

6915

T. C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL MEKANİZASYON ANABİLİM DALI

**SİLİNDİRİK TİP KESME ÜNİTELİ SABİT SİLAJ  
MAKİNASININ TASARIMI VE İŞLETME  
ÖZELLİKLERİNİN SAPTANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**T. C.**  
**Yükseköğretim Kurulu**  
**Dokümantasyon Merkezi**

**Muharrem ZEYTİNOĞLU**

**BURSA**

**Ağustos 1989**

**T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL MEKANİZASYON ANABİLİM DALI**

**SİLİNDİRİK TİP KESME ÜNİTELİ SABİT SİLAJ  
MAKİNASININ TASARIMI VE İŞLETME  
ÖZELLİKLERİNİN SAPTANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Muharrem ZEYTİNOĞLU**

**Sınav Günü : 23.08.1989**

**Jüri Üyeleri**

**Prof. Dr. Halil BÖLÜKOĞLU**

**Prof. Dr. Yusuf ZEREN**

**Prof. Dr. Ali BAŞÇETİNÇELİK**

**T.C.  
Uludağ Üniversitesi  
Dokümantasyon Merkezi**

**BURSA  
Ağustos 1989**

**ABSTRAKT**

Bu çalışmada et ve süt hayvanlarının beslenmesi amacı ile silaj yemi yapabilen sabit bir silaj makinası yapılmıştır.

Makina kaliteli silaj yemi yapabilmesi ve Bursa yöresi çiftçisine uygunluğu açısından incelenmiştir.

Daha sonra teknik ve işletme özellikleri belirlenerek, yöre çiftçisi için kullanışlı ve yem sorunlarına çözüm getirebilecek nitelikte olduğu saptanmıştır.



**ABSTRACT**

In this study, a stationary ensilage machine was made for feeding of livestock such as meat and dairy stock-breeding.

This machine was investigated in regard of its appropriateness for the farmers of Bursa region and if it would do quality feeds silage.

In result the technical and operational specifications were found and has been determined that this machine does handy and it might be carried out resolution for their fodder issues.



## ÖNSÖZ

Günümüz koşullarında et ve süt hayvancılığı, beslenme ve ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde et ve süt hayvanlarının beslenmesinde kış mevsiminde genel olarak kurutulmuş yem ürünü veya kesif yem kullanılmaktadır. Bu durum verimlilik ve ekonomik açıdan çiftçileri olumsuz yönde etkilemektedir. Buna çözüm olarak, yem ürünlerine hasad edildikten sonra kıyılma işlemi uygulanarak belli bir nem oranında hazırlanan silaj yemi kullanılabilir. Silaj yemi havasız koşullarda depolandığında her mevsim kullanılma olanağı bulunmaktadır. Silaj yemi besi değeri yüksek ve taze oluşu nedeniyle verimi artırıcı bir etken, depolamaya olanak verdiği için de ekonomik olmaktadır. Bu araştırma ile et ve süt hayvanlarının beslenmesinde verimlilik ve ekonomiklik gözönüne alınarak silaj yemi elde etmek amacı ile, yöre koşullarına uygun prototip olarak silindirik tip kesme üniteli sabit bir silaj makinası yapılmıştır. Makina gerek laboratuvar gerekse çiftçi koşullarında denenmiş ve işletme özellikleri saptanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre makinanın kapasitesinin ve yöre koşullarına uygunluğunun yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Gerek süt ve gerekse et hayvancılığı faaliyetlerinde önemli bir yeri olan yem hazırlama mekanizasyonundaki, özellikle işgücü ve ekonomik açıdan mevcut sorunlara cevap arayışı içinde geliştirilmeye açık bu çalışmanın ülkemiz hayvancılığına katkıda bulunması en içten dileğimdir.

Araştırmanın yürütülmesi ve değerlendirilmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen ve değerli görüşleriyle katkıda bulunan sayın hocam Prof.Dr.Halil Bölükoğlu'na ve tecrübelerinden yararlandığım sayın Atamer Çoşay'a ayrıca araştırmanın yürütülmesinde ve verilerin elde edilmesinde yardımcı olan bölüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Muharrem ZEYİNOĞLU

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÇİZELGE LİSTESİ .....	VII
ŞEKİL LİSTESİ .....	VIII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Genel .....	1
1.2. Açıklama .....	4
1.2.1. Genel Tanıtım Bilgileri .....	4
1.2.2. Toplama Üniteleri .....	4
1.2.3. Besleme Ünitesi .....	5
1.2.4. Kesme Ünitesi .....	6
1.2.5. Malzeme Kesme Uzunluğu .....	8
1.2.6. Besleme Düzensizlikleri .....	9
1.2.7. Üfleyici Fan Teorisi ve Teknik özellikleri .....	11
1.2.8. Yükseltme Verimi .....	13
1.2.9. Güç ihtiyacı .....	15
1.2.10. Toplam Enerji ihtiyacı .....	20
1.2.11. Kapasite .....	21
1.2.12. Kesme Uzunluğunun Ayarlanması .....	22
<b>2. LİTERATÜR ÖZETLERİ</b> .....	<b>24</b>
2.1. Silaj Makinaları Besleme Ünitesi .....	24
2.2. Silaj Makinaları Kesme Ünitesi .....	24
2.3. Silaj Makinalarında Malzeme Kesme Uzunluğu .....	24
2.4. Silaj Makinalarında Besleme Düzensizlikleri .....	25
2.5. Silaj Makinaları Üfleyici Fan Teorisi ve Teknik özellikleri .....	25
2.6. Silaj Makinalarında Yükseltme Verimi .....	26
2.7. Silaj Makinalarında Güç ihtiyacı .....	27
2.8. Silaj Makinalarında Toplam Enerji ihtiyacı ile ilgili Bildiriler .....	28
2.9. Silaj Makinalarında Kapasite ile ilgili Bildiriler .....	28
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>29</b>
3.1. Materyal .....	29

	<u>Sayfa</u>
3.1.1. Silindir Tip Kesme Ünitesi Sabit Silaj Makinası .....	29
3.1.2. Silajlık Yem Materyalinin Özellikleri .....	31
3.1.2.1. Mısır Sapı .....	31
3.1.2.2. Yonca .....	31
3.2. Yöntem .....	32
3.2.1. Silindir Tip Kesme Ünitesi Sabit Silaj Makinası Yapımı ve Montajı .....	32
3.3. Deneme Yöntemi .....	34
3.3.1. Yem Ürünlerinin Makinada Besleme Oranlarının Belirlenmesi .....	34
3.3.2. Yem Ürünleri Gerçek Kesme Boylarının Belirlenmesi .....	34
3.3.3. Yem Ürünlerinin (kW-h/t) Olarak Kesme Enerjilerinin Belirlenmesi .....	34
3.3.4. Yem Ürünlerinin (kW-h/t) Olarak Kinetik Enerji Değerlerinin Belirlenmesi .....	35
3.3.5. Kıyılan Materyallerin Makina Gövdesinde Oluşturduğu Sürtünme Kaybının Belirlenmesi .....	35
3.3.6. Kıyılmış Materyallerin Teorik Düşey Kaldırma Yüksekliğinin Belirlenmesi .....	36
3.3.7. Toplam Güç İhtiyacının (kW) Cinsinden Belirlenmesi .....	36
3.3.8. Gerçek ve Teorik Kapasitenin Belirlenmesi .....	37
3.3.9. Kesme Ünitesi Üzerinde Bulunan Üfleme Kanatçık Uzunluklarının Belirlenmesi .....	37
3.3.10. Makina Gövde Çıkışında Kıyılmış Ürünün Boşaltma Hızının Belirlenmesi .....	38
3.3.11. Elektrik Motoru ve Kesme Ünitesi Millerinin Döndürme Momentlerinin Belirlenmesi .....	38
3.3.12. Kesme Ünitesi Mil Çapının Belirlenmesi .....	39
4. DENEY SONUÇLARI .....	40
4.1. Besleme Oranlarının Belirlenmesi .....	40
4.2. Gerçek Kesme Boylarının Belirlenmesi .....	41

	<u>Sayfa</u>
4.3. Kesme Enerji Değerlerinin Belirlenmesi .....	42
4.4. Kinetik Enerji Değerlerinin Belirlenmesi .....	43
4.5. Silaj Makinası Gövdesinde Oluşan Sürtünme Kaybının Belirlenmesi .....	44
4.6. Kıyılmış Yem Ürünü Teorik Kaldırma Yüksekliğinin Belirlenmesi .....	44
4.7. Toplam Güç İhtiyacının (kW) Cinsinden Belirlenmesi .....	44
4.8. Kapasite .....	47
4.9. Kesme Ünitesi Üzerinde Bulunan Kanatçık Uzunluklarının Belirlenmesi .....	47
4.10. Gövde Çıkışında Kıyılmış Materyalin Boşaltma Hızının Belirlenmesi .....	48
4.11. Silaj Makinası Elektrik Motor ve Kesme Ünitesi Millerinin Döndürme Momentlerinin Belirlenmesi .....	48
4.12. Kesme Ünitesi Mil Çapının Belirlenmesi .....	50
5. TARTIŞMA ve SONUÇ .....	51
5.1. Sonuçların Değerlendirilmesi .....	51
5.2. Genel Değerlendirme .....	53
ÖZET .....	54
SUMMARY .....	55
KAYNAKLAR .....	57



## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
1. Mısır Sapı için Değişik Hızlarda Besleme Oranları .....	40
2. Yonca için Değişik Hızlarda Besleme Oranları .....	40
3. Mısır Sapı için Değişik Besleme Hızlarında Kesme Boyları .....	41
4. Yonca için Değişik Besleme Hızlarında Kesme Boyları .....	41



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
1. Volan Bıçaklı Kesme Ünitesinde Kesme Açısı ile Kesme Boyu Arasındaki İlişki .....	9
2. Silindir Tip Kesme Ünitesinde Kesme Açısı ile Kesme Boyu Arasındaki İlişki .....	9
3. Kıyılmış Parçanın Çıkış Açısına Göre Sürati ve Doğrultusu Arasındaki İlişki .....	13
4. Kesme Ünitesi Çevresel Hızı ile Kaldırma Yüksekliği Arasındaki İlişki .....	14
5.1. Malzeme Nem Oranı ile Kesme Enerji İlişkisi .....	16
5.2. Teorik Kesme Uzunluğu ile Kesme Enerji İlişkisi .....	16
5.3. Kesme Ünitesi Yüksüz Çalışma Devri ile Güç Arasındaki İlişki .....	18
5.4. Kıyılmış Yoncanın Nem Oranları ile Sürtünme Katsayıları Arasındaki İlişki .....	19
5.5. Volan Bıçaklı Silaj Makinalarında Yeşil Yonca İçin Çeşitli Besleme Oranları ile Güç İlişkisi .....	20
6. Yeşil Mısır Kıyımında Fan Çevresel Hızları ile Toplam Enerji ve Kaldırma Yüksekliği Arasındaki İlişki .....	21
7. Silindir Tip Sabit Silaj Makinası Sematik Görünüşü .....	30
8. Nemi Alınmış Mısır Sapı İçin Besleme Oranları ile Güç İlişkisi .....	46
9. Nemi Alınmış Yonca İçin Besleme Oranları ile Güç İlişkisi ...	46

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Genel

1988 yılında 55 milyona varan Türkiye'de, nüfusunun gelişmekte olan diğer bir çok ülkelerde olduğu gibi, büyük ölçüde beslenme sorunu bulunmaktadır. Beslenme sorununun halledilebilmesinde ise, protein ihtiyacının büyük bölümünün karşılanabildiği besi hayvancılığındaki gelişmelerin önemli etkisi olmaktadır. İleri ülkelerin tarım sektörleri incelendiğinde besi hayvancılığının büyük yer tuttuğu görülmektedir. Bizde ise sayıca büyük miktarlar gösteren hayvan varlığımız, verimlilik açısından yetersiz düzeyde bulunmaktadır.

Et ve süt besi hayvancılığında, verimi artırıcı en önemli etkenlerden birisi yemdir. Günümüz hayvancılık sektöründe kaliteli ve ucuz yem temini, beslenme ve verimlilik açısından önem taşımaktadır. Halen ülkemizde yeterli besin değerinde ve ekonomik yem temininde güçlükler bulunmaktadır. Genel olarak ülkemizin çiftçisi tarladan biçilmiş sap, saman ve ot gibi tarım ürünü artıklarını hayvan yemi olarak doğrudan vermek suretiyle değerlendirmektedir. Bu beslenme şeklinde hayvan, yem ürününü kolayca yiyemediği gibi, bu şekilde verilen yemin besi değerinin düşük olması nedeniyle de et ve süt verimi düşük olmaktadır.

Günümüz hayvan besiciliğinde verimliliği artırabilmek için tarladan biçilmiş yem ürününün kısılması ve hava almayacak şekilde depolanması gerekmektedir. Böylece kısılmış ürün fermente ettirilerek besin değerinden birşey kaybetmeden hatta besin değeri artmış olarak muhafaza edilebilmektedir. Yapılan bu işlemlerin tümüne silaj denilmektedir.

Silaj yemi ile yapılan hayvan besiciliğinin verimlilik ve ekonomiklik açısından işletmelere katkısı bulunmaktadır. Silaj yeminin sağladığı bazı avantajları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Çiftçinin depolama alanı küçülmektedir (kısılmış ot hacmi, gevşek uzun ot hacmine göre % 50-75 daha azdır).
- Yemin besin değeri artmış olacağından beslemede etkin ve daha ucuz bir yol izlenmektedir.
- Yem materyalinin uzun süre ve bol miktarda saklanabilmesinden dolayı daha fazla hayvan besleme olanağı bulunmaktadır.
- Kaliteli yem eldesi ile et ve süt verimi artmaktadır.

- Silajın hazırlanmasında, işlemlerin makina kullanılarak yerine getirilmesi nedeniyle, işçilik ve zaman tasarrufu sağlanmaktadır.

- Silaj yemi yerine hayvanların çayır ve meralarda otlatılması halinde yem bitkisi üzerine basılması, pisliklerin karışması ve olgunlaşma ile büyümenin kontrol edilemeyişi sebebiyle % 20-40 arasında yem ürünü kaybı olmaktadır.

- Yem ürünlerinin kurutulduktan sonra hayvanlara yedirilmesi halinde ise, kurutma ve parçalanıp dökülme kaybı % 50'ye kadar çıkmaktadır.

- Yem ürünlerinin silaj yapılarak değerlendirilmesi halinde ise kayıplar en aza indirildiği gibi besin değerleri de artmaktadır.

Silaj yemi hazırlanmasında birinci işlem malzemenin kıyılmasıdır. Yem ürünlerinin kıyılması için kullanılan silaj makineleri çok eski yıllardan günümüze kadar çeşitli evrelerden geçmiştir. Mısır ürününden silaj yemi hazırlayan sabit silaj makineleri 19. yüzyılın son yarısında kullanılmaya başlanmışsa da genel olarak yeşil yem hasat makineleri olarak bilinen tarla silaj makineleri ilk defa 1930'ların sonlarında ortaya çıkmıştır (BAINER, 1955).

Amerika Birleşik Devletlerinde mısır ürününden hazırlanan ilk silaj yemi yıllık üretimi 1940 yılından 1945 yılına kadar beş yıllık sürede ortalama 35 milyon ton olmuştur (FOREST, 1947). Bu da bize Amerika Birleşik Devletleri'nin kısa sürede silaj yemine olan talep artışını açıkça göstermektedir. Genel olarak ülkemizde ekilebilir küçük araziye ve az sayıda hayvan varlığına sahip olan çok sayıda küçük çiftçi bulunmaktadır. Bu koşullarda, küçük araziye sahip çiftçilerin yem ürünü yetersizliği olduğu gibi mevcut arazilerinden otlak şeklinde yararlanma süreleri de kısıtlı olmaktadır. Bu durumdaki çiftçilerin yeterli düzeyde yem elde edebilmeleri ve elde ettikleri yemi uzun süre kullanabilmeleri amacı ile silaj yemine ihtiyaçları bulunmaktadır.

Günümüzde silaj yemi hazırlayan silaj makineleri yaptığı işe ve çalışma şekline göre çeşitlere ayrılmaktadır. Silaj makinelerinden, sabit silaj makineleri ekonomik ve küçük oluşu nedeniyle ülkemiz çiftçisi açısından önem kazanmaktadır.

10990 km<sup>2</sup> ile Türkiye arazisinin % 1,4'ünü kapsayan Bursa ilinde nüfusun yaklaşık % 37,0'si çiftçilikle uğraşmakta ve geçimlerini çiftçiliğin yanı sıra hayvancılık yaparak sağlamaktadırlar. Yörede ortalama

8-10 büyükbaş hayvana sahip çok sayıda küçük çiftçinin kesif ve kaba yem ihtiyaçları yeterince karşılanamamaktadır. Kesif yem olarak yörede toplam 5 adet yem fabrikası üretim yapmaktadır. Bu üretimin günümüz koşullarında yem besisi değerinin düşük ve ekonomik açıdan olumsuz olması gibi nedenlerle yöre çiftçimizi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle yörede yem sorununa çözüm getirebilecek silaj yemine ihtiyaç duyulmaktadır.

İstenen koşullarda silaj yemi hazırlayabilen sabit silaj makineleri ülke genelinde olduğu gibi yöremizde de giderek önem kazanmaktadır. Bursa yöresinde günümüze kadar sabit silaj makineleri üzerinde önemli sayılabilecek bir çalışma yapılmamıştır. Bölümümüzde yürütülen ön anket çalışmaları sonucunda, silaj yemi için silindirik tip kesme üniteli sabit silaj makineleri, yöre çiftçisi koşullarına uygun ve verimliliği yüksek makineler olarak belirlenmiştir.

Gerek besisi, gerekse süt hayvancılığında kaliteli ve ekonomik silaj yemi üretecek ve yem sorununa büyük ölçüde çözüm getirebilecek bir silaj makinası üzerinde yapılacak çalışmalar bu araştırmanın amacını teşkil etmektedir.

Araştırmanın birinci bölümünde silaj makinelerinin yapısal ve işlevsel özelliklerine ilişkin genel açıklamalara yer verilmiştir. İkinci bölümde araştırmayla ilgili literatür bilgisi yer almaktadır. Üçüncü bölüm, deneme materyalinin özelliklerini ve deneme yöntemlerini içeren iki kısımdan oluşmaktadır. Dördüncü bölümde, denemede elde edilen sonuçlar, beşinci bölümde sonuçların tartışılması, son bölümde ise Türkçe ve İngilizce olarak araştırmanın özeti yer almaktadır.

## 1.2. AÇIKLAMA

Bu bölümde araştırmaya temel olan makinaya ilişkin genel bilgiler, hem araştırmacının izlenebilmesini hem de teorik açıklamaların anlaşılmasını kolaylaştırması bakımından aşağıdaki ana başlıklarla verilmiştir.

### 1.2.1. Genel Tanıtım Bilgileri:

Yem ürünleri kıyımında kullanılan sabit silaj makineleri veya yürür tip tarla silaj makineleri genel olarak aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır.

- a. Kıyılacak malzeme için bir taşıyıcı veya besleme tablası,
- b. Kıyılmak üzere malzemeyi sıkıştıran, tutan ve üzerinde yaylı baskı mekanizması ve merdanelerden oluşan, besleme ünitesi,
- c. Kesme ünitesi,
- d. Kıyılmış malzemeyi depoya yükselten veya taşıma aracına yükleyen fanlı bir üfleme ünitesi.

Yürür tip tarla silaj makinelerinde ayrıca, sıra ürününü kesen ve hasat edilmiş namlu şeklinde yem ürününü toplayan üniteler kullanılmaktadır.

### 1.2.2. Toplama Üniteleri

Yürür tip tarla silaj makineleri değişik amaçlar için kullanılan ve değişik toplama ünitelerinin montajına olanak veren makinelerdir. Bu tip tarla silaj makinelerinde kullanılan toplama üniteleri;

- a. Sırada, namlu şeklinde biçilmiş yem ürününü toplayabilmesi için kullanılan toplama ünitesi;

Bu ünite, tarlada tamamen nemi alınmış ot veya namlu şekilde biçilmiş yeşil yem ürününün silaj makinasına doğrudan besleme yapılabilmesi amacıyla kullanılır.

- b. Kışlık silaj yemi hazırlamak amacı ile sıra ürününü doğrudan biçerek toplama yapan ünite;

Bu ünite, daha çok silajlık mısır ve süpürge darısı gibi sıra ürünlerini doğrudan biçilmek ve kıyılmak üzere besleme ünitesine veren yüksek kapasiteli bir ünite dir. Örneğin; Silajlık yem amacı ile büyütülen sıra ürünü mısır için toplama ünitesi kapasitesi 25 t/h'in üzerindedir.

Ünite üzerinde "V" şeklinde iki adet kesici bıçak, karşılıklı olarak gelişmek suretiyle sıradaki mısır ürününü makaslama kesme ile gerçekleştirirler. Kesme sırasında tıkanmaları önlemek amacı ile zincir parmakları üzerinde toplama ünitesi sıyırıcıları bulunur. Sıyırıcılar kesilmiş sapların besleme ünitesi üzerinde eşit dağılımını sağlarlar.

### 1.2.3. Besleme Ünitesi

Sabit veya yürür tip silaj makinelerinde materyal, besleme merdanelerine doğru ilerleyen konveyör bant sistemi ile taşınarak dönü hareketi yapan merdaneler içine sevkedilmektedir.

Besleme merdanelerinin görevi;

- Malzemeyi sıkıştırarak düzgün hale getirmek,
- Malzemeyi kesme ünitesine aynı oranda vermek,
- Malzemenin kesilme esnasında kesme ünitesi önünde tutmaktır.

Besleme ünitesine aşırı yük geldiğinde mekanizmanın durdurulması ve geriye çevrilmesi için yardımcı bir kavrama sistemi bulunması, istenen bir özelliktir. Besleme merdanelerinden altta olan merdane düz, üstte olan merdane ise malzemeyi tutma yeteneğini artırmak amacı ile yüzeyi kaburgalı olmaktadır. Üst merdane değişen malzeme kalınlığına göre düşey yönde hareket olanağına sahip yaylı sistem kullanılmalıdır. Besleme merdanelerinin en küçük genişliği ile merdaneler arasındaki en büyük gelişme açıklığı olarak tanımlanan besleme alanı, silaj makinası besleme boğaz alanı adını almaktadır. Bu alan silaj makinası kapasitesine etki eden faktörlerden birisidir. Besleme ünitesi tıkanmalara ve aşırı yüke karşı dayanıklı bir yapıda olmalıdır güç ihtiyacı ise yaklaşık olarak 2,2 kW dolaylarındadır (RICHEY, 1961). Kayıpsız bir malzeme beslemesinde merdanelerin çevresel hızları konveyör bantın doğrusal hızına eşit olmalıdır. Merdanelerin çevresel hızının bulunmasında ise kaburgalı merdanelerin dış çapı yerine etkili çapı kullanılmalıdır.

Besleme merdaneleri, kesme ünitesi kesme düzlemine mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Çünkü besleme sırasındaki uzun ve kısa saplar, kesme ünitesi tarafından serbestçe çekilmeden bir tutunma kuvveti oluşmalıdır. Bu konuda önemli diğer bir nokta ise besleme ünitesi alt merdane üst yüzeyi ile kesme ünitesi sabit bıçak düzlemi aynı seviyede olmasının gereğidir.

#### 1.2.4. Kesme Ünitesi

Genel olarak yürür tip silaj makinaları ve sabit silaj makinalarında kesme üniteleri;

a. Volan veya radyal bıçaklı

b. Silindir veya helisel bıçaklı olarak ikiye ayrılmaktadırlar.

a. Volan bıçaklı kesme üniteleri; çelik levhadan yapılmış bir volan ve bir yanında üzerine monte edilmiş çelik kollardan meydana gelmiştir. Kesme bıçakları çelik kollar üzerine radyal olarak bağlanmıştır. Kıyılmış malzemenin üflenip dışarı atılması için aynı kolların üzerine monte edilmiş üfleme kanatçıkları da bulunmaktadır.

Radyal bıçakların , volan mili ekseni ile sabit bıçak üst düzlemi arasında sürekli kesme durumuna göre belirli bir ilişki vardır.

b. Silindir tip kesme üniteleri; silindirik bir makaranın dış çevresine helisel veya düz olarak monte edilmiş bıçaklardan oluşmaktadır. Bazı silindir tip kesme üniteli silaj makinalarında kıyılan malzeme, volan bıçaklı kesme ünitesi üzerindeki kanatçıklara benzeyen ayrı bir üfleme fanı ile dışarı atılmaktadır.

Silindir tip kesme üniteli silaj makinalarında bıçaklar genel olarak fan kanatçıkları gibi görev yapacak biçimde tasarlanmıştır.

Eğer silindir uzunluğu fazla ise (örneğin 900 mm) kesilecek malzemenin aksenal beslenme durumunda geniş yüzeye yayılması sonucunda kesme işlemi ince bir tabakada olacağından dar ve kalın besleme tabakalarına nazaran daha iyi bir kesme işlemi gerçekleşmektedir.

Bununla beraber volan bıçaklı ve 350-450 mm gibi genişliği az olan kesme ünitelerinde, dar ve kalın besleme ile mısır ürünü kıyımında, daha iyi sonuç alındığı görülmüştür. Mısır sapları kalınlığından dolayı besleme ünitesi tarafından sıkıca tutulması kesme işlemini kolaylaştırmaktadır. Her iki tip kesme ünitesinde de normal olarak 4 ve 6 bıçak kullanılmakta ve istenen kesme uzunluğu için, bıçak sayısının bu rakamların katları olarak azalma ve çoğalma olanağı bulunmaktadır. 6 bıçaklı bir volan tip silaj makinasında teorik kesme uzunluğu, volan hızı, bıçak sayısı ve besleme hızına bağlı olarak genellikle 13 mm'den 76 mm'ye kadar değişmektedir.

Kapasite ise; volan çapının bir fonksiyonu olarak hareketli ve sabit kesme bıçağı uzunluğu ile sabit kesme bıçağı ve besleme boğazı genişliği tarafından kontrol edilmektedir. 1070 mm ve daha küçük çaplı üfleme



kanatçıkları bulunan volan tip kesme üniteli silaj makinalarında besleme ünitesi, merdaneler arası güvenli çalışma açıklığında; en büyük besleme boğaz yüksekliği 127 ile 203 mm arasında, genişliği ise 355 mm ve daha aşağı değerlerde olmaktadır.

Volan bıçaklı kesme üniteleri tasarımında yerine getirilmesi gereken işlemler şunlardır;

- a. Bıçakların bilenmesinden sonra minimum kesme ayarının yapılması,
- b. Malzemenin kesilmesi esnasında oluşan uzun kesme düzensizliklerinden ünitenin arındırılması ,
- c. İstenmeyen taş ve çelik parçalarından olabilecek hasarın en aza indirilmesi için gerekli düzenlerin bulunması,
- d. Bıçak desteklerinde uzun kesilmiş malzeme parçaları birikmesiz, üfleme kanatçıkları ile, normal kesilmiş malzemenin serbestce üflenmesi,
- e. Sabit kesme bıçağı çekilmesi ile aşırı açıklıktan oluşan kesme yükü sapmalarının en aza indirilmesi.

Volan bıçaklı sabit silaj makinaları, ilk olarak geliştirme amacı ile düz bıçaklı yapılmış ve mısır silajı için kullanılmıştır. Bu tipler günümüzde de yeşil yem ürünü hasat makinalarına montajı yapılarak kullanılmaktadır. Yem ürünü hasat makinaları kesme üniteleri toprağa temas etmeden çalışabilen bir silindir etrafına monte edilmiş hareketli bıçaklar ve hassas ayar olanağına sahip sabit bıçaktan oluşmuştur. Volan bıçaklı kesme ünitesi, sabit bıçakları, sertleştirilmiş çelikten ve köşeleri dik açı olacak şekilde yapılırlar. Böylece bütün kenarların döndürülmek süreti ile kullanması olanaklıdır. Bu, bileme işçiliğini azaltmaktadır. Döner bıçaklar, sertleştirilmiş karbürü çelik veya SAE 4150 çeliği gibi alaşım çeliğinin kesme kenarlarına yüksek karbon ilavesi ile RC 50-54'e kadar sertleştirilebilen çeliklerden yapılırlar. Volan tip kesme ünitelerinde 6 hareketli kesme bıçağına karşılık hareketli bıçakların arkasına gelecek şekilde 3 adet üfleme kanatçık montajı yapılmaktadır. Bu kanatçıklar malzeme girişinde düzensizliğe neden olmayacak konumlarda ve ağızları bilenmiş olmalıdır. Bazı makinalarda kayıcı özelliğine sahip dar kanatçıklar kullanılmaktadır. Ayrıca ağır kanatçıkların kullanılması volan ataleti açısından daha olumlu sonuçlar vermektedir.

Silindir tip kesme üniteli silaj makinalarında hareketli bıçaklar düz veya spiral şeklinde olup silindir tambur üzerine kesme açısı verilmek

suretiyle civatalarla bağlanmaktadır. Genellikle kısa kesimler için 4 bıçak, uzun kesimler için 2 bıçak kullanılmaktadır. Volan bıçaklı kesme Ünitelerine göre silindir uzunluğu ve boğaz genişliği daha fazladır. Yaklaşık silindir uzunluğu 914 mm, çapı ise 355 mm olarak tasarımlanırlar.

Silindir tip kesme Ünitelerinin volan tipli kesme Ünitelerine göre bazı olumlu yanları aşağıda verilmiştir.

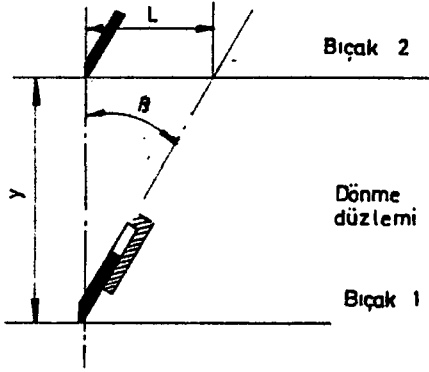
- a. Kesme Ünitesi ataleti az olması nedeni ile bazı koruma mekanizmalarına gerek duyulmaz.
- b. Bıçaklar sökülmeden kesme Ünitesi üzerinde bileme olanağı vardır.
- c. Düşük kesme hızı sebebiyle daha az kinetik enerjiye gereksinim duyulur.
- d. Bazı tiplerde bıçakların üfleme kanatçığı gibi görev yapması sebebiyle üfleme fanına gereksinim olmadığından güç tasarrufu sağlanabilmektedir.

#### 1.2.5. Malzeme Kesme Uzunluğu

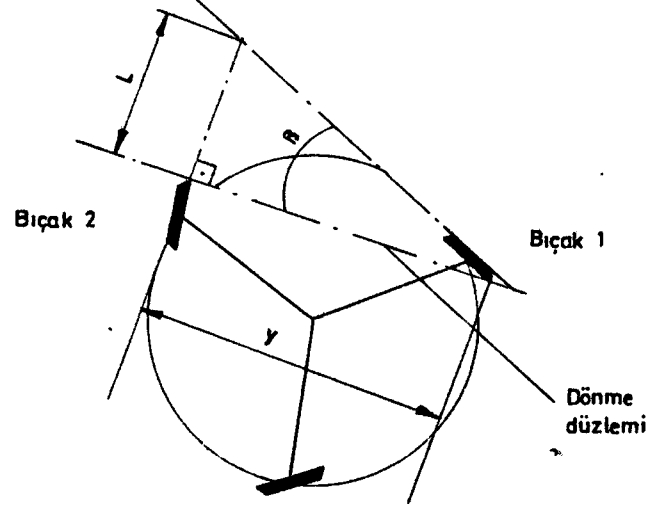
Malzeme kesiminde ana hedef kıyılmış malzemeyi fanlı üfleyici ile taşınacak uzaklığa boru içerisinden hava akımı ile sevk edilmesidir. Kıyılmış malzeme için esas amaç ise havasız depolamanın ve malzemenin depoya giriş ve çıkışının en kolay şekilde yapılabilmesidir.

Malzemenin istenen uzunluktan daha kısa kesilmesi durumu güç ihtiyacını artıran ve kapasiteyi azaltan bir etkidir. 12 ile 19 mm'lik teorik kesme uzunluğu genel olarak silaj için istenen kesme uzunluklarıdır (BARGER, 1951). Bazı hallerde daha kısa kesme uzunlukları da istenmektedir. Nemi alınmış malzeme için teorik kesme uzunluğu en az 76 mm civarındadır. Nemi alınmış malzemelerin, daha kısa kesim neticesinde depolamada oluşan tozlanma etkisi ile, nemlenme özelliği artmaktadır (DUFFEE, 1942). Teorik kesme uzunluğu besleme Ünitesinin ilerleme hızına ve kesme Ünitesi üzerindeki bıçak sayısına bağlıdır. Besleme hızı azaldıkça ve bıçak sayısı artıkça teorik kesme uzunluğu azalmaktadır.

Yürür tip silaj makineleri ile sıra ürünü mısır silajında beslemenin düzgün olması neticesi istenen teorik kesme uzunluğu sağlanmaktadır. Ancak namlu şekilde hasat edilmiş yem ürününde oluşan düzensizliklerden dolayı gerçek kesme uzunluğu teorik değerlerin ortalama iki katı bazı durumlarda ise 3 veya 4 katına çıkabilmektedir.



Şekil 1. Volan bıçaklı kesme ünitesinde kesme açısı ile kesme boyu arasındaki ilişki



Şekil 2. Silindirik tip kesme ünitesinde kesme açısı ile kesme boyu arasındaki ilişki

#### 1.2.6. Besleme Düzensizlikleri

Lezzetini artırmak amacı ile nemli alınmış yem ürününün uzun kesilmesi zarureti bulunmaktadır. Fakat silaj makinelerinde besleme düzensizlikleri ve gövde içinde malzeme akışının engellenmesi neticesi istenen tekdüze kesme boy uzunluğu elde edilememektedir. Uzun teorik kesme uzunluğu için makinede yapılan ayarlamalar, besleme düzensizliği nedeni ile oluşan ufalanmalar, kırılmalar ve gövdede aşırı malzeme dövülmesi sebebiyle, yetersiz olmaktadır.

Teorik kesme uzunluğu bıçak açısına göre büyükse iç kısımda kesilmemiş malzemelerden birikimler olmaktadır. Bu nedenle kıyılmış malzemede istenmeyen ufalanmalar meydana gelmektedir (Şekil 1).

Volan bıçaklı kesme ünitesinde düzgün besleme ile en büyük teorik kesme uzunluğu veya belli bir kesme uzunluğu için en küçük kesme yarıçapı aşağıdaki eşitlikle bulunabilir;

$$2\pi r = N_y = N \times L / \tan \beta \quad r = \frac{N_y}{2\pi} = \frac{N \cdot L}{2\pi \tan \beta}$$

Burada;

r = Bıçak uç noktalarının çizdiği çemberin yarıçapı (mm),

N = Kesme Ünitesi bıçak sayısı,

Y = r yarıçapında, bıçaklar arası çevresel uzaklık (mm),

$\beta$  = Bıçak ve tutucusu ile dönme düzlemi arasındaki gelişmeyi sağlayacak  
açıklık açısı (derece)

L = Besleme düzensizliği olmadan en büyük teorik kesme uzunluğu (mm)

Benzer eşitlik silindir tip kesme üniteli silaj makineleri için de geçerlidir (Şekil 2),  $\beta$  açısı  $25^\circ$  olan 3 bıçaklı silindir tip kesme ünitesinde düzgün besleme olduğunda 76,2 mm'lik bir teorik kesme uzunluğu elde etmek için en küçük yarıçap aşağıda hesaplanmıştır;

$$r = 76,2 \times 3 / 2 \operatorname{rtg} 25^\circ = 228,6 / 2,89 = 79,10 \text{ mm.}$$

Eğer bıçaklar  $10^\circ$  veya daha küçük  $\beta$  açısı ile monte edilseydi yalnız iki bıçakla dahi 76,2 mm'lik bir kesme boyu için en küçük volan yarıçapı bulunan değer iki katı olması gerekirdi. Bu nedenle en küçük kesme yarıçapı ile bıçaklara verilen kesme açısı arasında önemli bir bağıntı bulunmaktadır. Kesme ünitesinde bıçak taşıyıcı destek kollarının yeri ve aerodinamik biçimi, kesilmiş malzemenin daha fazla ufalanmaması açısından önemli olmaktadır.

Kesme ünitesi üzerinde stroboskoplara yapılan gözlemlerde, kesilen malzemelerin ani olarak bıçak hızına eriştiği, sonrada bıçakla beraber hareket ettiğini ortaya koymaktadır (BERGE, 1951).

Radyal bıçaklı kesme ünitelerinde kesilen malzeme bıçaklara göre radyal yönde akmakta ve uzun boyda kesilen malzemeler ise besleme yönünde dış bıçak bağlantıları üzerinde toplanmaya eğilim göstermektedir. Bunun sonucu olarak beslenen malzeme üzerine çarpma etkisi ile malzeme kırılmaları ve toplu demetler halinde tıkanmalara neden olmaktadır. İstenmeyen bu durumu ortadan kaldırmak amacı ile kesilmiş malzemenin tabii akışını bozmadan uygun şekilde yerleştirilmiş aerodinamik bir bıçak yapısı geliştirilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Bıçaklar eğik yüzeyleri ile sabit bıçağı tam karşılayacak şekilde yerleştirilmesi durumunda besleme düzensizliklerinin en aza indirilmesi gerçekleştirilmektedir. Bu tip kesme üniteleri uzun malzeme kesiminde, tekdüzellik sağlamaları açısından daha uygundur.

Hareketli bıçakları silindirik yüzeyli olan silindir tip kesme ünitelerinde teorik kesme uzunluğu bıçak silindir yüzey derinliğini aşmadığı takdirde, kıyılmış malzemede kırılma ve ufalanmalar olmaksızın tekdüze olabilmektedir. Silindirik yüzeyli bıçaklar yerine düz yüzeyli bıçaklar kullanıldığında uzun boyda kesilmiş olan malzemeler gövde içinde toplanmaya eğilim göstermektedir. Bu durumda kıyılmış malzeme daha fazla çarpmalara ve yön değişimine maruz kalmaktadır. Netice olarak uzun boyda kesilmiş malzemelerde istenmeyen aşırı ufalanmalar ve tozlanmalar meydana gelmektedir.

### 1.2.7. Üfleleyici Fan Teorisi ve Teknik özellikleri

Kıyılmış yem bitkisinin genellikle silo veya ahırlara nakli, üfleleyici fanlar vasıtası ile yapılmaktadır. Üfleleyici fanın ürettiği yeterli miktarda hava ve malzemenin taşınmasını sağlayan borular kıyılmış malzemenin istenen yere naklinde yardımcı olmaktadır. Kıyılmış malzeme vagon veya arabalardan konveyör bant ile alındıktan sonra diğer uçtan üfleme fanı içine besleme işlemi yapılır. Böylece kıyılmış malzemenin istenilen yüksekliğe ve yere üfleleyici fan yardımıyla taşınması gerçekleştirilebilir. Kıyılan malzemenin yükseltilmesinde en önemli faktör fan kanatlarının fırlatma etkisidir. Hava hızı ise malzemenin taşınmasına yardımcı olan etkindir. Üfleme fan borularında oluşan hava hızı, kanatları terkeden kıyılmış malzeme hızından daha düşük olmaktadır (SEGLER, 1951). Bu nedenle malzeme yükseltilmesi başlangıcında bir gecikme meydana gelmektedir.

Belli çaptaki bir boruda hava hızı sabit kalırken fırlatılmış malzeme, yavaşlama nedeni ile yavaşlama göstermektedir, özellikle çok kuru kıyılmış malzemelerde yaklaşık boru çıkışına doğru sabit bir hızda üflenen hava malzemeye bir miktar hareket enerjisi vermektedir.

Üfleleyici fanlar için önerilen çevresel hız 35 ile 51 m/s arasında olmalıdır. Kinetik enerji miktarı ise 46 m/s çevresel hız için 0,26 kW-h/t olarak bulunmuştur (RANEY, 1957).

Üfleme kanatçıklarının malzemeyi boşaltma hareketi Raney tarafından analiz edilmiş olup verilen boşaltma açısında en büyük fan kanatçık uzunluğu için aşağıdaki eşitlikle geliştirilmiştir:

$$L = R \cdot (1 - 1/\cosh\theta)$$

Burada;

L = Kanatçık uzunluğu (mm),

R = Merkezden kanatçık ucuna kadar olan yarıçap mesafesi (mm),

$\theta$  = Çıkış açısı (radyan)'dır. (RANEY, 1946)

Dönü hızının bir fonksiyonu olmadığından bu eşitlik yer almamaktadır. Bu eşitlik istenen boşaltma açıklık ölçüsüne göre verilen malzeme miktarının bir kanatçık ile boşaltılabilmesi için istenen dönme açısı değerinde kanatçık uzunluk değerinin belirlenmesinde kullanılır. Ayrıca kanatçık başına düşen malzeme miktarı da hesaplanabilir. Verilen eşitliğe göre kanatçık uzunluğu değişken olarak hesap edilmektedir. Kıyılmış malzeme santrifüj kuvvet ve kanatçıklar tarafından itilme etkisi ile gövde içerisinde çevresel olarak malzeme yığınları meydana getireceğinden ve dolayısıyla sürtünme kayıplarına neden olacağından çıkış açısını etkilemektedir.

Kıyılmış bir parçanın atılmasındaki sürati ve doğrultusu, Şekil 3'de verilmiştir. Ayrıca buna ilişkin eşitlikler aşağıda yer almaktadır (RANEY, 1957),

$$\tan \alpha = \sinh\theta / \cosh\theta$$

$V_R$

$$V_D = V_T / \cos\alpha = \frac{V_R}{\sin\alpha}$$

Burada;

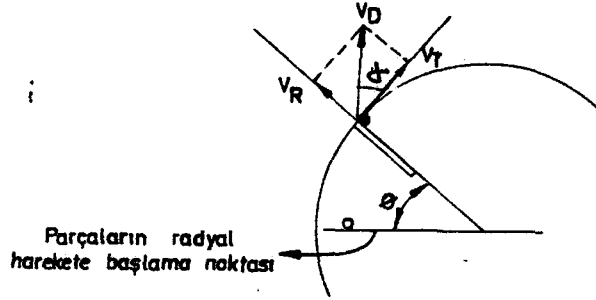
$\alpha$  = Boşaltma açısı (radyan),

$\theta$  = Malzemenin boşaltma açıklığını geçmeye başladığı andaki dönme açısı (radyan)

$V_D$  = Boşaltma hızı

$V_T$  = Teğetsel hız

$V_R$  = Radyal hız



Sekil 3. Kıyılmış parçanın çıkış açısına göre sürati ve doğrultusu arasındaki ilişki (RANEY, 1957).

### 1.2.8. Yükseltme Verimi

Genellikle kıyılmış malzemenin fan kanatlarını yaklaşık olarak fan çevresel hızında terkettiği varsayılmaktadır. Teorik olarak "V" düşey hızında fan kanatlarını terkeden malzeme "h" yüksekliğine çıkmaktadır. Aşağıda verilen formül kıyılmış malzemenin düşey olarak yükselme mesafesini vermektedir.

$$v = \sqrt{2gh} \quad , \quad h = v^2 / 2g$$

Burada;

h : Kıyılmış malzemenin yükselme mesafesi (m),

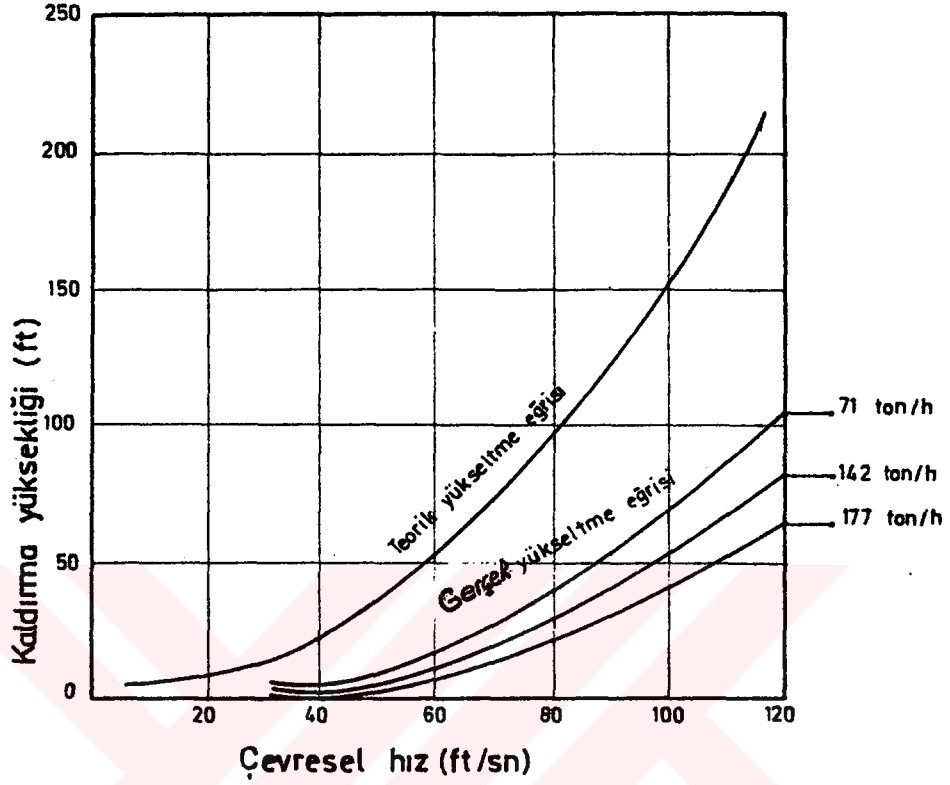
v : Rotor çevresel hızı (m/s),

g : Yerçekimi ivmesidir.

Gerçek yükselme mesafesi ise, fanın belli bir çevresel hızında, borularda meydana gelen sürtünme kayıpları nedeni ile teorik değerden çok daha düşük olmaktadır.

İstenen bir yükseklikte çevresel hız yeterli değilse borularda tıkanmalar olabilir. Tıkanmaları önlemek amacıyla daha büyük çevresel hızlarda çalışılması aşırı güç ihtiyacına neden olmaktadır. Kıyılmış malzemenin yükseltilmesinde uygun boru çapı seçimi de çok önemlidir.

Eğer boru çapı çok küçük ise sürtünme kayıpları artması nedeniyle makinanın yükseltme verimi düşmektedir. Diğer taraftan boru çapı büyüdükünde hava hızı azalacağından havanın materyali taşıma özelliği azalmaktadır. Genellikle 152 ile 228 mm boru çapları silaj makina üfleyicileri için ideal bulunmaktadır.



Sekil 4. Kesme Ünitesi çevresel hızı ile kaldırma yüksekliği arasındaki ilişki (SEGLER, 1951)

Sabit silaj makineleri ile, mısır sapları kıyımı için yapılan denemelerde kıyılan malzemenin 10 ile 23 m yüksekliğe çıkarıldığında, gerçek yükseltme değerlerinin, en küçük çevresel hızlarda elde edilebilen teorik değerlerin, yüzde 42 ile 53'ü arasında kaldığı belirlenmiştir. Başka bir denemede 30 m'lik bir yükseltme için gerçek yükseltme verimi % 38'e düşmüştür.

Duffee'ye göre mısır ürünü için 23 m'ye kadar olan yükseltmelerde % 40 yükseltme verimi sağlayan çevresel hızlar ideal görülmektedir.

Tarla tecrübelerine dayanarak en küçük çevresel hızlarda yapılan çalışmalar neticesinde yeşil kıyılmış malzemelerin gerçek yükseltme verimi mısıra nazaran yaklaşık % 15 daha büyük bulunmuştur.

Yükseltme veriminin malzeme ağırlığının küp kökü ile ters orantılı değiştiğini gösteren bir seri denemeler yapılmıştır (SEGLER, 1951).



Bu denemeler neticesinde yeşil mısır için 254 mm çaplı boru ile saatte 10 ton malzemenin 20 m yüksekliğe çıkarılmasında % 30, saatte 15 ton malzemenin aynı yüksekliğe çıkarılmasında % 26 gerçek yükseltme verimi bulunmuştur. Fakat malzemenin besleme hızı artıkça gerçek yükseltme veriminin azalacağı deneyler sonucunda bulunmuştur. 254 mm çaptaki Üfleme borusu kullanarak yapılan mısır silajında teorik ve pratik kaldırma yüksekliği ile çevresel hız arasındaki ilişki diyagramda gösterilmiştir (Şekil 4).

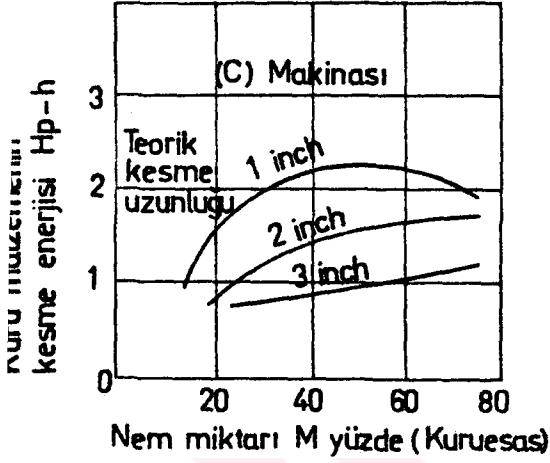
Tarla silaj makinelerinde kıyılan malzemenin sadece bir kaç metre yüksekliğe atılması yeterli olmaktadır ancak borularda sürtünme kayıplarını telafi edecek ve kıyılmış malzemeyi bir arabaya taşıyabilecek düzeyde bir çevresel hız seçilmesi gerekmektedir.

#### 1.2.9. Güç ihtiyacı

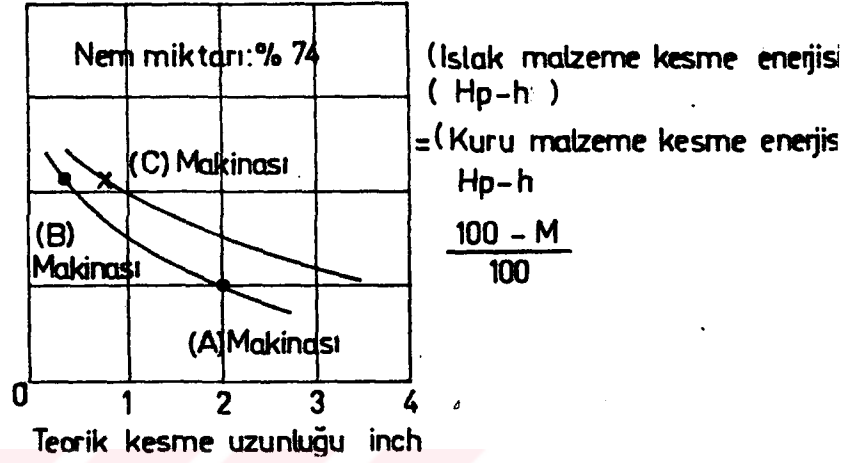
Malzemenin toplanması, taşınması ve besleme merdanelerinin hareketi için sistem güç ihtiyacı 3,7 kW civarında olmaktadır. Ağır şartlarda yapılan sıra ürünü silajında güç ihtiyacı daha da artmaktadır. Silaj makinelerinde herhangi bir tıkanma durumunda artacak yüklenmeleri önlemek amacı ile kaymalı kavrama sistemi kullanılması yarar sağlamaktadır. Böylece silaj makinelerinde meydana gelecek hasarlar en aza indirgenebilir.

Silaj makinelerinde kesme ve kesilen malzemenin taşıma arabalarına dolumu için gereksinim duyulan güç ihtiyacına tesir edecek faktörler aşağıda verilmiştir:

- a. Kesme uzunluğuna ve malzemenin kesmeye karşı direncine bağlı olarak, kesme enerjisi,
- b. Bıçaklar ve Üfleme kanatçıkları ile malzemeye verilen kinetik enerji,
- c. Kesilen malzemenin gövdeden geçerken yapmış olduğu sürtünme direncinin yenilmesi için kullanılan enerji,
- d. Hava ve yatakların yapmış olduğu sürtünme kayıplarının yenilmesi için gerekli enerji.



Sekil 5.1. Malzeme nem oranı ile kesme enerji ilişkisi



Sekil 5.2. Teorik kesme uzunluğu ile kesme enerji ilişkisi (BLEVINS, 1954)

Kesme enerjisine ait az da olsa bazı bilgiler bulunmaktadır. Kesme işleminde doğrudan enerji ölçümü yapılamamaktadır. Bunda en önemli etken ise malzemeye kinetik enerji verilmeden normal hızlarda kesme yapılmasının olanaksızlığıdır. Kesme direnci malzemenin cinsine, diğer deyişle malzeme parçalarındaki kuru lif oranına bağlı olarak değişmektedir. Ton başına düşen kesme enerjisi ise teorik kesme uzunluğu ve nem oranı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Aynı malzemeden farklı uzunluklar için yapılan kesimlerde eğer bir güç karşılaştırılması yapılırsa; aynı bıçak hızında ve besleme kalınlığında, ton başına düşen enerji farkından tahmini kesme enerjisini, aşağıdaki formüle göre bulmak mümkündür. Her 25 mm'de bir kesme için;

$$\text{kesme enerjisi; } W_1 - W_2 / 1/c_1 - 1/c_2 \text{ (kW-h/t)}$$

Burada;

$W_1$  = (C1 uzunluğunda kesme için) Enerji miktarı, kW-h/t,

$W_2$  = (C2 uzunluğunda kesme için) Enerji miktarı, kW-h/t,

$c_1$  = Kısa teorik kesme uzunluğu (mm),

$c_2$  = Uzun teorik kesme uzunluğu (mm),

Sürtünme kaybı olmaksızın verilen kesme uzunluğundaki çevresel hızda yapılan artışlar, gereksiz kesme enerjisi kaybına neden olmaktadır.

% 70-75 nem oranlarında ve 13 ile 2,5 mm teorik kesme uzunluklarında yeşil yonca için yapılan denemeler neticesinde her inç'de bir kesme enerjisi 0,15 ile 0,22 kW-h/t olarak bulunmuştur (C.B.RICHEY, 1958).

Bir başka denemede belli nem oranı ve teorik kesme uzunluğunda, kesme gücünün besleme hızıyla doğru orantılı olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5,2'deki eğriler kuru malzemenin tonu başına düşen kesme enerjisinin nem oranına olan bağıntısını vermektedir.

Şekil 5,1'deki verilen eğriler yeşil yonca için kesme uzunluğunun kesme enerjisi ile bağıntısını vermektedir.

Kinetik enerji, kıyılan malzeme yaklaşık olarak üfleme çıkış borusunu terkettiği boşaltma hızında kesme ünitesi çevresel hızından bulunabilir.

Bu enerji aşağıdaki ilişkide verildiği gibi çevresel hızın karesi ile doğru orantılıdır.

$$E_k = V_r^2 / 63680$$

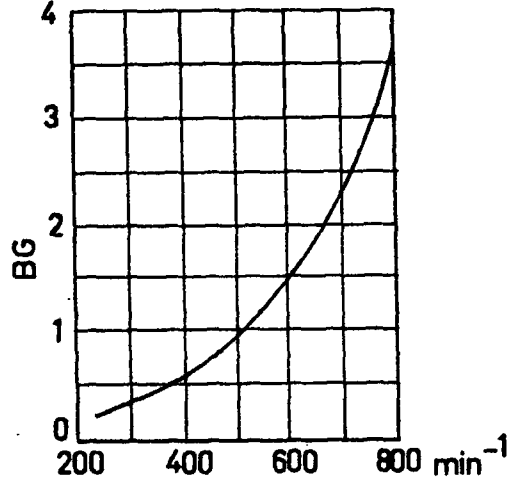
$$\text{Kinetik enerji, } H_p-h/t = (\text{Çevresel hız, ft/sn})^2 / 63680$$

Kıyılmış malzemenin araba arkasına normal olarak doldurulabilmesi için pratik olarak en az 30,4 m/s'lik bir çevresel hıza ihtiyacı bulunmaktadır.

Kıyılmış malzemenin belli seviyeye çıkartılması ise; fan hacmine, havanın hızına ve fan verimliliğine bağlıdır. Fan kanatçıkları alanı, kanatçık adedi, çevresel hızı ve hava giriş açıklığı gibi faktörler ise kıyılmış malzemenin yükseltilmesi için gerekli hava gücünü doğrudan etkilemektedir.

Üfleme fanlarında hava hızından daha büyük hıza sahip üfleme kanatçıklarının çevresel hızı, kıyılmış malzemenin atılması sırasında kayıplar hesaba katılarak bulunmuştur (SEGLER, 1951).

Tarla silaj makinelerinde kıyılmış malzemenin yükseltilmesi için ihtiyaç duyulmayan hava yardımının, yüksek silolara dolumunu yapan üfleme fanlarında büyük önemi vardır. Kıyılan malzemenin boşaltılmasında asıl olan fan kanatçıklarının ataletidir, hava ise taşıma işine yardımcı olmaktadır.



Şekil 5.3. Kesme Ünitesi yüksüz çalışma devri ile güç arasındaki ilişki

1065 mm çaplı, dört bıçaklı, üfleme kanatçıkları bulunan volan tip kesme ünitesi silaj makinasında, yüksüz durumda çalışma devri güç bağıntısı Şekil 5.3'teki diyagramda verilmiştir.

Yeterli hava girişi malzemenin beslenmesi sırasında normal olarak sağlanabilirse, kıyılan malzemenin hareketi için ihtiyaç duyulan hava için bu miktar yeterli olmaktadır. Prensipte olarak kıyılmış malzemenin gövde iç çevresinde, volan üfleme kanatçıkları yüzeylerinde ve bıçaklar üzerinde kayması neticesinde sürtünme kayıpları meydana gelmektedir. Teorik olarak sürtünme kayıpları aşağıdaki eşitlikle bulunabilmektedir (DUFFEE ve Ark.),

$$\text{Sürtünmenin yol açtığı güç kaybı} = \mu \cdot v^2 \cdot \theta \cdot R / 1015000 \text{ (Hp)}$$

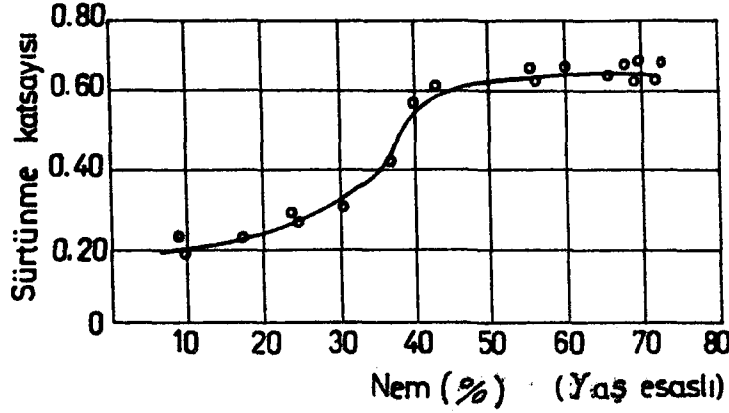
Burada;

$\mu$  = Sürtünme katsayısı,

$v$  = Çevresel hız (ft/s),

$\theta$  = Gövde çemberi temas açısı (derece),

$R$  = Besleme oranı lb/s'dir.



Şekil 5.4. Kıyılmış yoncanın nem oranları ile sürtünme katsayıları arasındaki ilişki

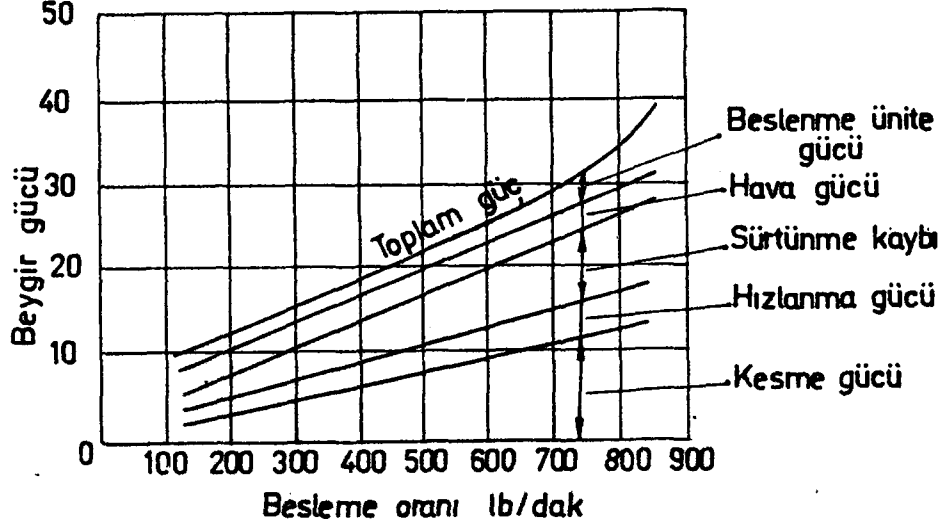
Paslanmaz çelik gövde yüzeylerinde kıyılmış yoncanın sürtünme katsayısına tesir eden nem oranları Şekil 5.4'teki diyagramda verilmiştir.

Ton başına sürtünme enerjisi besleme hızına bağlı olmayıp çevresel hızın karesi ile artış göstermektedir. Kıyılmış mısır ürününde, büyük kıyılmış parçaların fan kanatları ile gövde arasında çok az bir sürtünme etkisi göstermesine karşın diğer yem bitkilerinde oluşan küçük parçalı kıyımlar daha büyük sürtünme etkisi göstermektedir.

6 bıçaklı volan tip silaj makinasında çevresel hızı; 6820 ft/dak, teorik kesme uzunluğu 0,50 inç'tir. Gerçek kesme boyu 0,79 inç, nem oranı 0,74 olan yonca için güç dağılımı Şekil 5.5'de verilmiştir.

Çok kullanılan alışılmış silindir tip kesme üniteli silaj makinalarında güç gereksinim dağılışı volan tip silaj makinalarında olduğundan çok az bir farkla belirtilmektedir.

Bu tip makinalar ile düşük çevresel kesme hızlarında yapılan malzeme kıyımlarında kinetik enerji tasarrufu sağlanmaktadır, fakat ilave bir üfleme fanı ihtiyacı olacağından fanda meydana gelecek sürtünme kayıplarına karşı daha fazla kinetik enerji ihtiyacı duyulmaktadır.



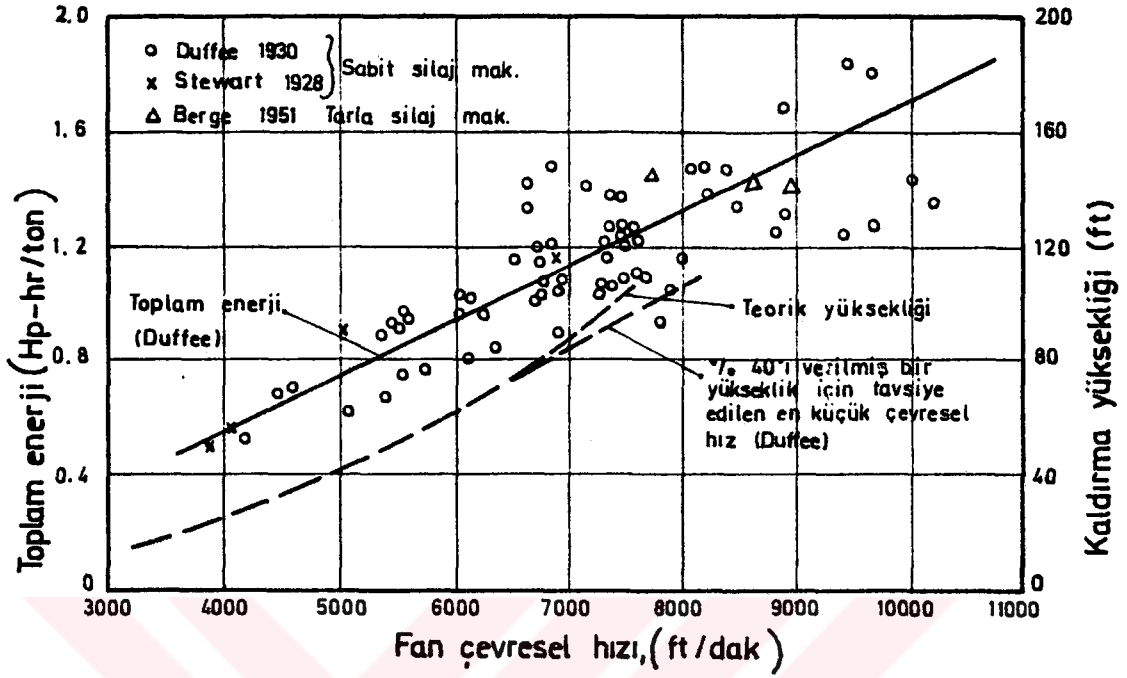
Şekil 5.5. Volan bıçaklı silaj makinalarında yeşil yonca için çeşitli besleme oranları ile güç ilişkisi (BLEVINS, 1954).

Silindir tip silaj makinalarında bıçaklar üfleme kanatçıkları gibi görev yapması nedeniyle daha az güç ihtiyacı duyulmaktadır. Çünkü malzeme iç sürtünmesi ve malzemenin gövdeye sarılarak yaptığı sürtünme etkisi en aza indirgenebilmektedir.

Buna karşılık, silindir tip kesme üniteli silaj makinaları çevresel hızları kıyılmış malzemenin taşıma arabasına dolumu için yeterli değerde olmalıdır.

#### 1.2.10. Toplam Enerji ihtiyacı

Yeşil yem ürünü kıyıcıları üzerinde yapılan deneyler sonucunda toplanan veriler yardımı ile mısır ürününü kesmek ve yükseltmek için ton başına ihtiyaç duyulan toplam enerji, fan kanatlarının çevresel hızına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Şekil 5'de 1/2 inç teorik kesme boyunda, saatte 16 ton besleme hızında, yeşil mısır ürününü kıymak ve yükseltmek için ton başına gerekli toplam enerji değerleri verilmektedir. Kesik çizgili eğri 100 ft'e kadar düşey yükseklikler için araştırmacı tarafından tavsiye edilen en küçük hızları göstermektedir.



Şekil 6. Yeşil mısır kıyımında fan çevresel hızları ile toplam enerji ve kaldırma yüksekliği arasındaki ilişki (DUFFEE, 1930).

Aynı şartlarda, % 74 nem oranında ve 4000 ft/dak ile 9000 ft/dak arasında çevresel hızlarda kıyılan yeşil yonca için toplam enerji değeri yukarıda mısır ürünü için verilen toplam enerji değerlerinden yaklaşık % 25 ile % 35 daha büyük değerler de bulunmuştur (BLEVINS, 1954).

### 1.2.11. Kapasite

Yürür silaj makinalarının kapasitesi, mevcut güç ile besleme ünitelerinin ve kesme ünitelerinin iş yeteneğine bağlıdır. Bu kapasiteyi etkileyen faktörler aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Boğaz açıklığının kesit alanı,
- Malzemenin boğazdan doğrusal geçiş hızı,
- Besleme ünitesinden geçen malzeme yoğunluğudur.

Besleme Ünitesinin gerçek kapasitesi, düzgün besleme hızı kontrolünün güç olması nedeniyle teorik kapasite değerinden daha düşük bulunmaktadır.

Gerçek kapasite mısır yemi için teorik en büyük kapasitenin % 70'i yeşil yem ürünü kıyımı için % 60'dır (BARRINGTON, 1953).

Besleme Üniteleri doğrusal hızının belirlenmesi kesme uzunluğuna, yoğunluk değeri ise malzeme cinsine ve nem oranına bağlıdır. Besleme Ünitesi kapasitesine tesir eden diğer faktörler, malzemenin besleme tablasına yerleştirilme yöntemi ve besleme merdaneleri arasındaki karşılıklı basınç değeridir. Verilmiş bir malzemenin besleme yoğunluğu ile depolama yoğunluğu aynı olmayabilir, bu nedenle ilgili makinalarla yapılan gerçek kapasite tayininde malzeme yoğunluğunun ayrıca belirlenmesi gerekmektedir.

Bir silaj makinasında teorik kapasite, malzemenin dakikada besleme hacmi ve yoğunluğu esas alınarak hesaplanabilir. Aşağıda verilen ilişki ile teorik en büyük kapasite bulunabilmektedir.

$$C = 1,738 \times 10^{-6} D.H.W.L.N.R$$

Burada;

C = Teorik en büyük kapasite (t/h),

D = Materyal yoğunluğu (Lb/ft<sup>3</sup>),

H = En büyük boğaz yüksekliği (inç),

W = Boğaz genişliği (inç)'tir.

L = Teorik kesme uzunluğu (inç),

N = Hareketli bıçak sayısı,

R = Kesme Ünitesi dönü hızı (min<sup>-1</sup>).

Yürür tip silaj makinalarında besleme kalınlıkları düzensiz olduğundan en büyük kapasite tayinini yapmak mümkün değildir. Yukarıda verilen formülde mısır silajı için 24 lb/ft<sup>3</sup> ve kuru saman için 3,22 lb/ft<sup>3</sup>'lük yoğunluk değerleri esas alınarak hesaplama yapılmaktadır (BARRINGTON, 1953).

#### 1.2.12. Kesme Uzunluğunun Ayarlanması

Teorik kesme uzunluğu; kesme üniteleri dönüş hızına, hareketli bıçak sayısına ve besleme Ünitesi doğrusal hızına bağlıdır. Kesme uzunluğu bu üç faktörden birini veya bir kaçını değiştirmek suretiyle değiştirilebilmekte-



dir, Kesme Ünitesi üzerinde fan kanatları bulunan silaj makinalarında, kesme Ünitesi hızını artırmak suretiyle kesme uzunluğu azaltılmaktadır, Fakat kıyılmış malzemenin kaldırma yüksekliğinde bir değişim olmadığı takdirde bu hız artışı ile gereksiz güç kaybına neden olunmaktadır, Daha kısa kesme uzunluğu eldesi için besleme Ünitesi hızı azaltıldığında, besleme Ünitesi kapasitesi azalacağından buna bağlı olarak silaj makinası kapasitesinde bir düşme olmaktadır, Hareketli bıçak sayısını değiştirmek suretiyle istenen kesme uzunluğu eldesi için besleme Ünitesi kapasitesinde ve kinetik enerji için gereken güç ihtiyacında herhangi bir değişim olmamakta ancak hareketli bıçak sayısını değiştirmek zaman alıcı ve tehlike riski bulunan bir iş olmaktadır, Ayrıca bu yolla elde edilecek kesme uzunlukları da sınırlı kalmaktadır, Fiziksel değişimlerle ve kapasiteyi düşürmeden istenen kesme uzunluklarını elde etmek için bir uzlaşmaya gerek duyulmaktadır, Yürür tip tarla silaj makinalarında kısa kesme boyu ve yüksek kapasite için kesme Ünitesi yüksek hızlarda geliştirilmesi aşırı güç ihtiyacına sebebiyet vermektedir, Bu durumda kabul edilebilen en uzun kesme boyunun seçimi önem kazanmaktadır, Verilmiş bir kesme uzunluğu ve besleme kapasitesi için altı bıçaklı kesme Ünitesinde dört bıçaklı kesme Ünitesine göre üçte iki daha az bir çevresel hız ihtiyacı vardır, istenen çevre uzunluğunu en iyi şekilde sağlayan silindir tip kesme üniteli silaj makinaları günümüzde önemini korumaktadır,

Fan kanatları gibi görev yapan bu tip makinaların kesme üniteleri daha küçük çaplarda yapılabilmekte ve fazla güç istemeyen daha küçük çevresel hızlarda çalışabilmektedirler (BAINER, 1955),

## 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Bu bölümde literatüre ilişkin bildirimler alt konu başlıkları ile ele alınarak incelenmiştir.

### 2.1. Silaj Makinaları Besleme Ünitesi

(DUFFEE,1930), besleme Ünitesinde yer alan merdanelerin çevresel hızının bulunmasında kaburgalı merdanenin dış çapı yerine etkili çapın dikkate alınmasını bildirmiştir.

### 2.2. Silaj Makinaları Kesme Ünitesi

(ORRIN,1951), Wisconsin Üniversitesinde yaptığı çalışmalar neticesinde volan tip kesme üniteli silaj makinalarında saman kıyımı esnasında malzeme düzensizliğinden dolayı bıçak içlerinde uzun kesilmiş parçalar bulunduğunu gözlemiştir. Bu kesme düzensizliğini ortadan kaldırmak için, bıçakların dönme düzlemi ile 30°'lik bir açı yapacak şekilde yeni bir montaj şekli geliştirilmiştir.

### 2.3. Silaj Makinalarında Malzeme Kesme Uzunluğu

(BARGER, 1951), malzeme kesiminde ana hedefin, kıyılmış malzemeyi fanlı üfleyici ile taşınarak uzaklığa boru içerisinden sevk etmek olduğunu belirterek ve silaj yapılacak malzeme için depolamanın havasız, giriş ve çıkışların en kolay şekilde olabilecek düzenlemenin gerektiğini bildirmiştir. Malzemenin istenen uzunluktan daha kısa kesilmesi güç ihtiyacını artıran ve kapasiteyi azaltan bir etken olduğunu, 1/2 ile 1/4 inc'lik teorik kesme uzunluğu genel olarak silaj için istenen kesme uzunlukları olduğunu ve bazı hallerde daha kısa kesme uzunluğu istendiğini belirtmiştir.

(BERGE,1951), nemi alınmış malzemenin için teorik kesme uzunluğunun en az 3 inç olması gerektiğini bildirmiştir.

(DUFFEE,1942), nemi alınmış malzemelerde daha kısa kesim neticesinde depoda oluşan tozlanma etkisiyle kıyılmış malzemenin nemlenme özelliğinin artacağını bildirmiştir.

(BARGER, 1951), yürür tip silaj makinalarıyla sıra ürünü mısır silajında, beslemenin düzgün olması ile istenen teorik kesme uzunluğu sağlanabilir, ancak namlu şeklinde hasat edilmiş yem ürününde oluşan düzensizliklerden dolayı gerçek kesme uzunluğu teorik değerin ortalama iki katı olduğunu saptamıştır.

(DUFFEE, 1942) ve (PHILLIPSON, 1952), bu değerin bazen 3 veya 4 katı olacağını bildirmişlerdir.

#### **2.4. Silaj Makinalarında Besleme Düzensizlikleri:**

(BERGE, 1951), kesme ünitesi üzerinde stroboskopa yaptığı gözlemlerde kesilen malzemelerin ani olarak bıçak hızına eriştiğini sonra da bıçakla beraber hareket ettiğini bildirmiştir.

Radyal bıçaklı kesme ünitelerinde kesilen malzeme bıçaklara göre radyal yönde akmakta ve uzun boyda kesilen malzemeler besleme yönünde dış bıçak bağlantıları üzerinde toplanmaya eğilim göstermektedirler. Bunun sonucu olarak beslenen malzeme üzerine çarpma etkisi ile malzeme kırılmaları ve toplu demetler halinde tıkanmalara neden olmaktadır. İstenmeyen bu tıkanmaları ortadan kaldırmak amacı ile kesilmiş malzemenin tabii akışını bozmadan uygun şekilde yerleştirilmiş aerodinamik bir bıçak yapısı geliştirilmiştir.

Bıçaklar eğik yüzeyleri ile sabit bıçağı tam karşılayacak şekilde yerleştirilmesi neticesi besleme düzensizliklerinin en aza indirileceğini ve volan tip kesme üniteleri uzun malzeme kesiminde, iş yeteneği açısından uygun olduğunu belirtmiştir.

#### **2.5. Silaj Makinaları Üfleyici Fan Teorisi Ve Teknik Özellikleri:**

(SEGLER, 1951), üfleme fan borularında oluşan hava hızını, kanatları terkeden kıyılmış malzeme hızından daha düşük olduğunu ve bu sebepten başlangıçta malzeme yükseltilmesinde bir gecikme meydana geldiğini belirtmiştir.

(DUFFEE, 1926), üfleyici fanlarda oldukça az sayıda kanat kullanıldığını yeşil yem üfleyicilerinde 4 veya 8, sabit silaj makinalarında 2 veya 4 adet kanat kullanılmakta olduğunu bildirmektedir. Üfleyici gövdesinin salyangoz şeklinde kaçık eksenli olarak yapıldığını ve kanatlar ile gövde

arasında çok az mesafe bırakıldığını, özellikle tabandan boşaltma noktasına kadar alanda kanatlar ile gövde arasında radyal açıklığın 1/8 inç'den, yanlarda ise bu mesafenin 1/2 ile 1/4 inç'den fazla olmamasını bildirmektedir.

(J.P. RANEY,1957), Purdue Üniversitesi deneylerinde 1/2 inç kesme uzunluğunda yeşil yonca için güç ihtiyacının 1.1 ile 2 Hp-h/t olduğunu, soldurulmuş ve nemi alınmış saman için bu güç ihtiyacının yeşil yonca değerinin iki katından fazla olduğunu bildirmiştir.

(WILLIAM,1960), genellikle malzemenin yarısı çıkış borusundan atılmadan gövdede gereksiz birdönü hareketi yaptığını, bunun da sürtünme kayıplarını artırıcı bir faktör olduğunu belirtmiştir.

(RUSSEL ve RANEY,1946), üfleme kanatçıklarının malzeme boşaltma hareketini analiz ederek verilen boşaltma açısında en büyük fan kanatçık uzunluğunu aşağıdaki ilişki ile belirtmiştir.

$$L = R (1 - 1/\cosh\theta)$$

Burada;

L : Kanatçık uzunluğu (inç),

R : Merkezden kanatçık ucuna kadar "yarı çap" mesafesi (inç),

$\theta$  : Çıkış açısı (radyan)'dir.

## 2.6. Silaj Makinalarında Yükseltme Verimi;

(DUFFEE,1930), sabit silaj makinalarında, mısır sapları kıyımı için yaptığı deneylerde kıyılan malzemenin 35 ve 75 ft yüksekliklere çıkarıldığında gerçek yükseltme değerleri en küçük çevresel hızlarda bulunan teorik değerlerin % 42-53'ü arasında olduğunu saptamıştır. Başka bir denemesinde 100 ft'lik bir yüksekliğe ulaşıldığında verimin % 38'e düştüğünü bildirmiştir.

(SEGLER, 1951), yükseltme veriminin malzeme ağırlığının küp kökü ile ters orantılı değiştiğini deneyler neticesinde belirtmiştir.

(BERGE,1951), Silaj makinaları ile yaptığı tarla deneylerinde nemi alınmış yonca kıyımı için yaklaşık 4400 ft/dak'lık en küçük, kesme ünitesi çevresel hızında iyi tasarlanmış taşıma boruları ile arabanın tam olarak dolununun yapıldığını saptamıştır.

(BARRINGTON, 1953), mısır sapı kıyımı için yaklaşık 4000 ft/dak'lık en küçük kesme ünitesi çevresel hızında çalışmasının uygun olduğunu bildirmiştir.

## 2.7. Silaj Makinalarında Güç İhtiyacı:

(DUFFEE,1942), iki farklı uzunlukta yapılan mısır ürünü silajında her "inç" de bir kesim için kesme enerjisinin 0,12'den 0,26 Hp-h/t'a kadar değiştiğini saptamıştır.

(C.B. RICHEY,1958), % 70-75 nem oranında ve 1/2 ile 1 inç teorik kesme uzunluklarında yeşil yonca için yaptığı denemeler neticesinde her inç de bir kesme enerjisini 0,20 ile 0,30 Hp-h/t olarak bulmuştur.

(BLEVINS,1954), denemelerinde, belli nem oranı ve teorik kesme uzunluğunda, kesme gücünün besleme hızıyla doğru orantılı olduğunu belirlemiştir. Kesme bıçakları bilenmiş durumda kesme enerjisi, bıçak hızından bağımsız olarak değişim gösterdiğini, bıçaklar körelmiş ise daha yüksek bıçak hızlarında çalışma gereği duyulduğunu belirtmiştir. 25,4 mm'lik teorik kesme boyunda soldurulmuş yonca için yapılan denemelerde, yeşil yoncaya nazaran daha fazla kesme enerjisine gereksinim duyulduğu görülmüştür.

(G. SEGLER,1951), fanlarda kıyılmış malzemenin fırlatılması anında hava hızından daha büyük bir hıza sahip olan üfleme kanatçıkları çevresel hızını, kayıpları da hesaba katarak belirlemiştir.

(BARRINGTON,1953), kıyılmış mısır ürünü gibi büyük parçaların fan kanatçıkları ile gövde arasında çok az bir sürtünme etkisi göstermesine karşın diğer yem ürünlerinde oluşan küçük parçalı kıyımlarda daha büyük sürtünme etkisi gösterdiğini bildirmiştir. Çayır yem bitkileri kıyılırken gövdenin ısınmasını, sürtünme etkisi büyüklüğünün bir kanıtı olduğunu belirtmiştir.

(RICHTER,1954), parlatılmış galvaniz kaplamalı çelik yüzeyli gövde lerde malzemenin sürtünme katsayılarını değişik basınçlarda ve kayma hızlarında bir seri deney yaparak tayin etmiştir. Araştırmacı tasarım amacıyla aşağıdaki katsayıları önermektedir.

	<u>Statik</u>	<u>Dinamik</u>
Kıyılmış ot ve saman	0,35	0,30
Yeşil yemler	0,80	0,70

(BLEVINS,1954), % 23 nemli kıyılmış yeşil yonca ile paslanmaz çelik üzerinde bulunduğu sürtünme katsayılarını Richter'in değerlerine benzer bulmuş fakat mısır yemi için oldukça küçük değerler belirlemiştir.

#### 2.8. Silaj Makinalarında Toplam Enerji ihtiyacı ile ilgili Bildiriler:

(DUFFEE,1930), yeşil yem ürünü kıyıcıları üzerinde yaptığı deneyler sonucunda toplanan veriler yardımı ile mısır ürününü kesmek ve yükseltmek için ton başına ihtiyaç duyulan toplam enerji, fan kanatlarının çevresel hızına bağlı olarak değiştiğini belirlemiştir.

(BLEVINS,1954), % 74 nem oranında ve 4000 ft/dak ile 9000 ft/dak arasında çevresel hızlarda kıyılan yeşil yonca için toplam enerji ihtiyacını mısır ürünü kıyımı için bulunan toplam enerji ihtiyacından yaklaşık % 25 ile % 35 daha büyük değerler de belirlemiştir.

(BERGE,1951), nemi alınmış % 8 ile % 30 nem oranında yem ürünü kıyımı için 3 inç'lik teorik kesme boyunda ve 3600 ft/dak'lık çevresel hızda ton başına 1Hp-h güç ihtiyacı düşerken , 5000 ile 6000 ft/dak'lık çevresel hızlarda 1,5 Hp-h/ton'luk bir güç artışı olduğunu belirlemiştir.

#### 2.9. Silaj Makinalarında Kapasite ile ilgili Bildiriler:

(BARRINGTON,1953), silaj makinalarında mısır ürünü için gerçek kapasite teorik en büyük kapasitenin % 70'i yeşil yem ürünü için % 60'ı olduğunu belirlemiştir.

Sabit silaj makinalarında DUFFEE'nin elde ettiği sonuçlara göre % 75 nem oranında mısır ürünü 20,7 lb/ft<sup>3</sup>'lük ortalama yoğunluğa sahip olduğu tarla silaj makinaları için yaptığı deneylerde ise bu değerler daha büyük olduğu belirlemiştir.

(BERGE,1951), % 26 nem oranında ot kıyımı için etkili yoğunluğu 3,22 lb/ft<sup>3</sup> olarak belirlemiştir. Fakat BERGE deneylerinde en büyük besleme hızlarına ulaşamadığı için 3,45 lb/ft<sup>3</sup>'lük yoğunluk değerinin uygun olduğunu belirtmektedir.

(BARRINGTON,1953), yürür tip tarla silaj makinalarının besleme ünitesi en büyük teorik kapasitelerinin, 1/2 inç teorik kesme uzunluğunda mısır silajı için 50-75 t/h olduğunu belirlemiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Silindir tip kesme Üniteli sabit silaj makinası:

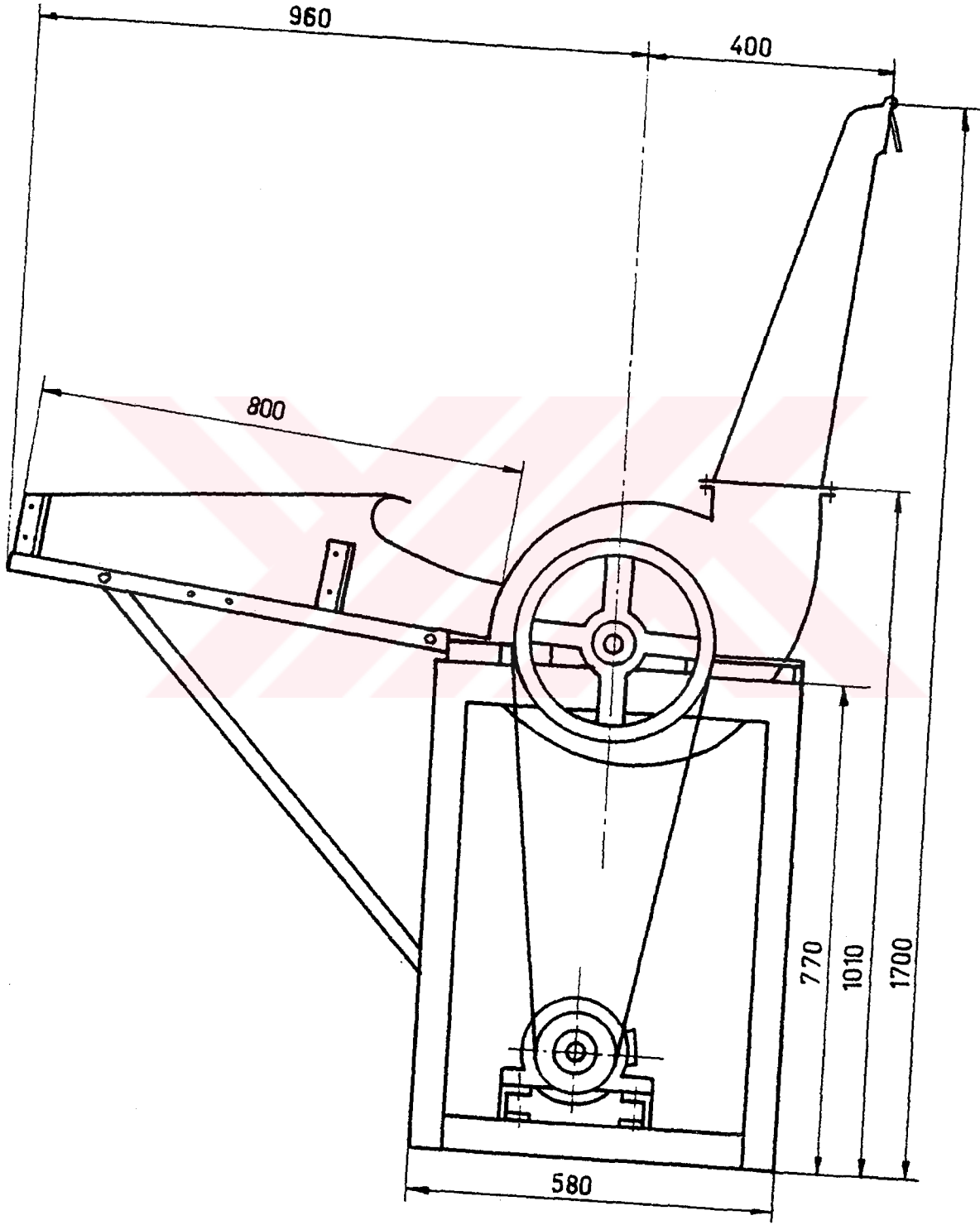
Araştırma materyali silindir tip kesme Üniteli sabit silaj makinası U.Ü.Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü Atelye ve Laboratuvarında Prototip çalışmaları neticesinde yapılmıştır. Makina imalat resimleri çizildikten sonra imalat ve montajı tamamlanmıştır (Şekil 7).

Silindir tip kesme Üniteli sabit silaj makinası 3 bölümden oluşmaktadır.

- a. Besleme Ünitesi,
- b. Kesme Ünitesi,
- c. Çıkış Ünitesi.

a. Besleme Ünitesi: Malzeme beslemesinin yapıldığı bir Ünitedir. Kesme Ünitesi girişine sökülebilir olarak bağlanmıştır. Ünite, 25 mm'lik köşebentten yapılmış çatı ve çatı üzerine monte edilmiş 1 mm'lik sac malzemeden yapılmış, "U" şeklinde gövdeden oluşturulmuştur. Kesme Ünitesi sehmasına M 12 civatalarla konsol şeklinde bağlanmıştır. Besleme yataylık açısını değiştirmek amacı ile yan bağlantı kollarının kademe ayarı bulunmaktadır.

b. Kesme Ünitesi: Kare şeklinde sehpa üzerine monte edilmiş üç bıçaklı, rulman yataklı silindir tip kesme rotoru, bir adet sabit bıçak ve rotor üzerini kaplayan salyangoz şeklinde gövdeden oluşmaktadır. Silindir tip kesme rotoru 40 mm'lik dolu mil üzerine monte edilmiş, 20 mm'lik plâtin demirinden yapılmış üç adet bıçak taşıyıcı disk ve bu diskler üzerine 120'şer derece açıyla bağlanmış üç adet düz kesme bıçağından oluşmaktadır. Rotor her iki yandan 40 mm'lik rulmanlı yataklarla sehpa üzerine yataklandırılmış olup düz kesme bıçakları "Ç 1090" genişliğinden yapılmıştır. Sabit bıçak aynı çelikten yapılmış olup sehpa üzerine M 10 civatalarla bağlanmıştır. Salyangoz şeklinde gövde ise 2 mm kalınlığında sac malzemeden yapılmıştır.



Sekil 7. Silindirik tip sabit silaj makinası şematik görünüşü



Sehpa üzerine montajı M 5 civatalarla sağlanmıştır. Silindir tip kesme rotoru üzerine kıyılmış malzemenin üflenmesi amacı ile fan görevi yapan 2 mm'lik sağtan yapılmış üç adet kanatçık monte edilmiştir. Kesme rotoru; kayış kasnak sistemi ile 4 kW gücünde 2997 min<sup>-1</sup> devirli üç fazlı elektrik motoru tarafından tahrik edilmektedir.

Elektrik motoru; sehpanın tabanına monte edilmiş olup üzerinde 140 mm çapında çift V kayışlı kasnak bulunmaktadır. Elektrik motor kasnağına karşılık kesme rotor mili üzerinde 250 mm çapında kasnak bulunmaktadır. Elektrik motorundan kesme rotor miline dönü hareket iletimi 17 mm'lik iki adet "V" kayış yardımı ile yapılmaktadır.

c. Çıkış Ünitesi: Çıkış Ünitesi, kıyılmış malzemenin römork veya taşıyıcı araba arkasına ya da doğrudan silaj çukuruna yüklenme yapılabilmesi amacı ile belli bir yükseklikte boru şeklinde oluşturulmuştur. Yükseldikçe daralan pramit şeklinde 2 mm'lik sağ malzemeden yapılmıştır. Çıkış ucunda kıyılmış malzemenin yönlendirilmesi ve istenen alana sevkedilebilmesi için hareketli klape bulunmaktadır.

### 3.1.2. Silajlık yem materyalinin özellikleri

3.1.2.1. Mısır sapı; Prototip olarak imal edilen sabit silaj makinasında kıyılacak birinci malzeme olarak sert mısır (zea mays indurata) çeşidi seçilmiştir. Seçilen deneme materyali mısır saplarının özelliği 8-9 boğumlu olması ve boğum aralarının bir öz tabakası ile dolu bulunmasıdır. Deneme için hasatı yapılmış mısır saplarının ortalama boyları 1,60 m ortalama kalınlıkları ise 21 mm civarındadır. Sürtünme katsayısı (0,30)'dur. Deneme hasat edilmiş mısır saplarının kurutulmasından sonra % 14 nem oranında yapılmıştır.

3.1.2.2. Yonca; Prototip olarak imal edilen sabit silaj makinasında kıyılacak ikinci malzeme olarak Adi yonca bitkisi (Medicago Lupulina L.) çeşidi seçilmiştir.

Adi yonca besleme özelliği ve yüksek veriminden dolayı Bursa yöresinde en fazla kùltürü yapılan bir yem bitkisidir. Yörede bu bitki genellikle çayır biçme makinaları ile hasat edilmekte ve yaklaşık 8000 kg/da verim alınmaktadır. Kurutma sonunda nemi alınmış yoncanın yaklaşık verimi 1800 kg/da ve en ideal nem oranı % 20 olmaktadır (YÜRÜR, 1987). Deneme için

hasatı yapılmış yoncanın ortalama boyu 21 cm ve en kalın dal çapı ise 3 mm'dir, Sürtünme katsayısı (0,30)'dur,

Deneme hasat edilmiş adi yonca % 12 nem oranına kadar kurutulduktan sonra yapılmıştır,

### 3.2. Yöntem

Literatürden elde edilen tasarım değerleri dikkate alınarak bölge çiftçiler ile yapılan görüşmelerin ışığında tasarımı gerçekleştirilen silaj makinasının imalatı ve denemesi sırasında izlenen yol aşağıda ana başlıklar altında toplanmıştır,

#### 3.2.1. Silindir tip kesme ünitesi sabit silaj makinası yapımı ve montajı:

Çalışma bir prototip yapımını içermesi nedeniyle araştırma materyali silindir tip sabit silaj makinasının yapımı sırasal ve işlevsel olarak bu kısımda detaylı olarak ele alınmıştır,

a. Kesme ünitesi sehpa yapımı: Üst çatı kare şeklinde olup 70 mm'lik köşebent demirlerinin alın altına kaynak edilmesi ile oluşturulmuştur. Sehpa çatısı için ayaklar, elektrik motoru montaj bağlantı kolları ve destekkolları 50 mm'lik köşebentten yapılmış olup birbirine alın altına kaynak edilerek birleştirilmiştir,

b. Silindir kesme rotorunun yapımı: Ø 40 mm'lik silindirik çelik mil üzerine özel şekilli üç adet bıçak taşıyıcı disk, kama ve civatalarla sabitlendikten sonra diskler üzerine üç adet kesme bıçağı, her birisi üçer adet civata ile bağlanmıştır,

c. Silindir kesme rotoru ve sabit bıçağının montajı: Kesme rotoru sehpa üzerine her iki yandan 111209 No'lu rulmanlı yataklarla bağlanmıştır. Sabit bıçak ise hareketli bıçakları tam karşılayacak şekilde sehpa önüne iki adet civata ile bağlanmıştır. Kesme aralığı ayarı için sabit bıçağa ileri geri hareket edebilme imkanı verilmiştir. En ideal kesme için sabit bıçak ile rotor üzerindeki hareketli bıçaklar arasında 2 mm'lik kesme aralığı bırakılmıştır. Sabit bıçağın üst yüzeyi ile kesme rotoru mil ekseni aynı seviyeye getirilebilmesi amacı ile sabit bıçak alttan platina demir

ile desteklendirilmiştir. Makaslama kesim amacı ile hareketli düz bıçaklar ile yatay arasında yaklaşık 7 derecelik açı bulunmaktadır.

d. Kesme Ünitesi Üzerini kaplayan salyangoz gövde yapımı ve montajı: Kesme Ünitesi dış dönme çemberi esas alınarak üst yarı silindir ve alt yarı silindir olarak iki parçalı yapılmıştır. Yan yüzeyler ve üst yüzeyler 2 mm'lik sac levhadan sac kesme makinası ile çıkartıldıktan sonra üst yüzeylerin silindirik bükümü yapılmış ve yan yüzeylere kaynak edilerek birleştirilmiştir. Kaynak edilerek oluşturulan alt ve üst silindir gövde parçaları kesme rotorunu kaplayacak şekilde sehpa üzerine M5 civatalarla montajı yapılmıştır.

e. Besleme Ünitesi yapımı ve montajı: Besleme Ünitesi çatı ve gövde olarak iki kısımdan oluşturulmuştur.

Çatı kısmı uzunlamasına iki adet 25 mm'lik köşebent demirinin besleme ağız genişliğinde aynı ölçüde köşebent demiri ile enlemesine alın altına kaynak edilerek oluşturulmuştur. Çatının iki ucu sehpa üzerinde kesme Ünitesi girişine mafsallı olarak bağlanmış, diğer serbest iki ucu besleme yönünde bırakılmıştır. Çatı besleme yönündeki uçlarından sehpa ayaklarına aynı ebatta sağ, sol iki adet köşebent demiri ile konsol şeklinde desteklendirilmiştir. Köşebent demir desteklerin bağlantısı sökülebilir olup paralel kollar üzerinde yataylık ayar olanağı bulunmaktadır.

Gövde kısmı 1 mm'lik sacdan "U" şeklinde bükülerek yapılmıştır. Besleme yönünden kesme Ünitesine doğru daralan bir yapıya sahiptir. Çatı üzerine perçin bağlantılar ile montajı yapılmıştır. Yanlardan aynı ebatta köşebent demirleri ile takviye edilmiş olup kesme Ünitesi girişinde üstten 1 mm'lik sac levha kaynak edilerek el girmesine mani olacak şekilde güvenlik önlemi alınmıştır.

f. Çıkış Ünitesi yapımı ve montajı: 2 mm'lik sac malzemeden piramit şeklinde yapılmıştır. Üç kenarı "U" şeklinde bükümü yapıldıktan sonra açık kalan yüzeyi aynı malzemeden bir levha ile alın altına kaynak edilerek oluşturulmuştur. Çıkış ağız üzerine üst kenarı mafsallı alt kenarı serbest durumda özel şekilli klape bağlanmıştır. Çıkış Ünitesi geniş yüzeyi, kesme Ünitesi salyangoz gövde çıkışına sızdırmazlık için lastik conta yapıştırılarak M5 civatalarla çepeçevre bağlanmıştır.

**g. Elektrik motorunun ve kasnaklarının montajı;**

Elektrik motoru sehpa çatısı tabanına kaynak edilmiş 50 mm'lik köşebent kollar üzerine civatalarla montajı yapılmıştır. Kasnak kayışlarının gergisi amacıyla köşebent demir kollar üzerinde motorun yatay hareketini sağlayan oval delikler açılmıştır. Elektrik motor mili kasnağı, mil üzerine sıkı geçme olarak kama yardımıyla montajı yapılmış olup kasnağın mil üzerinde aksenal hareketini önlemek amacıyla kasnak üzerinde sıkma civatası bulunmaktadır. Kesme Ünitesi kasnağı, Ünite mili üzerine, motor mili kasnağında olduğu gibi sıkı geçme olarak ve kama yardımıyla montajı yapılmış olup aksenal hareketini önlemek amacıyla üzerinde sıkma civatası bulunmaktadır.

Her iki kasnağın dönü hareketi aynı düşey düzlemde çalışan 17 mm'lik gift "V" kayış yardımı ile sağlanmıştır.

**3.3. Deneme Yöntemi;**

**3.3.1. Yem ürünlerinin makinada besleme oranlarının belirlenmesi;**

Silaj makinasına kıyılacak materyal yavaş, normal ve hızlı olmak üzere üç hızda beslenmiştir. Beslemeler üç tekerrürlü yapılarak bulunan iş kapasitesi değerleri (kg / min) cinsinden saptanmıştır. Bulunan sonuçlar Ton/h'e çevrilerek makina kapasitesi bulunmuştur.

**3.3.2. Yem ürünleri gerçek kesme boylarının belirlenmesi;**

Her iki yem ürünü için kesme boyları sabit bıçak sayısında ve sabit bıçak hızında çeşitli besleme hızlarına göre saptanmıştır. Alınan örneklerden yapılan ölçümler sonunda kesme boyları aritmetik ortalama değerleri bulunarak tanımlanmıştır.

**3.3.3. Yem ürünlerinin (kW-h/t) Olarak Kesme Enerjilerinin Belirlenmesi;**

Her iki ürün için değişik besleme hızlarında farklı kesme boyları elde edilmiştir. Her bir üründe iki farklı kesme boyu için güç değerleri saptanarak aşağıdaki kesme enerjisi eşitliğine göre ton başına kilowatsaat enerji olarak bulunmuştur.

Birim boy (cm) için kesme enerjisi artışı;

$$\text{Kesme enerjisi} = \frac{W_1 - W_2}{1/C_1 - 1/C_2} \quad (\text{kW-h/t}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

(DUFFEE, 1953)

Burada;

$W_1$  : Yavaş beslemede ve  $C_1$ , kesme boyunda enerji (kW-h/t)

$W_2$  : Hızlı beslemede ve  $C_2$ , kesme boyunda enerji (kW-h/t)

$C_1$  : Yavaş beslemede ortalama kesme boyu (cm)

$C_2$  : Hızlı beslemede ortalama kesme boyu (cm)'dir,

### 3.3.4. Yem Ürünlerinin (kW-h/t) Olarak Kinetik Enerji Değerlerinin Belirlenmesi;

Her iki yem ürünü için kesme ünitesi sabit çevresel hızında kinetik enerji değerleri aşağıdaki eşitlikte saptanmıştır.

$$\text{Kinetik enerji} = \frac{v^2}{8038} \quad (\text{kW-h/t}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

(SEGLER, 1951)

Burada;

$V$  : Kesme ünitesi çevresel hızı (m/s)'dir,

Çevresel hız ise;

$$V = \frac{\pi \times D \times N}{60} \quad (\text{m/s})$$

$D$  : Kesme ünitesi çapı (m)

$N$  : Kesme ünitesi devir sayısı ( $\text{Min}^{-1}$ )'dir,

### 3.3.5. Kıyılan Materyallerin Makina Gövdesinde Oluşturduğu Sürtünme Kaybının Belirlenmesi;

Her iki yem ürünü için kesme ünitesi çevresel hızı sabit olması nedeniyle sürtünme kayıpları, nem ve besleme oranlarına bağlı olarak aşağıdaki eşitliğe göre belirlenmiştir.

$$\text{Sürtünme} = \frac{\mu \times V^2 \times \theta \times R}{3508477} \quad (\text{kW}) \dots\dots\dots (3)$$

(BARRINGTON, 1953)

Burada;

- $\mu$  : Sürtünme katsayısı (0,30)
- V : Kesme Ünitesi çevresel hızı (m/s)
- $\theta$  : Kırılmış materyalin gövde çemberine temas açısı (Derece)
- R : Besleme oranı (kg/min)

### 3.3.6. Kırılmış Materyallerin Teorik Düşey Kaldırma Yüksekliğinin Belirlenmesi;

Her iki yem ürünü için teorik kaldırma yüksekliği kesme ünitesi çevresel hızı sabit olması nedeniyle aynı değerde bulunmuştur. Gerçek kaldırma yüksekliği ise yem ürünü nem oranlarına ve yoğunluklarına bağlı olarak teorik değerlerin altında bulunmuştur.

$$h = \frac{V^2}{2g} \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (4)$$

- h : Kırılmış materyalin kaldırma yüksekliği (m)
- V : Kesme Ünitesi çevresel hızı (m/s)
- g : yerçekimi ivmesi (m/s<sup>2</sup>)

### 3.3.7. Toplam Güç ihtiyacının (kW) cinsinden Belirlenmesi;

Her iki yem ürünü için değişik besleme hızlarında elektrik motorunun şebekeden çektiği akıma göre güç hesabı yapılmıştır. Bu amaçla aşağıdaki eşitlikten (kW) olarak toplam güç değerleri, belirlenmiştir.

$$P = \frac{U \times I \times \sqrt{3} \times \text{Cos} \delta}{1000} \quad (\text{kW}) \dots\dots\dots (5)$$

Burada;

- P : Toplam güç (kW)

- U : Üç faz gerilimi (Volt)  
I : Akım şiddeti (Amper)  
Cos $\delta$  : Güç faktörü

### 3.3.8. Gerçek ve Teorik Kapasitenin Belirlenmesi;

Her iki ürün için makina çıkışında gerçek kapasite değerleri (kg/h) olarak saptanmıştır.

Teorik kapasite değerleri ise kesme ünitesi devri, bıçak sayısı, teorik kesme uzunluğu, besleme boğaz alanı ve yoğunluk değerlerine göre sabit olması nedeniyle aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

$$C = 0,06 \times D \times H \times W \times M \times S \times N \quad (\text{t/h}) \quad \dots \dots \dots (6)$$

Burada;

- C : Teorik en büyük kapasite (T/h)  
D : Yoğunluk (kg/dm<sup>3</sup>)  
H : Giriş ağız yüksekliği (dm)  
W : Giriş ağız genişliği (dm)  
M : Teorik kesme uzunluğu (dm)  
S : Bıçak sayısı  
N : Kesme Ünitesi devir sayısı (min<sup>-1</sup>)'dir.

### 3.3.9. Kesme Ünitesi Üzerinde Bulunan Üfleme Kanatçık Uzunluklarının Belirlenmesi;

Kesme Ünite gövdesi çıkış açısına ve mil merkezinden kanatçık ucuna kadar yarıçap mesafesine bağlı olarak kanatçıkların uzunluk hesabı aşağıda verilen eşitliğe göre belirlenmiştir.

$$L = R \left( 1 - \frac{1}{\text{Cosh } \theta} \right) \quad (\text{mm}) \quad \dots \dots \dots (7)$$

Burada;

- L : Kanatçık uzunluğu (mm)  
R : Kanatçık ucundan mil merkezine, yarıçap mesafesi (mm)  
 $\theta$  : Çıkış açısı (radyan)'dir.

### 3.3.10. Makina Gövde Çıkışında Kırılmış Ürünün Boşaltma Hızının Belirlenmesi;

Kırılmış yem ürünlerinin kesme ünitesi üzerinde teğetsel hızına ve kırılmış ürünün boşaltma açısına bağlı olarak aşağıda verilen eşitliğe göre belirlenmiştir.

$$\tan \alpha = \frac{\sinh \theta}{\cosh \theta} \dots \dots \dots (8)$$

Burada; Şekil 3'e göre

$\alpha$  : Boşaltma doğrultusu ile teğetsel doğrultu arasındaki açı (derece)

$\theta$  : Kırılmış parçaların radyal harekete başlama açısı (radyan)'dır.

$$V_D = \frac{V_T}{\cos \alpha} \quad \text{m/s}$$

$V_D$  : Boşaltma hızı (m/s)

$V_T$  : Teğetsel boşaltma hızı (m/s)

### 3.3.11. Elektrik Motoru ve Kesme Ünitesi Millerinin Döndürme Momentlerinin Belirlenmesi;

Elektrik motoru ve kesme ünitesi mil güçleri ile devirlerine bağlı olarak  $M_d$  döndürme moment hesapları ve kuvvet çözümlemesi aşağıda verilen eşitliğe göre belirlenmiştir.

$$M_d = 71620 \times \frac{G}{N} \quad (\text{kg/cm}) \dots \dots \dots (10)$$

Burada;

$M_d$  : Döndürme momenti (kg/cm)

$G$  : Elektrik motor gücü (Hp)

$N$  : Elektrik motor devir sayısı ( $\text{min}^{-1}$ )

$$P = \frac{M_d}{d/2} \quad (\text{kg}) \dots \dots \dots (11)$$



Burada;

P : Kama kesme kuvveti (kg)

d : Motor mil çapı (cm)

$$T = \frac{P}{A} \quad (\text{kg/cm}^2) \dots\dots\dots (12)$$

Burada;

T : Kesme gerilmesi (kg/cm<sup>2</sup>)

A : Kama kesilme alanı (cm<sup>2</sup>)

### 3.3.12. Kesme Ünitesi mil çapının belirlenmesi

Kesme Ünitesi mil gücüne ve devrine bağlı olarak mil çapı aşağıda verilen eşitliğe göre belirlenmiştir.

mil malzemesi (st 42) çeliği için

$$d = 14,4 \sqrt[3]{\frac{G}{N}} \quad (\text{cm}) \dots\dots\dots (13)$$

Burada;

d : Kesme Ünitesi mil çapı (cm)

G : Kesme Ünitesi mil gücü (Hp)

N : Kesme Ünitesi devir sayısı (min<sup>-1</sup>)

#### 4. DENEY SONUÇLARI

Materyal ve metod bölümünde açıklandığı gibi denemeler silindir tip kesme üniteli sabit silaj makinası ile yapılmıştır.

Deneylerde yem ürünü kıyımı için özellikleri belirtilen mısır sapı ve yonca ürünleri seçilmiştir.

##### 4.1. Besleme oranlarının belirlenmesi

###### a. Mısır sapı için:

Nem oranı: % 14

Çizelge 1. Mısır Sapı için Değişik Hızlarda Besleme Oranları

Besleme şekli	Ortalama bes. oranı (kg/min)	Standart hata	Standart sapma	Varyasyon katsayısı %	En küçük bes. oranı (kg/min)	En büyük bes. oranı (kg/min)
Yavaş besleme	3,67	± 0,1249	0,3306	9,0	2,95	3,97
Normal besleme	7,20	± 0,0851	0,2254	3,13	6,90	7,50
Hızlı besleme	7,66	± 0,0913	0,2418	3,15	7,35	7,95

Çizelge 1'den görüldüğü gibi yavaş beslemede ortalama besleme oranı 0,22 T/h, normal ve hızlı beslemede sırasıyla 0,43 - 0,46 T/h olmuştur. Varyasyon katsayıları incelendiğinde yavaş beslemede beslemenin muntazam olmamasının bir göstergesi olarak % varyasyon katsayısı 9,0 bulunmuştur. Buna karşılıklı daha muntazam bir besleme oranı göstergesi olarak normal ve hızlı beslemelerde ise % varyasyon katsayıları 3,13 ve 3,15 bulunmuştur.

###### b. Yonca için:

Nem oranı: % 12

Çizelge 2. Yonca için Değişik Hızlarda Besleme Oranları

Besleme şekli	Ortalama bes. oranı (kg/min)	Standart hata	Standart sapma	Varyasyon katsayısı %	En küçük bes. oranı (kg/min)	En büyük bes. oranı (kg/min)
Yavaş besleme	3,60	± 0,0967	0,2560	7,11	3,20	3,90
Hızlı besleme	9,33	± 0,1123	0,2973	3,18	8,92	9,70

Çizelge 2'den görüldüğü gibi yavaş beslemede ortalama besleme oranı 0,216 T/h, ve hızlı beslemede ise 0,560 T/h olmuştur. Varyasyon katsayıları incelendiğinde yavaş beslemede beslemenin muntazam olmamasının bir

göstergesi olarak % varyasyon katsayısı 7,11 bulunmuştur. Buna karşılık daha muntazam bir besleme oranı göstergesi olarak hızlı beslemede ise % varyasyon katsayısı 3,18 bulunmuştur.

#### 4.2. Gerçek kesme boylarının belirlenmesi

##### a. Mısır sapı için:

Nem oranı: % 14

Çizelge 3. Mısır Sapı için Değişik Besleme Hızlarında Kesme Boyları

Besleme şekli	Ortalama kes. boyu (mm)	Standart hata	Standart sapma	Varyasyon katsayısı %	En küçük kes. boyu (mm)	En büyük kes. boyu (mm)
Yavaş besleme	37	± 1,1629	4,5040	12,17	29	45
Normal besleme	45	± 1,2946	5,0143	11,14	38	53
Hızlı besleme	57	± 1,3522	5,2372	9,18	48	65

Çizelge 3'den görüldüğü gibi yavaş beslemede ortalama kesme boyu 37 mm , normal ve hızlı beslemede ise sırasıyla 45 ve 57 mm bulunmuştur. Varyasyon katsayıları incelendiğinde yavaş beslemede beslemenin muntazam olmamasının bir göstergesi olarak % varyasyon katsayısı 12,17 bulunmuştur. Buna karşılık daha muntazam bir besleme oranı göstergesi olarak normal ve hızlı beslemelerde ise % varyasyon katsayıları 11,14 ve 9,18 bulunmuştur.

##### b. Yonca için:

Nem oranı: % 12

Çizelge 4. Yonca için Değişik Besleme Hızlarında Kesme Boyları

Besleme şekli	Ortalama kes. boyu (mm)	Standart hata	Standart sapma	Varyasyon katsayısı %	En küçük kes. boyu (mm)	En büyük kes. boyu (mm)
Yavaş besleme	45	± 2,5279	9,7906	21,75	32	61
Hızlı besleme	65	± 1,7402	6,7401	10,36	53	75

Çizelge 4'den görüldüğü gibi yavaş beslemede ortalama kesme boyu 45 mm hızlı beslemede ise 65 mm bulunmuştur. Varyasyon katsayıları incelendiğinde yavaş beslemede beslemenin muntazam olmamasının bir göstergesi olarak % varyasyon katsayısı 21,75 bulunmuştur. Buna karşılık daha muntazam bir besleme oranı göstergesi olarak hızlı beslemede ise % varyasyon katsayıları 10,36 bulunmuştur.

#### 4.3. Kesme enerji değerlerinin belirlenmesi

##### a. Mısır sapı için:

###### Yavaş beslemede alınan değerler:

Ortalama akım şiddeti	: 4,8 Amper
Üç faz gerilimi	: 380 Volt
cosφ	: 0,8
C <sub>1</sub> , kesme boyu	: 3,7 cm
Saatte besleme oranı	: 220,2 kg/h

Eşitlik 5'e göre;

$$\text{Güç} \quad ; \quad P_1 = 2,52 \text{ kW} \quad \text{ve}$$

Ton başına enerji,  $W_1 = 11,44 \text{ kW-h/t}$  bulunmuştur.

###### Hızlı beslemede alınan değerler

Ortalama akım şiddeti	: 6,8 Amper
Üç faz gerilimi	: 380 Volt
cosφ	: 0,8
C <sub>2</sub> , kesme boyu	: 5,7 cm
Saatte besleme oranı	: 460 kg/h

Eşitlik 5'e göre;

$$\text{Güç} \quad ; \quad P_2 = 3,58 \text{ kW} \quad \text{ve}$$

Ton başına enerji ,  $W_2 = 7,78 \text{ kW-h/t}$  bulunmuştur.

Buradan eşitlik 1'e göre;

Birim boy (cm) için kesme enerjisi  $38,5 \text{ kW-h/t}$  olarak bulunmuştur.

##### b) Yonca için:

###### Yavaş beslemede alınan değerler:

Ortalama akım şiddeti	: 5,2 Amper
Üç faz gerilimi	: 380 Volt
Cosφ	: 0,8

$c_1$ , kesme boyu : 4,5 cm  
Saatte besleme oranı : 216 kg/h

Eşitlik 5'e göre;

Güç ;  $P_1 = 2,74$  kW ve

Ton başına enerji;  $W_1 = 12,68$  kW-h/t bulunmuştur.

Hızlı beslemede alınan değerler:

Ortalama akım şiddeti : 5,9 Amper  
Üç faz gerilimi : 380 Volt  
 $\cos\delta$  : 0,8  
 $c_2$ , kesme boyu : 6,5 cm  
Saatte besleme oranı : 560 kg/h

Eşitlik 5'e göre;

Güç ;  $P_2 = 3,10$  kW ve

Ton başına enerji;  $W_2 = 5,53$  kW-h/t bulunmuştur.

Buradan eşitlik 1'e göre;

Birim boy (cm) için kesme enerjisi 106,7 kW-h/t olarak bulunmuştur.

#### 4.4. Kinetik Enerji Değerlerinin Belirlenmesi

Kesme Ünitesi çapı (D) : 0,28 m

Kesme Ünitesi devir sayısı (N); 1635 min<sup>-1</sup>

Kesme Ünitesi çevresel hızı ;  $V = 24$  m/s

Eşitlik 2'ye göre;

Kinetik enerji = 0,071 kW-h/ton'dur.

#### 4.5. Silaj Makinası Gövdesinde Oluşan Sürtünme Kaybının Belirlenmesi

##### a) Mısır sapı için:

Sürtünme katsayısı ( $\mu$ )	:	0,30
Çevresel hızı (V)	:	24 m/s
Gövde çemberine temas açısı ( $\theta$ )	:	120°
Hızlı besleme oranı (R)	:	7,66 kg/min

Eşitlik 3'e göre;

Sürtünme = 0,0450 kW olmaktadır,

##### b. Yonca için:

Sürtünme katsayısı ( $\mu$ )	:	0,30
Çevresel hızı (V)	:	24 m/s
Gövde çemberine temas açısı ( $\theta$ )	:	120°
Hızlı besleme oranı (R)	:	9,33 kg/min

Eşitlik 3'e göre;

Sürtünme kaybı = 0,055 kW olmaktadır,

#### 4.6. Kıyılmış Yem Ürünü Teorik Kaldırma Yüksekliğinin Belirlenmesi;

Kesme ünitesi çevresel hızı (V)	:	24 m/s
yerçekimi ivmesi (g)	:	9,81 m/s <sup>2</sup>

Eşitlik 4'e göre;

Kaldırma yüksekliği ; h = 29 m bulunmuştur,

#### 4.7. Toplam Güç ihtiyacınının (kW) Cinsinden Belirlenmesi

##### a. Mısır sapı için;

##### Yavaş beslemede;

Üç faz gerilimi	:	380 volt
Akım şiddeti	:	4,8 Amper
Cos $\phi$	:	0,8

Eşitlik 5'e göre;

Toplam güç ; P = 2,52 kW

Normal beslemede;

Üç faz gerilimi ; 380 volt

Akım şiddeti ; 5,5 Amper

Cos $\delta$  ; 0,8

Eşitlik 5'e göre;

Toplam güç ; P = 2,89 kW

Hızlı beslemede;

Üç faz gerilimi ; 380 volt

Akım şiddeti ; 6,8 Amper

Cos $\delta$  ; 0,8

Eşitlik 5'e göre;

Toplam güç ; P = 3,57 kw değerlerinde olmaktadır,

b. Yonca için:

Yavaş beslemede;

Üç faz gerilimi ; 380 volt

Akım şiddeti ; 5,2 Amper

Cos $\delta$  ; 0,8

Eşitlik 5'e göre;

Toplam güç; P = 2,73 kW

Hızlı beslemede

Üç faz gerilimi ; 380 volt

Akım şiddeti ; 5,9 Amper

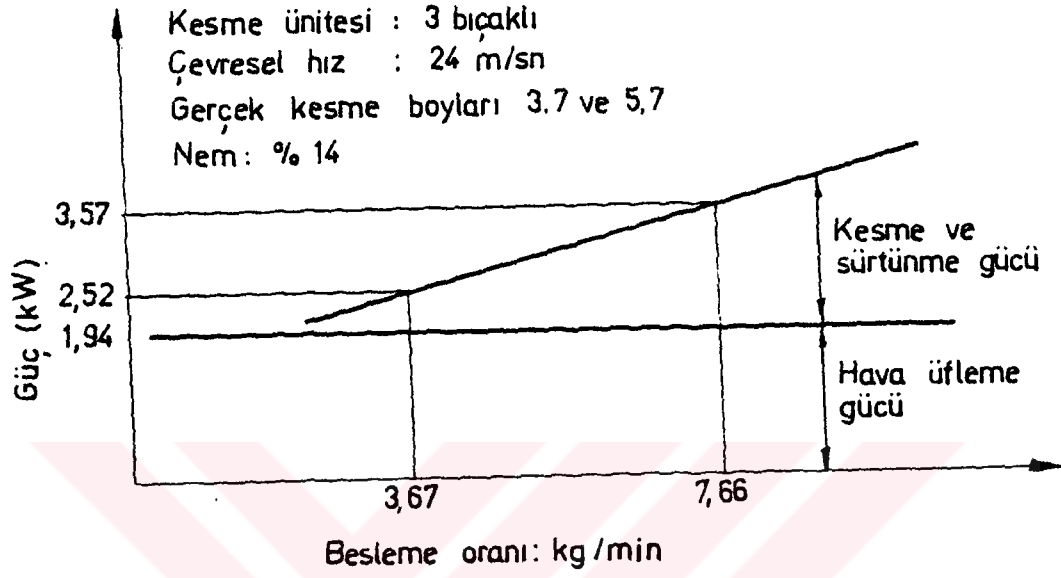
Cos $\delta$  ; 0,8

Toplam güç ; P = 3,10 kw

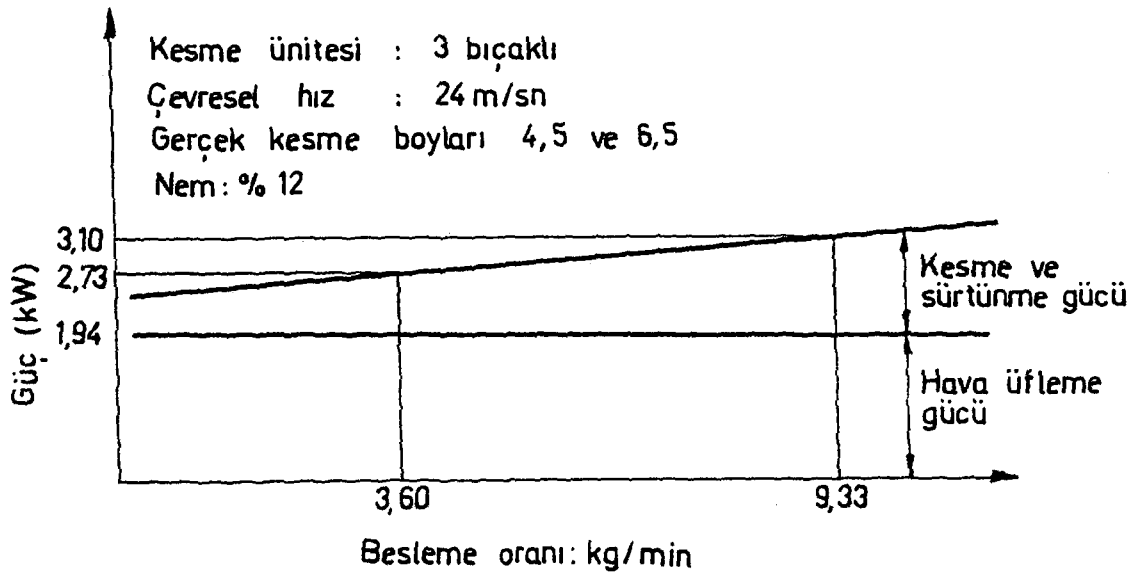
c. Materyal beslemesi olmadan kesme ünitesi boşa çalışma durumunda üfleme havası için sarfedilen gücün belirlenmesi;

Üç faz gerilimi ; 380 volt

Akım şiddeti ; 3,7 Amper



Şekil 8. Nemi alınmış mısır sapı için besleme oranları ile güç ilişkisi



Şekil 9. Nemi alınmış yonca için besleme oranları ile güç ilişkisi



$\cos\delta$  ; 0,8

Eşitlik 5'e göre;

Güç ;  $P = 1,94$  kW

#### 4.8. Kapasite

##### a. Mısır sapı için;

Yoğunluk (D) ; 0,036 kg/dm<sup>3</sup>  
Giriş ağız yüksekliği (H) ; 0,76 dm  
Giriş ağız genişliği (W) ; 3,30 dm  
Teorik kesme uzunluğu (M) ; 0,12 dm  
Bıçak sayısı (S) ; 3  
Kesme ünitesi hızı (N) ; 1635 min<sup>-1</sup>

Eşitlik 6'ya göre;

En büyük teorik kapasite;  $C = 3,18$  t/h değerindedir. Bu değer in Hızlı beslemede gerçekleşen kapasitesi ise  $C = 0,46$  t/h olmaktadır.

##### b. Yonca

Yoğunluk (D) ; 0,051 kg/dm<sup>3</sup>  
Giriş ağız yüksekliği (H) ; 0,76 dm  
Giriş ağız genişliği (W) ; 3,30 dm  
Teorik kesme uzunluğu (M) ; 0,12 dm  
Bıçak sayısı (S) ; 3  
Kesme ünitesi hızı (N) ; 1635 min<sup>-1</sup>

Eşitlik 6'ya göre;

En büyük teorik kapasite,  $C = 4,5$  t/h bulunmuştur. Bu değer in Hızlı beslemede gerçekleşen kapasitesi ise  $C = 0,56$  t/h olmaktadır.

#### 4.9. Kesme Ünitesi Üzerinde Bulunan Kanatçık Uzunluklarının Belirlenmesi

$R = 129$  mm

$\theta = 70^\circ = 1,22$  Radyan

$$\cosh\theta = \frac{e^\theta + e^{-\theta}}{2} = \frac{e^{1.22} + e^{-1.22}}{2} = 1,83$$

Eşitlik 7'ye göre;

Kanatçık uzunluğu; L = 58 mm'dir.

#### 4.10. Gövde Çıkışında Kıyılmış Materyalin Boşaltma Hızının Belirlenmesi;

Eşitlik 8'e göre;

$$\theta = 50^\circ = 0,87 \text{ radyan}$$

$$\sinh\theta = \frac{e^\theta - e^{-\theta}}{2} = \frac{e^{0,87} - e^{-0,87}}{2} = \frac{2,38 - 0,41}{2} = 0,985$$

$$\cosh\theta = \frac{e^\theta + e^{-\theta}}{2} = \frac{e^{0,87} + e^{-0,87}}{2} = 1,395$$

$$\tan\alpha = 0,706 \rightarrow \cos\alpha = 0,816 \text{ 'dir.}$$

Eşitlik 9'a göre;

$$\cos\alpha = 0,816$$

$$VT = 24 \text{ m/s}$$

$$\text{Boşaltma hızı; } VD = 29,41 \text{ m/s'dir}$$

#### 4.11. Silaj Makinası Elektrik Motor ve Kesme Ünitesi Millerinin Döndürme Momentlerinin Belirlenmesi

a. Elektrik motor mili döndürme momenti;

Eşitlik 10'a göre;

Elektrik motor gücü (G) ; 4 kW

Elektrik motor devir sayısı (N) ; 2997 min<sup>-1</sup>

$$Md = 131,43 \text{ kgcm}$$

Motor mili kama kesme kuvvetinin belirlenmesi

Motor mili çapı (d) ; 3,8 cm

Eşitlik 11'e göre;  $P = 69,17$  kg'dır.

Eşitlik 12'ye göre;

Kama genişliği, (b) = 1 cm

Kama uzunluğu, (L) = 5 cm

(P) = 69,17 kg

$A = b \times L = 5 \text{ cm}^2$  ve

$T = 13,83 \text{ kg/cm}^2$  olarak bulunmuştur.

Kama malzemesi st 42 çeliği için  $\text{rem} = 120 \text{ kg/cm}^2$

$120 > 13,83$  tasarım uygunluğu sağlanmıştır.

Motor mili kama ezilme kuvveti;

Kama kasnak içinde kalan yüksekliği (h); 0,6 cm

Kama uzunluğu ; 5 cm

$A = h \times L = 0,6 \times 5 = 3 \text{ cm}^2$

$P = 69,17 \text{ kg}$

$$P = \frac{P}{A} = \frac{69,17}{3} = 23 \text{ kg/cm}^2$$

Kama malzemesi st 42 çeliği için  $\text{pem} = 450 \text{ kg/cm}^2$

$450 > 23$  tasarım uygunluğu sağlanmıştır.

b. Kesme Ünitesi mili döndürme momentinin belirlenmesi

Eşitlik 10'a göre;

Güç (G) ; 4 kW

Kesme Ünitesi mili kama kesme kuvvetinin belirlenmesi

$M_d = 240,92 \text{ kgcm'dir}$

Kesme Ünitesi mili kama kesme kuvveti

Eşitlik 11'e göre;

$$\text{Mil çapı (d)} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Kama genişliği (b)} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{Kama uzunluğu (L)} = 5,6 \text{ cm}$$

$$A = 5,6 \text{ cm}^2 \text{ dir.}$$

Eşitlik 12'ye göre ise;

$$\tau = 21,51 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{em} = 120 > 21,51 \text{ tasarım açısından uygun bulunmaktadır.}$$

**Kesme Ünitesi mili kama ezilme kuvvetinin belirlenmesi;**

$$\text{Kama kasnak içinde kalan yüksekliği (h)} ; 0,6 \text{ cm}$$

$$\text{Kama uzunluğu (L)} ; 5,6 \text{ cm}$$

$$A = h \times L = 3,36 \text{ cm}^2 \text{ dir.}$$

$$P = 120,46 \text{ kg'dır. Buradan}$$

$$P = 35,85 \text{ kg/cm}^2 \text{ bulunur.}$$

$$450 > 35,85 \text{ değeri ise tasarım için uygundur.}$$

**4.12. Kesme Ünitesi mil çapının belirlenmesi**

Eşitlik 13'e göre

$$\text{Kesme Ünitesine nakledilen güç (G)} ; 4 \text{ kW}$$

$$\text{Kesme Ünitesi mil devir sayısı (N)} ; 1635 \text{ min}^{-1}$$

$$d = 2,20 \text{ cm}$$

Kesme Ünitesi mil çapı 4 cm seçilmiştir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1. Sonuçların Değerlendirilmesi

Denemede prototip olarak yapılan silaj makinası üzerinde çeşitli değişiklikler yapıldıktan sonra en uygun olabilecek çalışma şekli belirlenmiştir.

Kıyılacak materyal olarak bölgemizde yaygın silajlık ürünler seçilmiştir.

Alınan deney sonuçları literatürde verilen değerlerle karşılaştırılmış olup, araştırmacılara göre mevcut koşullarda yaklaşık değerler elde edilmiştir.

Mevcut oranlara göre; mısır sapı için % 14 nemde, 0,036 kg/cm<sup>3</sup>'lük yoğunluk değerinde ve en büyük besleme hızında, 7,66 kg/min'lik besleme oranı tespit edilirken, yonca için % 12 nem oranında ve en büyük besleme hızında 9,33 kg/min'lik besleme oranı belirlenmiştir.

Kesme boyları ise, kesme ünitesi bıçak sayısı ve devir adedi sabit olduğu için değişik besleme hızlarına göre tayin edilmiştir.

Mısır sapı için yavaş beslemede ortalama 3,7 cm kesme boyu elde edilirken hızlı beslemede bu değer yaklaşık 1,5 katı büyüklüğünde bir değer elde edilmiştir.

Yonca için yavaş beslemede ortalama 4,5 cm kesme boyu elde edilirken hızlı beslemede bu değer yaklaşık 1,4 katı büyüklükte bir değer saptanmıştır.

Kesme ünitesi bıçak ve devir sayısı sabit olması nedeniyle besleme hızı değiştirilmek suretiyle istenen kesme boyları elde edilebilmektedir.

(DUFFEE, 1942)'ye göre % 60 civarında neme sahip mısır sapının her birim (cm) boyu için kesme enerjisi 0,22 ile 0,49 kW-h/t değerleri arasında değişmektedir. Deneme nemi alınmış (% 14) mısır sapı için yapıldığında kesme enerjisi 38,5 kW-h/t değerinde bulunmuştur. Bu durumda kesme enerji değeri nem oranına bağlı olarak ters orantılı artmaktadır.

(C.B, RICHEY, 1958)'ye göre % 70-75 nem oranında yeşil yonca kesme enerjisi beher (cm) için 0,37 ile 0,56 kW-h/t değerleri arasında bulunmuştur. Mısır ürününde olduğu gibi nemi alınmış (% 12) yoncada her (cm) boy için kesme enerjisi 106,7 kW-h/t değerinde belirlenmiştir.

Kinetik enerji değerleri 24 m/s'lik sabit ęevresel hızda 0,071 kW-h/t olarak her iki őrün için aynı değerde bulunmuştur.

Makina gövdesinde meydana gelen sőrünme kaybı; sőrünme katsayısı, ęevresel hız ve gövde ęemberine temas açısı değerleri sabit olması nedeniyle besleme oranı değerlerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Hızlı besleme oranına göre sőrünme kaybı, 0,045 kW olarak bulunmuştur. Yonca için bu değer besleme oranına göre 0,055 kW bulunmuştur.

Toplam güç değerleri, ęeşitli besleme hızlarında şebekeden ęekilen akım değerlerine göre değiştii belirlenmiştir. Besleme hızı artıkça toplam güç değerlerinin artığı belirlenmiştir. Hızlı beslemede bulunan toplam güç değerleri mısır için 3,57 kW ve yonca için 3,10 kW değerinde öngörülen sınırlar içinde bulunmuştur. Elde edilen 3,57 kW en büyük toplam güç değerine karşılık 4 kW gücünde elektrik motoru kullanılmaktadır.

Gövde çıkışında kıyılmış őrünün boşaltma hızı, kesme ünitesi ęevresel hızına ve kıyılmış parçaların kanatçıkları terketme açısına bağlı olarak belirlenmiştir. Kıyılmış parçaların kanatçıklar üzerinden radyal harekete geçme açısı yaklaşık 50° alındığında sabit ęevresel hıza bağlı olarak boşaltma hızı 29,41 m/s değerinde bulunmuştur. Kıyılmış malzemenin teorik kaldırma yüksekliği 29 m bulunurken geręek kaldırma yüksekliği literatür değerlerine göre sőrünme kayıplarından dolayı bu değerin % 53'ü kadardır (DUFFEE, 1930). Bu durumda geręek kaldırma yüksekliği yaklaşık 15 metre bulunmaktadır.

Ancak, çıkış ünitesi yüksekliği tarım arabası gibi taşıma arabaları dolun seviyesinde yapıldığından kıyılmış őrünün istenen uzaklığa sevk edilmesi gözlenmiştir. Kapasiteleri, malzeme yoğunluklarına ve dakikada besleme hacimlerine bağlı olarak değişmektedir. ęeşitli besleme hızlarında yapılan denemelerde malzeme yoğunluğuna bağlı olarak kapasite tayini yapılmıştır. % 14 nem oranında ve en büyük besleme hızında 0,036 kg/dm<sup>3</sup>'lük yoğunlukta mısır sapı için geręek kapasite değeri 0,46 t/h bulunurken % 75 nem oranında mısır őrünü için 0,33 kg/dm<sup>3</sup>'lük yoğunlukta (BARRINGTON, 1953), kapasitenin 9 kat artacağı kapasite eşitliğinde açıkça görölmektedir. % 12 nem oranında ve 0,05 kg/dm<sup>3</sup>'lük bir yoğunlukta yonca için geręek kapasite değeri 0,56 t/h bulunurken % 26 nem oranında yonca için 0,052 kg/dm<sup>3</sup>'lük bir yoğunluk için (BERGE, 1951), kapasitenin yaklaşık olarak aynı değerde bulunacağı görölmektedir. Geręek kapasite değerleri teorik kapasite değerlerinin % 60 yada % 70'i kadar olmaktadır

(ÜLGER, 1982), Yaklaşık % 60 nem oranında yeşil mısır sapları için 1988 Ağustos ayında yapılan denemelerde kapasitenin 2 t/h bulunması alınan değerlerin doğruluğunu kanıtlamaktadır. Kesme Ünitesi üzerinde bulunan üfleme kanatçıklarının uzunluğu 5,8 cm değerinde gövde konstrüksiyonuna uygun bulunmuştur. Silaj makinası elektrik motor ve kesme ünitesi millerinin döndürme momentleri motor gücüne ve devirlerine bağlı olarak belirlenmiştir. Bulunan döndürme moment değerlerine göre her iki milde oluşan kama kesme ve ezilme kuvvetlerinin emniyetli olup olmadığı belirlenmiştir. Motor mili kama kesme kuvveti 13,83 kg/cm<sup>2</sup> bulunurken emniyetli kesme kuvveti 120 kg/cm<sup>2</sup>' dir. Motor mili kama ezilme kuvveti 23 kg/cm<sup>2</sup> bulunurken emniyetli ezme kuvveti 450 kg/cm<sup>2</sup>'dir. Kesme Ünite mili kama kesme kuvveti 21,51 kg/cm<sup>2</sup> bulunurken emniyetli kesme kuvveti 120 kg/cm<sup>2</sup>'dir. Ezilme kuvveti ise 35,85 kg/cm<sup>2</sup> bulunurken emniyetli ezilme kuvveti 450 kg/cm<sup>2</sup>'dir. Kesme Ünitesi mil çapı 2,2 cm olarak belirlenmiş olup prototip çalışmasında 4 cm çapında mil seçilmiştir.

## 5.2. Genel Değerlendirme

Silindirik tip kesme ünitesi sabit silaj makinası, üzerinde yapılan değişikliklerle yapısal ve çalışma etkinliği bakımından geliştirilmesi kısa zamanda tamamlanmış ve çiftçimiz için büyük gereksinim olduğuna inandığımız küçük ve ekonomik tip silaj makinası çalışır hale getirilmiştir.

Bu makinanın gerek bölüm laboratuvarındaki ve gerekse çiftçi koşullarında çalışmasına ilişkin sonuçlar mevcut literatürden yararlanılarak elde edilen bazı sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Denemelerde, her iki ayrı üründen alınan değerlere ilişkin sonuçlar karşılaştırılmış olup aralarında büyük bir farklılık bulunmamıştır. Buna karşın değişik nem oranlarında yapılacak denemelerde bulunan değerler arasında büyük farklılıklar bulunabileceği anlaşılmıştır. Makina büyüklüğüne göre kapasitesi yeterli düzeyde olup, aşırı güç gereksinimi olmadığından küçük araziye sahip çiftçiler açısından yararlı destek verecek iyi bir hayvansal üretimin mekanizasyon ünitesi olabileceği kabul edilebilir.

## ÖZET

Bu araştırma Bursa yöresi et ve süt hayvancılığında yem sorununa bir çözüm getirmek amacıyla yapılmıştır.

Denemede silindirik tip kesme ünitesi sabit silaj makinası yapıldıktan sonra kıyılacak yem ürünü olarak nemi alınmış mısır sapı ve yonca ürünleri seçilmiştir.

Mevcut makina ile denemeler her iki ürün için ayrı ayrı yapılmış olup sonuçlar özellikle kapasite, güç, kesme boyu ve besleme oranları açısından değerlendirilmiştir. Denemede besleme oranı ve kesme boy değerleri açısından nem oranlarına ve besleme hızına bağlı olarak her iki yem ürünü arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Mısır ürününde kesme enerji değeri yoncaya nazaran daha düşük değerde bulunurken kinetik enerji değerleri, sabit çevresel hızda aynı değerde bulunmuştur. Makina gövdesinde meydana gelen sürtünme kaybı küçük değerlerde bulunmuştur. Toplam güç değerleri ise besleme hızına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Mısır ürününde toplam güç değeri yoncaya nazaran daha büyük değerde bulunmuştur.

Kapasiteleri ise yoğunluğa ve besleme hacmine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Diğer faktörlerden boşaltma hızı, gerçek kaldırma yüksekliği ve üfleme kanatçık uzunluğu değerleri istenen sınırlar içinde bulunmuştur. Makina tahrik sisteminde oluşan kuvvetlerin çözümlenmesi yapılmış olup konstrüksiyon açısından emniyet sınırları içinde bulunduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırma konusu makinanın, yöre koşullarına uygun, kapasitesi normal düzeyde ve ekonomik olduğunu söylemek mümkündür. Makina elektrik motoru ile tahrik edildiğinden elektrik bulunmayan yöreler de su motoru ve traktör kuyruk mili ile tahrik olanağı vardır. Bu araştırma belli güçte yeşil yem ürünleri yanında nemi alınmış yem ürünlerinde verimli ve ekonomik bir şekilde kıyımının yapılabileceğini bize göstermiştir. Araştırma konusu makina özellikle küçük çiftçiler ve yem sorununa çözüm getirmesi açısından önem kazanmaktadır.



## SUMMARY

This research, was carried out to bring some resolution to feeding problem of beef and dairy cattles in Bursa region.

In trial, when a stationary chopper with clinder type cutter head was manufactured then after the wilted alfalfa and corn stalks has been choosen as the chopped materials,

The experiments with the existing machine was accomplished individually with two crops that has mentioned, and the results has been evaluated in regarding particularly capacity, power, cutting length, and feed rate.

In this study there has not been seen any significant differences between two crops in concerning their moisture content, and feed velocity with feed rate and cutting length.

In the case of corn crop the value of shearing energy has been calculating less than what alfalfa does, while the kinetic energy values at constant peripheral revolution speed remained at same level.

The friction loses was determined at little value which occurs into machine housing.

Total power requirement, however, was found in alternative relating to feeding rate.

It has been determined that capacities vary depending on density and feed volume.

The other factors such as discharge velocity, real elevating height and blowing of impeller blade wing length values was determined in expecting limit.

Analysis of forces that take place into machine driven system has been made and out feed results was determined in safety limit regarding to construction state.

Consequently it is possible to say that machine which is being studied, suits for region condition, its capacity is at normal level and economical.

Since the machine being driven by electric motor if any region it couldn't have found electric current it can be replace with power take off any tractor and water pump engine.

This research was demonstrated with fixed power we can chope the green forege apart wilted material in efficiently and economically.

This experimental machine, particularly for small farmer and those who suffer about fodder problem in all dimension, is acceptable versatile and dependable device and resolution.



KAYNAKLAR

- BAINER, R., KEPNER, R.A, BARGER, E.L., 1955., Principles of Farm Machinery, The Ferguson Foundation Agricultural Engineering Series, New York.
- BARGER, E.L., 1951., Mechanization of Haymaking and Storage, Forages Chapter 48, The Iowa State College Press, Ames, Iowa.
- BARRINGTON, D.I., G.P., BERGE, D.I., DUFFEE, F.W., 1953., Hay Harvesting Machinery - Forage Harvester Studies (mimeographed), University of Wisconsin Project 406, New York.
- BERGE, D.L., 1951., Design and Performance Characteristics of the Flywheel-Type Forage-Harvester Cutterhead, Agr.Eng., 32:85-91, Michigan.
- BLEVINS, FREDRICK,Z., 1954., Some of the Component Power Requirements of Field - Type Forage Harvesters, Unpublished thesis - Purdue University, New York.
- DUFFEE, F.W., 1926., A Study of Factors Involved in Ensilage Cutter Design, Agr. Eng., 7:84-87,98, Michigan.
- DUFFEE, F.W., 1930., Ensilage Cutters, CREA HANdbook, Committee on the Relation of Electricity to Agriculture, Chicago.
- DUFFEE, F.W., 1942., The Chopping and Storing of Hay, Agr.Eng., 23:195-196, Michigan.
- EKİNCİ, İ., 1982., Hayvancılık işletmelerinde Yeşil ve Kesif Tane Yemlerin Silolanmasında Yeni Teknikler, Harvestor Sistem, İzmir.
- FOREST, D., SHERWOOD, S., 1947., The Development of a High Speed Drag Type Elevator for Chopped Forage - Unpublished thesis, Iowa State College, Iowa.

- ORRIN, I., 1951., Desing and Performance Characteristics of the Flywheel-type Forage Harvester Cutterhead, Agr.Eng., 32:85-91, Michigan.
- PHILLIPSON, A., DISNEY, F.J., MCLAREN, D.I., 1952., Investigation Into the Various "Chop" lengths of Crops Chopped by Three Types of Stationary Chopping Machines. National Institute of Agr. Eng. Tech. Memo TM63, England.
- RANEY, J.P., LILJEDAHN, J.B., 1957., Impeller Blade Shape Affects Forage Blower Performance, Agr.Eng., 38:722-725, Michigan.
- RICHTER, DONALD, W., 1954., Friction Coefficients of some Agricultural Materials. Agr.Eng., 35:411-413, Michigan.
- RICHEY, C.B., 1958., Discussion of Energy Requirements for Cutting Forage, Agr.Eng., 39:636-637, Michigan.
- RUSSEL, R., RANEY, 1946., The Free Throw Theory of Thrower Discharge. Unpublished paper International Harvester Co., New York.
- SEGLER, G., 1951., Calculation and Design of Cutterhead and Silo Blower, Agr.Eng., 32:661-663, Michigan.
- ÜLGER, P., 1982., Tarımsal Makinaların İlkeleri ve Projelene Esasları, Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:280, Erzurum.
- WILLIAM, J., 1960., Influence of Particle Movement on Energy Losses in an Impeller Blower, Agr.Eng., 41:92-94, Relations Between Air and Solid Particles Moving Upward in a Vertical Pipe, Agr.Eng. 41:168-176, Michigan.
- YÜRÜR, N., 1987., Tarla Bitkileri, U.Ü.Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Ders Notları, Bursa.

20 ref.