ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANIZ PARÇALAMA MAKİNESİNİN PERFORMANS DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Necmettin Oğuz DEMİR

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

2007, 55 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Doç. Dr. Cevat AYDIN

Bu çalışmada sap parçalama makinesinin üç farklı bıçak çevre hızı (33.35 m/s, 43.46 m/s, 63.59 m/s) ile üç farklı çalışma hızında (2.7 km/h, 4.5 km/h, 7.2 km/h) denenerek, makinenin kuyruk mili güç ihtiyacı, yakıt tüketimi, parçalanmış materyalin boyut dağılımı, hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi özellikleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak bıçak çevre hızının ve çalışma hızının artmasıyla kuyruk mili gücü ihtiyacı ve yakıt tüketimi artmıştır. Parçalanmış materyalin boyutu ise bıçak çevre hızının artmasıyla azalmış, çalışma hızının artmasıyla büyümüştür. Hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi parça boyutuna bağlı olarak parça boyutunun küçülmesi ile artış göstermiş bu artış makinenin parçalama etkinliğinin bir göstergesi sayılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sap Parçalama Makinesi, Anız, Bıçak Çevre Hızı, Çalışma Hızı, Güç İhtiyacı, Yakıt Tüketimi, Boyut Dağılımı.

ABSTRACT

Master's Thesis

THE DETERMINATION OF PERFORMANCE VALUES OF STUBBLE CHOPPER

Necmettin Oğuz DEMİR

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

2007, 55 Page

Jury: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Assoc. Prof. Dr. Cevat AYDIN

In this study, stubble chopper machine were tested in three different periferal velocity of blade (33.35 m/s, 43.46 m/s, 63.59 m/s) and three different working velocity (2.7 km/h, 4.5 km/h, 7.2 km/h). Dimension distribution, bulk density and capacity of water content of chopped stubble, P.T.O power requirements and fuel consumption of machine were investigated.

Consequently, P.T.O power requirements and fuel consumption increased as increasing blade periferal velocity and working velocity. Chopped stubble dimension was to be smaller with increasing blade velocity but icreasing working velocity caused to grow chopped stubble dimension. The bulk density and capacity of water content of stubble increased as a depending on chopped stubble dimension. This increasing was presumed of indicative machine chopping effectiveness.

Keywords : Stubble Chopper Machine, Stubble, Blade Periferal Velocity, Working Speed, Power Requirements, Fuel Consumption, Dimension Distribution

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANIZ PARÇALAMA MAKİNESİNİN PERFORMANS DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Necmettin Oğuz DEMİR

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

2007, 55 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Doç. Dr. Cevat AYDIN

Bu çalışmada sap parçalama makinesinin üç farklı bıçak çevre hızı (33.35 m/s, 43.46 m/s, 63.59 m/s) ile üç farklı çalışma hızında (2.7 km/h, 4.5 km/h, 7.2 km/h) denenerek, makinenin kuyruk mili güç ihtiyacı, yakıt tüketimi, parçalanmış materyalin boyut dağılımı, hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi özellikleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak bıçak çevre hızının ve çalışma hızının artmasıyla kuyruk mili gücü ihtiyacı ve yakıt tüketimi artmıştır. Parçalanmış materyalin boyutu ise bıçak çevre hızının artmasıyla azalmış, çalışma hızının artmasıyla büyümüştür. Hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi parça boyutuna bağlı olarak parça boyutunun küçülmesi ile artış göstermiş bu artış makinenin parçalama etkinliğinin bir göstergesi sayılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sap Parçalama Makinesi, Anız, Bıçak Çevre Hızı, Çalışma Hızı, Güç İhtiyacı, Yakıt Tüketimi, Boyut Dağılımı.

ABSTRACT

Master's Thesis

THE DETERMINATION OF PERFORMANCE VALUES OF STUBBLE CHOPPER

Necmettin Oğuz DEMİR

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

2007, 55 Page

Jury: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Assoc. Prof. Dr. Cevat AYDIN

In this study, stubble chopper machine were tested in three different periferal velocity of blade (33.35 m/s, 43.46 m/s, 63.59 m/s) and three different working velocity (2.7 km/h, 4.5 km/h, 7.2 km/h). Dimension distribution, bulk density and capacity of water content of chopped stubble, P.T.O power requirements and fuel consumption of machine were investigated.

Consequently, P.T.O power requirements and fuel consumption increased as increasing blade periferal velocity and working velocity. Chopped stubble dimension was to be smaller with increasing blade velocity but icreasing working velocity caused to grow chopped stubble dimension. The bulk density and capacity of water content of stubble increased as a depending on chopped stubble dimension. This increasing was presumed of indicative machine chopping effectiveness.

Keywords : Stubble Chopper Machine, Stubble, Blade Periferal Velocity, Working Speed, Power Requirements, Fuel Consumption, Dimension Distribution

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yüksek lisans tezi olarak planlanıp yürütülmesinde beni yönlendiren yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Kazım ÇARMAN' a, Tarım Makineleri Bölümü öğretim elemanlarına, makinenin yapımında ve ilave edilen düzenler ile ilgili yapılan işlerde yardımcı olan Özduman Tarım Makineleri A.Ş.' ye ve tarla denemelerin yapılmasında yardımcı olan Bahri Dağdaş Uluslararası Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 2007 Necmettin Oğuz DEMİR

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No **Sayfa No**

Çizelge 1.1. Türkiye'de Tarımı Yapılan Bazı Bitkilerin Hasattan Sonra Tarlada Kalan Artık Miktarları 2
Çizelge 1.2. Tarla Yüzeyinde Bulunan Bitki Artıklarının Yüzey Akışına, İnfiltrasyona ve Toprak Kaybına Etkisi 2
Çizelge 1.3. Yem ve Altlık Olarak Kullanılan Materyallerin Kıyma Uzunlukları 6
Çizelge 2.1. Değişik Kıyıcı Sistemlerden Elde Edilen Kıyılmış Sapın Hacim Ağırlığı 16
Çizelge 2.2. Su Tutma Kapasitesi. 17
Çizelge 3.1. Anızın Bazı Fiziksel Özellikleri. 19
Çizelge 3.2. Araştırmada Kullanılan Sap Parçalama Makinesinin Bazı Teknik Özellikleri. 21
Çizelge 3.3. Deneme Deseni. 28
Çizelge 4.1. Güç Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları. 36
Çizelge 4.2. Yakıt Tüketimi Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları. 38
Çizelge 4.3. U_1V_1 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı. 39
Çizelge 4.4. U_1V_2 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı. 40
Çizelge 4.5. U_1V_3 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı. 41
Çizelge 4.6. U_2V_1 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı. 42
Çizelge 4.7. U_2V_2 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı. 43
Çizelge 4.8. U_2V_3 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı. 44
Çizelge 4.9. U_3V_1 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı. 45
Çizelge 4.10. U_3V_2 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı. 46
Çizelge 4.11. U_3V_3 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı. 47
Çizelge 4.12.Boyut Dağılımının Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları. 49
Çizelge 4.13. Hacim Ağırlığı Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları. 51
Çizelge 4.14. Su Tutma Kapasitesinin Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları. 53

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No **Sayfa No**

Şekil 1.1. Sapın işlenme yöntemleri ve sapı toprağa karıştırıcı makine tipleri 4
Şekil 1.2. Sapın toprağa karıştırılma şekilleri 5
Şekil 1.3. Guillotine sistem ve Lester Sches sistem. 7
Şekil 1.4. Salmonsches sistem ve valsli kıyıcı 7
Şekil 1.5. Diskli ve fanlı kıyıcı. 8
Şekil 1.6. Biçerdövere monte edilen sap kıyıcı. 9
Şekil 1.7. Traktörle çalıştırılan tip sap kıyıcı 10
Şekil 1.8. Sabit sap kıyıcı 10
Şekil 1.9. Düşey ve yatay milli kıyıcılar 11
Şekil 1.10. Kıyıcı makinelerin bazı teknik özellikleri 11
Şekil 1.11. Bazı kıyıcı makinelerin güç ihtiyaçları 12
Şekil 1.12. Kıyma olgusunun iki yüzey arasındaki oluşumu 13
Şekil 1.13. Kıyma olgusunda bir yüzeydeki serbest hareketli yüzey veya materyallerin birbirleriyle etkisi 13
Şekil 1.14. Çeşitli sap kıyıcı makinelerinin kıyıcı organ çevre hızları 14
Şekil 3.1. Sap parçalama makinesinin genel görünüşü. 20
Şekil 3.2. Araştırmada kullanılan sap parçalama makinesinin şematik görünüşü. 21
Şekil 3.3. Araştırmada kullanılan sap parçalama makinesinde, bıçakların tambura dizilişinin şematik olarak gösterilişi. 22
Şekil 3.4. Araştırmada kullanılan sap parçalama bıçağının şematik görünüşü 22
Şekil 3.5. Sap parçalama makinesinin hareket iletim sistemi. 23
Şekil 3.6. Kesme deney düzeneği. 24
Şekil 3.8. Kuyruk mili momenti ölçüm düzeneği. 25
Şekil 3.9. Torkmetre kalibrasyon eğrisi. 25
Şekil 3.10. Yakıt ölçerin traktör yakıt donanımına bağlantı şeması. 26
Şekil 4.1. Kombinasyonlara ait Kuyruk mili gücü ihtiyaçları. 35
Şekil 4.2. Bıçak çevre hızına bağlı olarak kuyruk mili gücü ihtiyacındaki değişim. 36
Şekil 4.3. Kombinasyonlara ait saatlik yakıt tüketimi. 37
Şekil 4.4. Bıçak çevre hızına bağlı olarak yakıt tüketiminin değişimi. 38
Şekil 4.5. U_1V_1 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları. 39

Şekil No **Sayfa No**

Şekil 4.6. U_1V_2 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları. 40
Şekil 4.7. U_1V_3 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları. 41
Şekil 4.8. U_2V_1 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları. 42
Şekil 4.9. U_2V_2 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları. 43
Şekil 4.10. U_2V_3 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları. 44
Şekil 4.11. U_3V_1 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları. 45
Şekil 4.12. U_3V_2 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları. 46
Şekil 4.13. U_3V_2 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları. 47
Şekil 4.14. Bıçak çevre hızına ve makine çalışma hızına bağlı olarak boyut dağılımı. 48
Şekil 4.15. Kombinasyonlara ait ortalama parça boyutu. 48
Şekil 4.16. Kombinasyonlara ait hacim ağırlıkları. 50
Şekil 4.17. Bıçak çevre hızına ve makine çalışma hızına bağlı olarak hacim ağırlığı. 50
Şekil 4.18. Kombinasyonlara ait su tutma kapasiteleri. 52
Şekil 4.19. Bıçak çevre hızına ve makine çalışma hızına bağlı olarak su tutma kapasitesi. 53

SEMBOLLER

A : Materyalin kesilme noktasındaki kesit alanı (mm^2)

B : İş genişliği (m)

DLG : Deutsche Landwirtschaft Geselschaft

f : Toplam parça sayısı (toplam frekans)(adet)

f_i : Her bir gruba ait ölçüm yapılan parça sayısı (frekans)(adet)

F : Kesme kuvveti (N)

L : Ölçüm uzunluğu (m)

MC : Anız nem içeriği (kuru esas)(%)

M_d : Kuyruk mili momenti (Nm)

n : Kuyruk mili devri (min^{-1})

n_s : Örnek sayısı

N : Kuyruk mili gücü (kW)

S : Parsel büyüklüğü (da)

Sd : Standart sapma

S_H : Standart hata

t : Zaman (s)

T : Çalışma zamanı (h)

T.İ.B : Teorik iş başarısı (da/h)

V : Makinenin çalışma hızı (km/h)

YGi : Yakıt ölçerde ilk okuma değeri(l)

YGs : Yakıt ölçerde son okuma değeri(l)

YT : Yakıt tüketimi (l/da)

Wk : Anız numunesinin kuru ağırlığı (g)

Wy : Anız numunesinin yaş ağırlığı (g)

X : Örneğin aritmetik ortalaması

X_d : Örneğe ait değişkenin değeri

X_i : Gruba ait ortalama sap uzunluğu (mm)

X_{ort} : Ortalama parçalanmış sap uzunluğu (mm)

τ : Kesilme gerilmesi (N/mm^2)

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ÇİZELGE LİSTESİ iv
ŞEKİL LİSTESİ v
SEMBOLLER vii
İÇİNDEKİLER viii
1.GİRİŞ 1
1.1. Sapın Kullanım Alanları 2
1.2. Sapın Tarladan Toplanması 5
1.3. Sapın Hayvan Yemi Olarak Kullanılması 6
1.4. Kıyıcı Sistemlerin Tarihi Gelişimi 6
1.5. Kıyıcı Sistemlerin Çeşitleri 8
1.6. Kıyıcı Makinelerin Bazı Teknik Özellikleri ve Güç İhtiyaçları 11
1.7. Sap Kıymanın Genel Teorisi 12
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI 15
3. MATERYAL ve METOD 19
3.1. Materyal 19
3.2. Denemelerde Kullanılan Düzenekler, Ölçüm Aletleri ve Cihazları 23
3.3. Metod 28
3.3.1.Tarla Denemeleri 28
3.3.2.Laboratuar Denemeleri 31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 35
4.1. Kesme Gerilmesi 35
4.2. Nem İçeriği 35
4.3. Kuyruk Mili Gücü İhtiyacı 35
4.4. Yakıt Tüketimi 37
4.5. Boyut Dağılımı 39
4.7. Hacim Ağırlığı 49
4.8. Su Tutma Kapasitesi 51
5. SONUÇ 54
6. KAYNAKLAR 56

1.GİRİŞ

Dünyadaki hızlı nüfus artışı insanlığın temel gereksinimi olan gıda ihtiyacını da arttırmıştır. İlk zamanlar üzerinde tarımsal üretim yapılan alanlar artırılarak, bu gereksinim karşılanmaya çalışılmıştır. Ancak, bu alanların artık genişletilme olanağı kalmayınca, birim alandan alınan ürün miktarını, yani verimi artırmanın yolları aranmaya başlanmıştır. Bu amaçla geliştirilen teknolojiler, tarımsal üretim alanlarında yoğun bir trafik yaşanmasına ve toprakta geri kazanımı mümkün olmayan hasarlara neden olabilmektedir. Sürdürülebilir tarımsal üretimin temel taşı olan toprağın, bilinçsiz uygulamalarla değerini yitirmesinin önüne geçilmesi gerekmektedir.

Toprağı koruma çalışmalarının büyük bir çoğunluğu, su ve rüzgarın sebep olduğu tarım topraklarındaki toprak erozyonunu önlemektir. Dünyada her yıl erozyon sebebiyle 75 milyar ton toprak taşınmaktadır. Bu taşınan toprak yaklaşık 9 milyon hektarlık bir tarımsal alanın yok olması anlamına gelmektedir. Bitkisel üretim sonrası tarlada kalan bitki artıklarının (anızın) tekrar toprağa kazandırılmasıyla toprağın kimyasal yapısının korunması ve iyileştirilmesi, ayrıca bitkisel üretime toprağın hazırlanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla çok değişik teknikler ve yöntemler kullanılmaktadır (Kocabıyık 2003).

Yukarıda belirtildiği gibi artıklarının en uygun şekilde parçalanıp toprağa tekrar kazandırılması büyük önem taşımaktadır. Toprakta bulunan mikroskobik canlılar, bu bitki artıklarının ayrışmasına hizmet ederek, toprağın humus gereksiniminin karşılamasına, dolayısıyla organik madde miktarının artmasına yardımcı olmaktadır. Özellikle yüksek boylu bitkiler, altlarında gelişen toprağın karakteri üzerinde büyük etkiye sahiptirler. Bunların erozyon ve nem koşullarına etkileri, toprak özelliklerinin değişmesine katkıda bulunmaktadır. Köklerin çürümesi ve toprak üstü kısımların tekrar toprağa karışması, bitki besin maddelerinin doğal döngüsünde aktif bir rol oynamaktadır (Akalan 1988).

Ülkemizde hasat sonrasında tarlada kalan bitkisel kökenli artıkların uygun şekilde değerlendirilmesi henüz istenen düzeyde değildir. Özellikle ayçiçeği, buğday, pamuk, tane mısır gibi tarımı yoğun halde yapılan ürünler göz önüne alındığında, tarımsal artıkların ne denli büyük bir kaynak olabileceği açıkça görülmektedir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Türkiye'de Tarımı Yapılan Bazı Bitkilerin Hasattan Sonra Tarlada Kalan Artık Miktarları (Alibaş ve Ünal 1995; Anonim 2000)

Bitki	Ekim alanı (ha)	Üretim miktarı (ton)	Sap/ürün oranı	Sap miktarı (ton)
Buğday	9 400 000	21 000 000	1,50	31 500 000
Ayçiçeği	542 000	800 000	2,80	2 240 000
Mısır	555 000	2 300 000	1,00	2 300 000
Pamuk	654 177	1 260 921	2,00	2 521 842
Çeltik	58 000	210 000	0,78	163 800

Tarla yüzeyindeki bitki artıklarının yüzey akışına, infiltrasyona ve toprak kaybına etkileri çizelge 1.2' de verilmiştir (Aykas ve ark. 2003). Birim alandaki bitkisel materyal yoğunluğu 10 ton/ha olduğunda yüzey akışı ve buna bağlı olarak toprak kaybı sıfır olurken, infiltrasyon %100 ulaşmaktadır.

Çizelge 1.2. Tarla Yüzeyinde Bulunan Bitki Artıklarının Yüzey Akışına, İnfiltrasyona ve Toprak Kaybına Etkisi (Aykas ve ark. 2003)

Bitki artığı (ton/ha)	Yüzey akışı (%)	İnfiltrasyon (%)	Toprak kaybı (ton/ha)
0.0	45	54	13.0
0.63	40	60	7.50
1.25	25	74	2.50
2.50	0.5	99	0.75
5.0	0.1	99	0.0
10.0	0.0	100	0.0

1.1. Sapın Kullanım Alanları

Bitkisel artıkların değerlendirilmesiyle ilgili çalışmalar daha çok geniş alanlarda yapılması nedeniyle, buğday bitkisinin artıkları üzerine olmuştur. Bu artıklar öncelikle kağıt ve mukavva sanayinde olmak üzere bir takım ahşap ürünlerin imalat sanayinde katkı maddesi olarak kullanıldığı gibi, yakıt, hayvan yemi, yataklık, torf katkı maddesi olarak ve tekrar toprağa karıştırılarak değerlendirilmektedir.

Hasat esnasında değişik ürün çeşitleri için 4000–8000 kg/ha sap materyali elde edilmektedir. Bunlardan;

- Kışlık buğdaydan 5000–8000 kg/ha
- Yazlık buğdaydan 4000–7000 kg/ha
- Kışlık ve yazlık arpadan 4000–6000 kg/ha
- Yulaftan 4000–6000 kg/ha
- Kışlık çavdardan 5000–8000 kg/ha
- Kışlık kolzadan 6000–8000 kg/ha
- Tarla fasulyesinden 3000–7000 kg/ha kadardır.

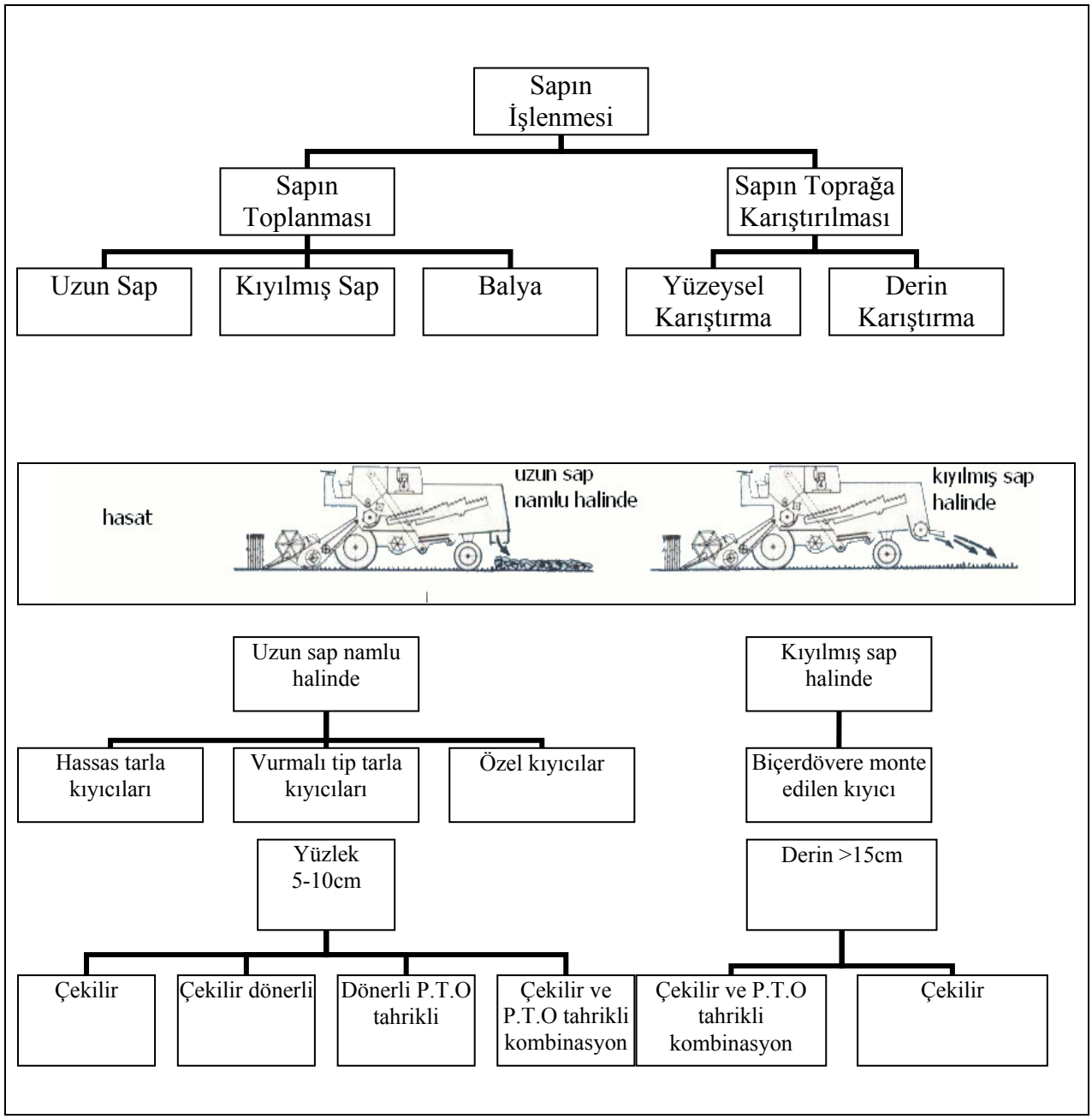
Elde edilen saplar;

- Hayvansal üretim işletmelerinde yem ve altlık olarak
- Toprağa karıştırılmak suretiyle gübre ve organik madde olarak
- Endüstriyel olarak (kâğıt v.b)
- Tarlada veya sobalarda yakılmak suretiyle işlem görmektedir.

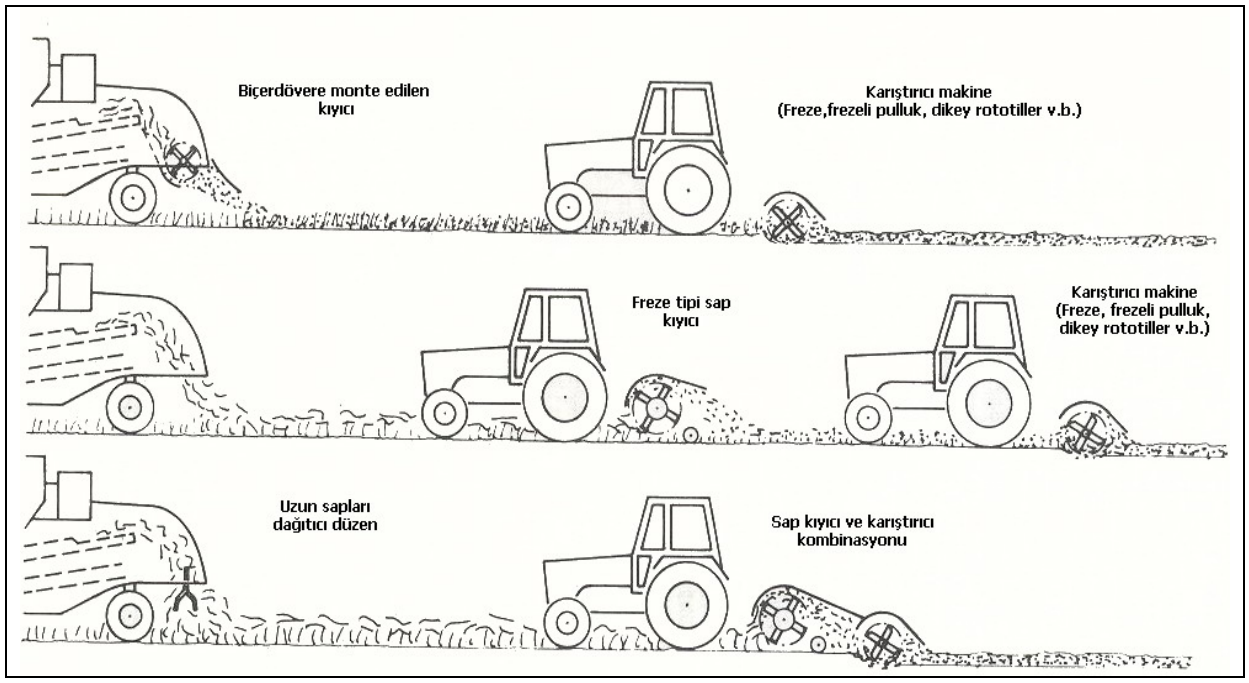
Almanya' da bu işlemlerin;

- % 74'ü tarımsal işletmelerde (Altlık, yem v.b)
- % 19'u Toprağa kıyılarak karıştırılmakta (organik madde ve gübre)
- % 5'i Tarlada yakılmakta
- % 2'si endüstride (kâğıt v.b.) değerlendirilmektedir (Wenner 1986).

Şekil 1.1'de sapın işlenme yöntemleri görülmektedir.



Şekil 1.1. Sapın işlenme yöntemleri ve sapı toprağa karıştırıcı makine tipleri (Wenner 1986).



Şekil 1.2. Sapın toprağa karıştırılma şekilleri (Köller 1977).

1.2. Sapın Tarladan Toplanması

Sap toplamanın kayıpsız ve randımanlı bir şekilde olması için biçerdöverin bıraktığı sapların, düzgün bir namlu halinde olması ve yüksek bir namlu yoğunluğunda (kg/m) bulunması gerekmektedir.

Sapın toplanması ve depolanmasında;

Uzun sap formunda:

- Toplayıcılı Tarım Arabaları,
- Kıyılmış sap formunda:
- Hassas Tarla Kıyıcıları,
- Vurmalı Tip Kıyıcılar,
- Kıyıcılı Tarım Arabaları,

Balya formunda:

- Yüksek Basınçlı Balya Makineleri,
- Yuvarlak Balya Makineleri,
- Büyük Ölçülü Balya Makineleri kullanılmaktadır (Wenner 1986).

1.3. Sapın Hayvan Yemi Olarak Kullanılması

Kuru, nemli sap ve yaprak materyali çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Kıyılmış tahıl sapı ve ot materyali, küçük ve büyükbaş hayvanlar ile atları yemlemek için kullanılmaktadır. Yeşil materyallerden üçgül, fiğ, çayır, yonca, pancar yaprağı, yem bitkileri ve diğer yeşil materyaller kıyılarak sığır, at ve koyunların beslenmesinde kullanılmaktadır.

Materyalin yem olarak kullanılması amacıyla kıyılması çeşitli yönlerden gereklidir. Gerek kuru materyallerin gerekse taze yeşil materyalin bünyesinde odunsu ve sert kısımlar bulunur. Bu sert kısımların kıyılması hayvanlar tarafından çiğnenmesini, yutulmasını aynı zamanda bu materyallerin sert kısımlarının hazım olmasını kolaylaştırır.

Ancak hazım olabilirlik her zaman materyalin kıyılması suretiyle olumlu netice vermemektedir. Çok kısa kıyılmış veya ezilmiş kuru materyal, hayvanlarda bir çeşit bağırsak hastalığına (kolik) neden olmaktadır. Buna karşın materyalin ince kıyılması kanatlı hayvanlar ve domuz yetiştiriciliğinde tavsiye edilmektedir (Mortasawi 1963).

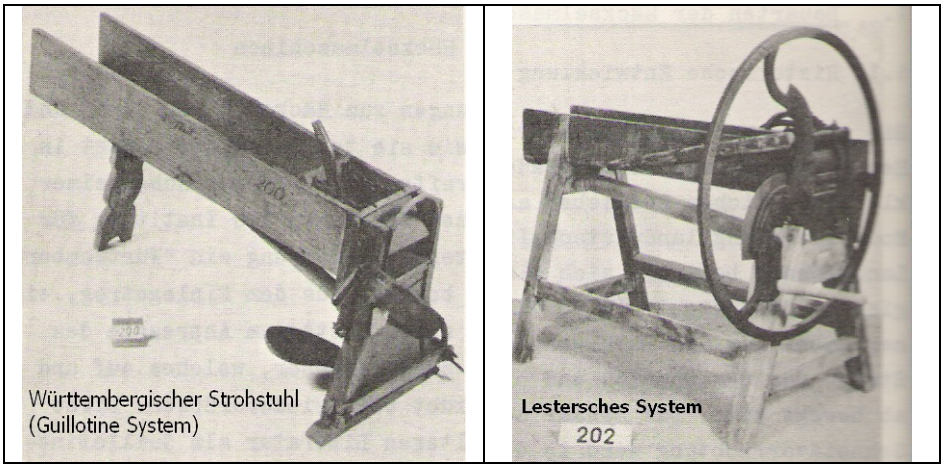
Kıyılmış materyalin diğer bir avantajı ise diğer yem materyalleri ile karıştırılması olanağı bulunmasıdır. Bu suretle yem daha lezzetli bir hale sokulmaktadır. Çizelge 1.3'de yem ve altlık olarak kullanılan materyallerin kıyma uzunlukları verilmiştir.

Çizelge 1.3. Yem ve Altlık Olarak Kullanılan Materyallerin Kıyma Uzunlukları (Mortasawi 1963)

	Yem			**Altlık**
	Kurutulmuş		**Nemli**	**Sap**
	Sap	**Ot**	**Yeşil materyal**	
Sığır	2.5 – 3.5 cm	3 – 4 cm	10 cm	4.5 cm
At ve koyun	1.5 – 2.5 cm	2 – 3 cm	10 cm	4 – 5 cm
Domuz	-	1 – 1.5 cm	-	10 – 15 cm
Kanatlı hayvan	-	-	0.5 – 1.5 cm	-

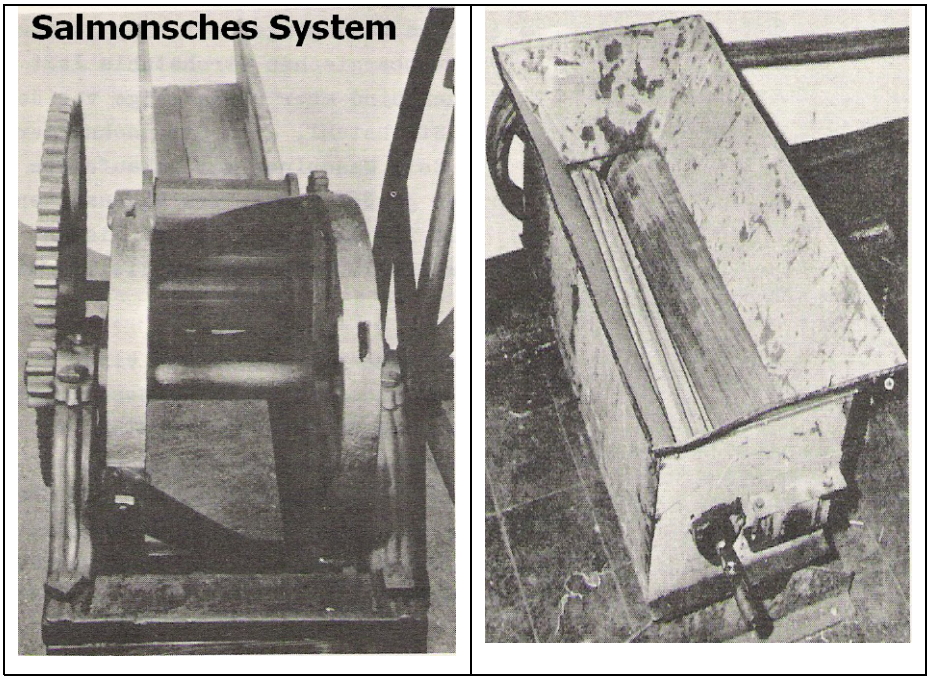
1.4. Kıyıcı Sistemlerin Tarihi Gelişimi

Sap ve ot kıymada kullanılan makinelere genellikle küçük işletmelerde rastlanmaktadır. En eski makine tipi "Württembergisher Stroh Stuhl" (Sap Masası) adıyla "Guillotine System" olarak bilinmektedir (Perels 1864, 1866, 1880; Mortasawi 1963). Bu sistem besleme platformu, sap sevk edici çatal, sıkıştırma ünitesi ve kesici bıçaklardan oluşmaktadır. Bu makine 1800'lü yıllarda yapılmış olup hareket iletim ve kesici düzenlerin iyileştirilmesiyle diskli kıyıcı haline dönüştürülmüştür. Bu hali "Lester Sches System" adıyla anılmaktadır. Şekil 1.3'de Guillotine sistem ve Lester Sches sistem görülmektedir.



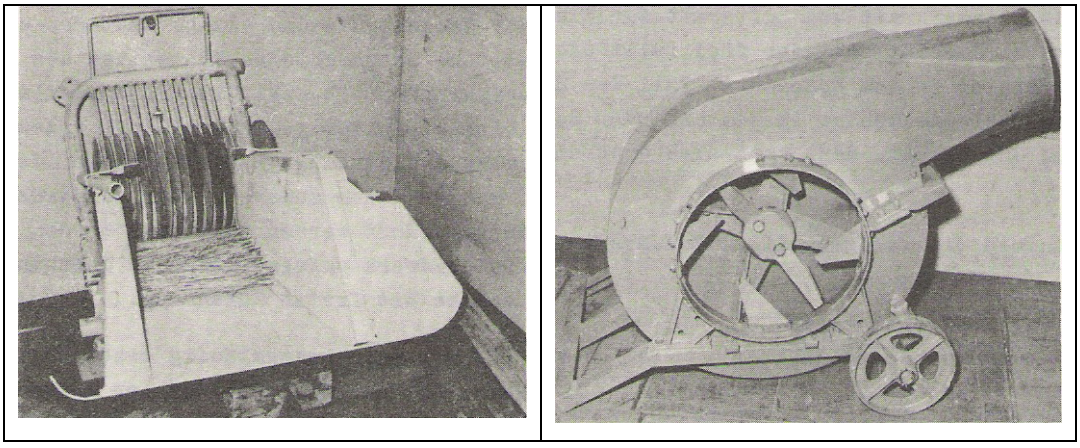
Şekil 1.3. Guillotine sistem ve Lester Sches sistem (Mortasawi 1963).

Aynı yıllarda İngiltere' de tamburlu kıyıcılar yapılmıştır. Bu yapı ise "Salmon Sches Sytem" olarak anılmaktadır. Bu sistemlerde hareket iletim sistemlerinde dişli çarklar kullanılmıştır. Tahrik elle yapılmaktadır. 1860 yıllarında bu makineler motorla tahrik edilir hale getirilmiştir (Perels 1866; Mortasawi 1963).



Şekil 1.4. Salmonsches sistem ve valsli kıyıcı (Mortasawi 1963).

1900'lü yıllarda tamburlu ve diskli kıyıcılar, kuru ve nemli saplar ve yaprak materyallerde kullanılabilir hale gelmiştir. Tamburlu kıyıcılar (Salmon Sches-System) Kuzey Almanya ve Amerika' da kullanılmıştır.1930–1950 yılları arasında bu makineler geliştirilerek tarlada çekilir hale (tarla kıyıcılar) getirilmiştir. Günümüzde bazı tipleri stasyoner olarak da kullanılmaktadır. Avrupa'da selüloz endüstrisinde kullanılmak üzere valsli kıyıcılar geliştirilmiştir. 1910 yılında (DLG) fuarında Muskate in Danzig firması diskli kıyıcıyı teşhir etmiştir. Kıyıcı bıçaklar daire şeklindedir. Buna benzer bir makineye de 1896'da patent alınmıştır.1933 yılında kıyıcı organla fan sistemi birleştirilerek fanlı kıyıcılar yapılmıştır. Bu kıyıcılar 1955 yılında "Dücker Schneidgeblase" (fanlı kıyıcı) ismiyle patent almıştır. Günümüzde kıyıcılar biçerdöverin arkasına monte edilerek kullanılmakta, traktörle çekilir tipleri de bulunmaktadır (Mortasawi 1963).



Şekil 1.5. Diskli ve fanlı kıyıcı (Mortasawi 1963).

1.5. Kıyıcı Sistemlerin Çeşitleri

Makineler besleme şekline göre;

Zorunlu Beslemeli

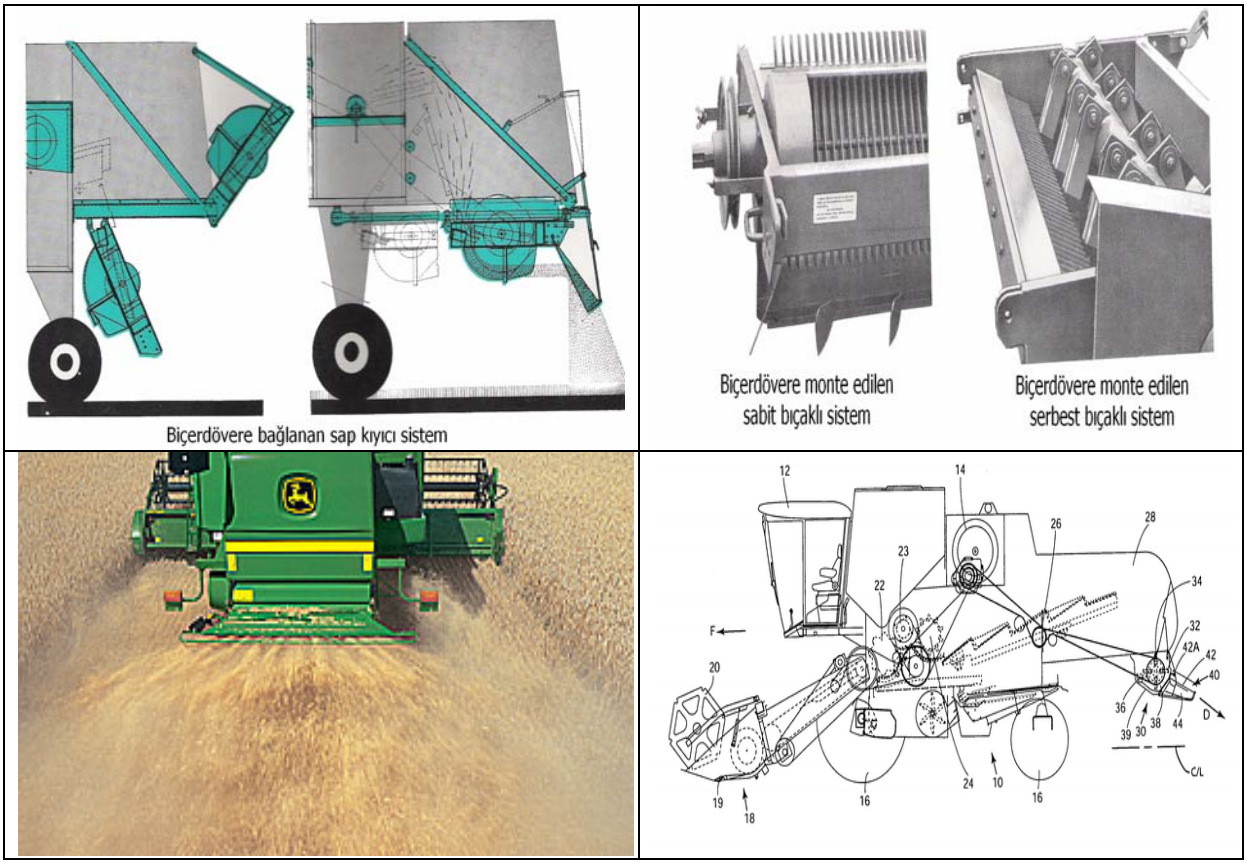
- Tamburlu kıyıcılar
- Diskli kıyıcılar

Serbest beslemeli

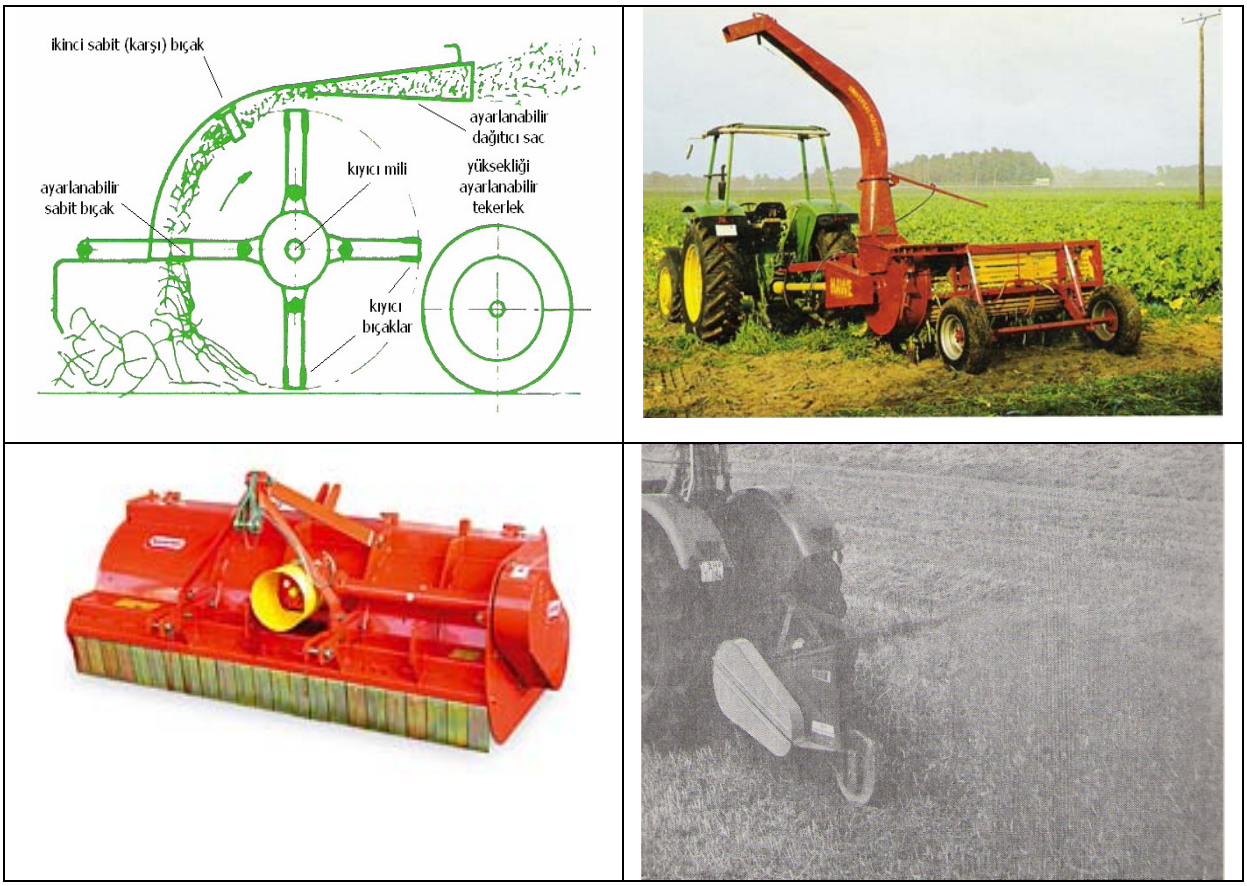
- Valsli kıyıcı
- Disk bıçaklı
- Fanlı kıyıcı
- Vurmalı tip
- Diskli biçmeli kıyıcılar olarak sınıflandırılmaktadır.

Kullanma şekillerine göre;

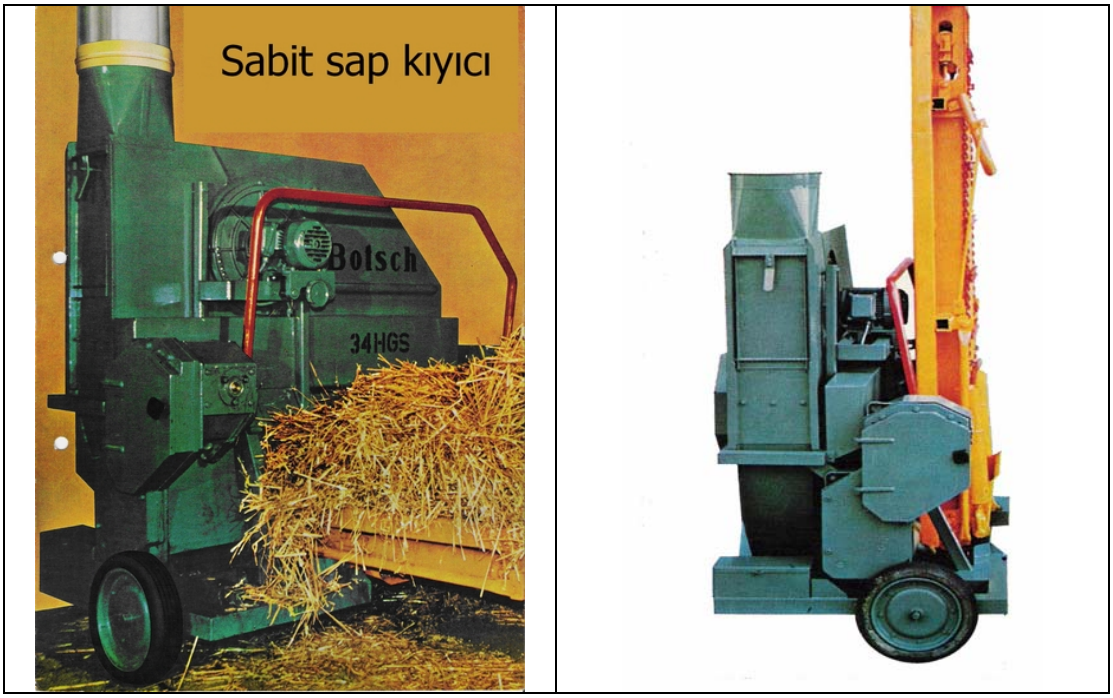
- Biçerdövere monte edilen
- Traktörle çalıştırılan tip
- Stasyoner durumda



Şekil 1.6. Biçerdövere monte edilen sap kıyıcı (Firma katalogu).



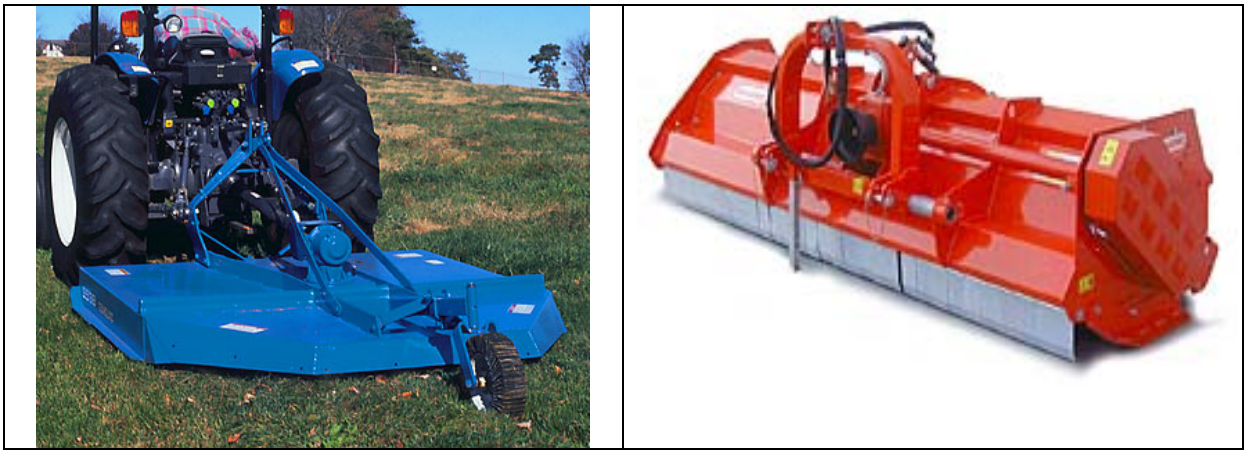
Şekil 1.7. Traktörle çalıştırılan tip sap kıyıcı (Firma katalogu).



Şekil 1.8. Sabit sap kıyıcı (Firma katalogu).

Kıyıcı milinin çalışma pozisyonuna göre;

- Düşey milli (a)
- Yatay milli (b)



a **b**

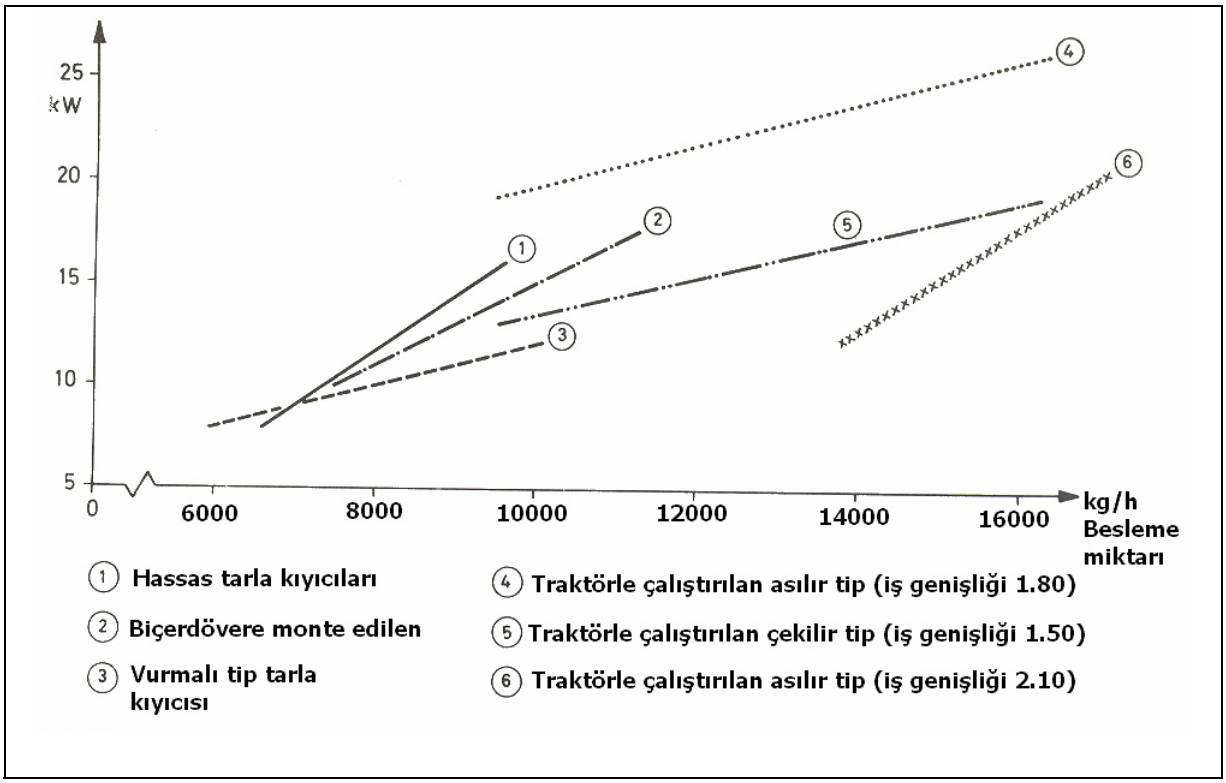
Şekil 1.9. Düşey ve yatay milli kıyıcılar (Firma katalogu).

1.6. Kıyıcı Makinelerin Bazı Teknik Özellikleri ve Güç İhtiyaçları

Sapın kıyılmasında kullanılan çeşitli makinelerin bazı teknik özellikleri ile işletme özellikleri Şekil 1.10 ve Şekil 1.11' de verilmiştir.

Makine yapısı	Zorunlu beslemeli				Serbest beslemeli		
Makine	Tamburlu		Diskli	Valsli	Diskli bıçaklı	Fanlı	Vurmalı tip
Kıyıcı düzen							
Teorik kıyma uzunluğu (mm)	22,3	31,8	32	45,5	35	-	-
Bıçak sayısı	4		2	12	12	4	26
Yapı kısımları	a)Besleme valsi b)Bıçaklı tambur		a)Besleme valsi b)Bıçaklı disk	a)Düz vals b)Bıçaklı vals	a)Düz vals b)Kesici disk	a)Kesici kanat b)Yıldız bıçak	Vurmalı tip bıçak
Çap (mm)	a)100 b)380		a)125,4 b)1140	a)230 b)180	a)172,8 b)400,5	315	600
Devir (1/min)	a)410 b)1440	a)410 b)1010	a)88 b)540	a)410 b)520	a)346 b)160	850…1620	1260
Çevre hızı (m/s)	a)2,15 b)28,8	a)2,15 b)20,05	a)0,577 b)32,21	a)4,9 b)4,9	a)3,12 b)3,35	14,01…26,70	39,5

Şekil 1.10. Kıyıcı makinelerin bazı teknik özellikleri (Mortasawi 1963).



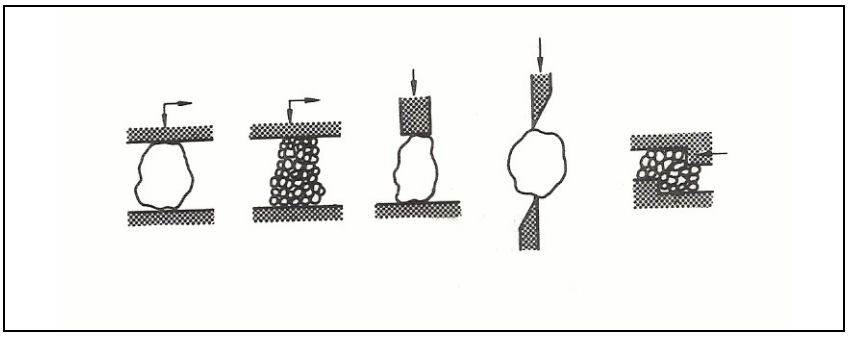
Şekil 1.11. Bazı kıyıcı makinelerin güç ihtiyaçları (Bertram 1980).

1.7. Sap Kıymanın Genel Teorisi

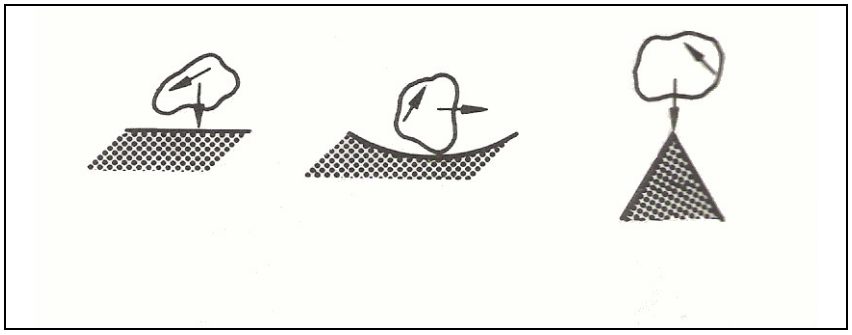
Sap kıymada kullanılan makineler, kıyılan materyalin molekül bağ kuvvetlerini yenecek büyüklükte olması gerekmektedir. Materyal parçacıklarının zorlanmasında kuvvet ve enerji esasına dayalı olarak farklı sistemler mevcuttur. Bunlar tüm kıyıcı sistemler için, genel olarak 3 grup altında toplanmaktadır. Bunlar;

Materyal parçacıkları mekanik olarak iki yüzey arasında zorlanmaktadır. Materyalin parçalanması esnasında, enerji transferi ve kuvvetlerin büyüklüğü, iki yüzey arasındaki hareketlinin hızına bağlıdır (Şekil 1.12).

Kıyılan materyal mekanik olarak yalnız bir yüzey tarafından çarpma, vurma yahut makine organları veya diğer materyal parçacıkları tarafından zorlanmaktadır (Şekil 1.13). Materyal parçacıklarının hareketi hava, su gibi benzer ortam içinde olmakta, parçalanma çarpma ve sürtünme suretiyle gerçekleşmektedir.



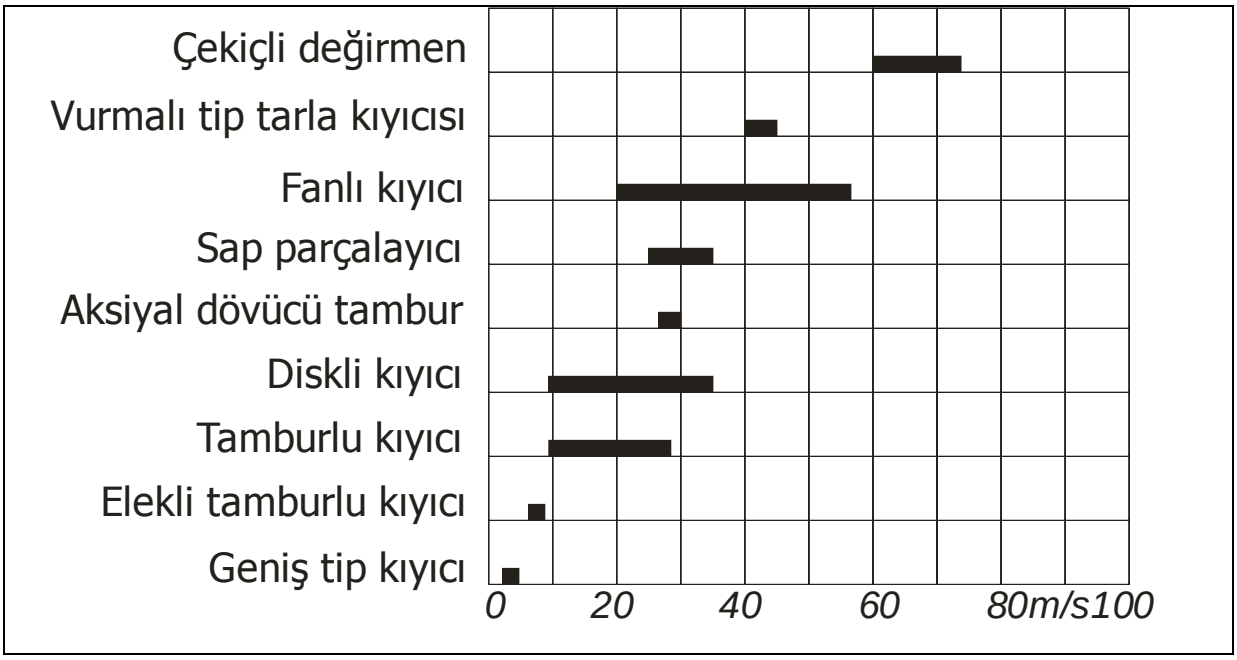
Şekil 1.12. Kıyma olgusunun iki yüzey arasındaki oluşumu (Grup I) (Rumpf 1959; Pathak1963)



Şekil 1.13. Kıyma olgusunda bir yüzeydeki serbest hareketli yüzey veya materyallerin birbirleriyle etkisi (Grup II) (Rumpf 1959; Pathak 1963).

Kıymanın oluşumunda gerekli enerji, parçacıkların kendi arasındaki rölatif hareketleri ve makine organlarının oluşturduğu kinetik enerji ile sağlanmaktadır. I. ve II. gruptaki kıyma olgusuna etki eden parametre kıyıcı sistemin çevre hızıdır. Çevre hızı kuru materyallerde I. grupta 15 m/s değerinin altındadır. II. grupta ise tüm kıyıcı makinelerde çevre hızı 20 m/s' nin üzerindedir.

I. gruba bıçaklı tamburlu kıyıcılar, II. gruba çekiçli değirmen girmektedir. Diğer tüm kıyıcılar herhangi bir gruba sokulamamaktadır. I. gruptaki bıçaklı tamburlu kıyıcıların çevre hızı 10–30 m/s, II. grupta bulunan çekiçli değirmende çevre hızı 60–75 m/s arasında bulunmaktadır (Şekil 1.14)



Şekil 1.14. Çeşitli sap kıyıcı makinelerinin kıyıcı organ çevre hızları (Pathak, 1963).

İki yüzey arasında sapın kıyılmasında (Şekil 1.12'de soldan ilk dört uygulama) kıyıcı prensip, sap kıyıcı makinelerde kullanılmaktadır. Burada bir yüzey hareketli (aktif bıçak), diğer yüzey sabit (pasif bıçak veya karşı bıçak) olmaktadır. Bıçak kenarındaki özgül kesme basıncı, bıçağa etki eden kuvvet ile bıçağın kalınlığına bağlıdır (Stroppel 1977).

Bu çalışmada anız parçalama makinesinin işletme parametrelerinin (bıçak çevre hızı ve makinenin çalışma hızı) bitkisel materyalin kıyılma uzunluğuna, makinenin güç ihtiyacına ve yakıt tüketimine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Anonim (1977), KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft)'nin 220 nolu yayınında bitkisel üretimde tarım tekniği adlı toplantısında sapın değerlendirilmesi ile ilgili çeşitli araştırma sonuçları verilmiştir. Bunlar;

Tarlada sapın değerlendirilmesi sapın depolanması ve hayvansal üretimde sapın değerlendirilmesi ana temaları işlenmiştir. Yan temalar olarak, sapın problem olarak çözümü, sapın işlenmesinde kullanılan makinelerin bitkisel üretimle uğraşan çiftçilerin kullanma durumları, sapın parçalanması dağıtılması ve toprağa karıştırılması, sapın tarlada yakılması ile ilgili temalardır. Ayrıca hayvansal üretimde kullanılan sapın depolanması ile ilgili teknikler, altlık olarak kullanılan sap, hayvan beslenmesinde kullanılan sapın kalitesi, kıyılmış sapın kalitesi, kıyılmış sapın değerlendirilmesi, karıştırılması, sıkıştırılması ile ilgili işlemler belirtilmiştir.

Bertram (1980), sapın toplanması, kıyılması, depolanması ve işlenmesiyle ilgili çeşitli makinelere ait teknik özellikler ve işletme parametreleri ile ilgili bilgiler vermiştir. Bu bilgilerde kıyıcı tambur devrinin 1600–1800 min^{-1} değerlerinde olduğu, sapın kıyılmasıyla ilgili makinelerde iş genişliklerinin 160-210 cm olduğu, makinelerde düz ve üniversal karakterli bıçaklar kullanıldığı, dağıtım genişliğinin 160-200 cm arasında ayarlanabilir olduğu, güç ihtiyaçlarının ise 35-50 kW olduğu belirtilmiştir.

Kocabıyık (2003), hasattan sonra ayçiçeğinin tarlada kalan kısımlarının mekanizasyonuna yönelik fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin tanımlanması, ayçiçeği sapının ve diğer artık kısımlarının tekrar toprağa kazandırılması için prototip bir sap parçalama makinesi tasarlayarak imal etmiş, bu makineyi tarla koşullarında çalışma performansını saptamıştır.

Mortasawi (1963), sap kıyıcı makinelerin yapı cinsleri, bu makinelerin tarihi gelişimi konstrüksiyon ve fonksiyon yönünden farklılıkları belirtmiştir. Ayrıca araştırmada kıyma uzunluğuna etki eden faktörlerden makinenin çalışması sırasında materyal kayması, kıyıcı düzen devir sayısı, bıçak sayısı, kıyılan materyalin uzunluğu, besleme yoğunluğu gibi parametreler belirtilmiştir. Bu arada kıyılacak materyalin özellikleri; besleme ağzından giriş uzunluğu, materyalin cinsi ve materyal neminin kıyma uzunluğuna etkisi incelenmiştir.

Öztürk (1991), döner tip yatay milli toprak işleme aletlerinin güç gereksinimleri, yakıt tüketimleri ve iş verimlerini belirlemiştir. Araştırmada aletlerin kuyruk mili gücü gereksinimi belirlenerek diğer güç bileşenleriyle birlikte toplam traktör motor gücü gereksinimleri belirlenmiştir.

Pathak (1963), sapın kıyılması (parçalanmasında) teknolojisinde kullanılan makine ve yöntemleri, sapın kıyılma teorisini, kıyılmış sapın fiziksel özelliklerinden, kıyılma derecesi, boyut dağılım homojenitesi, karışım kabiliyeti, hacim ağırlığı, su tutma kabiliyeti ile ilgili özellikler ve kıyılmış sapın kimyasal özelliklerinden hazım olabilirlik, hayvan davranışı ve hayvan sağlığına etkisi konularında sonuçlar belirtmiştir.

Diğer taraftan kıyıcının yapı özelliklerinin kıyma işlemine etki eden parametrelerin kıyaslanması yapılmıştır. Araştırmada sonuç olarak kıyılmış materyalin özelliklerinden; yemlemedeki özellikler ve yem hazırlamadaki (karışım) özellikleri, silaj, altlık, ön kurutma, tarlada kurutma, depolama, kıyılmış sapın hangi amaçla kullanılacağı ve taşıma özellikleri ile fiziksel özelliklerden; yığın açısı, sürtünme, hacim ağırlığı ile harmanlamada kıymanın özellikleriyle ilgili bilgiler verilmiştir (Çizelge 2.1. ile Çizelge 2.2)

Çizelge 2.1. Değişik Kıyıcı Sistemlerden Elde Edilen Kıyılmış Sapın Hacim Ağırlığı (Pathak 1963).

Uygulama	**Arpa sapı**		**Buğday sapı**	
	Ortalama uzunluk mm	**Hacim ağırlığı kg/m^3**	**Ortalama uzunluk mm**	**Hacim ağırlığı kg/m^3**
Bıçaklı tamburlu kıyıcı elekli	13,4	49,36	15,02	60,36
Aksiyal dövücü tambur	22,8	33	18,25	51,6
Çekiçli değirmen	–		–	
Elek 12mm		61,56		85,4
Elek 24mm	12,1	50,16	11,5	67,76
Sap kıyıcı	20	30	20	48,4

Nem (Kuru baza göre): % 14.5 arpa, % 14.7 buğday

Çizelge 2.2. Su Tutma Kapasitesi.

Uygulama	Arpa sapı			Buğday sapı		
	Ortalama uzunluk mm	Su tutma kabiliyeti		Ortalama uzunluk mm	Su tutma kabiliyeti	
		g/kg sap	%		g/kg sap	%
Bıçaklı tamburlu kıyıcı elekli	13,4	2480	74	15,02	2065	67
Aksiyal dövücü tambur	22,8	2530	74	18,25	1980	65
Çekiçli değirmen	–			–		
Elek 12mm		3360	100		3060	100
Elek 24mm	12,1	2727	81	11,5	2400	78
Kıyılmış sap	20	2000	60	20	1880	61

Nem (Kuru baza göre): % 14,5 arpa, % 14,7 buğday

Perrson (1987), eserinde biçme, kıyma, kesme işlemlerinin teorik esasları üzerinde bilgiler vermiştir. Ayrıca bitkisel materyalin yapısını, bazı fiziko-mekanik özelliklerini ve kesme dayanımını ile kesme işlemlerinde kullanılan alet ve makinelerin kesici düzenlerinden ve kesme prosesinden bahsetmiştir. Bununla birlikte kesme işleminin çeşitlerini belirterek, kesme enerjisinden ve kesilen materyalin özelliklerinin belirlenmesi hakkında metotlar vermiştir.

Silleli ve ark. (2006), küçük tarımsal işletmelerde, tahıl artığı sap samanın NaOH ile işlenerek değerlendirilmesini sağlayacak kombine bir makinenin tasarımı ve imalatının yapmışlar ve bu makinenin samanı kıyma boyutu, güç gereksinimi ve yakıt tüketimini belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, makine yüklü durumda 700 min^{-1} devir sayısında yaklaşık 10 kW güç tüketirken 1100 min^{-1} devir sayısında 38 kW güç tükettiğini tespit etmişlerdir. Makinenin saatlik yakıt tüketimi 700 min^{-1} devir sayısında en düşük değer olan 2 l/h iken, devir sayısının artmasıyla saatlik yakıt tüketimi de artış göstererek 1100 min^{-1} devir sayısında yaklaşık 7.5 l/h olduğu belirlenmiştir. Makinenin kıyma boyutu ise devir sayısının artmasıyla azalma göstererek 28.69 mm ile 40.7 mm arasında değişmiştir.

Şeflek ve ark. (2006), budama artıklarının yok edilmesi veya değerlendirilmesi için tasarlanmış parçalayıcı bir makinenin performans değerlerini belirlemişlerdir. Makinenin artan çevre hızına bağlı olarak güç tüketiminin arttığını ve parçalayıcı çevre hızındaki

yaklaşık % 22’ lik artışın parçacık boyutlarında % 24’ lük bir azalışa neden olduğunu belirtmiştir.

Wenner (1986), ziraat tekniğinin anlamı, enerji, traktör taşıma tekniği ile bitkisel ve hayvansal üretim teknikleri konusunda bilgiler vermiştir. Bu bilgiler arasında tahıl sapının değerlendirilmesinde kullanılan makinelerle değerlendirme yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Sapın kıyılıp toprağa verilmesinde biçerdövere monte edilen sap kıyıcılar ile traktöre bağlanan (asılır veya çekilir) sap kıyıcıların kullanımı ve özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Wieneke (1990), araştırmasında biçerdövere monte edilen geleneksel sap kıyıcı ile prototip sap kıyıcıyı deneyerek parçalama uzunluğu dağılımını, besleme hızına bağlı olarak güç ihtiyacı, mikroorganizma aktivitesi, su tutma kapasitesi, materyalin kıyma uzunluğuna bağlı olarak çürüme yüzdesi değerlerini vermiştir.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

Çalışmada bitkisel materyal olarak çavdar (Aslım95, *Secale cereale L.*) çeşidinin biçerdöverle hasattan sonra tarlada kalan anızı kullanılmıştır. Deneyler, Bahri Dağdaş Uluslararası Araştırma Enstitüsüne ait arazide tahıl hasadını takip eden Ağustos ayında yapılmıştır. Deney tarlasının eğimi sıfırdır. Tarla yüzeyinde bulunan anızın bazı özellikleri Çizelge 3.1. de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Anızın Bazı Fiziksel Özellikleri.

Özellik	Değer
Ort. anız yüksekliği (cm)	30,3 ± 3,68
Ort. anız yoğunluğu (adet/m^{2})	852,8
Ort. anız çapı (mm)	3,42 ± 0,38
Anız nemi (%)	6,3

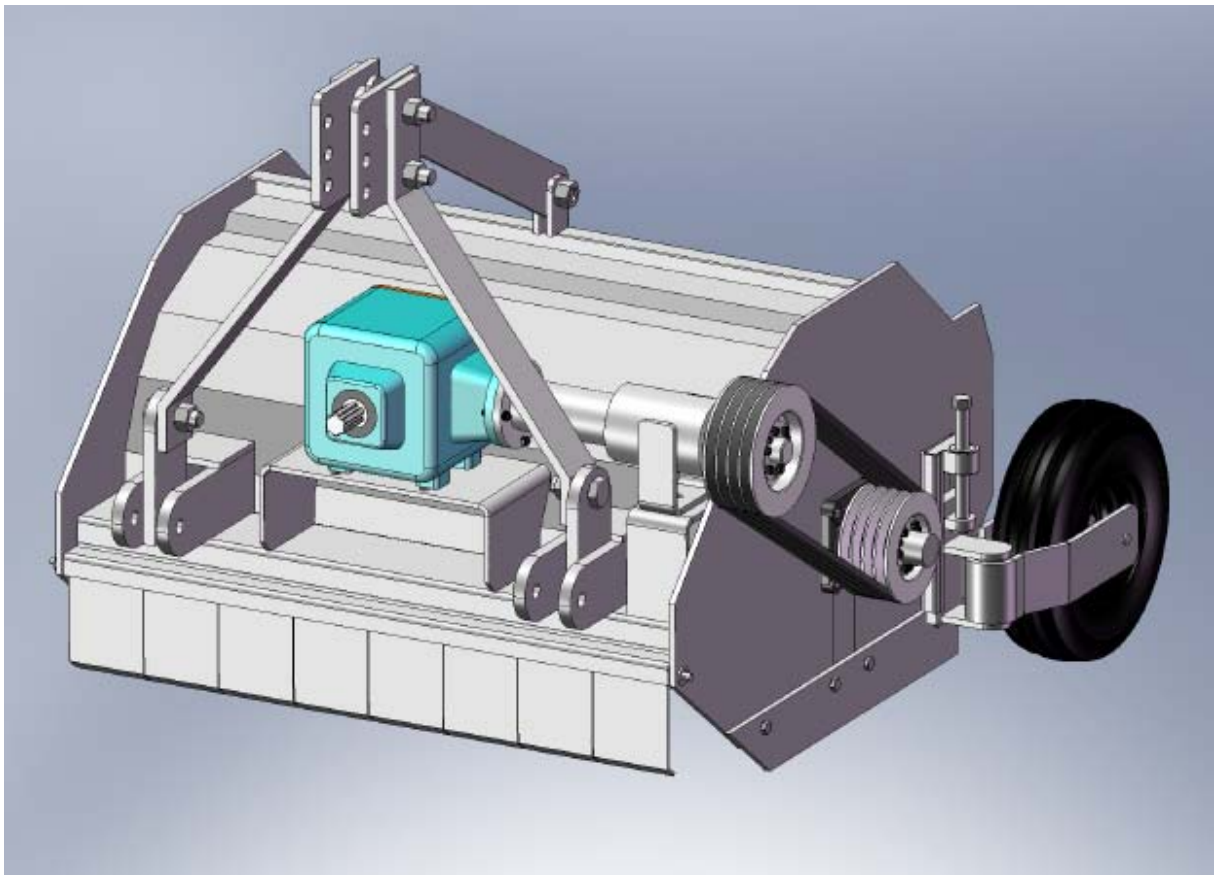
Araştırmada Kullanılan Sap Parçalama Makinesi

Konya yöresi diğer bölgelere göre en fazla tahıl ekilen bir bölgedir. Hasattan sonra tarlada kalan anız sürümde çiftçilere büyük problem yarattığı için çoğunlukla yakılmaktadır. Bu işlem organik materyalin ve tarlada bulunan faydalı biyolojik canlıların ölümüne neden olmaktadır. Bu uygulamanın alternatifi olarak anızın parçalanarak toprağa verilmesiyle, organik materyal yönünden toprağın zenginleştirilmesi sağlanacaktır. Son yıllarda sap parçalama makineleri anızın parçalanarak tarla yüzeyine dağıtılmasında kullanılmaya başlanmıştır. Bu nedenle araştırmada kullanılmak üzere Konya sanayisinde prototip bir sap parçalama makinesi yaptırılarak denemelerde kullanılmıştır.

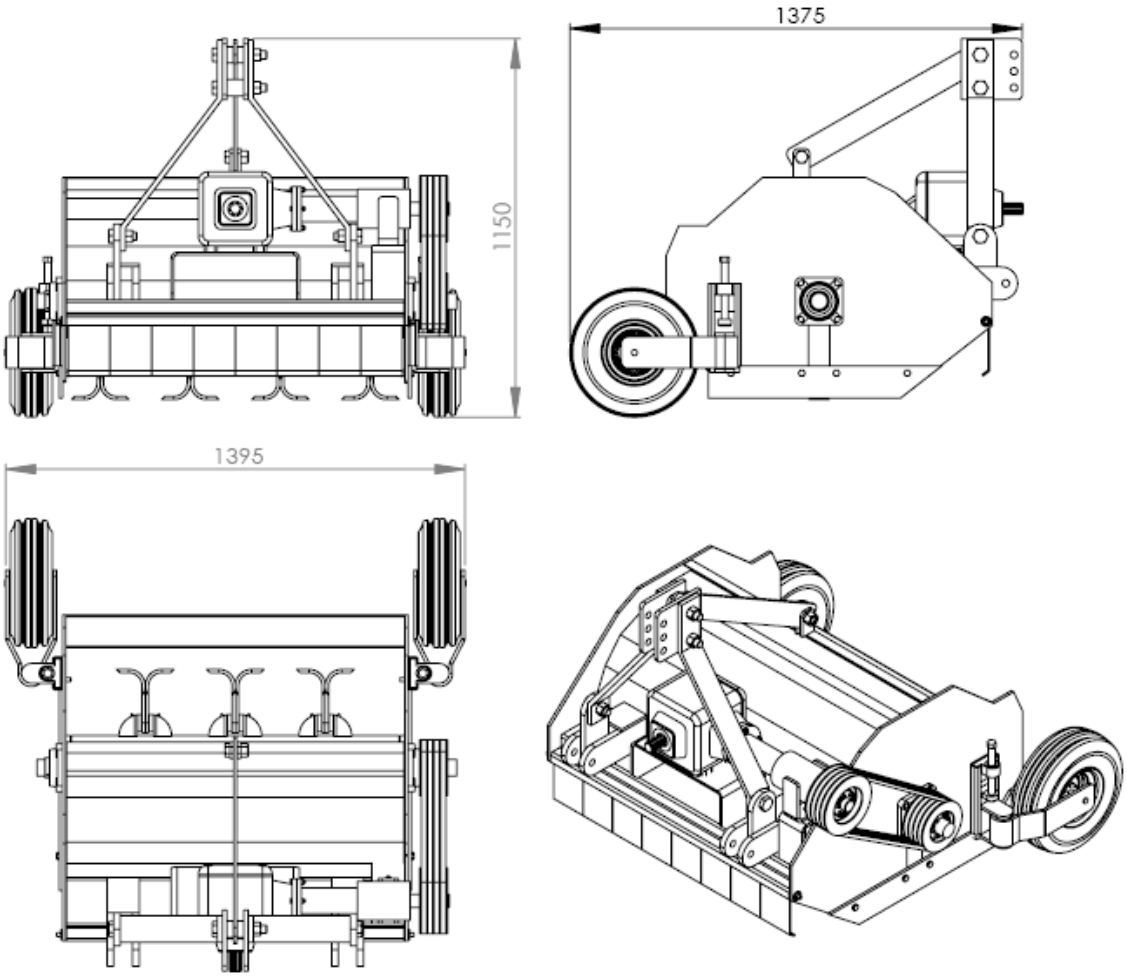
Üç farklı bıçak çevre hızı elde etmek için üç değişik çapta kasnak imal edilerek deneylerde değiştirilerek kullanılmıştır. Şekil 3.1'de makinenin genel görünüşü, Şekil 3.2'de şematik görünüşü, Şekil 3.3'de parçalayıcı tambur ve bıçakların bağlantı durumu, Şekil 3.4'de kullanılan bıçak, Şekil 3.5'te ise makinenin hareket iletim düzeni verilmiştir.

Sap parçalama makinesi traktöre asılır tip, kuyruk milinden tahrik edilen, tarlada kalan anızları parçalayan bir tarım iş makinesidir. Hareket, traktörün kuyruk milinden mafsallı mil aracılığıyla bir dişli kutusuna gelmekte burada devir 1/3 oranında yükseltilerek ara mile bağlı tahrik kasnağına iletilmektedir. Tahrik kasnağından kayış-kasnak düzeni yardımıyla hareket sap parçalatıcı tambur miline verilmektedir (Şekil 3.5). Makine parçalama işini tambur

üzerinde bulunan serbest şekilde bağlanmış bıçaklar ile davlumbaz üzerinde bulunan, iki sıra olarak dizilmiş sabit bıçaklar yardımıyla yapmaktadır. Makinenin bazı teknik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.



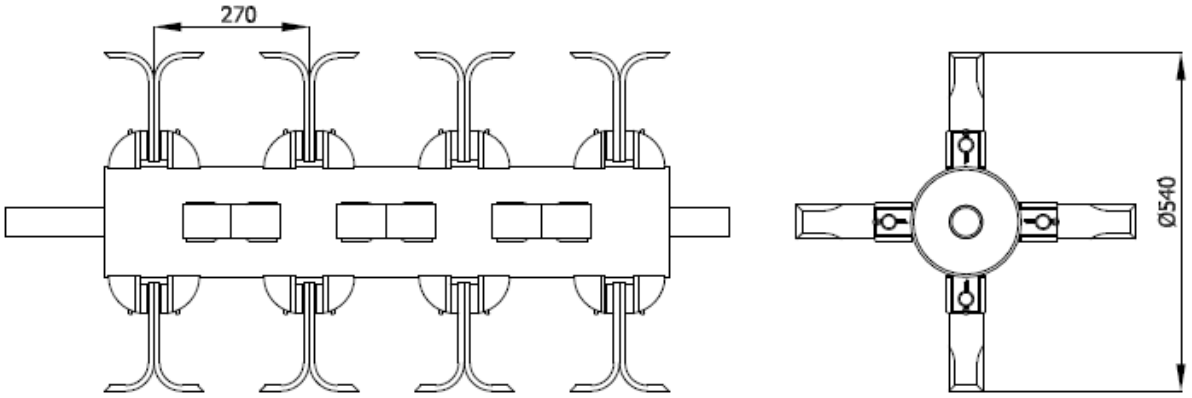
Şekil 3.1. Sap parçalama makinesinin genel görünüşü.



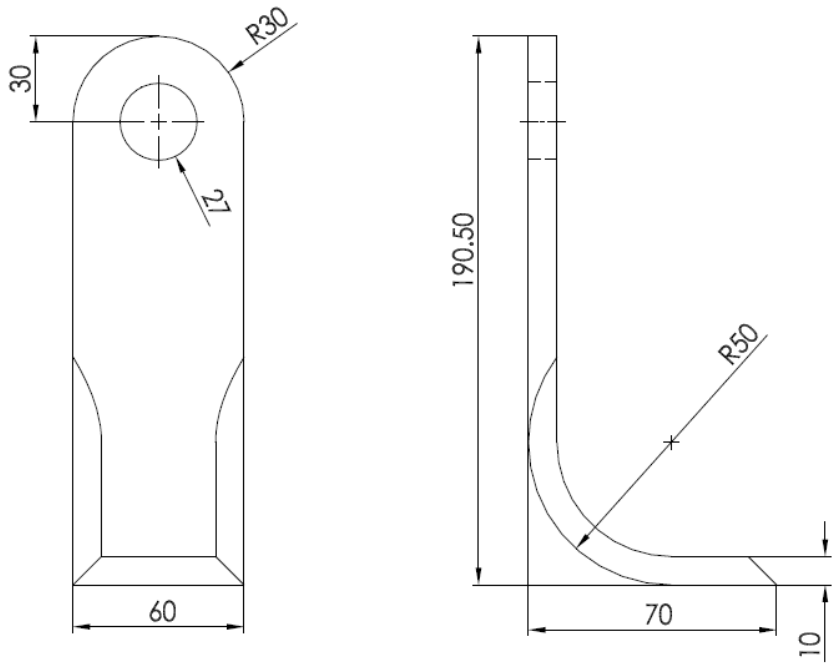
Şekil 3.2. Araştırmada kullanılan sap parçalama makinesinin şematik görünüşü.

Çizelge 3.2. Araştırmada Kullanılan Sap Parçalama Makinesinin Bazı Teknik Özellikleri.

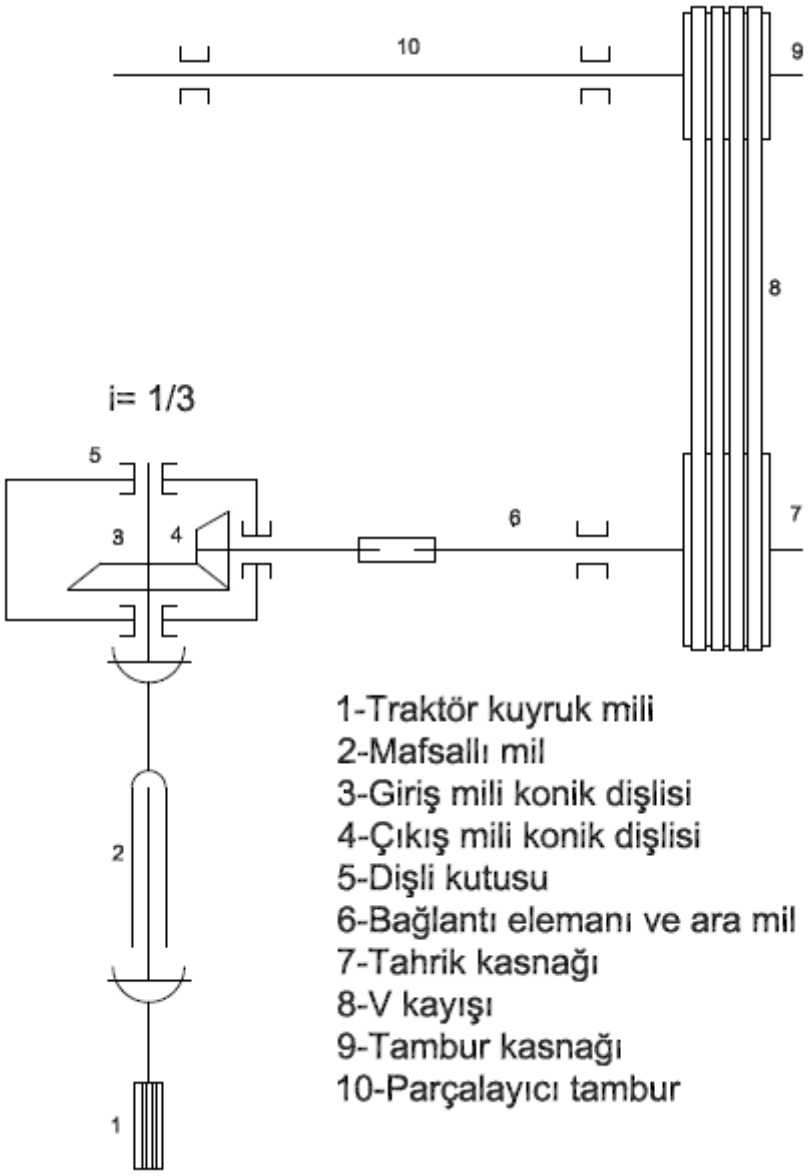
Özellik		Birim	Değer
Kuyruk mili devri		min^{-1}	540
Bıçak çevre hızları	U_1 (1250 min^{-1})	m/s	35.33
	U_2 (1750 min^{-1})		43.46
	U_3 (2250 min^{-1})		63.59
Tahrik kasnak çapları	D_1	mm	130
	D_2		180
	D_3		210
Tambur kasnak çapı		mm	160
Bıçak dönme dairesi çapı		mm	540
Bıçak tipi			L Tipi
Bıçak sayısı		adet	28
İş genişliği		m	1.03



Şekil 3.3. Araştırmada kullanılan sap parçalama makinesinde, bıçakların tambura dizilişinin şematik olarak gösterilişi.



Şekil 3.4. Araştırmada kullanılan sap parçalama bıçağının şematik görünüşü (L Tipi).



Şekil 3.5. Sap parçalama makinesinin hareket iletim sistemi.

3.2. Denemelerde Kullanılan Düzenekler, Ölçüm Aletleri ve Cihazları

Kesme Deney Düzeneği

Anızın kesme kuvvetinin belirlenmesi için S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Laboratuarında bulunan kesme kuvveti ölçüm düzeneğinden faydalanılmıştır. Kesme deney düzeneğinde, hareketli plakaya hareket bir elektrik motoru aracılığıyla verilmiştir. Elektrik motorundan alınan dönü hareketi sonsuz vidalı bir redüktör aracılığıyla doğrusal harekete dönüştürülmüş ve hareketli plakaya düşeyde hareket edecek şekilde iletilmiştir.

Kesme deneyinde oluşan kuvvetleri elektriksel sinyale dönüştürmek için LTC–155-0.1 tipi, yük kapasitesi 50 daN ve tam yükte çıkışı 2 mV/V olan bir yük hücresinden

faydalanılmıştır. Elektrik sinyallerini sayısal değere dönüştürüp kaydetmek için BRYMEN marka BM510 model AVOmetre kullanılmıştır. Şekil 3.6‘ da kesme deney düzeneği görülmektedir.



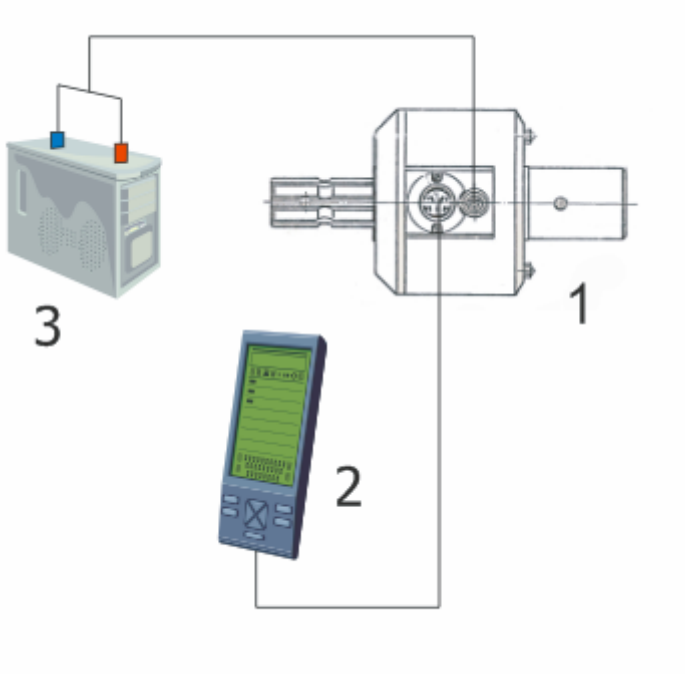
Şekil 3.6. Kesme deney düzeneği.

Kuyruk Mili Momenti Ölçüm Düzeneği

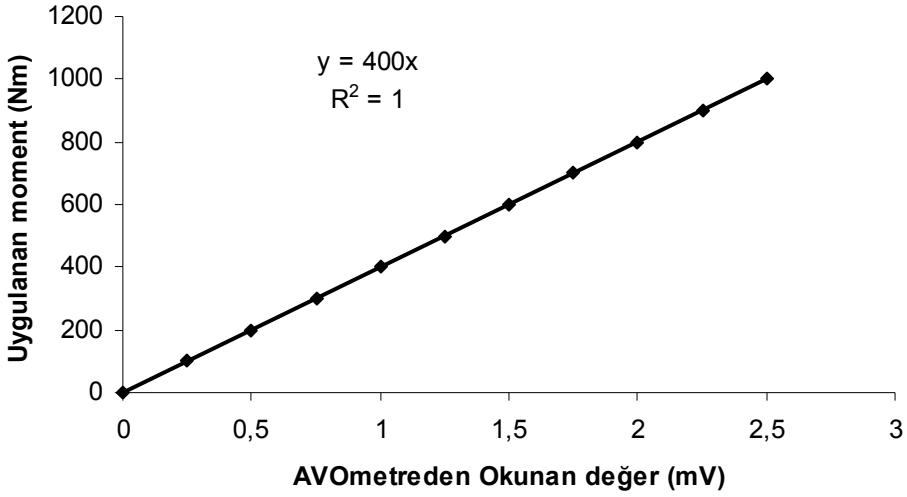
Deney kombinasyonlarına bağlı olarak makinenin, anızı parçalaması sırasında gerekli olan gücün belirlenmesinde kuyruk mili momenti ölçüm düzeneğinden yararlanılmıştır. Düzenek, kuyruk mili torkmetresi, torkmetreden alınan sinyalleri sayısal değere dönüştüren ve belli bir zaman aralığında değerleri kayıt eden bir veri işleyici cihazdan oluşmaktadır. Ayrıca, torkmetrenin elektrik enerjisi için şarj edilebilen kuru pil kullanılmıştır.

Kuyruk mili momentinin ölçümünde DIGITECH marka azami 2000 Nm olan torkmetre kullanılmıştır. Torkmetre traktör kuyruk mili ile mafsallı şaft arasına bağlanarak torkmetreye dönü kuvveti uygulanmaktadır. Uygulanan kuvvet sonucunda torkmetrede oluşan sinyaller veri işleyiciye aktarılır. Verilerin işlenmesinde MultiLog PRO marka taşınabilir,

grafikli, bilgi toplamalı, analiz sistemli ve veri aralığı ayarlanabilen bir datalogger kullanılmıştır. Şekil 3.8'de kuyruk mili moment ölçüm deney düzeneğinin şematik resmi verilmiştir. Kuyruk mili torkmetresi kullanılmadan önce kalibre edilmiştir. Kalibrasyon eğrisi Şekil 3.9'da verilmiştir. Deneylerde STEYR 768 marka traktör kullanılmıştır.



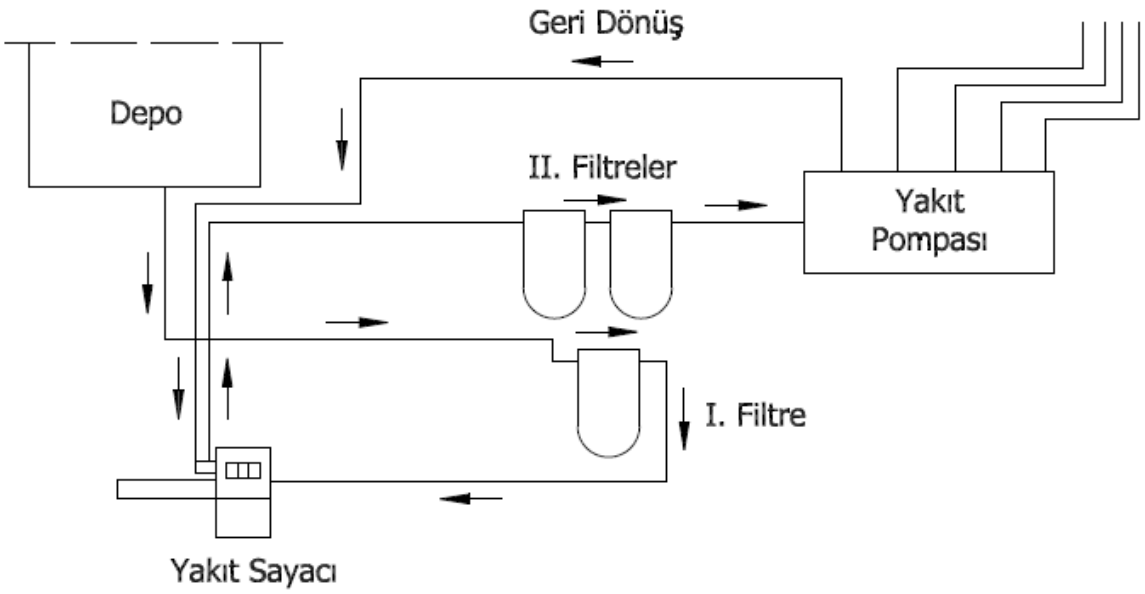
Şekil 3.8. Kuyruk mili momenti ölçüm düzeneği (1.Kuyruk Mili Torkmetresi, 2.Veri İşleyici, 3. 12 V D.C. Kuru Pil).



Şekil 3.9. Torkmetre kalibrasyon eğrisi.

Yakıt Ölçüm Düzeneği

Araştırmada, kombinasyonlardaki yakıt tüketiminin ölçülmesinde Rudolf Schmitt marka mekanik tip bir yakıt ölçer kullanılmıştır (Öztürk 1991; Çarman vd. 1995). Çalışma aralığı 0-200 l/h debi ve 0.03-2 bar basınçtır. Tüketilen yakıt miktarı cihaz üzerindeki sayaçtan okunabilmektedir. Yakıt ölçer traktörün yakıt donanımına bağlanmıştır. Yakıt ölçerin traktörün yakıt donanımına bağlantı şeması Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10. Yakıt ölçerin traktör yakıt donanımına bağlantı şeması.

Araştırmada Kullanılan Genel Amaçlı Ölçüm Aletleri

Araştırmada, zaman ölçümleri 0.1 saniye hassasiyetli kronometre ile yapılmıştır. Anızın parçalandıktan sonraki sap uzunluklarının belirlenmesinde 0.01 hassasiyetli dijital kumpas, anız boylarının ölçümü için cep şerit metresi, deneme parsellerinin oluşturulmasında ve çalışma hızının belirlenmesinde parsel şerit metresi ve jalonlar, sap numunelerin tartılmasında 0.01 g duyarlıklı hassas terazi kullanılmıştır. Devir ölçümlerinde mekanik takometre ve birim alandaki anız sayısını belirlemek içinse 50x50 ebatlarında demir çerçeve kullanılmıştır.

Araştırmada Kullanılan Bilgisayar Yazılımları

Araştırma sonucu kombinasyonlardan alınan numunelerin değerlendirildikten sonra istatistiksel açıdan incelenmeleri için TARİST adlı programdan faydalanılmıştır. Sap kesit alanlarının ölçümünde ise önceden dijital resme dönüştürülen sap çapları Sigma Scan Pro 5 yazılımı ile belirlenmiştir.

3.3. Metod

3.3.1.Tarla Denemeleri

Deneme Deseninin Oluşturulması

Tesadüf blokları deneme desenine göre deney parselleri oluşturulmuştur (Yurtsever 1984). Denemede L tipi bıçak kullanılarak üç bıçak çevre hızı (U_1= 35.33m/s; 1250 min^{-1}, U_2= 43.46m/s;1750 min^{-1}, U_3= 63.59m/s; 2250 min^{-1}) ve üç makine çalışma hızı (V_1=2.7 km/h, V_2=4.5 km/h, V_3=7.2 km/h) seçilerek denemeler bu kombinasyonlarda yapılmıştır. Kombinasyonlara ait deneme deseni Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Deneme Deseni.

Bıçak Tipi	**Çevre Hızı**	**Çalışma Hızı**	**Belirlenen Parametreler.**
L Tipi Bıçak	U_1	V_1	Güç İhtiyacı, Yakıt Tüketimi, Ort. Boyut Dağılımı, Hacim Ağırlığı, Su Tutma Kapasitesi.
		V_2	
		V_3	
	U_2	V_1	
		V_2	
		V_3	
	U_3	V_1	
		V_2	
		V_3	

Anız Yoğunluğunun Belirlenmesi

Deneme tarlasındaki anız yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla 50x50 cm ebatlarında demirden yapılmış çerçeve tarlada rasgele bölgelere atılarak çerçeve içinde kalan bitkiler sayılmıştır. Bu işlem tekerrürlü yapılarak ortalama anız yoğunluğu adet/m^2 olarak belirlenmiştir.

Anız Yüksekliğinin Belirlenmesi

Deneme tarlasının rasgele bölgelerinden anızlar cep şerit metresi ile ölçülerek ortalama anız yüksekliği belirlenmiştir.

Makinenin Kuyruk Mili Güç İhtiyacının Belirlenmesi

Kuyruk mili güç ihtiyacının hesaplanması için makinenin kuyruk mili momenti ve kuyruk mili devri ölçülmesi gerekmektedir.

Kuyruk Mili Momentinin Ölçülmesi

Kuyruk mili momentinin ölçülmesi için, denemelerde kullanılan traktöre kuyruk mili torkmetresi, traktör kuyruk mili çıkışı ile mafsallı mil arasına bağlanmıştır. Kuyruk mili devri bir devir ölçer yardımıyla 540 min^{-1} 'e ayarlanmıştır. Torkmetreden alınan sinyaller bir veri toplayıcı aracılığıyla her kombinasyon için kaydedilmiştir. Elde edilen veriler kalibrasyon eşitliği kullanılarak moment değerlerine dönüştürülmüştür.

Elde edilen moment değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla makinenin kuyruk mili gücü hesaplanmıştır (Demir 1986; Öztürk 1991; Şeflek ve ark. 2006).

$$N = \frac{M_d \cdot n}{9550}$$

N : Kuyruk mili gücü (kW)

M_d : Kuyruk mili momenti (Nm)

n : Kuyruk mili devri (min^{-1})

Teorik İş Başarısının Hesaplanması

İş başarısının hesaplanması için önce çalışma hızı ve makinenin iş genişliği belirlenmiştir.

Çalışma hızının belirlenmesi

Bu amaçla araştırmanın yapıldığı tarlada seçilmiş olan parsellerde 50 m uzunluk jalonlarla işaretlenerek makinenin çalışma sırasında geçilen bu mesafeyi ne kadar zamanda aldığı kronometre ile ölçülmüştür. Zaman ölçümü sonucunda aşağıdaki eşitlikle çalışma hızları hesaplanmıştır.

$$V = 3{,}6\frac{L}{t}$$

V : Makinenin çalışma hızı (km/h)
L : Ölçüm uzunluğu (m)
t : Zaman (s)

İş genişliğinin belirlenmesi

Makinenin tarlada çalışma esnasında anızın parçalandığı genişlik şerit metre ile tekerrürlü ölçülerek ortalaması alınmıştır. Makinenin çalışma hızı ve iş genişliği belirlendikten sonra deney kombinasyonlarındaki üç farklı çalışma hızında teorik iş başarısı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Kocabıyık 2003)

$$T.\dot{I}.B = B \cdot V \cdot T$$

T.İ.B : Teorik iş başarısı (da/h)
B : İş genişliği (m)
V : Makinenin çalışma hızı (km/h)
T : Çalışma zamanı (h)

Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi

Makine ile çalışmada makine performansının ve yapılan işlerin ekonomikliğinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir kriter de makine ile yapılan çalışmada tüketilen yakıt miktarıdır. Bu amaçla traktör yakıt sistemine bir yakıt ölçer bağlanmıştır. Deneme tarlasında belirli uzunlukta parseller belirlenerek makine seçilen kombinasyonlarda çalıştırılmıştır. Makine parsellerde çalışmaya başlamadan önce ve çalıştıktan sonraki yakıt ölçerden sayısal değerler okunmuştur. Bu değerler kullanılarak yakıt tüketimi l/da ve l/h

olarak hesaplanmıştır. Hesaplamada aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır. (Çarman ve ark.1995; Kocabıyık 2003)

$$YT = \frac{YGs - YGi}{S}$$

YT : Yakıt tüketimi (l/da)
YGs : Yakıt ölçerde son okuma değeri(l)
YGi : Yakıt ölçerde ilk okuma değeri(l)
S : Parsel büyüklüğü (da)

3.3.2.Laboratuar Denemeleri

Anızın Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Kesme Gerilmesinin Belirlenmesi

Deney tarlasından rastgele alınan anız numuneleri bir kesme düzeneği (Instron cihazı) ile kesme kuvveti tekerrürlü olarak ölçülmüştür. Anız iki yüzeyden kesilmeye tabi tutulmuştur. Daha sonra anızın kesme alanları bir tarayıcıdan geçirilerek sayısal resme dönüştürülüştür. Bir bilgisayar programı olan Sigma Scan Pro 5 yardımı ile sayısal resimden materyalin ortalama kesit alanı belirlenmiştir.

Ortalama kesme kuvveti ve kesit alanı belirlenen anız sapının kesme gerilmesi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\tau = \frac{F}{2A}$$

τ : Kesilme gerilmesi (N/mm^2)
F : Kesme kuvveti (N)
A : Materyalin kesilme noktasındaki kesit alanı (mm^2)

Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Deney tarlasından rastgele alınan anız numunelerinden 10 gramlık 3 örnek alınarak 105 ^oC' de 24 saat kurutulmuştur. Kuruyan numuneler tekrar tartılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla nem içerikleri belirlenmiştir.

$$MC = \frac{Wy - Wk}{Wk} \cdot 100$$

MC : Anız nem içeriği (kuru esas)(%)

Wy : Anız numunesinin yaş ağırlığı (g)

Wk : Anız numunesinin kuru ağırlığı (g)

Parçalanmış Anızın Ortalama Boyut Dağılımı

Sap parçalama makinelerinin etkinliğinin bir göstergesi anızın arzu edilen küçük boyutlara kadar parçalanmasıdır. Bu amaçla her kombinasyona ait parça boyutlarının belirlenmesi için denemesi yapılan parsellerin başından, ortasından ve sonundan olmak üzere her parselin üç farklı yerinden numuneler alınmıştır. Her parsel için alınan bu üç numune kendi kombinasyonunu temsil edecek şekilde tek numune olarak karıştırılmıştır.

Her kombinasyon için oluşturulan tek numunelerden üç adet beşer gram tartılıp her bir beşer gramdaki sap parçacıklarının boyutları ölçülmüştür. Bu sayede her numunedeki parça boyutunu belirleme üç tekerrürlü olacak şekilde yapılmıştır. Ölçülen bu değerlerle ortalama parça boyutları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Düzgüneş vd.1983).

$$X_{ort} = \frac{\sum f_i \cdot X_i}{\sum f}$$

X_{ort} : Ortalama parçalanmış sap uzunluğu (mm)

X_i : Gruba ait ortalama sap uzunluğu (mm)

f_i : Her bir gruba ait ölçüm yapılan parça sayısı (frekans)(adet)

f : Toplam parça sayısı (toplam frekans)(adet)

Hacim Ağırlığının Belirlenmesi

Parçalanma etkinliğinin belirlenmesinin diğer bir yolu da parçalanan sapların hacim ağırlıklarının ölçülmesidir. Hacim ağırlığını ölçmek için 500x500 mm boyutlarında ve 1000 mm yükseklikte olan bir kaba parçalanan numuneden serbest bir şekilde doldurularak kap, hafif ve homojen olarak zemine dört defa vurulmuştur. Sonra kapta boşalan kısım tekrar parçalanmış sapla doldurularak kap, tam olarak dolana kadar aynı işlemden geçirilmiştir. Son olarak kabın ağırlığı ölçülerek parçalanan sapın birim hacimdeki ağırlıkları kg/m^3 şeklinde

hesaplanmıştır. Bu işlem her kombinasyon numunesi için ayrı ayrı tekerrürlü olarak yapılmıştır (Pathak 1963).

Su Tutma Kapasitesini Belirlenmesi

Parçalanan anızın su tutma kapasitesinin belirlenmesinde her numuneden ayrı ayrı 300 g parçalanmış sap tartılarak bu iş için hazırlanmış kaplarda başlangıçta 15 dakika 1 litre su (Şebeke suyu) ile ıslatılmıştır. Daha sonra 2 litre su ilave edilerek 30 dakika daha bekletilmiştir. 1 saat sonra kaplardaki su bir bez yardımıyla süzülerek parçalanan saplar damlamaya bırakılmıştır. Damlama 1 saat devam ettikten sonra saplar hassas terazide tartılarak su tutma kapasiteleri her numune için belirlenmiştir (Pathak 1963).

Verilerin Değerlendirilmesi

Çevre hızları ve çalışma hızı faktörlerinin bağımlı parametreler (güç ihtiyacı, yakıt tüketimi, boyut dağılımı, hacim ağırlığı, su tutma) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ölçümlerde sonucu elde edilen değerlerin standart hataları yardımıyla hesaplanmıştır (Düzgüneş vd.1983).

$$S_H = Sd / \sqrt{n_s} = \sqrt{\frac{\Sigma(X_d - X)^2}{(n_s - 1)}} / \sqrt{n_s}$$

S_H : Standart hata
Sd : Standart sapma
n_s : Örnek sayısı
X_d : Örneğe ait değişkenin değeri
X : Örneğin aritmetik ortalaması

Ölçüm değerlerinin istatistik analizi TARİST bilgisayar istatistik analiz programında yapılmıştır. Çevre hızı ve çalışma hızı faktörlerinin güç ihtiyacı, yakıt tüketimi, boyut dağılımı, hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi üzerine etkilerinin önem seviyelerini belirlemek amacıyla varyans analizleri yapılarak F değerleri kontrol edilmiştir. F kontrolü sonucu önemli çıkan faktörlerin en küçük önemli farkı (LSD) testi uygulanmıştır (Yurtsever

1984). Ayrıca çevre hızı ve çalışma hızı faktörlerinin interaksiyonuna bakılmıştır. Çizelgelerde $P<0.01$ için (**) sembolleri kullanılmıştır.

Regresyon analizlerinde dört matematiksel model kullanılmıştır. Bunlar doğrusal (lineer), logaritmik, exponansiyel ve üsseldir. Eşitliklerde (x) çevre hızlarını; (y) ise farklı çalışma hızlarında güç ihtiyacı, yakıt tüketimi, boyut dağılımı, hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi değerlerini göstermektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kesme Gerilmesi

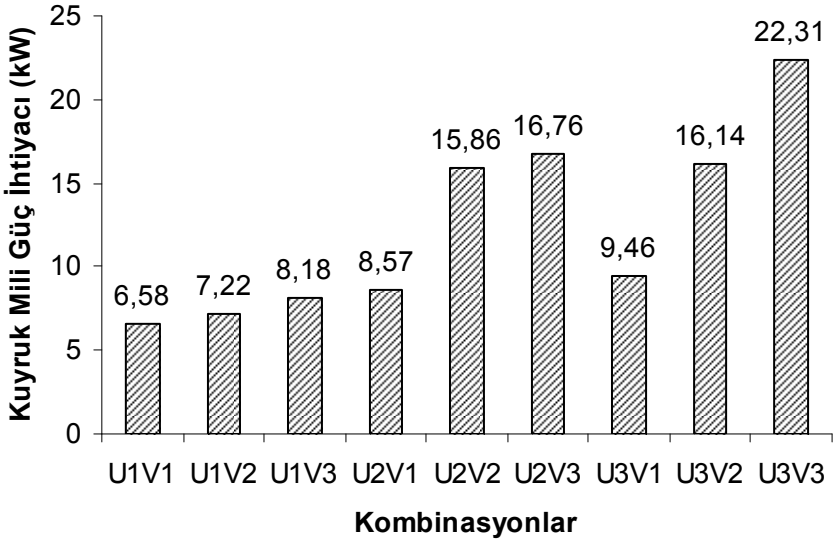
Kesme gerilmesi deneyinde maksimum kesme kuvveti 53.40 N, ortalama kesme kuvveti ise 24 N bulunmuştur. Bilgisayar programı yardımıyla ölçülen sap çaplarının ortalaması ise 7.21 mm^2 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak anızın kesme gerilmesi 1.66 N/mm^2 ile 3.70 N/mm^2 arasında değişmiştir. Bu sonuç Öğüt ve ark. (1992) tespit ettiği değerlere benzerdir.

4.2. Nem İçeriği

Tarla denemelerinin ardından hemen yapılan nem tayinine göre anızın nem içeriği kuru baza göre ortalama % 6.3 olarak belirlenmiştir.

4.3. Kuyruk Mili Gücü İhtiyacı

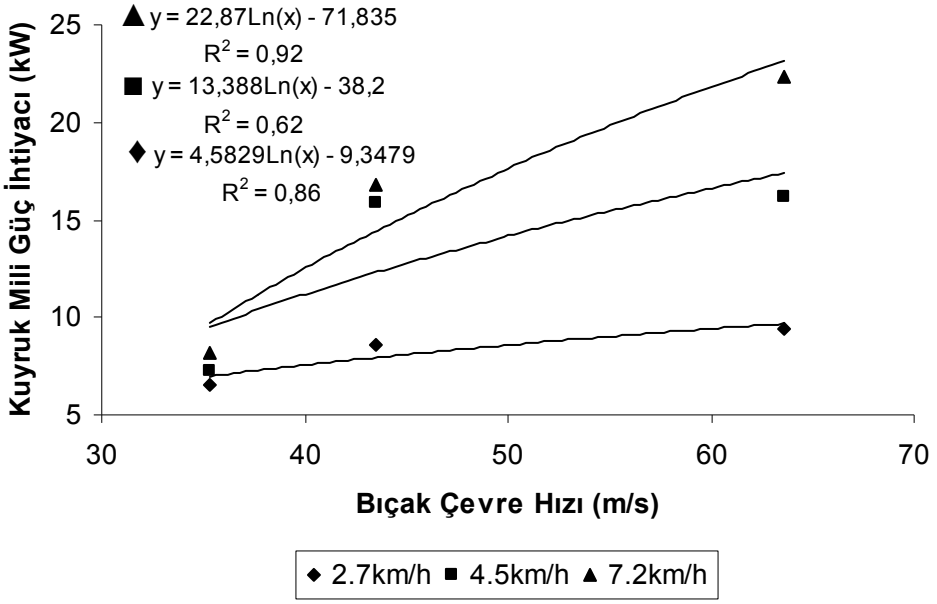
Seçilen kombinasyonlarda kuyruk mili güc ihtiyacı, ortalama 6.58–22.31 kW arasında değişmiştir. En küçük kuyruk mili güç ihtiyacı U_1V_1 kombinasyonunda, en büyük güç ihtiyacı ise U_3V_3 kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 4.1). Bıçak çevre hızının yaklaşık % 80' lik artışı kuyruk mili gücü ihtiyacında % 113 artışa neden olmuştur. Çalışma hızının % 166'lık artışı ise kuyruk mili güç ihtiyacında yaklaşık % 92 'lik artışa neden olmuştur.



Şekil 4.1. Kombinasyonlara ait Kuyruk mili gücü ihtiyaçları.

Bıçak çevre hızı ile güç tüketimi arasındaki ilişkinin tahmin denklemleri ve belirtme katsayıları Şekil 4.2' de verilmiştir. Değişik çalışma hızlarında bıçak çevre hızı ile güç arasındaki en yüksek ilişki tüm kombinasyonlarda logaritmiktir.

Denemelerde elde edilen veriler üzerinde varyans analizleri ve LSD testleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Bıçak çevre hızına bağlı olarak kuyruk mili gücü ihtiyacındaki değişim.

Çizelge 4.1. Güç Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çevre Hızı	2	111,74	525,56 **
Çalışma Hızı	2	85,92	404,12 **
Çevre Hızı x Ça. Hızı	4	17,98	84,56 **
Hata	9	0,21	
Genel	17	27,59	

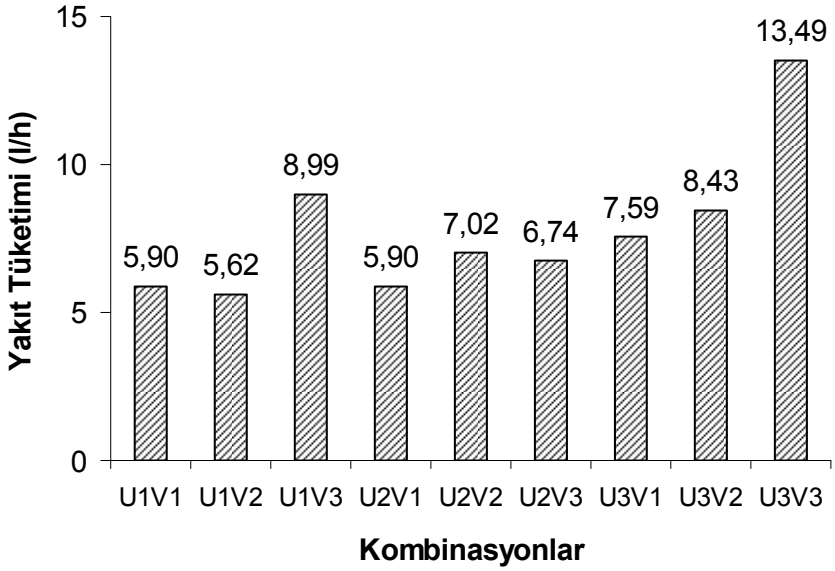
Çevre Hızı	Çalışma Hızı
7,33 a	8,21 a
13,50 b	12,51 b
15,64 c	15,75 c
LSD (%5)= 0,6	LSD (%5)= 0,6

Çizelge 4.1'in incelenmesinden görüleceği gibi bıçak çevre hızı ve çalışma hızındaki değişimin kuyruk mili gücü üzerindeki etkisi $P<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Bıçak çevre hızı ve ilerleme hızının ortalama değerleri üzerinde yapılan LSD testi sonucu her bir

ortalama arasındaki farklılığın önemli olduğu görülmüştür. Benzer sonuçlara (Şeflek ve ark. 2006; Silleli ve Ayık 2006) ulaşmıştır.

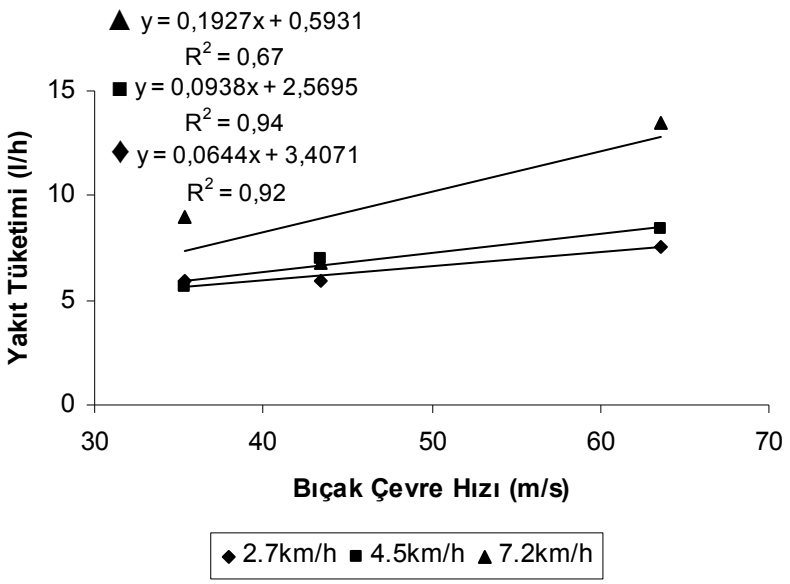
4.4. Yakıt Tüketimi

Makinenin yakıt tüketimleri her kombinasyon için ayrı ayrı ölçülmüştür ve l/h cinsinden hesaplanmıştır. Bu değerlere göre en düşük yakıt tüketimi, 5.62 l/h ile U_1V_2 kombinasyonunda elde edilirken, en yüksek yakıt tüketimi 13.49 l/h ile U_3V_3 kombinasyonunda elde edilmiştir (Şekil 4.3). Artan bıçak çevre hızı ve ilerleme hızına bağlı olarak yakıt tüketimi değerleri artmıştır. Bıçak çevre hızındaki % 80' lik artış yakıt tüketimini % 46 artırırken, çalışma hızındaki % 166' lık artış ise yakıt tüketimini yaklaşık % 53 artırmıştır.



Şekil 4.3. Kombinasyonlara ait saatlik yakıt tüketimi.

Bıçak çevre hızına bağlı olarak yakıt tüketimindeki değişimin tahmin denklemleri ve belirtme katsayıları Şekil 4.4'de verilmiştir. Şekil 4.4'e göre değişik çalışma hızlarında bıçak çevre hızına bağlı olarak yakıt tüketimi doğrusal bir şekilde artmıştır.



Şekil 4.4. Bıçak çevre hızına bağlı olarak yakıt tüketiminin değişimi.

Denemelerde elde edilen veriler üzerinde varyans analizleri ve LSD testleri sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Yakıt Tüketimi Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çevre Hızı	2	19,38	403,14**
Çalışma Hızı	2	20,44	425,36**
Çevre Hızı x Ça. Hızı	4	3,5	72,83**
Hata	9	0,04	
Genel	17	5,53	

Çevre Hızı	Çalışma Hızı
6,76 a	6,47 a
6,70 a	6,95 b
9,84 b	9,88 c
LSD (%5)= 0,286	LSD (%5)= 0,286

Varyans analizi sonuçlarına göre bıçak çevre hızı ve ilerleme hızındaki değişimin yakıt tüketimi üzerindeki etkisi $P<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca çevre hızı ve ilerleme hızı interaksiyonuda önemli bulunmuştur. İlerleme hızının ortalama değerleri üzerinde yapılan LSD testi sonucu her bir ortalama arasındaki farklılığın önemli olduğu görülmüştür. Çevre hızında ise farklılığın kaynağı olarak 63.50 m/s' lik çevre hızına ait ortalama olduğu görülmüştür.

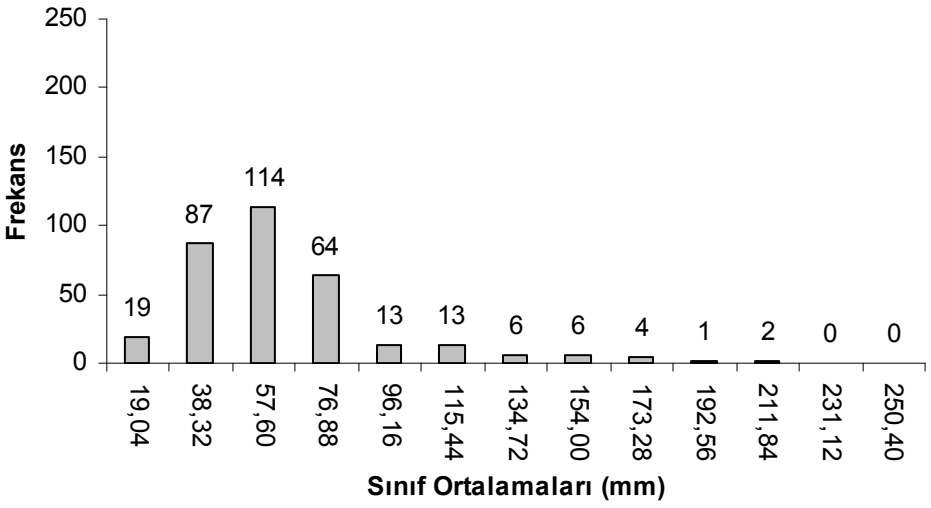
4.5. Boyut Dağılımı

Kombinasyonların parça işleminden sonra elde edilen parça büyüklüklerinin dağılımları Çizelge 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11' de, dağılım grafikleri ise Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13'de verilmiştir.

U_1V_1 kombinasyonunda son iki sınıf aralığı hariç bütün parça boyutu sınıflarında frekanslar olduğu görülmüştür. Parça boyutları 28.68 mm ile 86.51 mm arasında yoğunlaşmıştır (yaklaşık % 80.5). Ortalama parça boyutu 63.80 mm olmuştur (Çizelge 4.3. ve Şekil 4.5)

Çizelge 4.3. U_1V_1 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı.

Sınıflar	Sınıf ort. (X)	Frekans (f)	f.X	%Nisbi frekans
9.4-28.67	19.04	19	361.76	5.78
28.68-47.95	38.32	87	3333.84	26.44
47.96-67.23	57.60	114	6566.4	34.65
67.24-86.51	76.88	64	4920.32	19.45
86.52-105.79	96.16	13	1250.08	3.95
105.80-125.07	115.44	13	1500.72	3.95
125.08-144.35	134.72	6	808.32	1.82
144.36-163.63	154.00	6	924	1.82
163.64-182.91	173.28	4	693.12	1.22
182.92-202.19	192.56	1	192.56	0.30
202.20-221.47	211.84	2	423.68	0.61
221.48-240.75	231.12	0	0	0
240.76-260.03	250.40	0	0	0
TOPLAM		**329**	**20974,8**	**100**
X_{ort} = 63.80	**SD = 31.68**	**%VK = 49.65**		

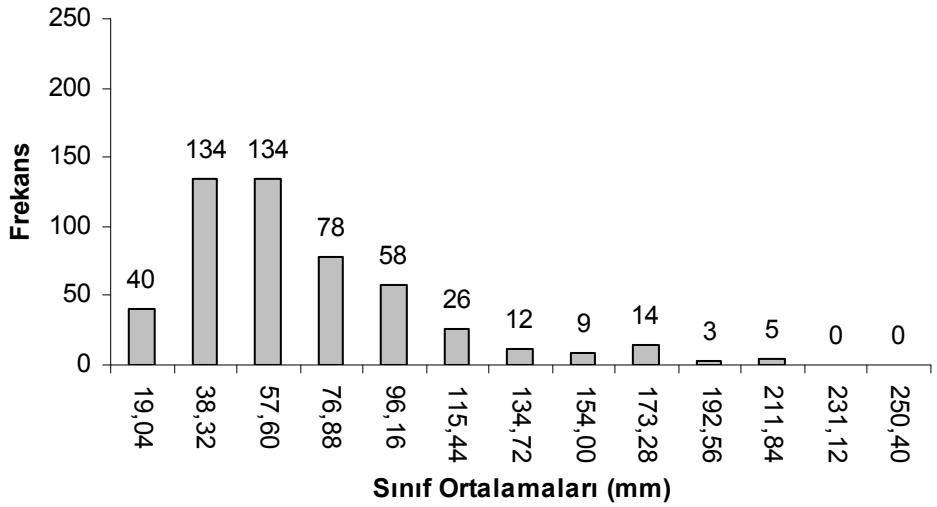


Şekil 4.5. U_1V_1 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları.

U_1V_2 kombinasyonunda da son iki sınıf aralığı hariç bütün parça boyutu sınıflarında frekanslar olduğu görülmüştür. Parça boyutları 28.68 mm ile 105.79 mm arasında yoğunlaşmıştır (yaklaşık % 78.7). Ortalama parça boyutu 68.78 mm olmuştur (Çizelge 4.4. ve Şekil 4.6)

Çizelge 4.4. U_1V_2 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı.

Sınıflar	Sınıf ort. (X)	Frekans (f)	f.X	%Nisbi frekans
9.4-28.67	19.04	40	761.6	7.80
28.68-47.95	38.32	134	5134.88	26.12
47.96-67.23	57.60	134	7718.4	26.12
67.24-86.51	76.88	78	5996.64	15.20
86.52-105.79	96.16	58	5577.28	11.31
105.80-125.07	115.44	26	3001.44	5.07
125.08-144.35	134.72	12	1616.64	2.34
144.36-163.63	154.00	9	1386	1.75
163.64-182.91	173.28	14	2425.92	2.73
182.92-202.19	192.56	3	577.68	0.58
202.20-221.47	211.84	5	1059.2	0.97
221.48-240.75	231.12	0	0	0
240.76-260.03	250.40	0	0	0
TOPLAM		**513**		**100**
X_{ort} = 68.78	**SD = 38.39**	**%VK = 55.81**		

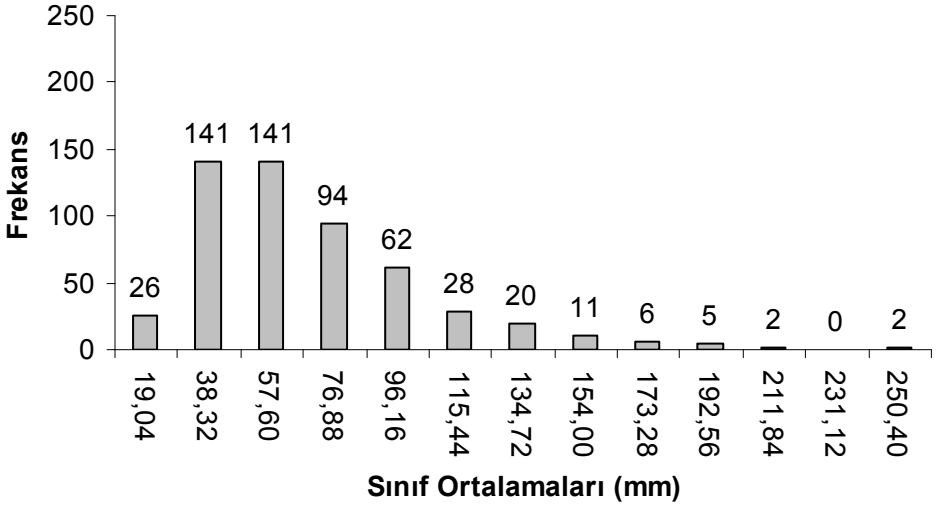


Şekil 4.6. U_1V_2 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları.

U_1V_3 kombinasyonunda yaklaşık her parça boyutu sınıfında frekanslar olduğu görülmüştür. Parça boyutları 28.68 mm ile 105.79 mm arasında yoğunlaşmıştır (yaklaşık % 81.4) Ortalama parça boyutu 70.21 mm olmuştur (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.7)

Çizelge 4.5. U_1V_3 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı.

Sınıflar	Sınıf ort. (X)	Frekans (f)	f.X	%Nisbi frekans
9.4-28.67	19.04	26	495.04	4.83
28.68-47.95	38.32	141	5403.12	26.21
47.96-67.23	57.60	141	8121.6	26.21
67.24-86.51	76.88	94	7226.72	17.47
86.52-105.79	96.16	62	5961.92	11.52
105.80-125.07	115.44	28	3232.32	5.20
125.08-144.35	134.72	20	2694.4	3.72
144.36-163.63	154.00	11	1694	2.04
163.64-182.91	173.28	6	1039.68	1.12
182.92-202.19	192.56	5	962.8	0.93
202.20-221.47	211.84	2	423.63	0.37
221.48-240.75	231.12	0	0	0
240.76-260.03	250.40	2	500.8	0.37
TOPLAM		**538**	**37756.08**	**100**
X_{ort} = 70.21	**SD = 36.74**	**%VK = 52.33**		



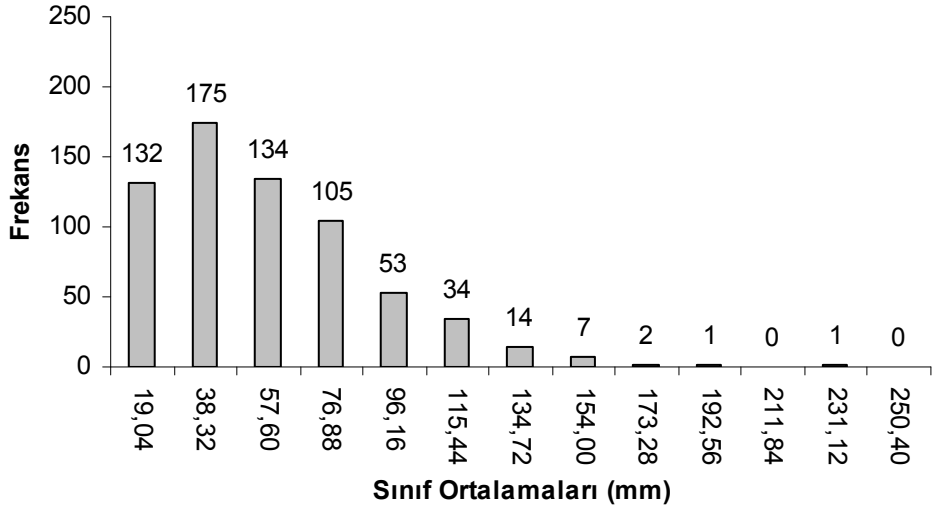
Şekil 4.7. U_1V_3 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları.

Bıçak çevre hızları aynı fakat çalışma hızları farklı bu üç kombinasyonun (U_1V_1, U_1V_2, U_1V_3) varyasyon katsayıları karşılaştırıldığında birbirlerine benzer olduğu söylenebilir.

U_2V_1 kombinasyonunun parça boyutları 9.4 mm ile 86.51 mm arasında yoğunlaşırken (yaklaşık % 82.9), ortalama parça boyutu 57.78 mm olmuştur (Çizelge 4.6 ve Şekil 4.8).

Çizelge 4.6. U_2V_1 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı.

Sınıflar	Sınıf ort. (X)	Frekans (f)	f.X	%Nisbi frekans
9.4-28.67	19.04	132	2513.28	20.06
28.68-47.95	38.32	175	6706	26.60
47.96-67.23	57.60	134	7718.4	20.36
67.24-86.51	76.88	105	8072.4	15.96
86.52-105.79	96.16	53	5096.48	8.05
105.80-125.07	115.44	34	3924.96	5.17
125.08-144.35	134.72	14	1886.08	2.13
144.36-163.63	154.00	7	1078	1.06
163.64-182.91	173.28	2	346.56	0.30
182.92-202.19	192.56	1	192.56	0.15
202.20-221.47	211.84	0	0	0
221.48-240.75	231.12	1	231.12	0.15
240.76-260.03	250.40	0	0	0
TOPLAM		**658**	**37765.84**	**100**
X_{ort} = 57.78	**SD = 32.64**	**%VK = 56.49**		

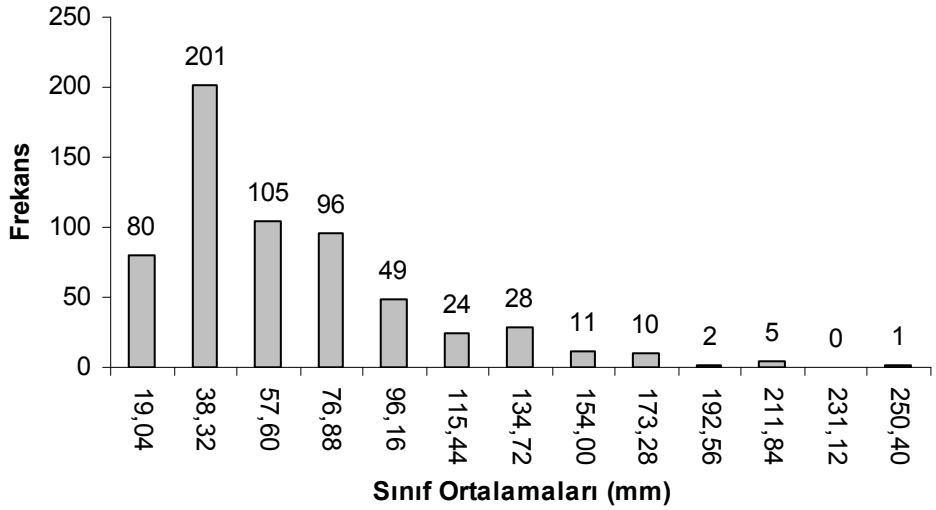


Şekil 4.8. U_2V_1 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları.

U_2V_2 kombinasyonunun parça boyutları 9.4 mm ile 86.51 mm arasında yoğunlaşırken (yaklaşık % 79.1), ortalama parça boyutu 63.77 mm olmuştur (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.9).

Çizelge 4.7. U_2V_2 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı.

Sınıflar	Sınıf ort. (X)	Frekans (f)	f.X	%Nisbi frekans
9.4-28.67	19.04	80	1523.2	13.14
28.68-47.95	38.32	201	7702.32	33.00
47.96-67.23	57.60	105	6048	17.24
67.24-86.51	76.88	96	7380.48	15.76
86.52-105.79	96.16	49	4711.84	8.05
105.80-125.07	115.44	24	2770.56	3.94
125.08-144.35	134.72	28	3772.16	4.60
144.36-163.63	154.00	11	1694	1.81
163.64-182.91	173.28	10	1732.80	1.64
182.92-202.19	192.56	2	385.12	0.33
202.20-221.47	211.84	5	1059.2	0.82
221.48-240.75	231.12	0	0	0
240.76-260.03	250.40	1	250.40	0.16
TOPLAM		**612**	**39030.08**	**100**
X_{ort} = 63.77	**SD = 38.80**	**%VK = 60.80**		

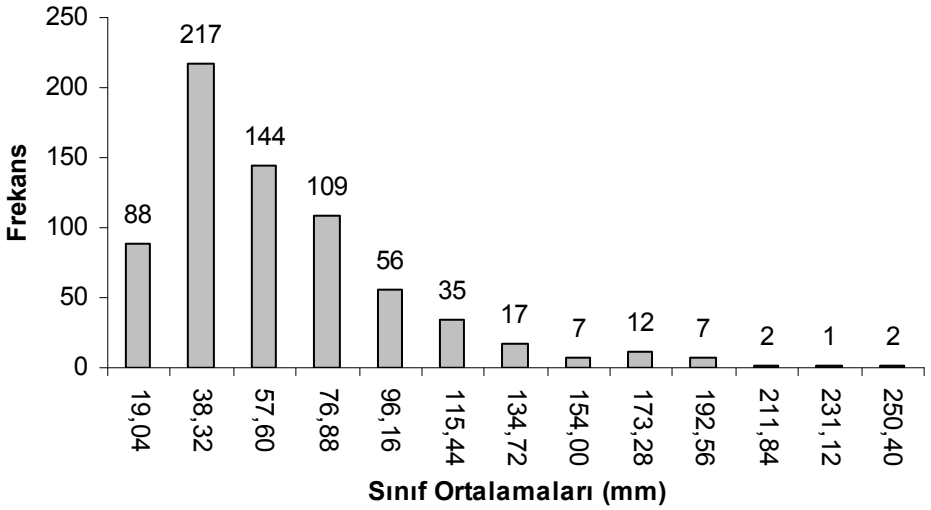


Şekil 4.9. U_2V_2 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları.

U_2V_3 kombinasyonunda ise parça boyutları 9.4 mm ile 86.51 mm arasında yoğunlaşırken (yaklaşık % 80) ortalama parça boyutu 63.02 mm olmuştur (Çizelge 4.8 ve Şekil 4.10).

Çizelge 4.8. U_2V_3 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı.

Sınıflar	Sınıf ort. (X)	Frekans (f)	f.X	%Nisbi frekans
9.4-28.67	19.04	88	1675.52	12.63
28.68-47.95	38.32	217	8315.44	31.13
47.96-67.23	57.60	144	8294.40	20.66
67.24-86.51	76.88	109	8379.92	15.64
86.52-105.79	96.16	56	5384.96	8.03
105.80-125.07	115.44	35	4040.40	5.02
125.08-144.35	134.72	17	2290.24	2.44
144.36-163.63	154.00	7	1078.00	1.00
163.64-182.91	173.28	12	2079.36	1.72
182.92-202.19	192.56	7	1347.92	1.00
202.20-221.47	211.84	2	423.68	0.29
221.48-240.75	231.12	1	231.12	0.14
240.76-260.03	250.40	2	500.80	0.29
TOPLAM		**697**	**44041.76**	**100**
X_{ort} = 63.02	**SD = 38.11**	**%VK = 60.50**		

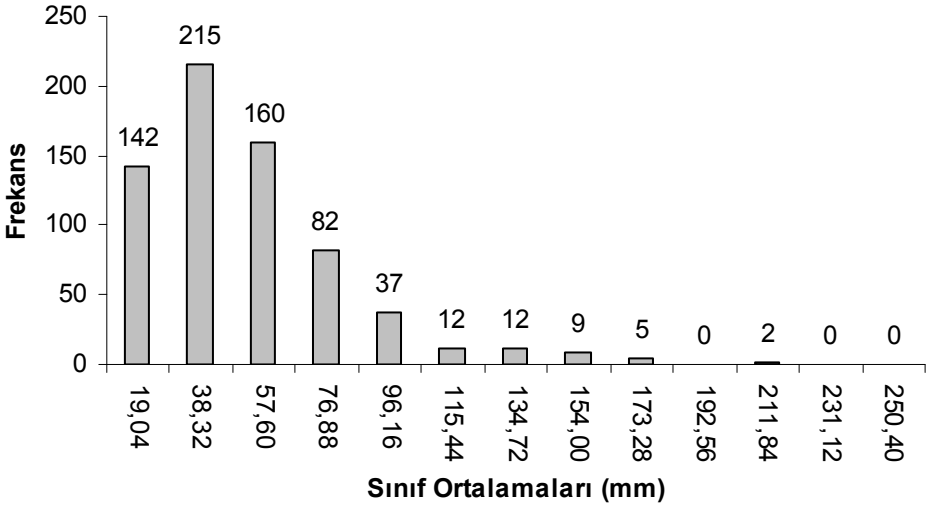


Şekil 4.10. U_2V_3 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları.

U_3V_1 kombinasyonunun parça boyutları 9.4 mm ile 86.51 mm arasında yoğunlaşırken (yaklaşık % 88.6), ortalama parça boyutu 53.14 mm olmuştur (Çizelge 4.9 ve Şekil 4.11).

Çizelge 4.9. U_3V_1 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı.

Sınıflar	Sınıf ort. (X)	Frekans (f)	f.X	%Nisbi frekans
9.4-28.67	19.04	142	2703.68	21.01
28.68-47.95	38.32	215	8238.8	31.80
47.96-67.23	57.60	160	9216	23.67
67.24-86.51	76.88	82	6304.16	12.13
86.52-105.79	96.16	37	3557.92	5.47
105.80-125.07	115.44	12	1385.28	1.78
125.08-144.35	134.72	12	1616.64	1.78
144.36-163.63	154.00	9	1386	1.33
163.64-182.91	173.28	5	866.4	0.74
182.92-202.19	192.56	0	0	0
202.20-221.47	211.84	2	423.68	0.30
221.48-240.75	231.12	0	0	0
240.76-260.03	250.40	0	0	0
TOPLAM		**676**	**35698.56**	**100**
X_{ort} = 53.14	**SD = 31.14**	**%VK = 58.60**		

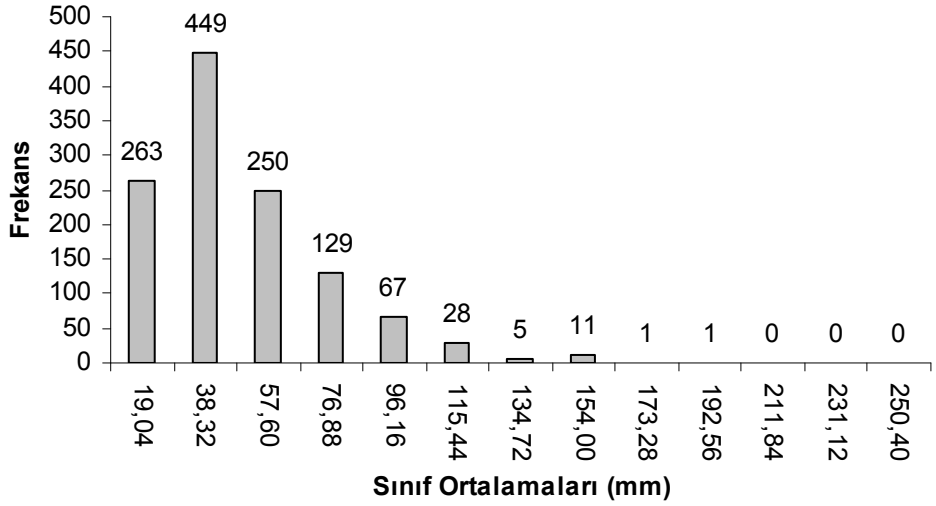


Şekil 4.11. U_3V_1 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları.

U_3V_2 kombinasyonunun parça boyutları 9.4 mm ile 86.51 mm arasında yoğunlaşırken (yaklaşık % 90.6), ortalama parça boyutu 49.33 mm olmuştur (Çizelge 4.10 ve Şekil 4.12).

Çizelge 4.10. U_3V_2 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı.

Sınıflar	Sınıf ort. (X)	Frekans (f)	f.X	%Nisbi frekans
9.4-28.67	19.04	263	5007.52	21.84
28.68-47.95	38.32	449	17205.68	37.29
47.96-67.23	57.60	250	14400	20.76
67.24-86.51	76.88	129	9917.52	10.71
86.52-105.79	96.16	67	6442.72	5.56
105.80-125.07	115.44	28	3232.32	2.33
125.08-144.35	134.72	5	673.6	0.42
144.36-163.63	154.00	11	1694	0.91
163.64-182.91	173.28	1	173.28	0.08
182.92-202.19	192.56	1	192.56	0.08
202.20-221.47	211.84	0	0	0
221.48-240.75	231.12	0	0	0
240.76-260.03	250.40	0	0	0
TOPLAM		**1204**	**58939.2**	**100**
X_{ort} = 49.33	**SD = 26.33**	**%VK = 53.36**		

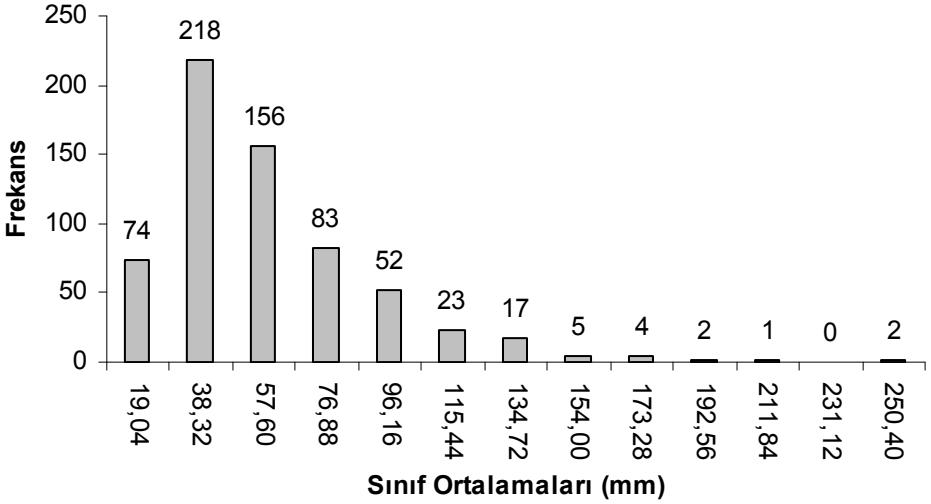


Şekil 4.12. U_3V_2 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları.

U_3V_3 kombinasyonunun parça boyutları 9.4 mm ile 86.51 mm arasında yoğunlaşırken (yaklaşık % 83.3), ortalama parça boyutu 59.32 mm olmuştur (Çizelge 4.11 ve Şekil 4.13).

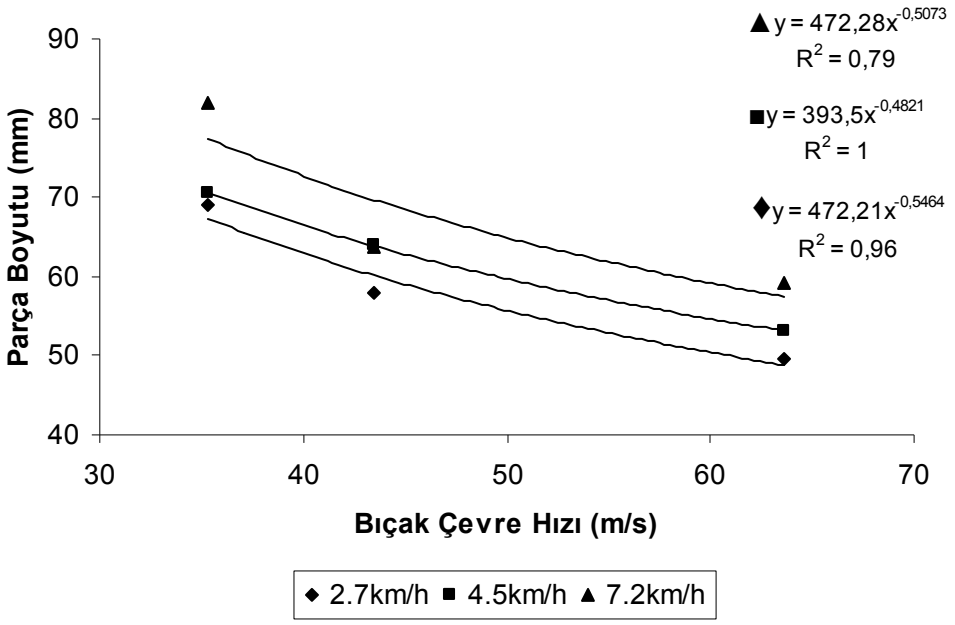
Çizelge 4.11. U_3V_3 Kombinasyonunun Parça Boyutu Frekans Dağılımı

Sınıflar	Sınıf ort. (X)	Frekans (f)	f.X	%Nisbi frekans
9.4-28.67	19.04	74	1408.96	11.62
28.68-47.95	38.32	218	8353.76	34.22
47.96-67.23	57.60	156	8985.6	24.49
67.24-86.51	76.88	83	6381.04	13.03
86.52-105.79	96.16	52	5000.32	8.16
105.80-125.07	115.44	23	2655.12	3.61
125.08-144.35	134.72	17	2290.24	2.67
144.36-163.63	154.00	5	770	0.78
163.64-182.91	173.28	4	693.12	0.63
182.92-202.19	192.56	2	385.12	0.31
202.20-221.47	211.84	1	211.84	0.16
221.48-240.75	231.12	0	0	0
240.76-260.03	250.40	2	500.8	0.31
TOPLAM		**637**	**37635.92**	**100**
X_{ort} = 59.32	**SD = 32.96**	**%VK = 55.56**		



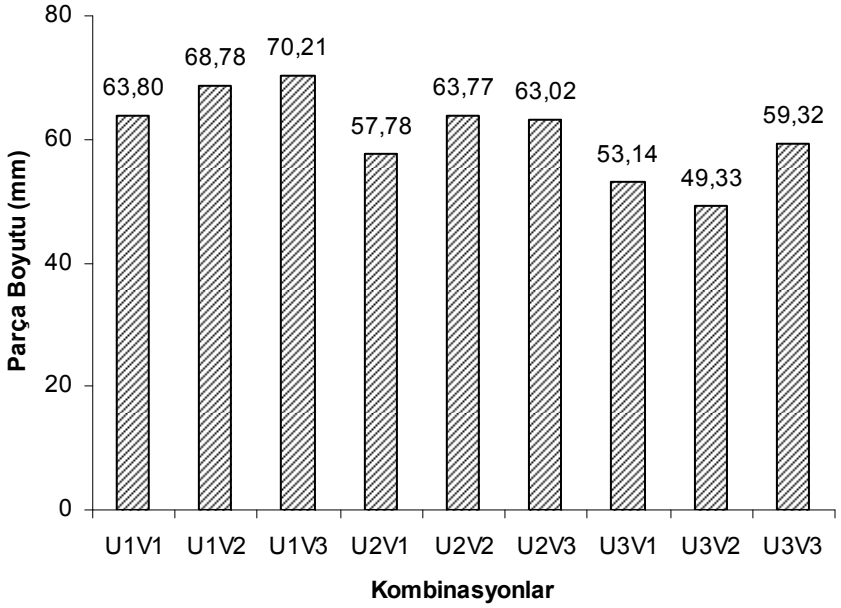
Şekil 4.13. U_3V_2 Kombinasyonundan elde edilen sap parçalarının frekans dağılımları.

Bıçak çevre hızına bağlı olarak parça boyut değişiminin tahmin denklemleri ve belirtme katsayıları Şekil 4.14' de verilmiştir. Değişik çalışma hızlarında bıçak çevre hızına bağlı olarak parça boyut dağılımı üssel bir şekilde azalmıştır.



Şekil 4.14. Bıçak çevre hızına ve makine çalışma hızına bağlı olarak boyut dağılımı.

Tüm kombinasyonlar karşılaştırıldığında ise en küçük parça boyutu 49.33 mm ile U_3V_2 kombinasyonunda elde edilirken en büyük parça boyutu 70.21 mm ile U_1V_3 kombinasyonunda elde edilmiştir (Şekil 4.14). Tüm kombinasyonlara ait parça boyut dağılımı Şekil 4.15 de verilmiştir.



Şekil 4.15. Kombinasyonlara ait ortalama parça boyutu.

Sap parçalama makineleri deney ilkelerine göre parçalanan sap boyunun 100–150 mm olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim 1999). Buna göre tüm kombinasyonlarda elde edilen ortalama parça boyu belirtilen parça boyunun altında bulunmuştur. Parça boyut dağılımının en küçük varyasyon katsayısı % 49.65 ile U_1V_1 kombinasyonunda elde edilirken, en büyük % 60.80 ile U_2V_2 kombinasyonunda elde edilmiştir. Kocabıyık (2003), frezeli tip sap parçalama makinesi ile yaptığı benzer bir çalışmasında parça boyutunu ortalama 187.9 mm, varyasyon katsayısını % 75.5 olarak tespit etmiştir.

Bıçak çevre hızındaki % 80' lik artış ortalama parça boyutunu % 21 azaltırken, çalışma hızındaki % 166' lık artış ise ortalama parça boyutunu yaklaşık % 10 artırmıştır.

Denemelerde elde edilen veriler üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testlerinin sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir

Çizelge 4.12.Boyut Dağılımının Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çevre Hızı	2	434.40	31.17**
Çalışma Hızı	2	90.17	6.47**
Çevre Hızı x Ça. Hızı	4	29.06	2.09
Hata	18	13.94	
Genel	26	54.47	

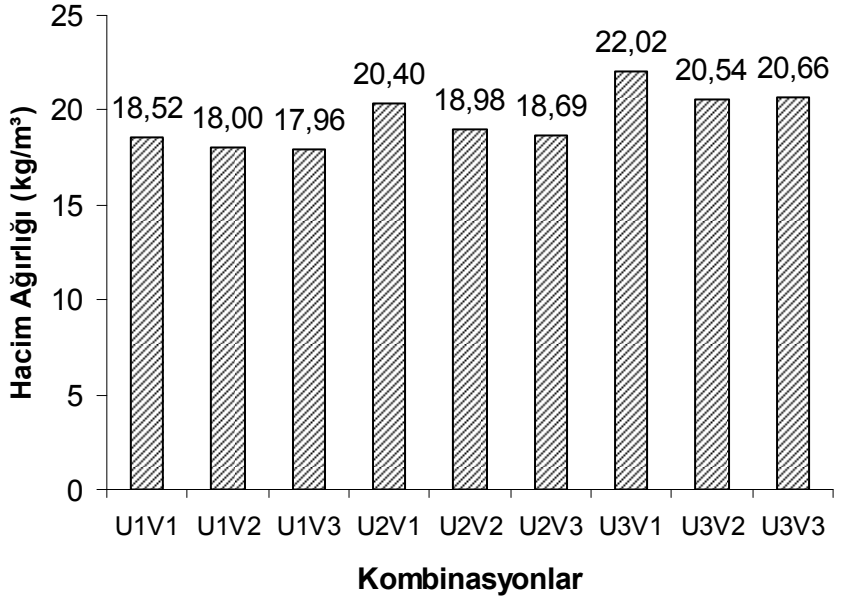
Çevre Hızı	Çalışma Hızı
67.83 a	58.23 a
61.84 b	60.88 ab
53.98 c	64.55 b
LSD (%5)= 3.7	LSD (%5)= 3.7

Varyans analizi sonuçlarına göre bıçak çevre hızı ve ilerleme hızındaki değimin parça boyut dağılımı üzerindeki etkisi $P<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca çevre hızı ve ilerleme hızı interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur. Bıçak çevre hızının ortalama değerleri üzerinde yapılan LSD testi sonucu her bir ortalama arasındaki farklılığın önemli olduğu görülmüştür. Çalışma hızında ise farklılığın kaynağı olarak 2.7 ve 7.2 km/h' lik çalışma hızlarına ait ortalamalar olduğu görülmüştür.

4.7. Hacim Ağırlığı

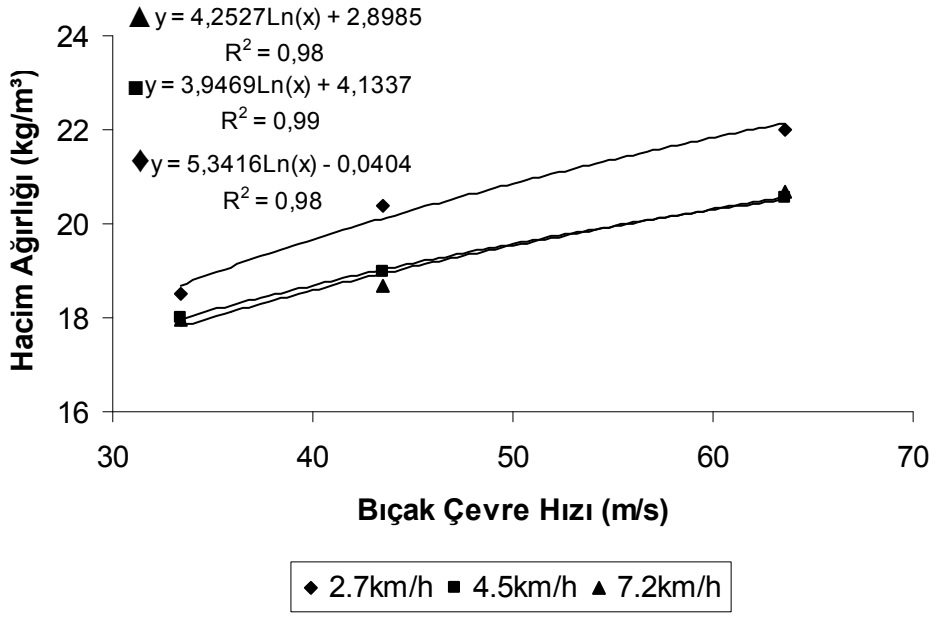
Kombinasyonlar incelendiğinde, en küçük hacim ağırlığı 17.96 kg/m^3 ile U_1V_3 kombinasyonunda elde edilirken en büyük hacim ağırlığı 22.02 kg/m^3 ile U_3V_3 kombinasyonunda elde edilmiştir(Şekil 4.16). Genel olarak kombinasyonlara bakıldığında bıçak çevre hızının artmasıyla hacim ağırlığında da bir artış gözlenmiştir. Bıçak çevre

hızındaki % 80 lik artış hacim ağırlığını % 16 artırırken, çalışma hızındaki % 166' lık artış ise hacim ağırlığını yaklaşık % 6 azaltmıştır.



Şekil 4.16. Kombinasyonlara ait hacim ağırlıkları.

Bıçak çevre hızına bağlı olarak hacim ağırlığı değişiminin tahmin denklemleri ve belirtme katsayıları Şekil 4.17' de verilmiştir. Değişik çalışma hızlarında bıçak çevre hızına bağlı olarak hacim ağırlığı logaritmik bir şekilde artmıştır.



Şekil 4.17. Bıçak çevre hızına ve makine çalışma hızına bağlı olarak hacim ağırlığı.

Denemelerde elde edilen veriler üzerinde varyans analizleri ve LSD testlerinin sonuçlar Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Hacim Ağırlığı Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları.

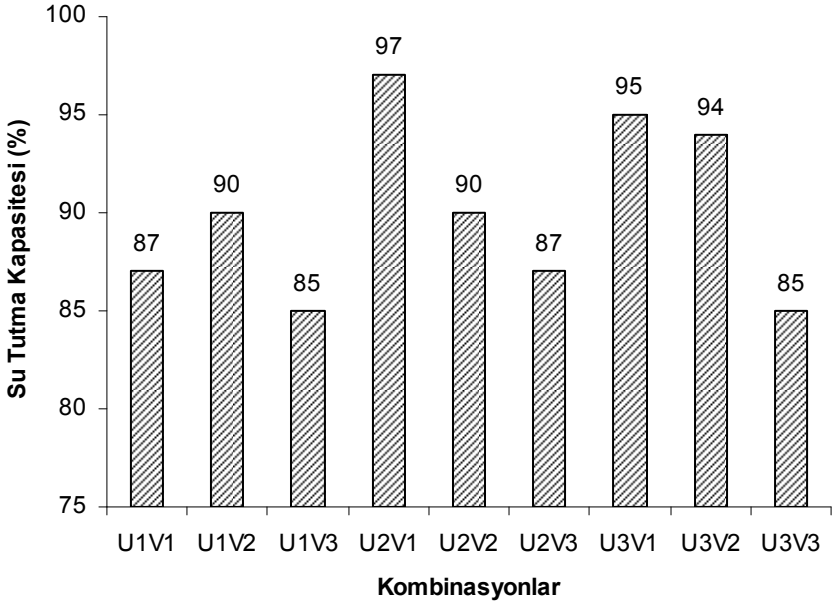
Varyasyon Kaynakları	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çevre Hızı	2	12,85	5.77 **
Çalışma Hızı	2	2,75	1,24 ns
Çevre Hızı x Ça. Hızı	4	0,23	0,10 ns
Hata	9	2	
Genel	17	2,23	

Çevre Hızı	Çalışma Hızı
18,16 a	20,31 a
19,36 ab	19,18 a
21,08 b	19,11 a
LSD (%5)= 1,95	LSD (%5)= 1,95

Varyans analizi sonuçlarına göre bıçak çevre hızındaki değimin hacim ağırlığı üzerindeki etkisi $P<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Bıçak çevre hızının ortalama değerleri üzerinde yapılan LSD testi sonucu farklılığın kaynağı olarak 35.33 ve 63.50m/s' lik çevre hızlarına ait ortalamalar olduğu görülmüştür.

4.8. Su Tutma Kapasitesi

Farklı kombinasyonlara ait parçalanan sapın su tutma kapasitesi % 85–97 arasında değişmiştir. Şekil 4.18 incelendiğinde en küçük su tutma kapasitesi % 85 ile U_1V_3 ve U_3V_3 kombinasyonlarından elde edilmiştir. En yüksek su tutma kapasitesi ise % 97 ile U_2V_1 kombinasyonundan elde edilmiştir.

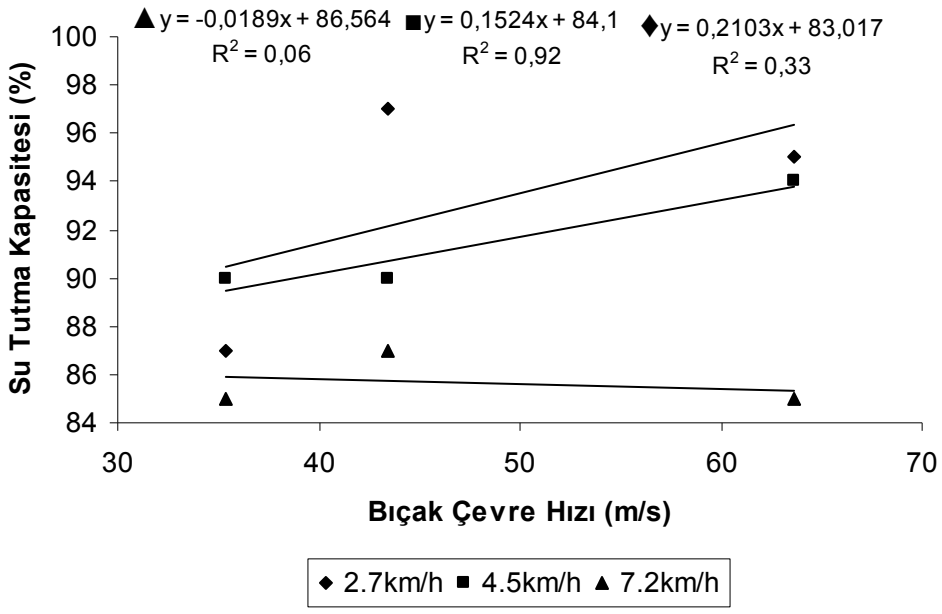


Şekil 4.18. Kombinasyonlara ait su tutma kapasiteleri.

Aynı bıçak çevre hızına sahip kombinasyonlarına bakıldığında parça boyutuna bağlı olarak, bıçak çevre hızı arttıkça su tutma kapasiteleri artmış ancak çalışma hızının artmasıyla su tutma kapasiteleri azalmıştır.

Bıçak çevre hızındaki % 80' lik artış ortalama su tutma kapasitesini yaklaşık % 4 artırırken, çalışma hızındaki % 166' lık artış ise su tutma kapasitesini % 4 azaltmıştır.

Kombinasyonlara ait tahmin denklemleri ve belirtme katsayıları Şekil 4.19' da verilmiştir. Şekil 4.19' a göre değişik çalışma hızlarında bıçak çevre hızına bağlı olarak su tutma kapasiteleri doğrusal artmakla birlikte 4.5 km/h çalışma hızı hariç diğer çalışma hızlarında istatistiksel açıdan bir önem bulunmamıştır.



Şekil 4.19. Bıçak çevre hızına ve makine çalışma hızına bağlı olarak su tutma kapasitesi.

Denemelerde elde edilen veriler üzerinde varyans analizleri ve LSD testlerinin sonuçlar Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Su Tutma Kapasitesinin Varyasyon Analizi ve LSD testi Sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çevre Hızı	2	18.66	0.81 ns
Çalışma Hızı	2	22.16	0.97 ns
Çevre Hızı x Ça. Hızı	4	8.33	0.36 ns
Hata	9	22.83	
Genel	17	18.85	

Çevre Hızı	Çalışma Hızı
87.50 a	91.66 a
90.16 a	88.83 a
90.83 a	88.00 a
LSD (%5)= 6.243	LSD (%5)= 6.243

Varyans analizi sonuçlarına göre bıçak çevre hızı ve ilerleme hızındaki değimin parça boyut dağılımı üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır. Ayrıca çevre hızı ve ilerleme hızı interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur. Bıçak çevre hızının ortalama değerleri üzerinde yapılan LSD testi sonucu her bir ortalama arasındaki farklılığın önemli olmadığı görülmüştür.

5. SONUÇ

Bu çalışmada prototip sap parçalama makinesinin temel performans değerlerinden, güç ihtiyacı ve yakıt tüketimi ile anız parçalamaya etkileri araştırılmıştır. Makine değişken parametreler olarak üç değişik bıçak çevre hızı (U_1= 35.33m/s; U_2= 49.46m/s; U_3= 63.59m/s) ile üç değişik çalışma hızında (V_1=2.7 km/h, V_2=4.5 km/h, V_3=7.2 km/h) denenmiştir. Deneyler sonunda seçilen değişken parametrelerin bağımlı parametrelerden kuyruk mili gücü ihtiyacı, yakıt tüketimi, ortalama parça uzunluğu ile parçalanan anızın hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesine etkileri belirlenmiştir. Sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Kuyruk mili gücü ihtiyacı 6.58–22.31 kW arasında değişmiştir. Bıçak çevre hızının yaklaşık % 80' lik artışı kuyruk mili gücü ihtiyacında % 113 artışa neden olmuştur. Çalışma hızının % 166'lık artışı ise kuyruk mili gücü ihtiyacında yaklaşık % 92 'lik artışa neden olmuştur.
2. Yakıt tüketiminin ise 5.62–13.49 l/h sınırları arasında değiştiği belirlenmiştir. Bıçak çevre hızındaki % 80' lik artış yakıt tüketimini % 46 artırırken, çalışma hızındaki % 166' lk artış ise yakıt tüketimini yaklaşık % 53 artırmıştır.
3. Parçalanmış anızın ortalama uzunluğu 49.33–70.21 mm arasında değişmiştir. Bıçak çevre hızındaki % 80' lik artış ortalama parça boyutunu % 21 azaltırken, çalışma hızındaki % 166' lık artış ise ortalama parça boyutunu yaklaşık % 10 artırmıştır.
4. Hacim ağırlığının 17.96–22.02 kg/m^3 arasında bulunmuştur. Bıçak çevre hızındaki % 80' lik artış hacim ağırlığını % 16 artırırken, çalışma hızındaki % 166' lık artış ise hacim ağırlığını yaklaşık % 6 azaltmıştır.
5. Su tutma kapasitesinin ise % 85–97 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bıçak çevre hızındaki % 80' lik artış ortalama su tutma kapasitesini yaklaşık % 4 artırırken, çalışma hızındaki % 166' lık artış ise su tutma kapasitesini % 4 azaltmıştır.
6. Yakıt tüketimi ve güç ihtiyacı acısından değerlendirildiğinde en uygun U_1V_1, U_2V_2 kombinasyonları olmuştur.
7. En uygun kombinasyonlar dikkate alındığında, çalışma hızının bıçak çevre hızına oranının $\frac{1}{30}...\frac{1}{40}$ arasında olması gerektiği önerilebilir. Önerilen bu oranlar arası değerler, makinenin güç ihtiyacı ve yakıt tüketimi açısından daha uygun olan değerlerdir.

8. Parça boyut dağılım açısından değerlendirildiğinde, bütün kombinasyonlardan elde edilen ortalama parça büyüklükleri referans değerlerinin altında bulunmuştur.

6. KAYNAKLAR

Alibaş, K. ve H. Ünal, 1995. Ülkemizde Sap ve Samanın Enerji Potansiyeli ve Sap-Saman Yakıcıların Çalışma Prensipleri. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi, Bursa. S 138–146.

Akalan, İ., 1988. Toprak Bilgisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1058; Ders Kitabı: 309. Ankara.

Anonim, 1977. Möglichkeiten der Strohverwertung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) Schrift 220.

Anonim, 1999. Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metotları. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Tarım Alet ve Makineleri Daire Başkanlığı. Ankara. ISNB: 975 407 039 03.

Anonim, 2000. Devlet İstatistik Enstitüsü.

Aykas ve ark., 2003. Günümüzde Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı. S. 1–8. E.Ü.Z.F. Tarım Makineleri Bölümü Çalıştaylar Dizisi No: 6.

Bertram, H., 1980. Maschinen und Geräte für das Zerkleinern, Bergen und Einarbeiten von Stroh. Gruppe Technik und Bauwessen. Erftstadt- Herrig.

Çarman, K., H. Öğüt, H. Hacıseferoğulları, 1995. Konya Bölgesinde Buğday Tarımına Uygulanan Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Toprak Özellikleri, Enerji Tüketimi ve Buğday Verim Parametreleri Üzerine Etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi, 7Eylül, Bursa. S.110-119.

Demir, F., 1986. Mercimek ve Nohutun Tahıl Harman Makineleriyle Harman Edilebilme Olanaklarının Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. (Doktora Tezi) Ankara.

Düzgüneş, O., T. Kesici, F. Gürbüz, 1983. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1021/215. Ankara.

Kocabıyık, H., 2003. Ayçiçeği Anızının Parçalanması, Parçalanmada Kullanılacak Prototip Bir Makinenin Tasarımı ve İmalatı Üzerine Bir Araştırma. Trakya Üniversitesi Tarım Makineleri Anabilim Dalı Doktora Tezi.

Köller, K, H., 1977. Zerkleinern, Verteilen und Einarbeiten. Möglichkeiten der Strohverwertung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) Schrift S. 38–58.

Mortasawi, M., 1963. Die Schnittlange von Halmguthacksel. 149 S. mit 67 Abb. Und 16 Tafe In. DM 12.

Öğüt, H., K. Çarman, H. Hacıseferoğulları, 1992. Bazı Tarımsal Materyallerde Kesme Gerilmesinin Nem ve Yüklenme Hızına Bağlı Olarak Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, 14-16 Ekim, Samsun. S.265–273.

Öztürk, G., 1991. Döner Tip Yatay Milli Toprak İşleme Aletlerinin Çlaışma Karakteristiklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Pathak, B, S., 1963. Die Feinzerkleinerung von Stroh. Arbeit aus dem Institut für Landtechnik der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim.

Perels, E., 1864. Die Maschinen zur Bearbeitung der Geernteten Früchte und die Pferdehacken. Verlag Hermann Costenobel Leipzig.

Perels, E., 1866. Handbuch zur Anlage Und Konstruktion Landwirtschaftlicher Maschinen und Gerate I Band Jena.

Perels, E., 1880. Handbuch des Landwirtschaftlicher Maschinenwesens II Band Jena.

Persson, S., 1987. Mechanics of Cutting Plant Material. An ASAE Monograph Number 7 in a Series Published by ASAE, St. Joseph, Michigan.

Rumpf, H., 1959. Beanspruchhungstheorie der Prallzerkleinerung. Chemie – Ingenieur – Technik 31 Nr. 5, S. 323/37.

Silleli, H. H., Ayık, M., 2006. Samanı Hidroksit ile İşleyen Kombine Makinenin Tasarımı ve Yapımı. Tarım Makineleri Bilimi Dergisi, 2(3), 211-218 Ege Üniversitesi Basımevi İzmir.

Stroppel, Th., 1977. Zur Systematik der Technologie des Schneidens. Grundlagen der Landtechnik H. 5, S. 120/134.

Şeflek, A, Y., K. Çarman, O. Özbek, 2006. Budama Artıklarının Parçalanmasında Kullanılan Makinenin Performans Değerlerinin İrdelenmesi. Tarım Makineleri Bilimi Dergisi, 2(3), 219-224 Ege Üniversitesi Basımevi İzmir.

Wenner, H, L., 1986. Landtechnik Bauwesen. Die Landwirtschaft Band 3.

Wieneke, F., 1990. A New Fibrous Macerating Straw Cutter For Combines. İnstitut für Agrartechnik Gutenbergstr. 33 Universität Göttingen, FRG.

Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatiksel Metodlar. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.