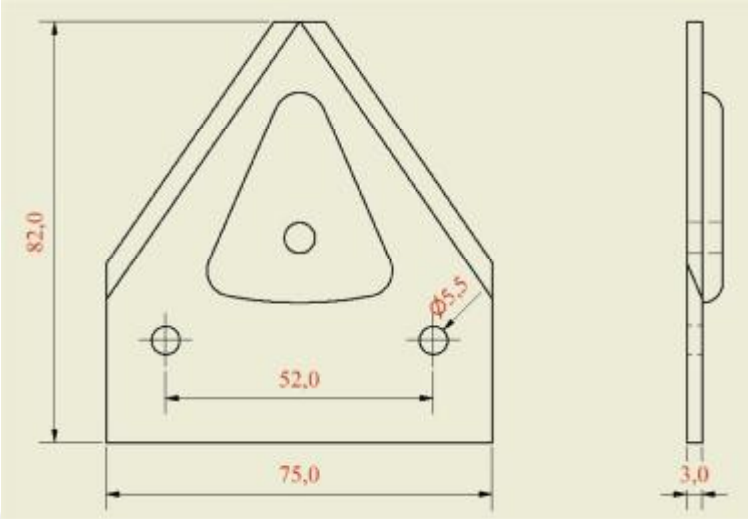
Şekil 3.2. Bıçak görüntüsü



Şekil 3.3. Bıçak yakın görüntüsü



Şekil 3.4. Test düzeneğinde kullanılan bıçak



Şekil 3.5. Bıçak geometrik ölçüleri

3.2. Metod

3.2.1. Uygulanan Yöntem

Bu tezin konusu olan Mısır Silajı yapma yönteminin daha basite indirgenmesi için silaj paketleme işlemi için gerekli tüm aşamaların aynı makinada ve tek bir operasyonda yapılması hedeflenmiştir.

3.2.1.1. Güç Sistemi

Makinede rulo yapma odası içerisindeki ruloların hareketi traktör kuyruk milinden alınmaktadır. Bunun dışındaki tüm hareketler makine üzerinde bulunan hidrolik sistem tarafından sağlanmaktadır. Bu sistemde bulunan hidrolik pompa hareketini kuyruk milinden almaktadır.

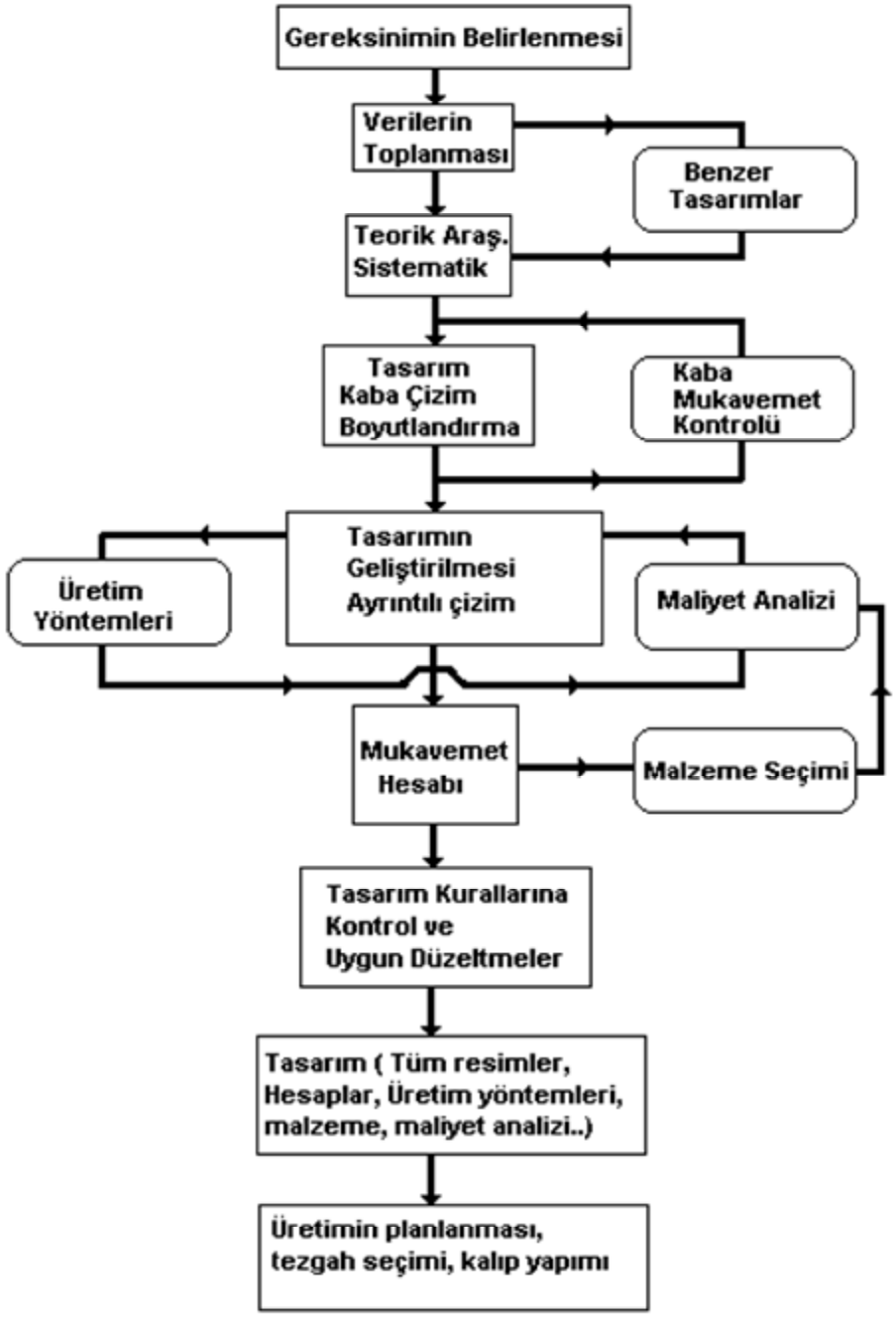
Hidrolik sistemde 75 L kapasiteli bir tank ve 24 cm^3/min kapasiteli hidrolik pompa bulunmaktadır. Herhangi bir yağ soğutma sistemine ihtiyaç duyulmaması için yağ tankı kapasitesi yüksek seçilmiştir.

3.2.1.2. Kontrol Sistemi

Makine üzerinde Merkezi Kontrol Ünitesi bulunmaktadır. Kullanıcı istekleri doğrultusunda kontrol ünitesi programlanabilmektedir. Merkezi Kontrol Ünitesi üzerinden girilebilecek parametreler balyanın yoğunluk ve kaplama oranını belirler.

Tüm aşamaların tek bir makinada yapılabilmesi için farklı bir tasarım yapılmıştır. Tasarımın belirlenmesi için aşağıdaki şekilde verilen yöntem izlenmiştir. Genel makine tasarımı yapımındaki ana kuralları çizelgede görmek mümkündür. Öncelikle gereksinimlerin belirlenmesi ve bunun için ihtiyaç duyulan sistem parametrelerinin belirlenmesi ilk önce yapılması gereken işlemlerdendir. Bunu takip eden sistemin taslak olarak çizimi ve iş akış şemasının oluşturulması ve bunun ardından makinanın taslak çizimi işlemleri sırada gelmektedir. Son olarak makinanın ana çizimi ve makine bileşenlerini oluşturacak malzemelerin mukavemet hesapları ve malzemelerin belirlenmesi ile makine son haline ulaşmıştır.

Makinanın tasarımı aşamasında Şekil 3.6’da grafiksek olarak belirtilen yol izlenmeye çalışılmıştır.

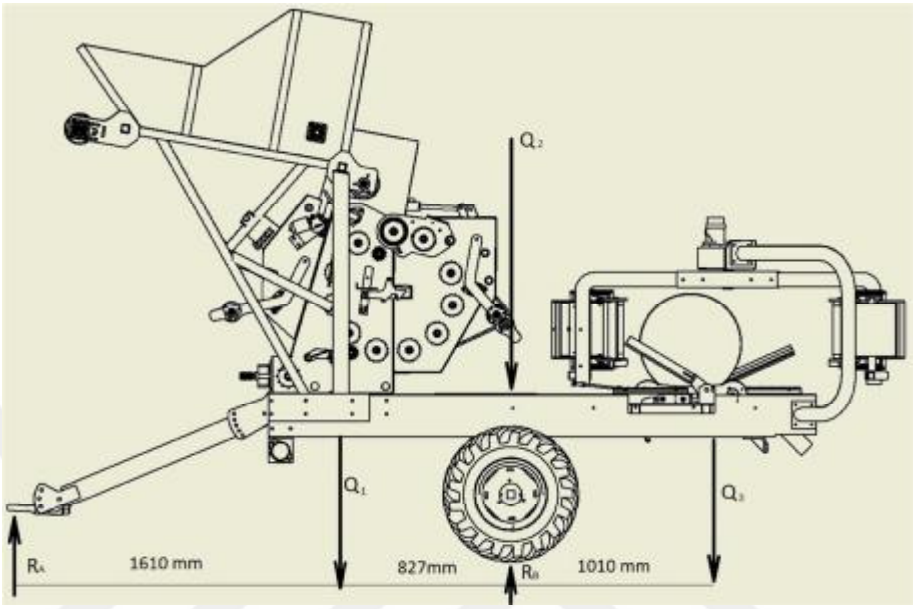


Şekil 3.6. Tasarım aşamaları.

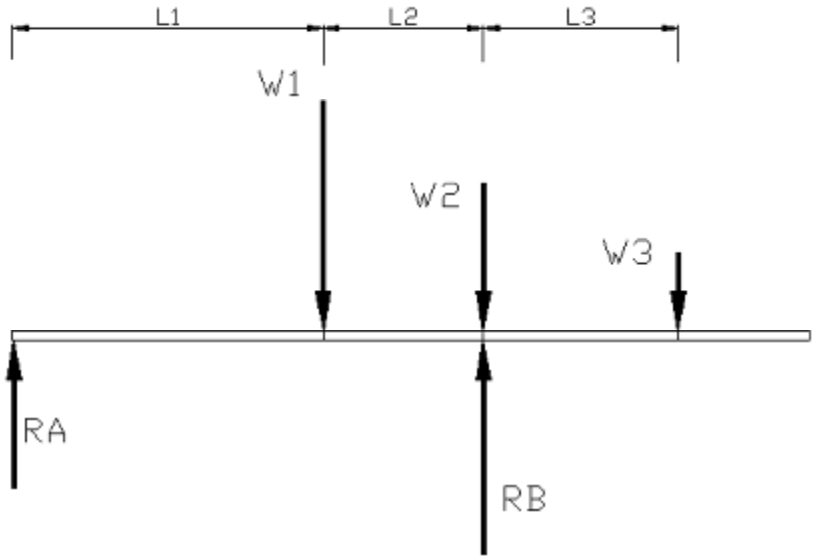
3.2.1.3. Taşıyıcı Çatının Mukavemet Hesabı

Makine taşıyıcı çatısının Şekil 3.7'de görüldüğü gibi üzerine gelen yükler ve uzunluklar dikkate alınarak Serbest Cisim diyagramı (Şekil 3.8) çizilmiş ve eğme

momenti değerleri grafik yöntemle bulunmuştur. Çatının kesit değerleri bulunarak kontrol hesabı yapılmıştır.



Şekil 3.7. Makineye ait bazı boyutlar ve etkiyen kuvvetler



Şekil 3.8. Serbest cisim diyagramı

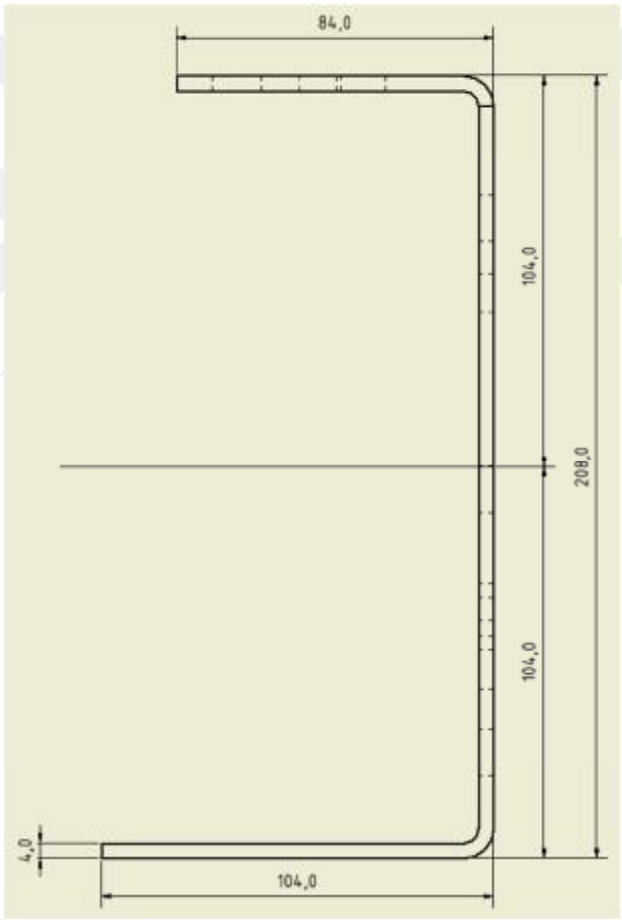
Ağırlık bilgileri Autodesk Inventor tasarım programından alınmıştır. Alınan ağırlık bilgileri ve bu ağırlıkların uygulandığı noktalara göre moment değerleri

hesaplanmıştır. Makinanın dengede olabilmesi için tüm bu kuvvetlerin toplamının sıfır olması gerekmektedir.

Taşıyıcı çatı mukavemet hesaplamasında aşağıdaki formülden faydalanılmıştır.

Kontrol hesabının temel eşitliği:

$$\sigma_{eğem} \geq \sigma_{eğ} \tag{3.4}$$



Şekil 3.9. Şasiye ait bazı boyutlar

$$s_{eg} = \frac{M_{eg.max}}{W} \tag{3.5}$$

$$W = \frac{I}{Y} = \frac{(BH^3)-(bh^3)}{6*H} \tag{3.6}$$

Emniyet gerilmesi hesaplamasında aşağıdaki formülden faydalanılmıştır.

$$s_{eg.em} = s_{SM} / b^* S \quad (3.7)$$

Burada;

s_{SM} – Sürekli mukavemet değeri (Babalık, 2014)

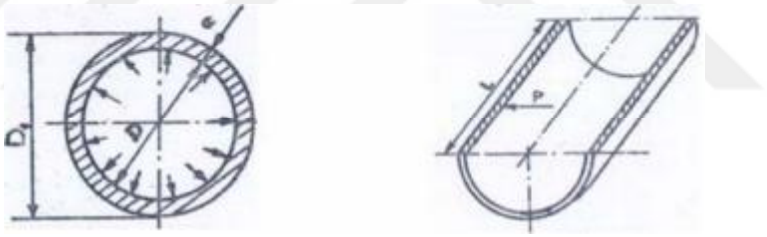
b - Çentik etmeni

S – Emniyet sayısı

3.2.1.4. Silindir Boruları Et Kalınlığı Hesabı

Silindir tasarım hesaplamasında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

Silindir borularının et kalınlığı hesabı:



Şekil 3.10. Silindir enine ve boyuna kesiti

d_1 : İç çap (mm)

d : Dış çap (mm)

e : Et kalınlığı (cm)

P : Çalışma basıncı (N/cm^2)

A : kesit alanı (cm^2)

$б_{çem}$: Emniyetli çekme gerilmesi

F : Boruyu eksenden kesmeye zorlama kuvveti (N)

C : Korozyona dayanım için korozyon payı 1 mm

L : Silindir boyu

$б_{çem} = F/A$

$A = \pi.e.L\ (cm^2)$

$F = Б_{çem}\ .A$

Kesit alanı = $A.\pi.e.d_1$ (3.8)

Enine kesite göre et kalınlığı;

$E=(P.d_1) / (4.\ Б_{çem}) + C$

Boyuna kesite göre et kalınlığı;

$E=(P.d_1) / (2.\ Б_{çem}) + C$ (3.9)

3.2.1.5.Piston Kolu Hesabı

L : Piston boyu (cm)

F : Pistonu burkulmaya zorlayan kuvvet (kg)

EMK : Emniyet katsayısı (cm)

D : Piston kolu çapı (cm)

F_k : Piston kolunu burkulmaya zorlayan kritik kuvvet (kg)

Piston kolunun çapı: $d=\sqrt[4]{\frac{L^2 \times F \times EMK}{10^6}}(cm)$ $F=\frac{F_k}{EMK}$ (3.10)

Piston kolunun boyu: $L=\sqrt[3]{10^3 \frac{d^4}{F \cdot EMK}}(cm)$ (3.11)

Piston burkulma kuvveti hesabı:

$F_{K=}\ (p^2 * E*I) / S_K^2$ (3.12)

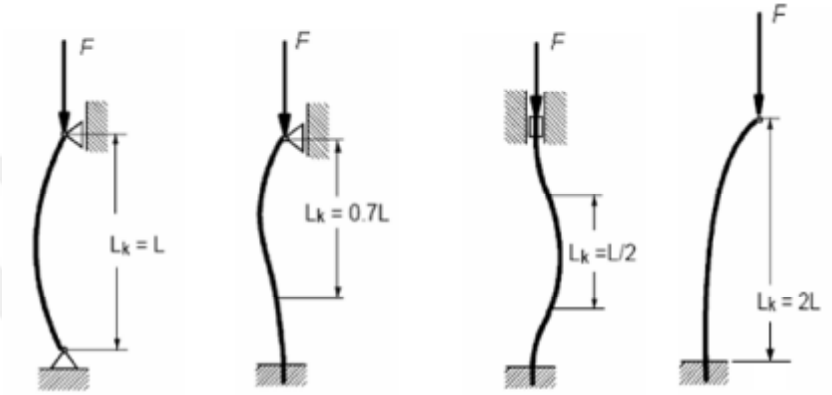
F_K= Piston burkulma kuvveti

E – Piston malzemesinin elastiklik sayısı

I – Piston kolunun atalet momenti

S_K – Pistonun burkulma boyu (s=L)

Burkulma kontrolü için narinlik derecesi λ tespit edilmiştir. Çubuk serbest burkulma uzunluğu değeri, Şekil 3.11'de verilmiş olan durumlardan uygun olan seçilerek kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Çeşitli çubuklarda mesnet durumları ve etkili burkulma boyu

$$\lambda = s / i \quad (3.13)$$

λ: Narinlik

s: Çubuk serbest burkulma uzunluğu

i: Atalet yarıçapı

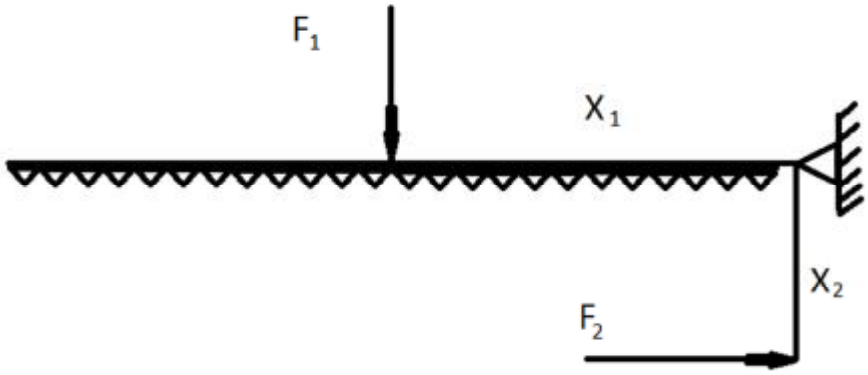
$$i^2 = I_{min}/A \text{ [mm]} \quad (3.14)$$

I_{min}: Çubuğun en küçük eksenel momenti [mm^4]

A: Çubuğun kuvvete dik kesit alanı [mm^2]

3.2.1.6. File Kesme Pistonuna Gelen Kuvvet Hesabı

File kesme Pistonuna gelen kuvvetin tespit edilmesinde aşağıdaki moment kolu çiziminden faydalanılmıştır.



Şekil 3.12. File kesme sistemi moment grafiği

Buna göre filenin kesilmesi ve sıkıştırılmış bir şekilde bir sonraki işlemi beklemesi için gerekli kuvvetin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten faydalanılmıştır (Rende, 2000).

$$F_1 * X_1 = F_2 * X_2 \quad (3.15)$$

F_1: Kesme/Sıkıştırma kuvveti [N]

X_1: Yük kolu mesafesi [mm]

F_2: Piston sıkıştırma kuvveti [N]

X_2: Kuvvet kolu mesafesi [mm]

Silindire gelen kuvvet tespit edildikten sonra silindir mili ve piston seçimi yapılmıştır. Kesit alanı hesaplanarak aşağıdaki tabloda verilen CETOP standardına göre mil ve silindir değerleri seçilmiştir.

Çizelge 3.1. CETOP Standardına Göre Silindir ve Mil Çapları Listesi

Silindir Çapı (mm)	32		40		50		63		80		100		125	
Mil çapı (mm)	18	22	22	28	28	36	36	45	45	56	56	70	70	80

Mil kesit alanı aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanacaktır.

$$P = F/A \tag{3.16}$$

P: Basınç [Bar]

F: Kuvvet [N]

A: Kesit alanı [mm^2]

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mısır Sapı Kesme Kuvveti

Silajlık mısırın ortalama kesme direncinin ölçülmesi için tasarlanan giyotin kesme sisteminde ölçümler yapılmış ve Çizelge 4.1'de verilen sonuçlara ulaşılmıştır.

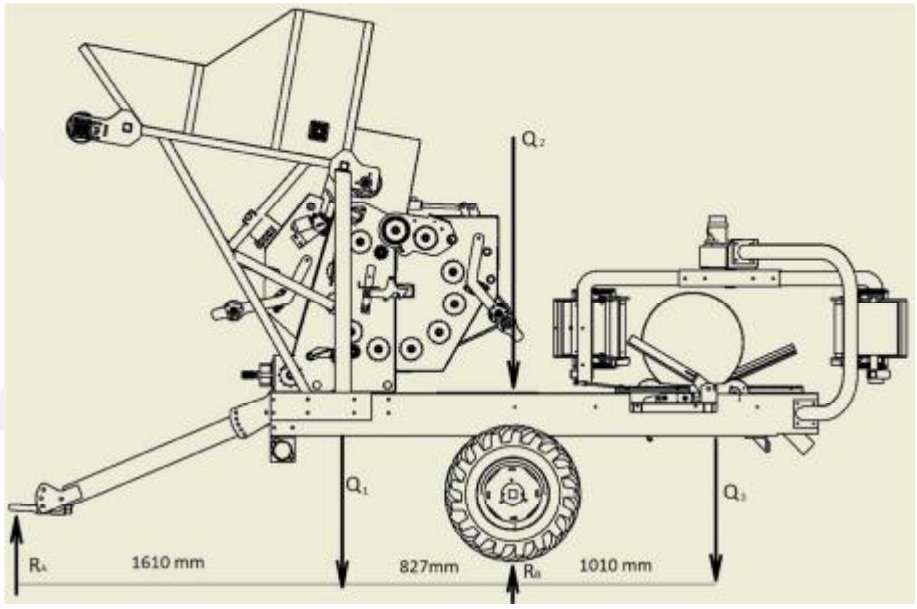
Çizelge 4.1. Mısır Sapları Kesme Dirençleri

S/N	Kalınlık (mm)	Alan ($mm^{2)}$	Kuvvet (N)	Kesme Direnci (N/mm^2)
1	16	201,06	220,1	1,09
2	16	201,06	328	1,63
3	17	226,98	432,1	1,9
4	18	254,47	170,9	0,67
5	19	283,53	315,5	1,11
6	19	283,53	307,6	1,08
7	19	283,53	463,8	1,64
8	19	283,53	451,2	1,59
9	19	283,53	594,4	2,1
10	19	283,53	509,9	1,8
11	19	283,53	392,3	1,38
12	20	314,16	591,4	1,88
13	20	314,16	512,5	1,63
14	20	314,16	574,5	1,83
15	22	380,13	410	1,08
16	23	415,48	527,5	1,27
17	23	415,48	531,6	1,28
18	24	452,39	351,5	0,78
19	24	452,39	612	1,35
20	25	490,87	474,2	0,97
21	26	530,93	500,2	0,94
			Standart Sapma	0,40
			Ortalama	1,38

4.2. Tasarlanan Makine Bileşenleri

4.2.1. Ana Şasenin Mukavemet Hesapları

Tasarım tamamlandıktan sonra Autodesk Inventor tasarım programından ağırlık ve uzunluk değerleri alınmıştır. Şasenin yapısı gereği yükün yarısı şasenin profiline etki ettirilmiştir.



Şekil 4.1. Makine üzerine gelen bazı kuvvetler

Q_1 = 650/2 kg @3188 N;

Q_2 = 358/2 kg = 1755 N,

Q_3 = 285/2 kg = 1398 N

L1= 1610 mm;

L2= 827 mm

L3= 1010 mm

Denge şartı uygulanarak mesnet tepkileri hesaplandı.

$\Sigma F_X=0$

$\Sigma F_y=0$

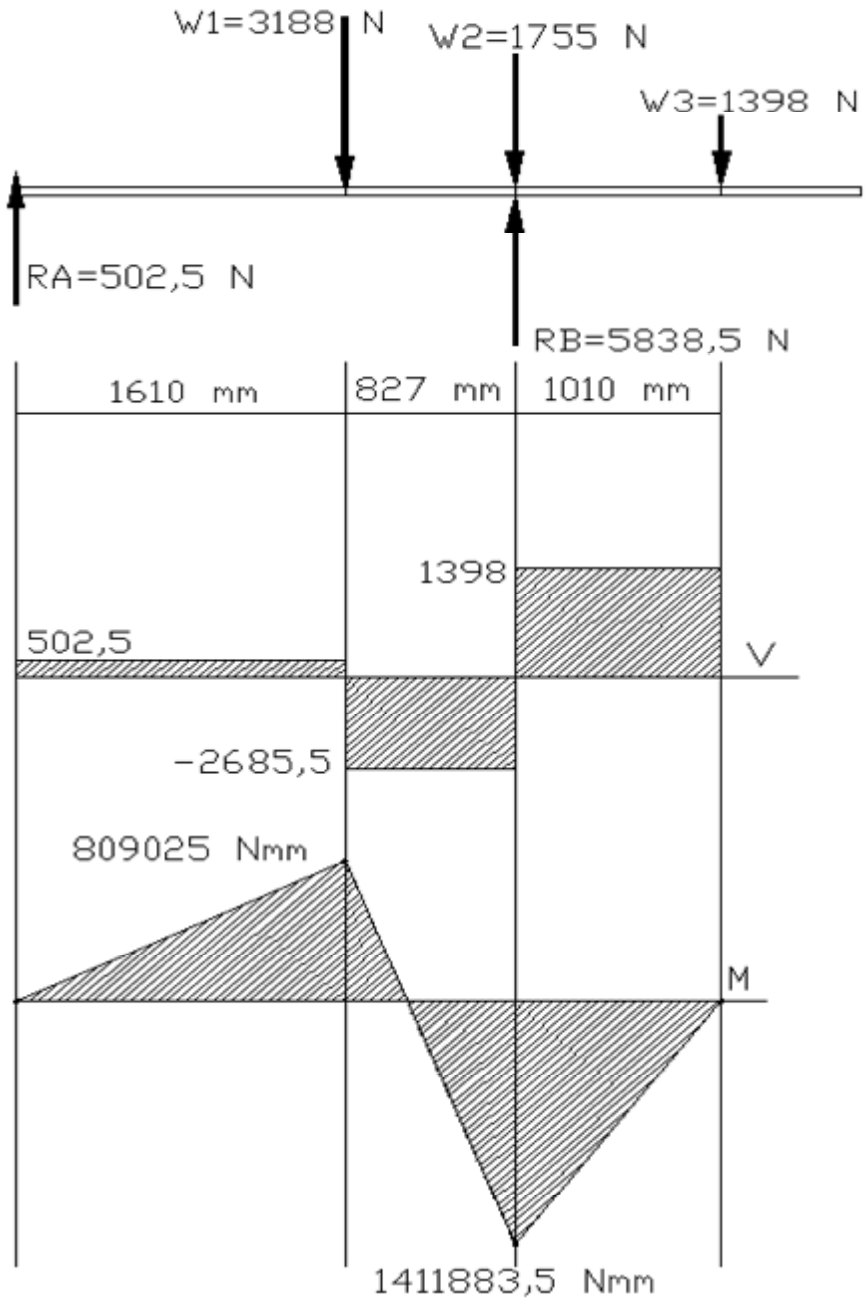
$- R_{AY} +3188 +1755– R_{BY}+1398 = 0$

R_{AY}= 6341 - R_{BY}

$\Sigma M_A = 0$

- R_{AY} = -1610*14228521 / 2437 = 5838,5N

R_{AY} = 6341 – 5838,5 = 502,5 N



Şekil 4.2 Moment diyagramı

Kesme kuvveti değerleri şaseye gelen yüklerden hesaplanarak şekildeki grafiğe işlenmiş ve eğme momenti değerleri kesme kuvveti diyagramından hesaplanarak şekildeki grafiğe işlenmiştir.

Ana şasenin kesme kuvveti (V) ve eğme momenti (M) diyagramından tehlikeli kesitin B noktasında olduğu görülmüştür. Bu noktadaki eğme momenti şaseye etkiyen en büyük eğme momenti değeridir.

$M_{eğ.max.}$ = 1411883,5 Nmm

Tehlikeli kesit olan B noktasındaki şaseye etkiyen eğme gerilmesi hesaplanmıştır.

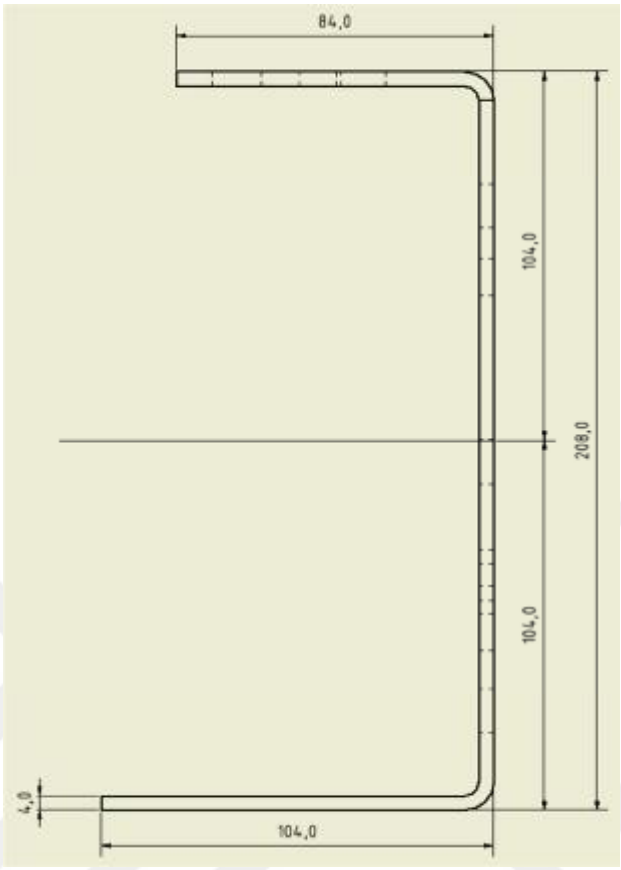
Bu amaçla kesitin Mukavemet momenti 3.5 ve 3.6 numaralı eşitliklere göre hesaplanmıştır.

H=208 mm, B=104 mm,

h=H-2S=208-(2*4)=200 mm, b=B-s=104-4=100 mm

$W= [(104*208^3)-(100*200^3)]/12*104=108883,7\ mm^3$

s_{eg} = 1411883,5/108883,7 = 12,96 N/mm^2



Şekil 4.3. Şasi U profili

Ana şase yapımında kullanılan özel U-profil St 37-2 malzemeden yapılmıştır. Bu malzemenin emniyet gerilemesi 3.7 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

s_K = 360-470 N/mm^2

s_{SM} = 250 N/mm^2

Malzemenin sürekli mukavemeti eğme yükü altında ve titreşim zorlanması koşullarında olmak üzere kaynak tablolardan alınmıştır (Babalık, 2014).

b= 1,4 şasenin bu noktasında tekerlek bağlantıları için bazı delikler delinmiştir. Kaynaktaki çizelgelerden yararlanarak çentik etki faktörü seçilmiştir.

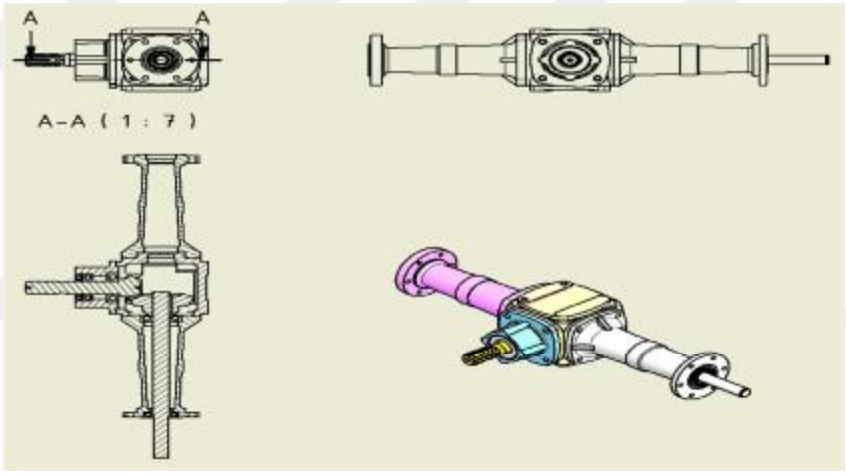
Emniyet faktörü ise genel uygulamalarda sıkça kullanıldığı gibi S=2 olarak alınmıştır (Akkurt, 2011).

$s_{eg.em}$ = 250 / 1,4*2 = 89 N/mm^2

Bu sonuca göre kesitte oluşan gerilme emniyet gerilmesinin çok altındadır. Tarla koşullarında oluşacak beklenmedik dinamik yükler altında dahi kesitin emniyetle bu yükü taşıyacağı öngörülmektedir.

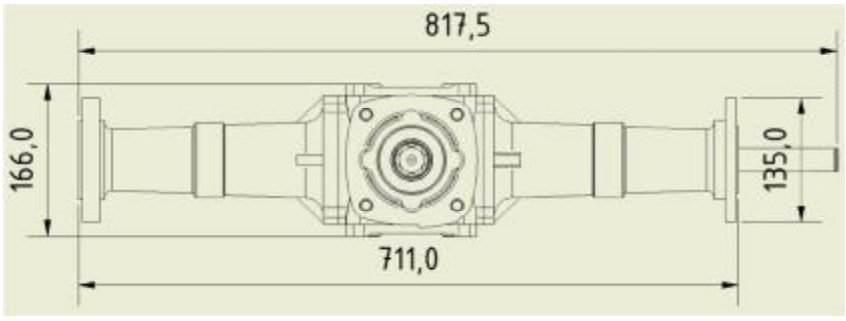
4.2.2. Ana Giriş Şanzımanı

Traktör kuyruk milinden alınan hareketin 1/2 oranında hızının düşürülerek aynı zamanda 90° çevrilmesini sağlamak için Şekil 4.4'de görülen şanzıman kullanılmıştır. Şanzımanın giriş mili 6 kanallı olarak tasarlanmıştır.



Şekil 4.4. Ana giriş şanzımanı

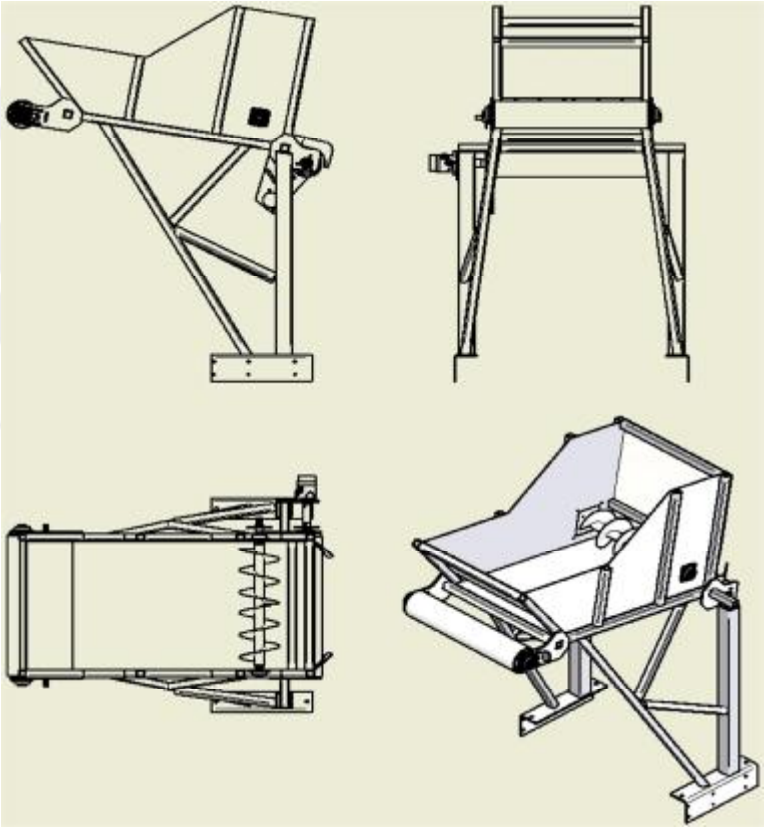
Şekil 4.5'de genel ölçüleri ile verilen şanzıman merkezden aldığı hareketi içerisindeki konik dişliler yardımı ile yan taraftaki çıkış miline aktarmaktadır.



Şekil 4.5. Ana giriş şanzımanı genel ölçüleri

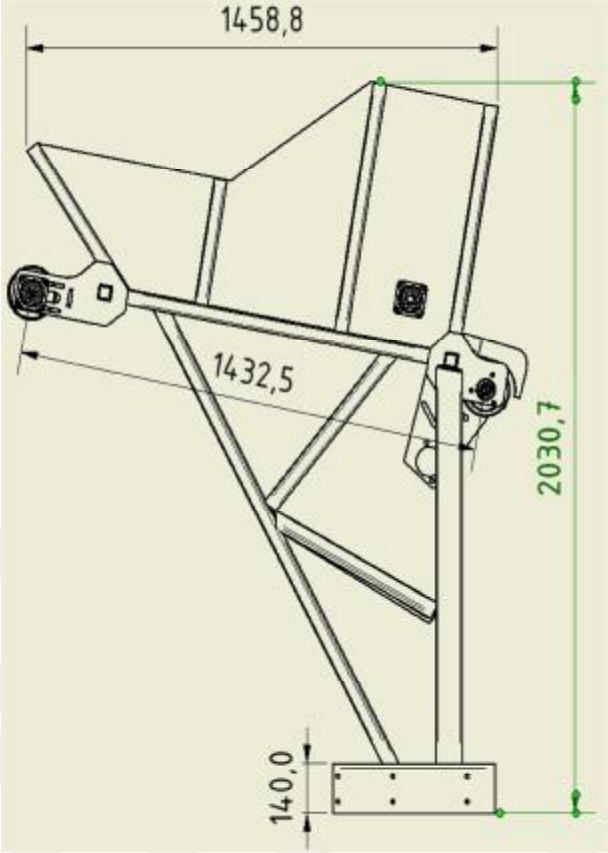
4.2.3. Dozajlama Deposu

Makine tarlada silajlık mısırı hasat ederken aynı anda sıkıştırma ve kaplama işlemlerini de yapmak üzere tasarlanmıştır. Sıkıştırma ve kaplama yaparken makinanın durması istenmemiş ve yaklaşık 1,5 m^3 hacimli, Şekil 4.6'da görülen dozajlama deposu konularak hasat edilen mısırın bu depoda bekletilmesi ve daha sonra istenen oranda sıkıştırma bölümüne aktarılması planlanmıştır.

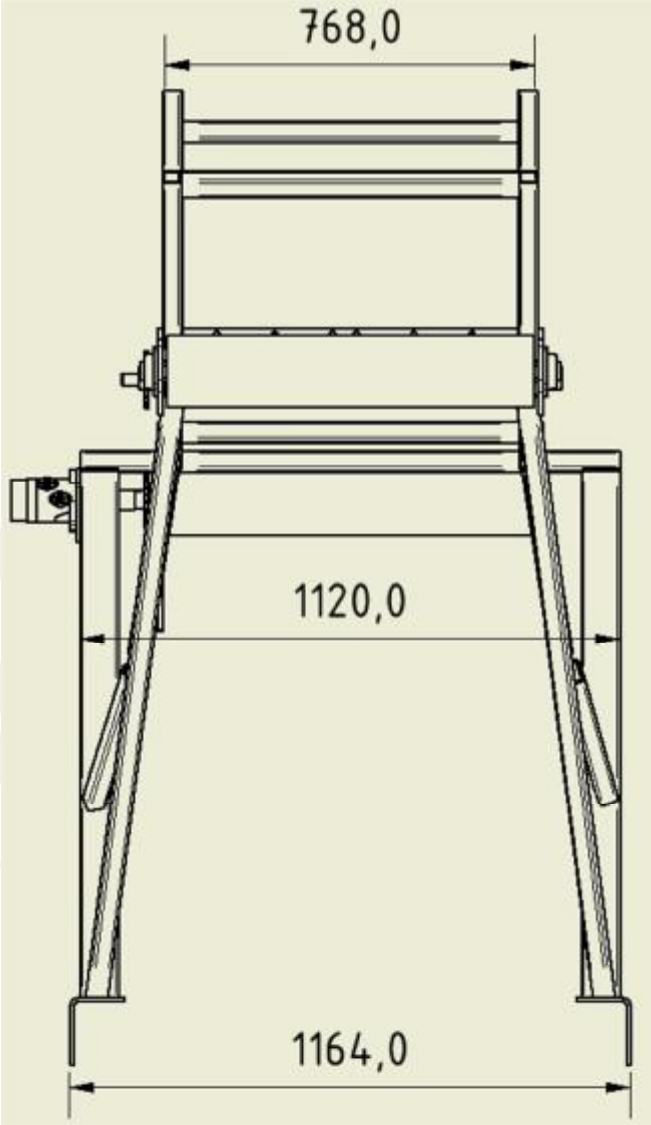


Şekil 4.6. Dozajlama deposu

Şekil 4.7'de görülen dozajlama deposu çatı şeklinde tasarlanmış ve her iki yandaki L parçalar ile ana gövdeye vidalanmak sureti ile monte edilmiştir.



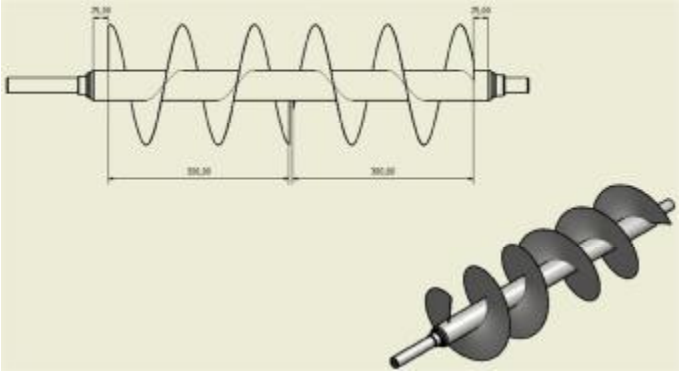
Şekil 4.7. Dozajlama deposu yan görünümü ve bazı ölçüleri



Şekil 4.8. Dozajlama deposu ön görünümü ve bazı ölçüleri

Depo tabanında çift merdane arasına gerili bir bant sistemi bulunmaktadır. Bant üzerinde götürücü kanatlar vardır. Bant hidrolik olarak hareketlendirilmekte ve valf yardımı ile bu hareketin hızı değiştirilebilmektedir. Aynı zamanda kumanda sistemi ile bu bant kontrol edilmekte ve uygun görüldüğünde durdurulup yeniden hareket verilebilmektedir.

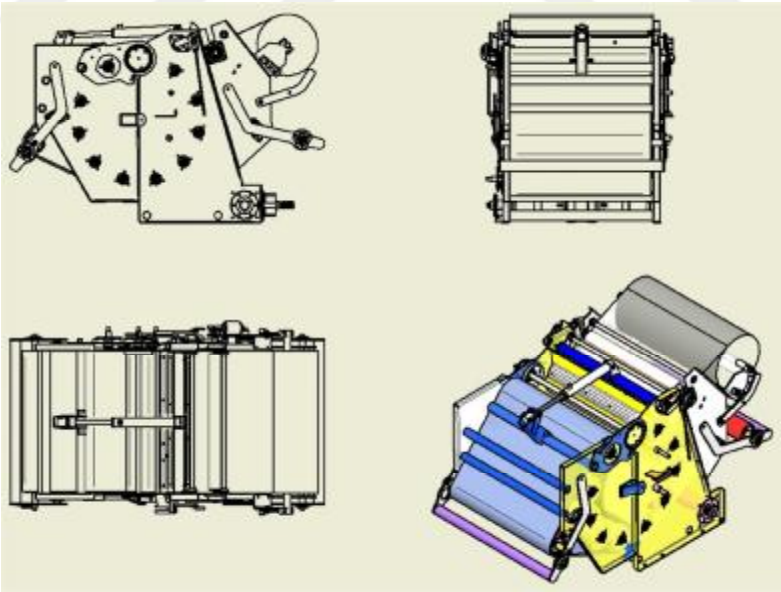
Depo tabanında hareket eden bandın üzerinde ilerleyen kıyılmış mısırın homojen ve istenilen miktarda sıkıştırma odası içerisine düşmesini sağlamak için Şekil 4.9'da görülmekte olan dozajlama helezonu kullanılmıştır. Bant döndükçe bu helezon da dönmektedir.



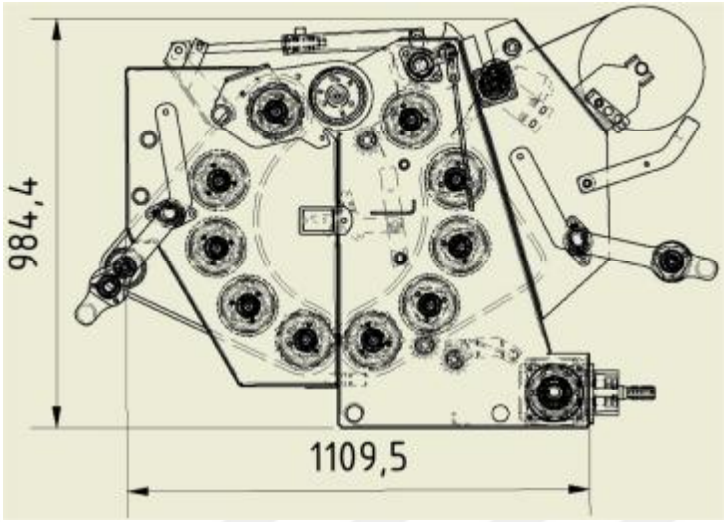
Şekil 4.9. Dozajlama helezonu

4.2.4. Rulo Yapma Ünitesi

Rulo yapma ünitesi bir çember etrafında dönen silindirlerden oluşturulmuştur. Silindirler hareketlerini ana şanzımanın çevirdiği zincir üzerinden alırlar. Dolayısı ile aynı dönü hızına sahiptirler. İki parçalı bir gövdeden oluşan rulo yapma ünitesi ana hatları ile Şekil 4.10 ve 4.11'de görülmektedir.



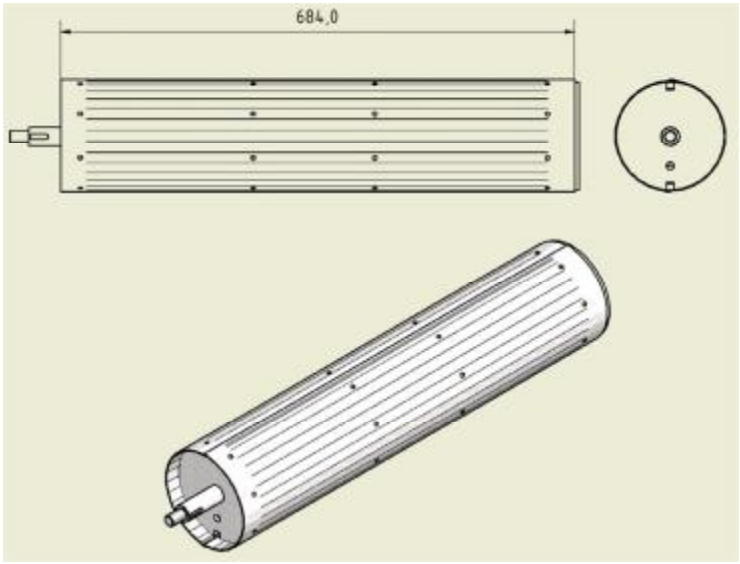
Şekil 4.10. Rulo yapma ünitesi



Şekil 4.11. Rulo yapma ünitesine ait bazı ölçüler

Rulo yapma ünitesi içerisindeki silaj rulosunu dışarıya çıkartabilmek için menteşeli bir şekilde birbirine bağlanmış iki yarım daire şeklinde tasarlanmıştır.

Rulo yapma ünitesi içinde dairesel bir yörüngeye monte edilmiş sıkıştırma silindirleri bulunmaktadır (Şekil 4.12).



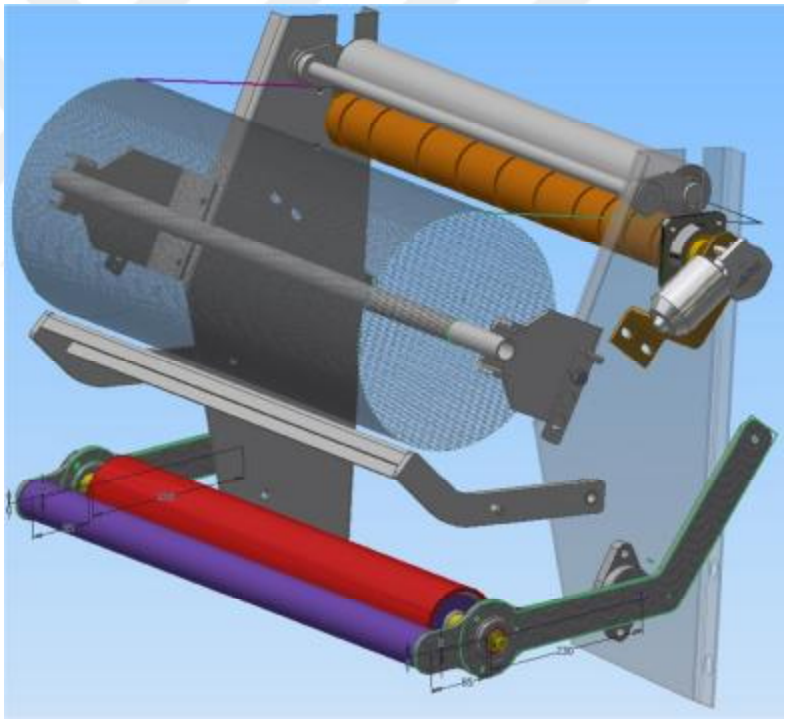
Şekil 4.12. Sıkıştırma silindiri

Sıkıştırma silindirleri çevresinde kauçuk bant bulunmaktadır. Silindirler dönerken bu kauçuk bant da dönmektedir. Bu sayede kıyılmış halde bulunan küçük

mısır parçaları silindirler arasından aşağıya düşmemekte ve rulo yapma odası içerisinde hapsolarak dönme işlemi yapmak zorunda bırakılmaktadır.

4.2.5. File Sürme Ünitesi

Rulo yapma odası içerisindeki malzeme yeterince sıkıştığında iki yarım ay şeklinde tasarlanmış arka kısım açılmaya zorlanır. Burada bulunan sensörler yardımı ile kontrol ünitesi bu açılmayı fark eder ve oda içerisine malzeme akışını engeller ve file sürme ünitesini hareketlendirir. İlk hareketini elektrik motorundan alan file sürme ünitesi silaj rulosunun çevresine file sarmaya başlamaktadır (Şekil 4.13).

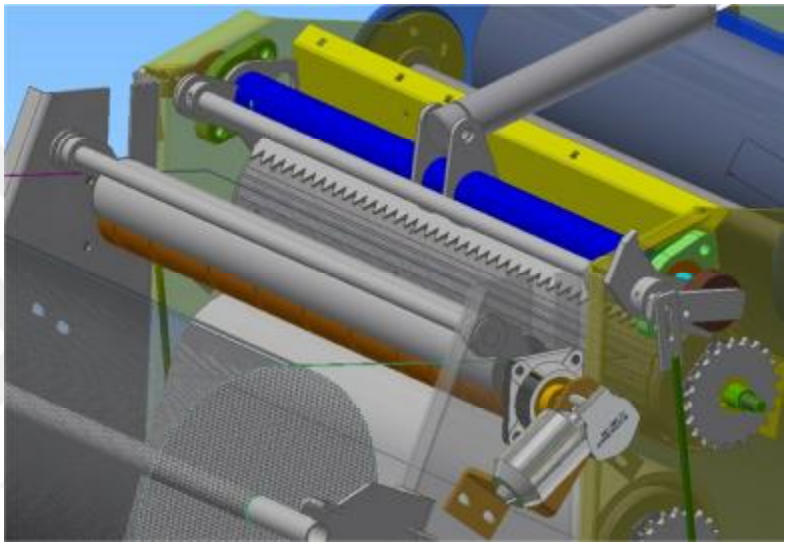


Şekil 4.13. File sürme ünitesi

4.2.6. File Kesme Ünitesi

Kontrol ünitesine önceden kullanıcı tarafında belirlenen sarım sayısına ulaşıldığında file kesme ünitesi devreye girer ve file akışını üzerindeki keskin bıçaklar ile sonlandırır.

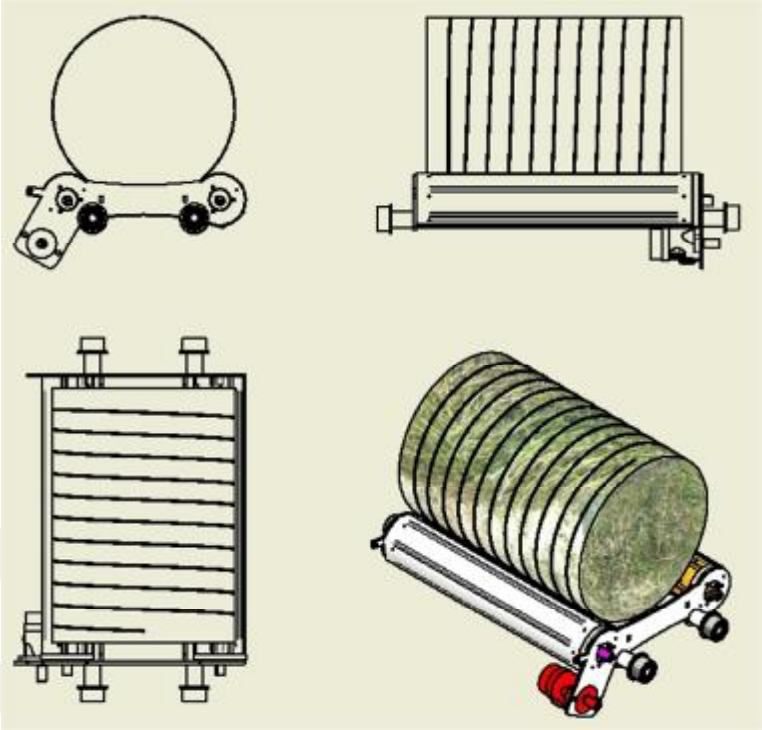
Şekil 1.14'de görülen file kesme ünitesi arka kapak tarafından kurulur. Arka kapak açıldığında üzerine bağlı olan kol yardımı ile bu bıçak gerilir ve bir sonraki kesme işlemi için kurulmuş olur. Gerili halde bulunan kesici bıçaklar elektromıknatıs yardımı ile devreye girer ve yüksek hızda file ile temas ederek fileyi keserler. Rulo yapma odası içerisindeki silaj arka kapak açılarak dışarı çıkartıldığında aynı zamanda file kesme ünitesi bir sonraki işlem için yeniden kurulmuş olur.



Şekil 4.14. File kesme ünitesi

4.2.7. Silaj Aktarma Arabası

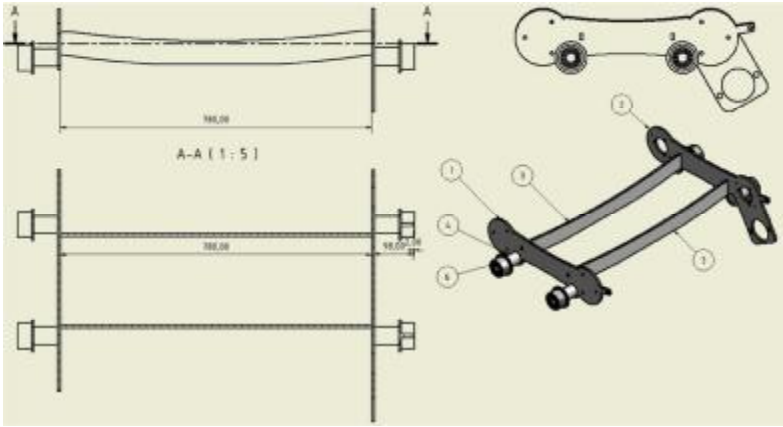
Rulo olarak sarılmış ve file ile kaplanmış silaj paketinin arkadaki film kaplama ünitesine aktarılması için zincirli bir sistem ile hareket eden silaj aktarma arabası kullanılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Silaj aktarma arabası

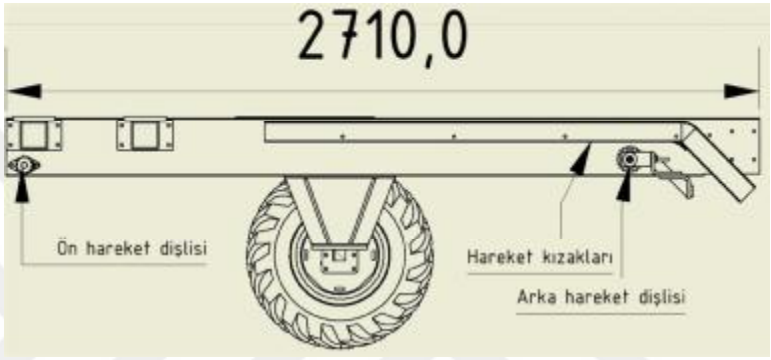
Bu araba üzerinde bulunan iki silindir de dönmektedir. Bu şekilde rulonun yuvarlak biçimi korunmaktadır. Bu dönme işlemi aynı zamanda film ile kaplama işleminde de kullanılmaktadır.

Silindirler araba üzerinde bulunan hidrolik motor ile dönderilmektedir. Şekil 4.16'da görülen araba çatısı silindirler ve hidrolik motoru taşımaktadır.



Şekil 4.16. Araba temel çatısı ve bazı ölçüleri

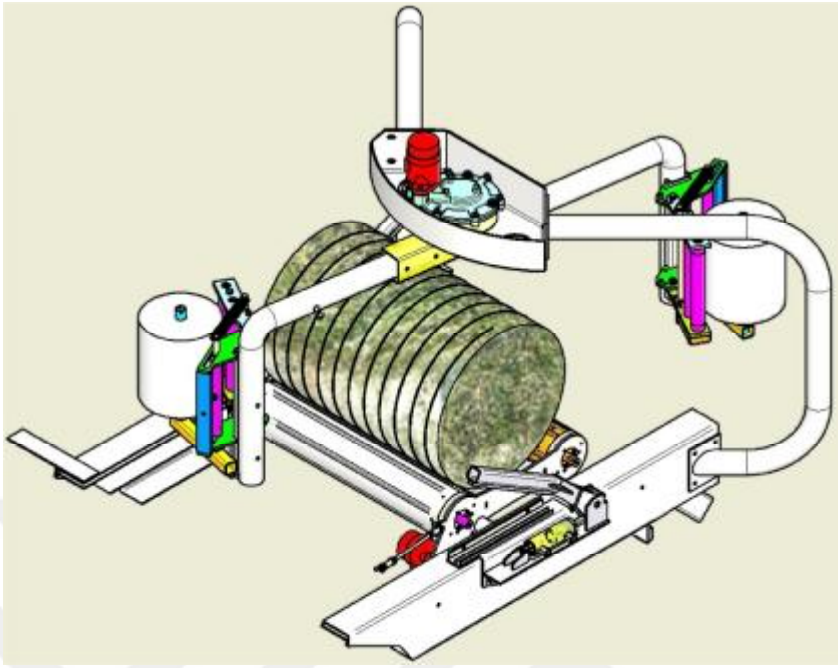
Silaj arabası zincirli hareket sistemi makinanın önü ve arkasındaki dişliler üzerinde dönen hareket sistemidir. Hareketini hidrolik motordan almaktadır. Silaj arabası bu zincire sabitlenmiştir. Silaj arabası, üzerindeki rulman tekerler sayesinde hareket kızağı içerisinde ileri geri hareket edebilmektedir. Zincirin ileri ve geri hareketi sayesinde silaj taşıma arabası da öne ve arkaya doğru kızak boyunca hareket etmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Silaj arabası zincirli hareket sistemi

4.2.8. Film Kaplama Ünitesi

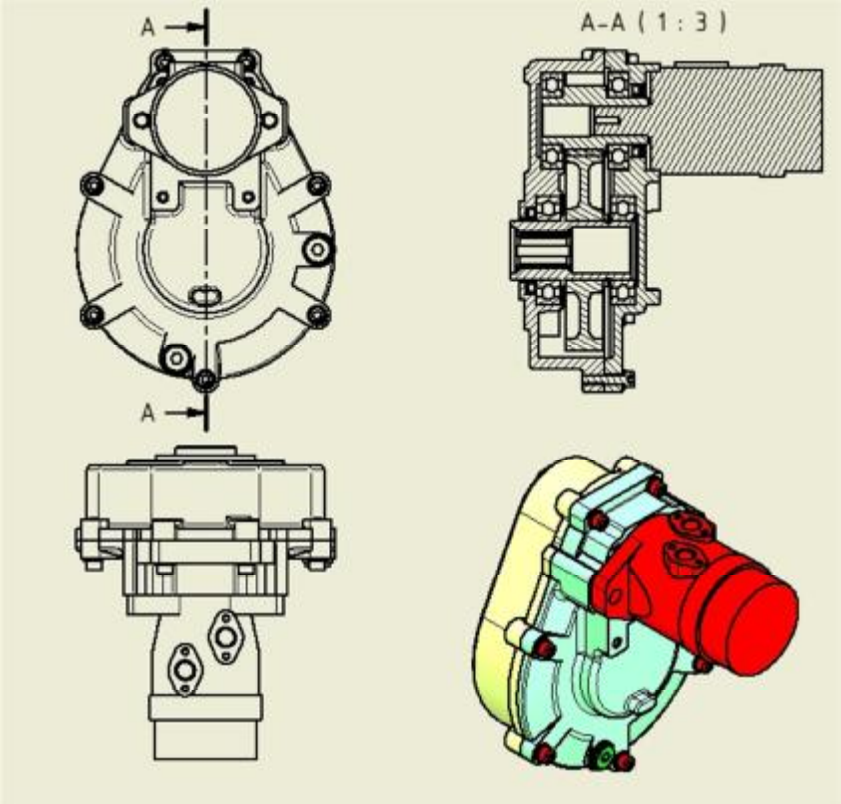
File ile kaplanmış silaj rulosu araba ile film kaplama ünitesinin altına gelmektedir. Film kaplama ünitesi üzerinde bulunan ve film rulolarını tutan ana çatı, hareketini hidrolik motora bağlı şanzımandan almaktadır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Film kaplama ünitesi

4.2.8.1. Film Kaplama Ünitesi Şanzımanı

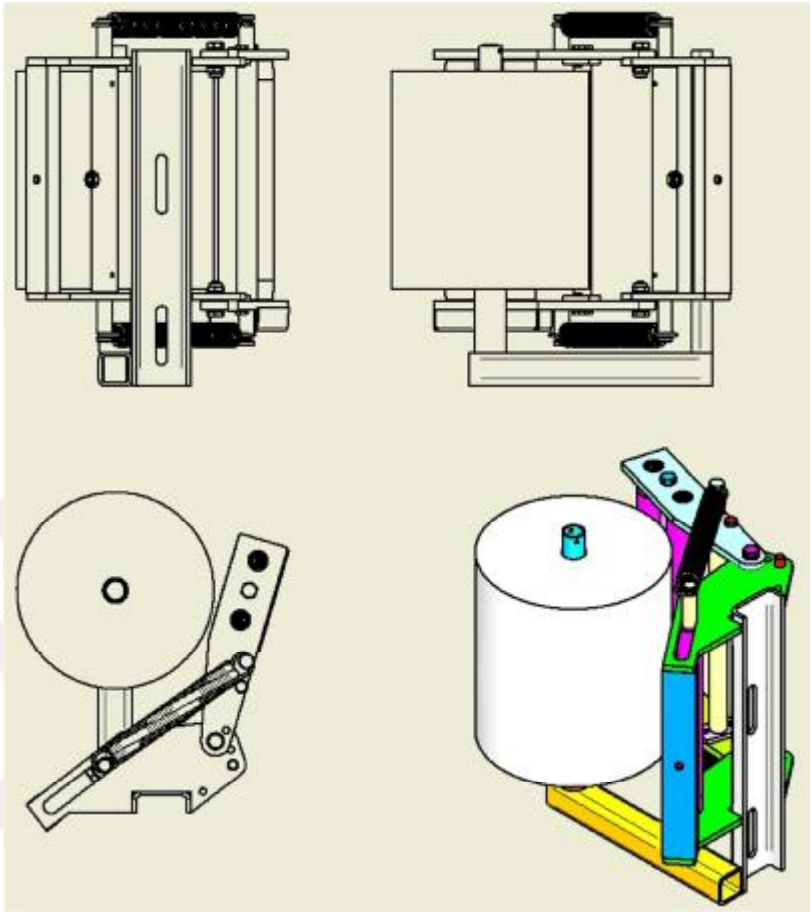
Film kaplama ünitesi şanzımanı Şekil 4.19'da görüldüğü gibi hareketini hidrolik motordan almaktadır. Üzerinde aynı zamanda hidrolik fren bulunmaktadır. Yağ akışı olmadığında fren devreye girer ve film taşıyıcı gövde durur.



Şekil 4.19. Film kaplama ünitesi şanzımanı

4.2.8.2. Film Ruloları Taşıma Ünitesi

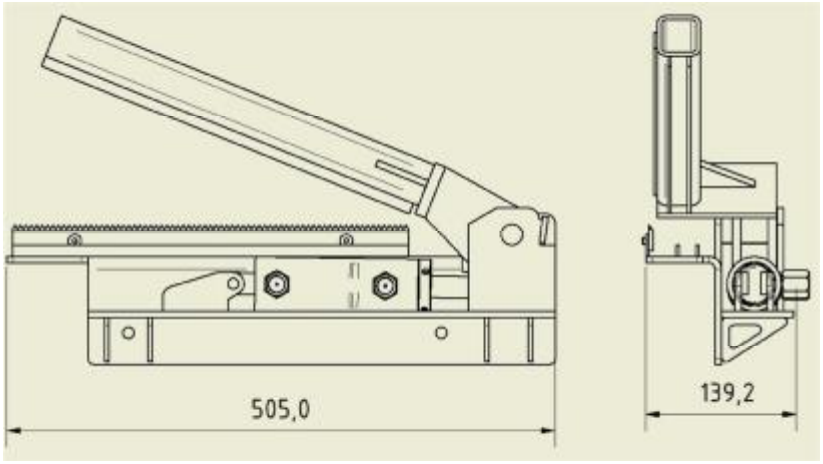
Film kaplama ünitesinde, Şekil 4.20'de görüldüğü gibi iki adet film ruloları taşıma ünitesi bulunmaktadır. Bu şekilde silaj rulosu iki kat daha hızlı kaplama işlemini gerçekleştirebilmektedir. Silaj taşıma ünitesi üzerindeki merdanelerden geçen film dışarıya doğru gerilerek ilerler. Bu şekilde kaplama işleminin daha düzgün yapılması sağlanmış olur. Merdaneler yaylı bir kol yardımı ile film silindiri çevresine temas halindedir ve hareketini bu temastan alır.



Şekil 4.20. Film ruloları taşıma ünitesi

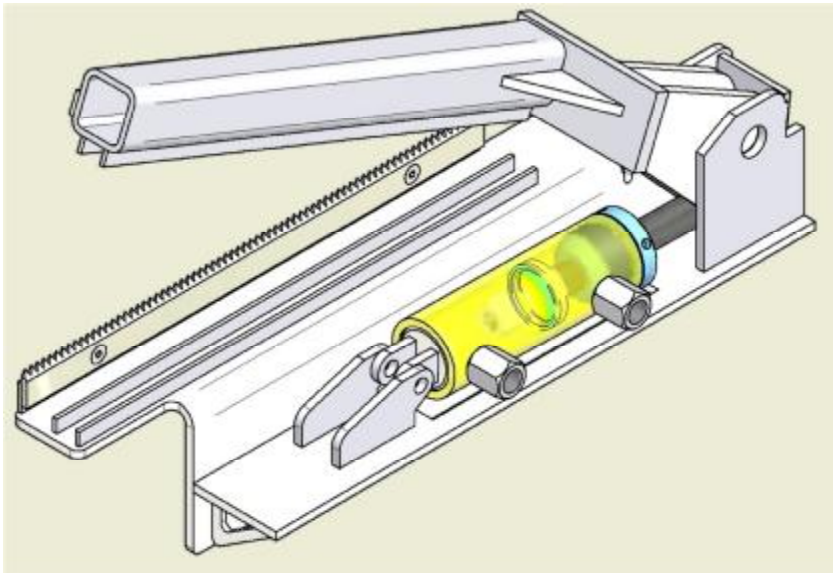
4.2.8.3. Film Kesme Ünitesi

Her iki tarafta da bulunan ve serbest kesme yöntemi ile filmi kesen ve bir sonraki işlem için üzerine bağlı şekilde bırakan sistemdir. Filme kesme ünitesi Şekil 4.21'de görülmektedir. Kesme işlemini yaklaşık 300°/s açısal hızla yapmaktadır. Kesme işlemi gerçekleştikten sonra bir sonraki sarma işlemi için üzerinde streç filmi tutması gerekir. Bu amaçla plastik fitiller bulunmaktadır ve streç film plastik fitiller arasında sıkıştırılarak tutulur.



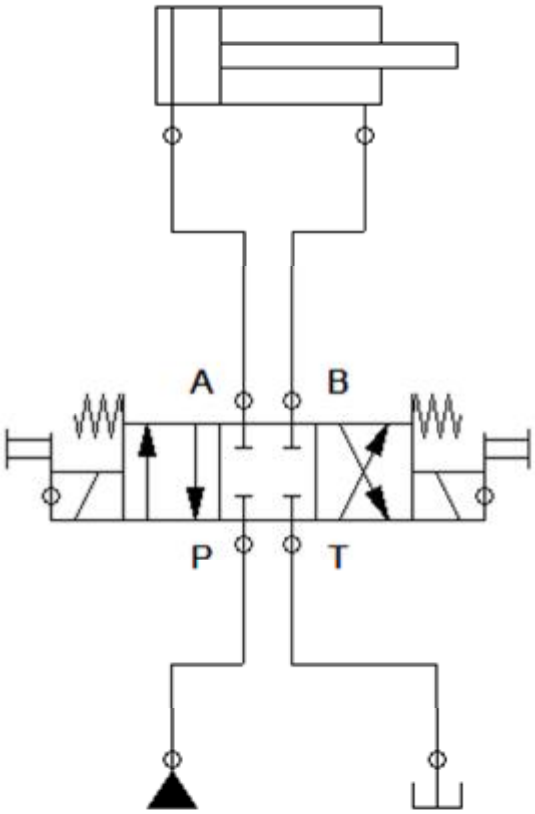
Şekil 4.21. Film kesme ünitesi

Filme kesme ünitesi hareketini üzerindeki hidrolik silindirden alır. Şekil 4.22'de görülen hidrolik silindir çift etkili olup her iki yönde kumanda edilmekte ve kesme sistemini açıp kapatabilmektedir. Film kaplama işlemi bittiğinde taşıma sistemi uygun açıda durmaktadır. Film kesme ünitesi açılır ve kaplama sistemi bir miktar daha dönerek streç filmin bıçağın arasında kalmasını sağlar. Bu aşamadan sonra hidrolik silindir harekete geçer ve bıçağı kapatır. Streç film kesilir ve streç film rulosu tarafındaki film, bıçaklar arasındaki plastiklere sıkıştırılır. Böylece bir sonraki sarma işlemine hazır halde bırakılmış olur.



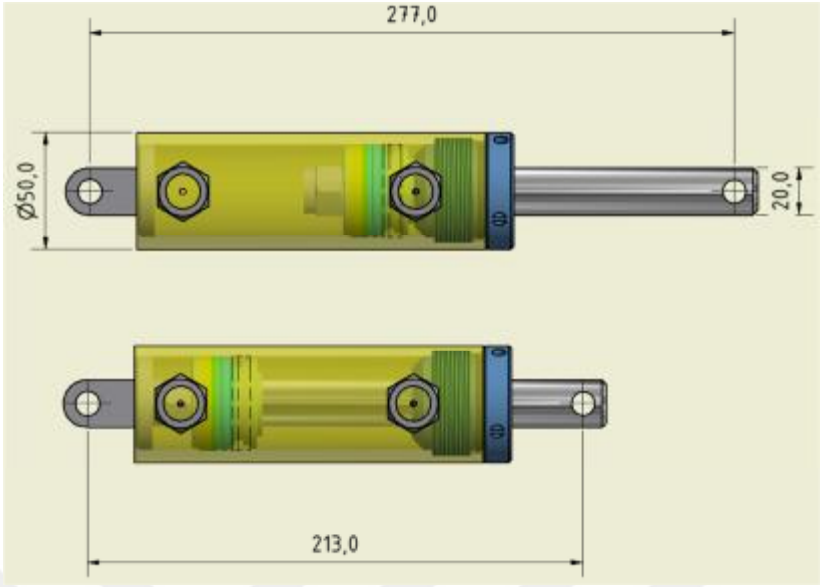
Şekil 4.22. Film kesme sistemi izometrik görünümü

Film kesme ünitesinde kullanılan hidrolik silindirin devre şeması Şekil 4.23'de görülmektedir. Elektrik kumandalı, 4/3 (4 yollu, 3 konumlu) valf ve çift etkili silindirden faydalanılmıştır.



Şekil 4.23. Film kesme ünitesi hidrolik silindir devre şeması

Hidrolik silindire ait açık ve kapalı boyutları Şekil 4.24'de yer almaktadır.



Şekil 4. 24. Film kesme hidrolik silindirine ait bazı ölçüler.

Silindir milinin burkulma dayanımı ile ilgili hesaplamalar yapılmıştır.

Burkulma kontrolü için narinlik derecesi λ tespit edilmiştir. Çubuk serbest burkulma uzunluğu değerleri CETOP tablosundan alınmıştır.

$I_{min} = \pi*D^4/64 = \pi*20^2/64 = 7853{,}98\ mm^4$

$A=\pi*20^2/4 = 314{,}16\ mm^2$

$i^2= 7853{,}98 / 314{,}16 = 24{,}99\ mm^2$

i= 4.99 mm

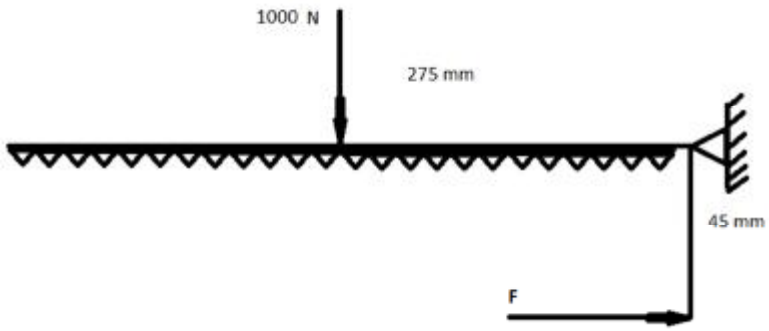
$\lambda = s / i$

$\lambda= 277/4{,}99 =$ **55,51**

St60 malzeme için burkulma gerilmesi l_0=93'dür. (Babalık, 2014) Tetmajer bölgesi.

55,51<93 eşitliği sağlandığı için silindir seçiminin uygun olduğu belirlenmiştir.

File kesme silindirine gelen kuvvetin hesaplanmasında aşağıdaki ölçüler kullanılmıştır.



Şekil 4.25. Kesme silindirine gelen yük

Streç filmi kesmek ve sıkıştırmak için 1000 N'luk bir kuvvetin gerekeceği öngörülmüştür. Buna göre;

1000 * 275 = F * 45

F = 1000*275/45

F = 6111,11 N kuvvet gerekmektedir.

Buna göre silindir ve piston mili çapı seçimi için kesit alanı hesaplama formülünden yararlanılmıştır. Daha sonra bulunan değer CETOP listesinden kontrol edilerek mil ve silindir çapları tespit edilmiştir. Hidrolik sistemin 80 bar'da çalıştırılması öngörülmüştür.

A=6111,11/800 = 7,64 cm^2

CETOP standart listesinden emniyet katsayısı da gözetilerek; 20 mm piston mil çapı ve 40 mm'lik silindir çapı seçilmiştir.

4.2.9. Manyetik Sensör

Makinanın birçok noktasına Şekil 4.26'da görülen manyetik sensörler kullanılmıştır. Manyetik sensörler mıknatıs yaklaştırıldığında sinyal verir. Yani manyetik alana karşı duyarlıdır. Konum bilgisini almak için kullanılır. Konumu bilinmek istenen hareketli parçanın üzerine küçük mıknatıs bağlanır. Konum

değiştikçe mıknatıs sensör önüne doğru hareketlenir. Mıknatıs tam olarak sensör önüne geldiğinde sinyal verir. Bu sinyal kontrol ünitesine gider ve bulunduğu yere göre bir sonraki göreve başlanır.



Şekil 4.26. Manyetik sensör

4.3. Balyalama İş Başarısı

Atölye denemelerinde önceden balya haline getirilmiş silaj kullanılmıştır. Silaj paketleri açılarak malzeme üst tanka doldurulmuştur. Malzemenin düzenli bir şekilde balya yapma odasına akışı hidrolik motorun çevirdiği bir dişli sistemi ile yapılmıştır. Buradaki besleme miktarının sistem tarafından çok iyi izlenmesi sağlanmalıdır. Bu amaçla ek sensörler koyulması gereği gözlenmiştir. Aşırı beslemede rulo yapma odası ağzı tıkanmakta ve malzeme dışarıya akmaktadır. Bunu önlemek için rulo balya yapma odası giriş ağzındaki tıkanma sistem tarafından izlenecek ek bir görsel sensör konulması uygun görülmüştür.

Balya yapma odası içerisindeki bandın ilk önce olabildiğince gevşek bırakılması gerekmektedir. Bu şekilde içeriye malzeme dolması anında bir direnç oluşturulmayacak ve malzemenin rahat ve hızlı bir şekilde oda içerisine dolması sağlanacaktır. Bu amaçla mekanik olarak gerdirilmesi planlanmış bandın hidrolik silindirler yardımı ile gerilmesi düşünülmüştür. Bu şekilde doldurma işleminin başlaması ile silindir gergiyi kaldıracak ve kolayca malzeme oda içerisine dolacaktır. İçerideki silaj miktarı yeterli seviyeye ulaştığında hidrolik sistem bant gergisini arttıracak ve içerideki silaj sıkıştırılmaya başlanacaktır.

4.4. File Sarma İş Başarısı

Balya yapma odası içerisindeki silaj istenilen miktarda sıkıştırıldığında sistem uyarı vermekte ve file sarma işlemi başlamaktadır. File sarma miktarı daha önceden sisteme girilmektedir. İstenilen kat sayısına ulaşıldığında bıçak sistemi devreye girmekte ve file kesilmektedir. Burada da geride kalan file topunun frenlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Yaylı bir fren düşünülmüş ancak yeterli başarıya ulaşılamamıştır. Burada elektriksel kavramalı bir fren konması gereği doğmuştur. Makaslama işlemi devreye girdiğinde elektriksel hareket edebilen kavrama devreye girmeli ve file topunun dönüşü durdurulmalıdır. Bu olmadığında bıçak kesme işlemini yaptığında file topu ataleti ile dönmeye devam etmekte ve bıçak üzerine sıvanmaktadır. Bu durumda ardışık rulo oluştuğunda file sarma işleminde sorun yaşanabilmektedir.

Bununla beraber fileyi kesen bıçak sisteminin çok keskin olması ve tek vuruşta kesme işleminin tamamlanması gerekmektedir. Kesme işleminde yavaşlık olduğunda file tam kesilmemekte ve file akışı tam olarak kesilemediğinden uygunsuz akış şekli görülmektedir. Bu durum bir sonraki file sarma işleminin otomatik olarak yapılmasını imkânsız hale getirmektedir. Özellikle bu bıçak sisteminin çok kaliteli ve deneyimli bir tedarikçiden edinilmesi vazgeçilmez bir gerekliliktir.

4.5. Film Kaplama İş Başarısı

Film kaplama sistemi çift film topu ile yapılmaktadır. Film kaplama işleminin hızlı yapılması için hidrolik motor ve bir şanzıman kullanılmıştır ancak hızlı dönüş, peşi sıra hızlı frenleme ihtiyacını getirmiştir. Bunun için hidrolik kumandalı mekanik fren sistemi kullanılmıştır. Ancak hidrolik frenleme sistemin performansının yetersiz kaldığı denemelerde gözlenmiştir. Frenleme sitemine ek olarak işlem sonundaki bıçak ile filmi ayırma konumlarındaki duruş da çok başarılı olamamıştır. En uygun çözüm olarak frenleme sistemi yerine oransal hidrolik valf kullanılmasına karar verilmiştir. Bu şekilde istenilen zamanda istenilen devir elektronik olarak kontrol edilebilmesi ve istenilen yerde sarma işleminin durdurulup uygun pozisyonda film toplarının sabitlenebilmesi öngörülmüştür.

Film kaplama sisteminde de film toplarının işlem bitiminde derhal frenlenmesi gereği gözlenmiştir. Bu konuda sürtünmeli bir fren mekanizması kullanılmıştır ancak denemelerde yeterli başarı gözlenememiştir. Bu mekanik sistemin daha etkili bir şekilde tasarlanması gereği gözlenmiştir.

İşlem bitiminde filenin ayrılması için kullanılan bıçakların da olabildiğince kaliteli ve keskin bir yapıda olması gerekmektedir. Ayrıca kesme işleminin başarı ile yapılıp yapılmadığı da yine bir sensör sistemi ile kontrol edilmelidir. Her iki bıçak kolu için iki sensör gerekmektedir. Kollar devreye girdiğinde sensörler kesme işleminin başarısını denetlemelidir.

Çalışma durumunda film topunun birisinin bitmesi durumunda sistem bu eksikliği telafi etmelidir. Aynı kaplama oranını sağlamak için film kaplama sistemi iki kat hızlı dönmelidir. Sistem “File topu eksildi” uyarısı vermeli ancak işlevini olabildiğince yerine getirmeye devam etmelidir. Bu hızlı dönme işlemi de yukarıda belirtilen oransal valf yardımı ile sağlanabileceği öngörülmüştür.

4.6. Rulo Balya Düşürme Sistemi İş Başarısı

Rulonun film ile kaplanmasının ardından araba geriye doğru giderek eğimli hale gelmekte ve üzerindeki balyayı toprağa bırakmaktadır. Bu sistemde balya çapının küçük olması 75 cm sıra arasında paralel olarak bırakılmasında bir sıkıntı oluşturmamıştır. Ancak büyük çaplarda rulo yapımında tarla yüzeyinde kalan sapların film tabakasına zarar vermesi kaçınılmaz olacaktır. Bu amaçla makine önüne veya arkasına konulacak bir ağırlık sistemi veya toprak içinde ilerleyecek gizli bıçak sistemi ile sapları toprak üzerinde yatırılması sağlanmıştır.

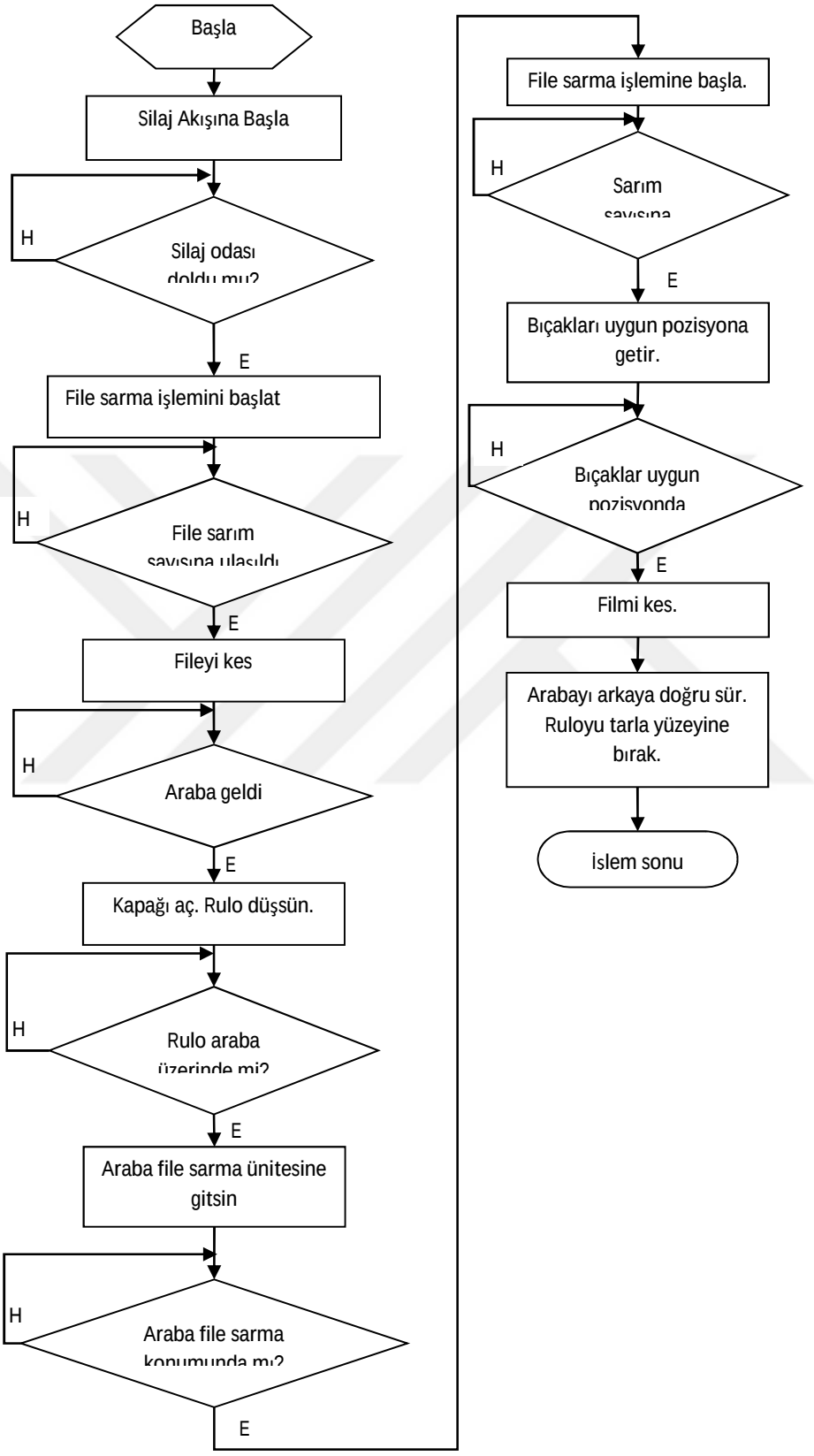
4.7. Makine Kontrol Ünitesi

Makinenin çalışmasını kontrol eden merkezi kontrol ünitesi Şekil 4.27’de görülmektedir. Kontrol ünitesinin elektronik devre şemasına ait bazı bilgiler

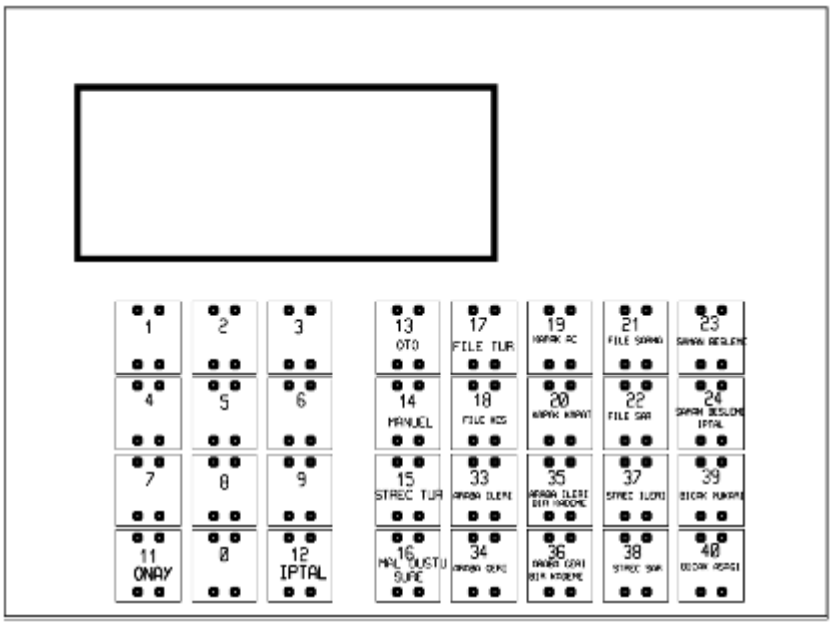
Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de görülmektedir. Merkezi kontrol ünitesinin işleyişi ve girilecek parametreler Şekil 4.28'deki akış şemasında belirtilmiştir.



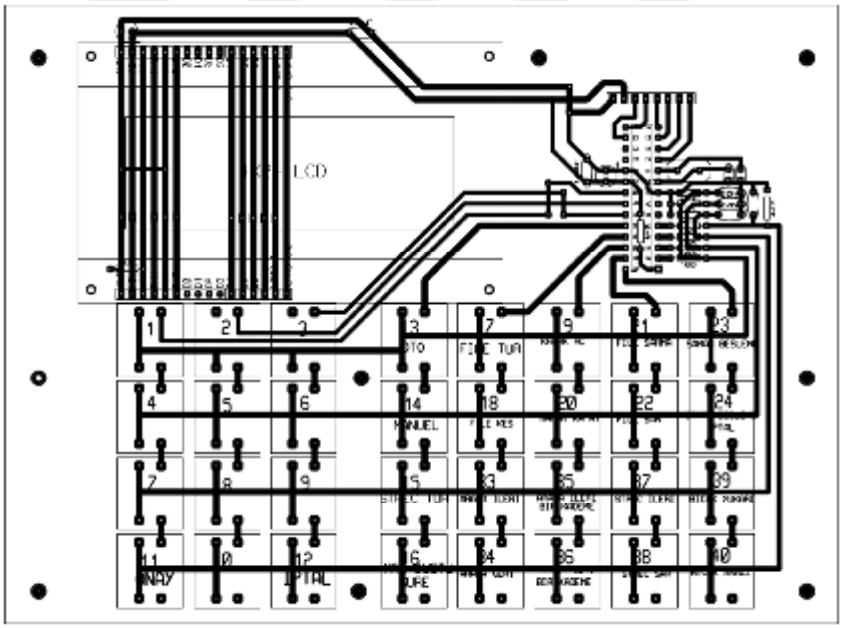
Şekil 4.27. Kontrol ünitesi



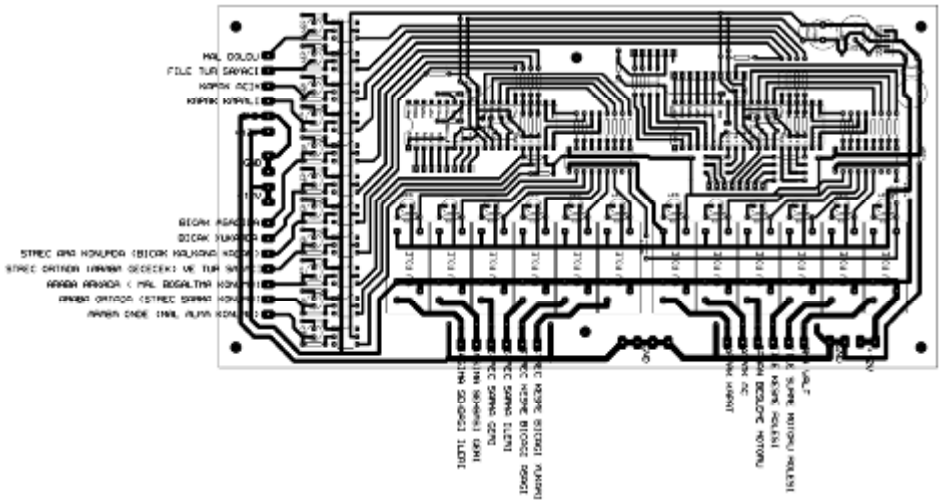
Şekil 4.28. Akış şeması



Şekil 4.29. Kontrol ünitesi tuş takımı baskı şeması



Şekil 4.30. Kontrol ünitesi tuş takımı devre şeması



Şekil 4.31. Kontrol ünitesi devre şeması

Merkezi Kontrol Sistemi, kullanıcı tarafından girilen bu parametrelere göre makinayı kumanda etmektedir.

Makine üzerinde hareket akışını izleyen sensörler bulunmaktadır. Kullanılan sensörler manyetik algılayıcı sensörlerdir. Mıknatıs yaklaştırıldığında sinyal vermektedir. Yani mıknatısa karşı duyarlıdır. Konum bilgisi alınmak istenen noktaya mıknatıs monte edilmiştir. Bu nokta sensör karşısına geldiğinde sensör kontrol ünitesine sinyal göndermektedir.

Makinada bulunan sensörler ve fonksiyonları aşağıdaki gibidir.

- Rulo dolma sinyali aldığında yukarıdaki tank malzeme akışını durdurmuş ve "Malzeme akışını kapattım" sinyali vermektedir.
- "Malzeme akışı kapalı" sinyali geldiğinde file sarma ünitesi çalışmaya başlamaktadır. Tur sayacı kaç tur file sarıldığını saymaktadır.
- File sarma işlemi tamamlandığında file bıçağı harekete geçmekte ve fileyi kesmektedir. "File kesildi" sinyali vermektedir.
- File kesildi sinyali alındığında ve araba "Sarma konumundayım", "İşlem tamamlandı ve hazırım" sinyali veriyorsa, araba rulonun altına gelecek. "Arabanın altına geldim" sinyali vermektedir.
- "Araba, rulo yapma ünitesi altına geldi" sinyali alındığında balya makinası kapağı açılmakta ve rulo arabanın üzerine düşmektedir. Araba üzerinde

ruloyu algılayan fotosel sensör “Rulo arabanın üzerine düştü” sinyali vermiştir.

- “Rulo arabanın üzerinde” sinyalinden sonra araba sarma konumuna gitmakte ve “Sarma konumuna geldim” sinyali vermektedir.
- Araba “Sarma konumuna geldim” sinyali verince rulo balya makinası kapanmakta ve tank yeniden malzeme akıtmaya başlamaktadır. Yeni bir rulo yapma işlemi başlamaktadır.
- Araba “Sarma konumuna geldim” sinyalini verince film köprüsü dönmeye başlamakta ve aynı zamanda araba ruloyu döndürmeye başlamaktadır. Rulonun dönme turu sayılmaktadır.
- Tur sayacı tamamlandığında araba rulo dönüşünü durdurmakta, köprü belirli bir açıda durmaktadır. File, “Makas kalkma açısında durdum” sinyali vermektedir.
- File, makas kalkma açısında durduğunda makaslar açılmakta ve “Makaslar açık” sinyali vermektedir.
- Makaslar açık sinyali verdiğinde ve makaslar açık konumda iken köprü hareket etmekte ve film makasların altına gelene kadar dönmektedir. Film makaslamaya hazır sinyali vermektedir.
- Film makaslamaya hazır sinyali verdiğinde makaslar kapanmakta ve makaslar kapandı sinyali vermektedir.
- Makaslar kapandı sinyali üzerine köprü sarma konumundayım sinyali vermektedir.
- Bekleme konumundayım sinyali üzerine araba makinanın gerisine doğru hareket etmektedir. Balyayı düşürme pozisyonuna kadar gelmekte, geldim diyecek ve götürücü zincir hareketini durdurmaktadır. Balyayı düşürecek ve balya düştü sinyali vermektedir.
- Balya düştü sinyali üzerine araba tekrar öne doğru hareket etmekte ve sarma konumuna gelmektedir. Bekleme konumundayım, işlem tamamlandı ve hazırım sinyali vermektedir.

Yukarıda da görüldüğü gibi tüm sensörler tasarlanan kontrol ünitesine bilgi vermektedir. Kontrol ünitesi gelen bu bilgiler doğrultusunda hidrolik kumanda bloğu üzerindeki elektro valfleri açıp kapatarak makinanın çalışmasını sağlamaktadır.

Kontrol ünitesine iki adet parametrenin kullanıcı tarafından ön tanımlı olarak girilmesi gerekmektedir. Birincisi rulo henüz silaj yapma odasında iken kaç tur file ile kaplanacağı bilgisidir. Diğeri ise rulo kaplama ünitesinde kaplanırken kaç kat kaplanacağı bilgisidir. Ortam şartları ve kullanıcı isteğine göre bu rakamlar belirlenebilmektedir.

4.8. Makinanın Çalışma Detayları

İlk etapta fonksiyon kontrollerinin tamamlanması ve işlevin başarı ile sonlanması için daha küçük silaj boyutları seçilmiştir. Ayrıca makine kısmen de olsa modüler olarak yapılmıştır. Buna göre kıyma düzeni tasarlanan makine gövdesi bütününe bağlanmamış ayrıca bir sistem olarak makine önüne monte edilecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. İlk örnek makinanın genel görüntüsü

Rulo yapma ve sarma işlemleri sırasında silaj kıyma işlemine devam edilmesi için rezerv oluşturacak bir silaj deposu düşünülmüştür. Silaj deposunun altında bant bir konveyör bulunmaktadır. Bu konveyör içerisinde biriken silaj malzemesini belirli dozlarda rulo yapma haznesi içerisine boşaltmaktadır. Konveyör hareketini hidrolik sistemden almaktadır. Konveyörün hareketi bir debi kontrol valfi ile idare edilebilmektedir. Hidrolik kumanda bloğu Şekil 4.33'de görülmektedir.



Şekil 4.33. Hidrolik kumanda bloğu

4.8.1. Çalıştırma

Fonksiyon başarısını görmek adına öncelikle atölye ortamında denemeleri yapılmıştır. Buna göre önceden yapılmış birkaç paket silaj rulosu temin edilmiş ve el ile besleme yapılmıştır. Silajın sıkıştırma odası içerisine akışı Şekil 4.34'de görülmektedir.



Şekil 4.34. Silajlık mısırın rulo yapma odasına akışı

Tank doldurulmuş ve makine çalıştırılmıştır. Konveyör ilerleme hızı ayarlanmış ve silajlık mısırın rulo yapma odasına akması gözlenmiştir. Yeterince silaj içeri aldıktan sonra iki parçalı olan rulo yapma kabini açılmaya zorlanmış ve buradaki mekanik sensörler bu açılmayı fark etmiş ve kontrol ünitesine sinyal göndermiştir. Bu durumda silaj akışı kesilmiş ve rulo yapma işleminin sonlandırılması beklenmiştir. Rulo yeterince sıkıştırıldıktan sonra kapaklar arasındaki alıcılar devreye girmiş ve file ile sarma işlemi başlatılmıştır (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Mısır akışının üst görüntüsü

File sarma işlemi tamamlandığında file kesme mekanizması çalışmış ve file akışı sonlandırılmıştır. Daha sonra rulo sarma arabası silaj paketleme kısmının altına gelerek rulonun üzerine düşürülmesi sağlanmıştır (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Rulo haline getirilmiş ve file ile sarılmış silajın taşıma arabasına aktarılışı

Rulonun araba üzerine düştüğünü algılayan kontrol ünitesi arabayı rulo sarma ünitesi altına götürmüştür (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. File ile sarılmış silaj rulosunun kaplama ünitesine gelişi

Araba streç filmler altına ulaştığında yine algılayıcılar devreye girmekte ve sarma işlemine başlanmaktadır. Sarma adedi kontrol ünitesinden girilebilmektedir.

Duruma göre ve saklama şartlarına göre kaplama katı farklı olarak belirlenebilmektedir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Rulonun film ile kaplanma anı

Belirlenen kat sayısı kadar kaplama yapılmasının ardından sistem silaj rulosu paketini aşağıya düşürmektedir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Silaj rulonun makinadan ayrılışı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak günümüz şartlarında birkaç işlem ile yapılabilen Mısır Silajının tek bir makine ile yapılabilmesi için tüm işlemler incelenmiştir. Bu işlemlerin mekanik olarak tek bir makinada yapılabilmesi için ilk örnek makine tasarlanmış ve Şekil 5.1'de görüldüğü gibi imal edilmiştir.



Şekil 5.1. Üretilen ilk örnek makina genel görünümü

Türkiye'de hayvan sayıları bakımından çok büyük çiftliklerin az olduğu bilinmektedir. Dolayısı ile silaj ihtiyacı günlük olarak çok fazla olmamaktadır. Silaj açıldığı an çürümeye başlayan bir yem çeşidi olduğundan ihtiyaç kadarı açılması gerekmektedir. Bu amaçla silajı küçük balya haline getirmek hedeflenmiştir.

Mali ve teknik imkânsızlıklardan dolayı tarla denemeleri yapılamamıştır. Ancak tarlada kıyılmış mısır sapları atölye ortamına getirilerek depoya doldurulmuş ve mısır silajı paketlenebilmiştir. Mekanik olarak;

- Depodan rulo yapma odasına boşaltma,
- Rulo yapma odasında sıkıştırma,
- File ile sarma ve filenin kesilmesi,
- Rulonun araba üzerine düşürülerek film kaplama kısmına taşınması,
- Rulonun film ile kaplanması,
- Filmin kesilmesi,
- Rulonun yer yüzeyine indirilmesi.

Tüm bu işlemler elektronik kontrol ünitesi tarafından kontrol edilerek yapılabilmiştir. Ancak denemeler sonucunda sonraki modelde bazı iyileştirmeler yapılması gereği görülmüştür. Öncelikle silajlık mısırın depodan rulo yapma odasına aktarılması anında makine içindeki bant sisteminin çok sıkı olmaması ve hatta buradaki gergi sisteminin hidro-elektronik olarak kontrol edilmesi gereği gözlenmiştir. Zira yay ile sürekli gergin olan bant sıkıştırma odası içerisine malzeme akışını zorlaştırmaktadır. Doldurma işlemi yavaş olmaktadır. Ek olarak film kaplama ünitesindeki hidrolik fren sisteminin yeterince uygun olmadığı gözlenmiştir. Yağ akışı kesilir kesilmez fren devreye girmekte ve mekanik olarak zorlayacak şekilde durmaktadır. Ayrıca film rulolarının kesilmek üzere bıçaklar arasına getirilmesi için konum belirlenmesinde çok fazla sensör kullanmak zorunda kalınmıştır. Bu işlemin daha kolay ve kesin yapılabilmesi için oransal valf kullanılması gereği görülmüştür. Daha pahalı bir çözümdür ama çok daha başarılı sonuç vereceği belirlenmiştir. Yine kontrol ünitesi tarafından kontrol edilecek bu oransal valf hidrolik yağ akışını istendiği oranda arttırıp azaltabilmekte ve yumuşak bir duruş/kalkış sağlayabilecektir. Ayrıca film rulolarının bıçak çeneleri arasında bekletilmesi çok daha kesin bir şekilde sağlanabilecektir.

Gerçekleştirilen bu tez, benzer konularda çalışma yapmayı amaçlayan araştırıcılara örnek teşkil edecektir. İmal edilmiş bu ilk örnek makinada rastlanan sıkıntılar yeni geliştiricilere ışık tutacaktır. Birden çok kademede yapılabilen işlemin tek bir sistem ile yapılabilmesi ile ilgili ufuk açacaktır.

KAYNAKLAR

ADESOGAN, A. T., NEWMAN, Y. C., 2010. Silage harvesting, storing and feeding, University of Florida IFAS Extension SS-AGR-177, http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AG/AG18000.pdf

AKKURT, M., 2011. Makine bilgisi makine mühendisliğine giriş.

ALÇİÇEK, A., KARAAYVAZ, B.K., 2002. Çiftçi koşullarında silo yemi yapımında karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, TAYEK/TYUAP 2002 Yılı Hayvancılık Grubu Bilgi Alışveriş Toplantısı Bildirileri, Yayın No: 106. İzmir

ALÇİÇEK, A., KARAAYVAZ, K. 2003. Sığır besisinde mısır silajı kullanımı. Animalia 203: 68-76

ALLEN, D. AND KILKENY, B. 1986. Planned Beef Production. Collins Professional and Technical Boks. William Collins Sons & Co. Ltd. London.

BABALIK, F.C., ÇAVDAR, K., 2014. Makine bilimi ve elemanları.

BATES, G., 2002. Corn Silage, Agricultural Extension Service, University of Tennessee, Tennessee, USA.

BİLGEN, H., KAYA A., AKKAN, S. 1992. Mısır Balya Silajı. Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayım Bülteni No:12, İzmir.

BİLGEN, H., SUNGUR, N., 1991. Ege Bölgesi Koşullarında Silajlık Hasat Makinalarının Uygunluğu Üzerine Bir Araştırma, Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi, Konya.

BOLSEN, K.K. AND HEIDKER, J.K., 1985. Silage Additives USA. Chalcombe Pull. Church Lane, Kingston, Canterbury, Kent, UK.

BROOKS, J., METSON, A.I., 1975. Additives to corn silage for fattening Heifers: CSM, urea, sulfur and grain. Tenessee farm and Home Science. 96:19.

CHARMLEY, E., FIRTH, S., 2004. Comparison of flailharvested, precision-chopped and round-bale silages for growing beef cattle. Irish Journal of Agricultural and Food Research 43: 43–57

CZESLAW, W, KOSTYRA, K., 2003. Compaction of harvested material as a significant parameter characterizing the work of rolling baler. Annals of Warsaw Agricultural University, Agricultural Engineering 44: 29-36

ÇETE, N. VE SARICAN, C., 1998. Silajlık Yem Bitkileri Üretim ve Silaj Yapımı. U.S.Grains Council.

DELLAL, İ., EGE,H., TAN, S., 2001. Türkiye'de Mısır Arz Talep ve DışTicareti. Türk-KOOP EKİN, 5, 16: 64-69.

DLG, 1997. Futterwerttabellen. Wiederkäuer. DLG-Verlag, Frankfurt.

FİLYA, İ., 2001. Silaj Teknolojisi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Bursa, 10-11.

FİLYA, İ., 2002. Laktik Asit Bakteri ve laktik asit Bakteri+Enzim Karışımı Silaj İnokulantlarının Mısır Silajı üzerine Etkileri. Turk J Vet Anim Sci, 26 (2002) 679-687.

GÖRGÜLÜ, M., 2012. Süt Sığırlarının Beslenmesi ve Yemler. (Ed: S Kumlu), AB ve Türkiye'de Danışmanlık Sistemleri ve Süt Sığırı İşletmelerinin Yönetimi, TR0703.01-02/FA, Aydın, s.123-198.

HUNT, A., 1989. Yield, Chemical Composition and Ruminal Fermentability of corn Whole Plant, Ear and Stover as Affected by Maturity, Journal of Agriculture, pp: 357

JOHNSON, H. E., MERRY, R. .J, DAVIES, D. R., KELL, D. B., THEODOROU, M. K., GRIFFITH, G. W., 2005. Vacuum packing: a model system for laboratory-scale silage fermentations. Journal of Applied Microbiology 98(1): 106-113

KAYIŞOĞLU, B., TAN, F., 1994. Silaj Mekanizasyonunda En Uygun Taşıma Sisteminin Saptanması Üzerine Bir Araştırma, Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi, Antalya, 334-342.

KILIÇ A., 1986. Silo Yemi: Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri. Bilgehan Basımevi, İzmir

KILIÇ, A., 1996. Sığır Besisi. Ege Üni. Zir. Fak. Yayın No: 523. İzmir.

KILIÇ, A., 2004. Kaba yemlerde verimlilik üzerine niteliğin etkisi, Hasat Hayvancılık Dergisi, sayı: 12 s. 12-15.

KIRTOK, Y., 1998. Mısır üretimi ve kullanımı. Kocaoluk Basım ve Yayınevi. İstanbul.

MUCK, R. E., SHINNERS, K. J., 2001. Conserved forages (silage and hay): Progress and Priorities. In: 29. International Grassland Congress, Proceedings: 753-763, São Pedro.

ÖZBAYDUR, H.A., ULUSOY, M.E., 1996. Söke Yöresinde bazı örnek işletmelerde karşılaştırmalı mekanizasyon planlaması uygulamaları, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, Bornova-İzmir.

PHIPPS, R. AND M. WILKINSON, 1985. Maize Silage. Chalmcombe, publications, 13. High Woods Drive, Marlow Bottom. Morlown Bucks. SL 73PU. September. 48 p

RENDE H., 2000. Makine elemanları hesap ve konstrüksiyon.

SAVOIE, P., AMYOT, A., THERIAULT, R, 2002. Effect of moisture content, chopping and processing on silage effluent. Transactions of the ASAE 45(4), 907-914.

SHINNERS, K.J., BINVERSIE, B. N., MUCK, R.E., WEIMER, P. J., 2007. .Comparison of wet and dry corn stover harvest and storage. Biomass and Bioenergy, 31: 211-221.

STOKES, M. AND CHEN, J., 1994. Effects of an Enzyme-Inoculant Mixture on the Course of Fermentation of Corn Silage. J. Dairy Sci.; 77: 3401-3409.

TIKNAZOĞLU, B., 2009. Yem Bitkileri Tarımı ve Silaj Yapımı. Samsun İl ve Tarım Müdürlüğü yayınları.

WEINBERG, Z.G., ASHBELL, G., HEN, Y. AND AZRIELI, A., 1993. The Effect of Applying Lactic Acid Bacteria Ensiling on the Aerobic Stability of Silages. J. Appl. Bacteriol.; 75: 512-518.

WILKINSON, J. M., TOIVONEN, M. I., 2003. World Silage Conference: A Survey of Forage Conservation Around The World, University of Leeds, United Kingdom, 189-192.

WOOLFORD, K., PAHLOW, G., 1998, The Silage Fermentation, Book of Microbiology of Fermented Foods, Blackie Academic&Professional, London, UK, pages: 73-95.

ÖZGEÇMİŞ

22/12/1971 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. Adana Endüstri Meslek Lisesi Makine Bölümü mezunudur. 1990 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nden 1994 yılında mezun oldu ve aynı yıl Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisansa başladı ve 1996 yılında tamamladı. Askerlik ve İş dünyası sebebi ile ara verdiği akademik kariyerine 2009 yılında Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde doktora çalışması yaparak yeniden başladı.

Halen Sönmezler Tarım Makinalarında ARGE-Proje, Planlama, Dış Ticaret ve Bilgi İşlem bölümlerinde görev almaktadır. İyi derecede İngilizce, orta derecede Almanca ve başlangıç seviyesinde Rusça bilmektedir.

Evli ve bir çocuk babasıdır.