

T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**BİÇERDÖVERE ENTEGRE EDİLMİŞ
BÜYÜK PRİZMATİK BALYA MAKİNESİ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan TUZCUOĞLU

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

**TEMMUZ 2025
İSTANBUL**

T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**BİÇERDÖVERE ENTEGRE EDİLMİŞ
BÜYÜK PRİZMATİK BALYA MAKİNESİ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hasan TUZCUOĞLU
(221222001)**

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Polat TOPUZ

İstanbul 2025



T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Jüri Tez Onay Formu

04.07.2025

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Bu çalışma 04.07.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Makine Mühendisliği (Tezli Yüksek Lisans) Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Doç. Dr. Polat TOPUZ

Danışman

İstanbul Gedik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Özlem AYDIN

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

Doç. Dr. Gökhan ÖZER

Üye (İmza)

Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Biçerdöver Entegre Edilmiş Büyük Prizmatik Balya Makinesi Tasarımı” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.(04.07.2025)

Hasan TUZCUOĞLU

ÖNSÖZ

Tarım sektörü, küresel ölçekte iklim değişikliği, ekonomik dalgalanmalar, teknolojik dönüşümler ve sosyo-demografik yapının değişmesi gibi çok boyutlu zorluklarla karşı karşıyadır. Türkiye özelinde ise, bu yapısal problemlere ek olarak artan yakıt maliyetleri ve nitelikli iş gücüne erişimde yaşanan güçlükler, tarımsal üretimin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini ciddi biçimde tehdit etmektedir.

Oysa tarım, yalnızca gıda üretimiyle sınırlı olmayan; ekonomik istikrar, kırsal kalkınma, çevresel koruma ve toplumsal refah açısından stratejik öneme sahip bir sektördür. Özellikle ekilebilir alanların giderek azaldığı, girdi maliyetlerinin yükseldiği ve kırsalda insan kaynağına erişimin zorlaştığı günümüzde, tarımda mekanizasyonun doğru ve etkin kullanımı artık bir tercih değil, bir zorunluluk hâline gelmiştir.

Sektörün içerisinde aktif olarak görev yapan biri olarak, çiftçilerin karşılaştığı bu yapısal sorunlara bizzat tanıklık ettim. Bu nedenle, üreticinin yükünü hafifletebilecek, yakıt tasarrufu sağlayabilecek ve iş gücü bağımlılığını azaltabilecek uygulanabilir bir makine sisteminin performansını bilimsel verilerle analiz etmek, benim için yalnızca bir akademik sorumluluk değil; aynı zamanda vicdani bir yükümlülük hâline gelmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında, hâlihazırda kullanılan biçerdövere entegre balya makinesi sisteminin teknik ve ekonomik performansı analiz edilerek; tarımsal mekanizasyonun verimliliğine katkı sağlayacak saha temelli çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Araştırma sürecinin tüm aşamalarında bilgi ve deneyimiyle beni yönlendiren, her zaman yolumu aydınlatan kıymetli danışmanım Sayın Doç. Dr. Polat TOPUZ'a, yüksek lisans sürecimde desteklerini esirgemeyen KARATAŞ TARIMCILIK ailesine, özellikle Teknik Müdür Sayın Murat ÇAM'a ve tüm değerli ekip arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, makinenin üretim sürecinde katkı sağlayan BERKET HASAT firması adına Sayın Serdar EVLİBUGUM'a, ve

bilgi birikimleriyle bana ışık tutan tüm hocalarıma, meslektaşlarıma ve dostlarıma gönülden şükranlarımı sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini daima yanımda hissettiğim, varlıklarıyla bana güç veren sevgili aileme; bu zorlu süreçte her an yanımda duran, sabrıyla, anlayışıyla, fedakârlığıyla ve koşulsuz desteğiyle bu çalışmanın görünmeyen mimarlarından biri olan değerli eşime; ve henüz minicik yaşında varlığıyla bana ilham veren, umutlarımı diri tutan sevgili oğlum Alperen'e gönülden teşekkür ederim.

Haziran 2025

Hasan TUZCUOĞLU
Tarım Makineleri Mühendisi



İÇİNDEKİLER

| | Sayfa No. |
|---|-------------|
| ÖNSÖZ | iv |
| İÇİNDEKİLER | vi |
| ÇİZELGE LİSTESİ | ix |
| ŞEKİL LİSTESİ | x |
| ÖZET | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| 1.GİRİŞ | 1 |
| 2.BİÇERDÖVERLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ | 3 |
| 3.BİÇERDÖVERLERİN SINIFLANDIRILMASI | 4 |
| 3.1 İşletim Şekline Göre Biçerdöverler | 4 |
| 3.1.1 Kendi yürür biçerdöverler | 4 |
| 3.1.2 Traktörle yürütülür biçerdöverler | 5 |
| 3.2 Ürün akış yönüne göre biçerdöverler | 6 |
| 3.2.1 Teğetsel Ürün Akışlı Biçerdöverler | 6 |
| 3.2.2 Eksenel ürün akışlı biçerdöverler | 6 |
| 3.2.3 Transversal ürün akışlı biçerdöverler | 7 |
| 3.2.4 Trans-eksenel ürün akışlı biçerdöverler..... | 8 |
| 4.BİÇERDÖVERLERİN TEMEL ORGANLARI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ .. | 10 |
| 4.1 Klasik biçerdöverlerin temel organları | 10 |
| 5. BALYA MAKİNELERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ | 16 |
| 6. BALYA MAKİNELERİNİN SINIFLANDIRILMASI | 17 |
| 6.1 Balya Şekline Göre Balya Makineleri..... | 17 |
| 6.2. Balya Boyutuna Göre | 17 |
| 7. BÜYÜK PRİZMATİK BALYA MAKİNELERİ TEMEL ORGANLARI VE | |
| ÇALIŞMA PRENSİBİ | 18 |
| 7.1 Büyük Prizmatik Balya Makinelerinin Temel Organları..... | 18 |
| 7.2 Büyük Prizmatik Balya Makinelerinin Çalışma Prensibi..... | 19 |
| 7.2.1 Şaft Düzenegi | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 7.2.2 Volan düzeneği..... | 19 |
| 7.2.3 Toplayıcı (Pikap) Düzeneği | 20 |
| 7.2.4 Rotor düzeneği..... | 21 |
| 2.5 Haşbay Düzeneği..... | 22 |
| 7.2.6 Ana şanzıman düzeneği | 22 |
| 7.2.7 Ön besleme düzeneği..... | 23 |
| 7.2.8 Yaba düzeneği..... | 24 |
| 7.2.9 Piston düzeneği..... | 25 |
| 7.2.10 Balya sıkıştırma odası..... | 26 |
| 7.2.11 Balya uzunluk ve yoğunluk ayar kolları | 27 |
| 7.2.12 Bağlama grubu düzeneği | 28 |
| 7.2.13 İp yumakları..... | 31 |
| 7.2.14 Balya makinelerindeki elektronik sistemler | 32 |
| 7.2.15 Balya makinelerinde hidrolik sistemler..... | 37 |
| 7.2.16 Dingil lastik ve jant sistemi | 38 |
| 7.2.17 Şasi ve kaporta sistemi | 39 |
| 7.2.18 Kaporta sistemi..... | 40 |
| 8.BİÇERARKASI BALYA MAKİNESİ TANITIMI, TEMEL ORGANLARI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ | 41 |
| 8.1 Biçer Arkası Balya Makinesi Tanıtımı | 41 |
| 8.2 Biçer Arkası Balya Makinesi Temel Organları ve Çalışma Prensibi | 42 |
| 8.2.1 Biçerdöverden çıkan sapların balya makinesini sağlıklı beslemesi için sağır elek sistemi | 42 |
| 8.2.2 Biçer arkası balya makinesi konveyör bant sistemi..... | 43 |
| 8.2.3 Biçer arkası balya makinesi hidrostatik sistemi | 44 |
| 8.2.4 Biçer arkası balya makinesi çeki sistemi..... | 45 |
| 8.2.5 Biçer arkası balya makinesi dingil sistemi | 46 |
| 8.2.6 Biçer arkası balya makinesi kaporta sistemi..... | 47 |
| 9.MATERYAL VE YÖNTEM | 48 |
| 9.1 Güç İletimi Analizi | 48 |
| 9.2 Yakıt Tüketimi Analizi | 50 |
| 9.3 İş Gücü ve Kapasite Analizi | 53 |
| 9.4 Dane Kaybı ve Mahsul Kalitesi Analizi..... | 56 |
| 10. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME | 58 |

| | |
|---|-----------|
| 10.1 Genel Değerlendirme ve Bulguların Özeti..... | 58 |
| 10.2 Balya Makinesi Performans Sonuçları..... | 59 |
| 10.3 Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Açısından Sonuçlar | 60 |
| 10.4 Dane Kaybı ve Ürün Kalitesi Açısından Sonuçlar | 61 |
| 10.5 Son Söz ve Önerilen İyileştirmeler | 63 |
| KAYNAKÇA..... | 65 |



ÇİZELGE LİSTESİ

| | Sayfa No. |
|---|------------------|
| Çizelge 9.1: Yakıt Tüketimi Hesabında Kullanılan Parametreler | 50 |
| Çizelge 9.2: İş Gücü Analizi Karşılaştırma Tablosu | 53 |
| Çizelge 9.3: İş Gücü Ve Kapasite Hesaplamasında Kullanılan Veriler..... | 54 |



ŞEKİL LİSTESİ

| | Sayfa No. |
|---|-----------|
| Şekil 3.1: Kendi Yürür Biçerdöver | 5 |
| Şekil 3.2: Teğetsel Ürün Akışlı Biçerdöver..... | 6 |
| Şekil 3.3: Eksenel Ürün Akışlı Biçerdöver | 7 |
| Şekil 3.4: Transversal Ürün Akışlı Biçerdöver | 8 |
| Şekil 3.5: Trans-Eksenel Ürün Akışlı Harmanlama Sistemi | 9 |
| Şekil 4.1: Klasik Biçerdöverlerin Temel Organları..... | 11 |
| Şekil 4.2: Klasik Bir Biçerdöverin Çalışma Şekli..... | 12 |
| Şekil 4.3: Tabla Sistemi ve Bileşenleri..... | 12 |
| Şekil 4.4: Boğaz Elevatörü ve Bileşenleri..... | 12 |
| Şekil 4.5: Temizleme Ünitesi ve Bileşenleri | 14 |
| Şekil 4.6: Harmanlama Ünitesi ve Resimleri..... | 14 |
| Şekil 4.7: Temizleme Ünitesi ve Bileşenleri | 15 |
| Şekil 7.1: Büyük Prizmatik Balya Makineleri Temel Organları | 18 |
| Şekil 7.2: Şaft Bağlantı Düzenegi | 19 |
| Şekil 7.3: Volan Düzenegi..... | 20 |
| Şekil 7.4: Pikap (Toplayıcı) Düzenegi | 21 |
| Şekil 7.5: Balya Makinesinde Rotor Sistemi | 21 |
| Şekil 7.6: Haşbay Düzenegi | 22 |
| Şekil 7.7: Balya Makinesinin Ana Şanzıman Düzenegi..... | 23 |
| Şekil 7.8: Ön Besleme Odası Sistemi | 24 |
| Şekil 7.9: Yaba Düzenegi | 25 |
| Şekil 7.10: Piston Sistemi | 26 |
| Şekil 7.11: Balya Sıkıştırma Odası | 27 |
| Şekil 7.12: Balya Uzunluğunun Ayarlanması | 27 |
| Şekil 7.13: Balya Yoğunluğunun Ayarlanması..... | 28 |
| Şekil 7.14: Bağlama Grubunun Çalışma Prensibi..... | 30 |
| Şekil 7.15: Bağlama Grubunun Ana Parçaları | 30 |
| Şekil 7.16: Bağlama Grubunun Genel Görünümü | 30 |

| | |
|--|----|
| Şekil 7.17: İp Yumakları..... | 31 |
| Şekil 7.18: Balya Yoğunluk Sensörü..... | 32 |
| Şekil 7.19: Ön Besleme Odası Yoğunluk Sensörü | 33 |
| Şekil 7.20: Balya İpi Kopukluğunun Ekranı Bildirimi..... | 33 |
| Şekil 7.21: Balya Uzunluğunun Ayarlanması | 34 |
| Şekil 7.22: Modern Balya Makinelerinde Hız Kontrol Modu | 35 |
| Şekil 7.23: Hassas Nem Ölçümü..... | 35 |
| Şekil 7.24: Hassas Balya Tartım Sistemi | 36 |
| Şekil 7.25: Otomatik Fan Sistemi | 36 |
| Şekil 7.26: Dokunmatik Ekran..... | 37 |
| Şekil 7.27: Balya Makinesi Hidrolik Sistem Bileşenleri | 38 |
| Şekil 7.28: Balya Makinesi Dingil Lastik Sistemi..... | 39 |
| Şekil 7.29: Balya Makinesi Şasi Sistemi..... | 39 |
| Şekil 8.1: Biçerdövere Entegre Edilmiş Büyük Prizmatik Balya Makinesi..... | 42 |
| Şekil 8.2: Biçer Arkası Sağır Elek Sitemi | 43 |
| Şekil 8.3: Biçer Arkası Balya Makinesi Konveyör Bant Sistemi | 44 |
| Şekil 8.4: Biçer Arkası Balya Makinesi Hidrostatik Sistemi | 45 |
| Şekil 8.5: Biçer Arkası Balya Makinesi Çeki Sistemi | 45 |
| Şekil 8.6: Biçer Arkası Balya Makinesi Dingil Sistemi..... | 47 |
| Şekil 8.7: Biçer Arkası Balya Makinesi Kaportası | 47 |
| Şekil 9.1: Balya Başına Yakıt Maliyeti | 51 |

BİÇERDÖVERE ENTEGRE EDİLMİŞ BÜYÜK PRİZMATİK BALYA MAKİNESİ TASARIMI

ÖZET

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve tarıma elverişli arazilerin giderek azalması, tarımsal üretimin hem verim hem de sürdürülebilirlik açısından daha etkin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye özelinde ise artan enerji ve işçilik maliyetleri, sınırlı alanlardan en yüksek üretimi elde etme gerekliliğini daha da önemli hale getirmiştir. Bu çerçevede, tarımsal mekanizasyona yönelik yenilikçi sistemlerin geliştirilmesi ve sahada uygulanabilirliğinin artırılması kritik bir ihtiyaç olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma, biçerdövere entegre büyük prizmatik balya makinesi sisteminin performansını; yakıt sarfıyatı, iş gücü gereksinimi, elde edilen ürün kalitesi ve dane kaybı gibi temel kriterler üzerinden incelemeyi amaçlamaktadır. Geleneksel yöntemlerde, hasat işleminin biçerdöverle tamamlanmasının ardından, sap materyalini toplamak üzere tarlaya traktör çekişli balya makineleriyle ikinci bir ekipman ve operatör girmektedir. Bu durum, aynı arazi üzerinde iki kez iş gücü ve iki kez yakıt kullanımı gerektirdiğinden hem zaman kaybına hem de işletme maliyetlerinde artışa neden olmaktadır. Entegre sistemde ise sap materyali, doğrudan balya makinesine yönlendirilmekte, toprakla temas önlenerek hem fire azaltılmakta hem de yem değerinde artış sağlanmaktadır. Ayrıca, ayrı bir traktör, operatör ve yakıt kullanımına gerek kalmadığından, sistemin işletme maliyetleri önemli ölçüde düşmektedir.

Saha verilerine dayalı teknik analizler neticesinde, entegre sistemin yakıt kullanımında tasarruf sağladığı, insan gücüne olan bağımlılığı azalttığı ve birim alandan elde edilen balya miktarını artırdığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgular, söz konusu sistemin tarımda hem verimliliği artırma hem de sürdürülebilir üretim uygulamalarını destekleme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Biçerdöver, Prizmatik Balya Ünitesi, Entegre Sistem, Tarımsal Mekanizasyon, Yakıt Verimliliği, İş Gücü, Dane Kaybı*

DESIGN OF A LARGE PRISMATIC BALER INTEGRATED INTO A COMBINE HARVESTER

ABSTRACT

The rapid increase in the global population and the gradual decline of arable land have made it imperative for agricultural production to be carried out more efficiently in terms of both productivity and sustainability. In the context of Turkey, rising energy and labor costs have further emphasized the necessity of achieving maximum output from limited land resources. Within this framework, the development of innovative systems for agricultural mechanization and the enhancement of their field applicability have emerged as critical needs.

This study aims to evaluate the performance of a large prismatic baler system integrated into a combine harvester, focusing on key criteria such as fuel consumption, labor requirements, product quality, and grain loss. In conventional methods, after the harvesting process is completed by the combine harvester, a second pass over the field is required using a tractor-drawn baler and an additional operator to collect the straw. This results in double labor and fuel usage on the same field, leading to increased time loss and higher operational costs. In the integrated system, however, the straw material is directly transferred to the baler, preventing contact with soil, which both reduces losses and increases feed value. Furthermore, the elimination of the need for a separate tractor, operator, and fuel significantly reduces operating costs.

Technical analyses based on field data indicate that the integrated system provides fuel savings, reduces dependency on manual labor, and increases the amount of baled material per unit area. These findings demonstrate that the system has the potential to enhance agricultural efficiency and support sustainable production practices.

Keywords: *Combine harvester, Prismatic baler unit, Integrated system, Agricultural mechanization, Fuel efficiency, Labor, Grain loss*

1.GİRİŞ

Bıçerdöver kullanılarak tahıl hasatı yapılması dünyanın bir çok yerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bıçerdöverlerin birincil kullanım amacı tahılı tarladan toplamak ve tanesini ayırmak iken ikincil amacı; saman toplama ve zamanın balyalanması ile ilgili olabilir. Günümüz teknolojisinde çoğu tahıl hasat makineleri olan bıçerdöverlerde ürün artıkların toprağa geri dönüşümünü kolaylaştırmak amacıyla mevcut samanı daha küçük parçalara ayırmak için kullanılan kıyııcı sistemi ile donatılmıştır. Mevcut düzende bıçerdöver ile yapılan tahıl hasatından oluşan sapın tarlaya bırakılması ve traktörle çekilir bir balya makinesi tarafından sapın balyalanması işlemi yapılırken son yıllarda buğday ve diğer küçük tahıl artıklarını toplamak ve balyalamak için bıçerdövere entegre edilmiş bıçerdöver ile çekilen ve çalıştırılan tipte balya makineleri geliştirilmiştir ve bunlar temelde büyük ölçekli tarım arazilerinde yapılan tarım işlemleri için uygundur. Besin değeri açısından düşük olan bir yem kaynağı olan buğday samanı hayvan yetiştiriciliğinde önemli bir yere sahip olup ek yem kaynağı olarak günümüzde yaygın bir şekilde Çiftçiler tarafından kullanılmaktadır. Buğday samanı kış mevsiminde hayvanlar için ana yem kaynağı olarak hayvanlara yedirilebilmektedir. Küçük Çiftlik işletmelerinin bulunduğu bir çok ülkelerde, buğday samanı hayvan yetiştiriciliği açısından önemli bir yere sahiptir. Tarımda teknolojinin ve tarımsal mekanizasyonun gelişiminin önündeki bir engel olarak, küçük arazilerin ve dağınık parseldeki arazilerin oluşu tarımsal mekanizasyonun oluşum sürecini ve tarımsal mekanizasyondan elde edilecek verimin önünde engel olmaktadır. Bununla birlikte, hasat mevsiminde artan iş gücü maliyetleri ve iş gücü bulma konusundaki sıkıntılar nedeniyle küçük çiftlik işletmelerinde ki bıçerdöver gibi büyük makinelerin kullanımı artmış çiftçilerin girdi maliyetlerindeki artma iş gücü bulma konusundaki sıkıntılardan dolayı büyük işletmelerde kullanılacak gelişmiş teknolojiye makinelere yüksek fiyatlar ödemeye kabul etmiş hale gelmiştir. Ancak buğday sapının besinsel değerinin düşük olması ve bitkinin daha besleyici kısımlarının yani samanın içerisinde bulunan kapçıkların bıçerdöver hasatı ile yere saçılması ve bu yere saçılan sap içerisindeki önem teşkil eden besin maddesinin balya makineleri ile topraktan

toplanamamaktadır. Bu ihtiyaçlar karşılığında buğday hasatında hasat edilen mahsulün hayvansal üretim için besin değeri açısından önemli bir kısmını toprakta bırakmamak, iş gücü bulma sıkıntısı yönündeki ihtiyaçlara cevap vermek, yüksek girdi maliyetlerini ve yakıt masraflarını düşürmek için biçerdövere entegre edilmiş biçerdöver tarafından tahrik edilen ve çekilen büyük prizmatik balya makineleri tasarımı gerçekleştirilmiş ve çiftçilerin kullanımına sunulmuştur. Tarımsal mekanizasyon alanında geliştirilen bu entegre sistemin, yalnızca kullanıcı deneyimine dayalı değerlendirmelerle değil; ölçülebilir, tekrar edilebilir ve karşılaştırmalı analizlerle performansının ortaya konması, çalışmanın temel araştırma hedefini oluşturmaktadır. Bu kapsamda; yakıt tüketimi, adam-saat bazlı iş gücü ihtiyacı ve birim üretim başına düşen operasyonel maliyet gibi kriterler üzerinden sistemin etkinliği ortaya konmuştur.

2.BİÇERDÖVERLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Tahıl hasatında kullanılan işgücü maliyetlerini düşüren ve hasat sürecini hızlandıran biçerdöverler tarımın mekanize edilmesinin önemli bir parçasını oluşturur ve bu süreç 19.yüzyılın başlarına kadar uzanmaktadır. İlk çağlarda yapılan tarımsal işlemlerde mahsulün ekilmesi, topraktan koparılması, danelerin başaktan ayrılması ve temizlenme işlemleri tamamen el emeği ile gerçekleşirdi. İlk hasat makineleri 1830 lu yıllarda Amerika’da Obed Hussey tarafından geliştirildi. Geliştirilen bu makine insan veya hayvan gücüyle çekilip bitkileri topraktan toplamak için hareketli bir bıçak sistemi kullanılmıştır. Daha sonrasında 1834 yılında Cyrus McCormick tarafında daha verimli bir biçme makinesi tasarlandı ve bu makine, tarım mekanizasyonunda büyük bir ilerleme olarak kabul edildi.

19.yüzyılın sonlarına biçme (harvest) ve harmanlama (thresh) fonksiyonlarının birleştirilmesiyle, hem ürünü biçebilen hem de daneyi sapından ayırabilen ilk kombine makineler geliştirilmiştir. Bu gelişme sonucunda hem biçme işlemini yapabilen hem de daneleri sapından ayırma işlemlerini tek bir geçişte yapabilen makinelerin ortaya çıkmasını sağladı.1911 yılında ilk motorlu biçerdöver, Avustralyalı Headlie Taylor tarafından geliştirildi. Bu yenilik, makinenin daha hızlı ve verimli çalışmasını sağladı.20.yüzyılın ortalarına gelindiğinde gelişen teknoloji ile birlikte otomatik kontrollerin olduğu, daha gelişmiş toplama sistemleri de eklenerek biçerdöverler daha büyük ve daha verimli hale getirildi. Günümüzde ise; GPS navigasyon sistemleri, otomatik kontrol sistemleri, geliştirilmiş motor teknolojisi ile daha düşük motor hızlarında daha yüksek verimlilik, tahminsel hız otomasyonu, hasat ayarları otomasyonları da eklenerek operatör müdahalesini en aza indirerek maksimum verimlilik ve ürün kalitesinin sağlandığı biçerdöverler tasarlanmıştır.

3.BİÇERDÖVERLERİN SINIFLANDIRILMASI

Bıçerdöverler İşletim şekline göre ve ürün akışı yönüne göre ikiye ayrılmaktadır.

3.1 İşletim Şekline Göre Bıçerdöverler

Hasat ve harman işleminde kullanılan bıçerdöverler Kendi yürü bıçerdöver ve traktörle yürütülür bıçerdöverler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

3.1.1 Kendi yürür bıçerdöverler

Kendi yürür bıçerdöverler motorları ve çalışan aksamaları sayesinde kendi başlarına hareket edebilen ve hasat işlemlerini gerçekleştirebilen gelişmiş tarım makineleridir. Bu makineler bir traktöre veya başka bir çekici araca ihtiyaç duymadan bağımsız olarak hareket ederler. Operatör kontrollü hareket kabiliyeti sayesinde operatörün hasat sırasında daha fazla kontrol sahibi olmasını sağlar ve iş gücünü azaltır. Kendi yürür bıçerdöverler tabla denilen geniş hasat başlıkları ve büyük dane depoları ile donatılmış olup geniş alanlarda hızlı ve etkili çalışmalarına olanak sağlamıştır. Bıçerdöverin ön kısmında bulunan tabla denilen hasat başlıkları tarladaki mahsulü keser ve besleme ünitesine yönlendirir. Hasat başlığı tarafından kesilen mahsul besleme ünitesi tarafından mahsulün düzgün bir şekilde bıçerdöverin içine taşınarak mahsulün harmanlanmasını sağlar. Bıçerdöverin harmanlama ünitesinde yer alan batör ve kontrabatörler sayesinde mahsulü dane ve saman olarak ayırır. Bu aşamada tahıllar temizler ve depolanır. Saptan ayrılan daneler dane deposuna gönderilir ve dane deposu dolduğunda, tahıllar boşaltma borusu aracılığıyla nakliye araçlarına aktarılabilir.



Şekil 3.1: Kendi Yürür Biçerdöver

3.1.2 Traktörle yürütülür biçerdöverler

Traktörle yürütülen biçerdöverler traktör tarafından çekilebilen ve tahrik edilen tarım makineleridir bu biçerdöverler genellikle tarladaki ekinleri hasat etmektedir. Küçük ve orta ölçekli çiftliklerde tercih edilebilmektedir. Traktörle yürütülen biçerdöverler traktörün arkasına bağlanır ve traktörün çekiş gücüyle hareket ettirilir. Traktör, traktörle yürütülen biçerdöverin tahrik etmesini yani hareket etmesini ve çalışmasını sağlar bu nedenle traktörün yeterli bir güce sahip olması oldukça önemlidir. Traktörle çekilen biçerdöverin ön kısmında ekinleri kesmek için kullanılan bir tabla bulunur bu mahsulü kesip biçerdöver içerisine alır ve iç mekanizmada ekinler saplardan ayrılarak toplanır, sapsarı ise saman olarak dışarı atılır ve balya işlemi yapılır. Traktörle yürüten biçerdöver bazı modellerinde arka kısmında bir balya makinesi bulunur ve bu makine samanı toplayarak sıkıştırır ve balya haline getirir. Traktörle yürütülen biçerdöverler kendi yürür biçerdöverlere göre ekonomik olabilirler. Özellikle küçük çiftliklerde maliyet tasarrufu sağlar. Kendi yürür biçerdöverlere göre daha az karmaşık olduklarından bakım ve onarım maliyetleri genellikle daha düşüktür. Traktörle yürütülen biçerdöverlerde kendi biçerdöverlere göre daha düşük kapasitede sahip olduğundan büyük ölçekli tarım işletmeleri için yetersiz kalabilirler. Bu biçerdöverler traktörün gücüne ve

performansına bağlıdır. Traktörün yeterli güce sahip olması durumunda traktörle çekilen biçerdöverlerin performansı olumsuz etkilenir. Traktörle yürütülen biçerdöverler sonuç olarak küçük ve orta ölçekli tarım işletmeleri için ekonomik ve çok yönlü çözümler sunar. Traktörün çekiş gücünü kullanarak hasat harman işlemlerini gerçekleştirir ve bazen saman balyalama işleminde yapabilecek kabiliyete sahiptirler ancak daha büyük tarım işletmeler için kapasitesi ve verimlilik açısından kullanımını sınırlıdır.

3.2 Ürün akış yönüne göre biçerdöverler

Hasat edilen mahsulün biçerdöver içerisindeki harmanlama sistemi içerisindeki akış şekline göre, biçerdöverleri dört ana başlık altında sınıflandırmak mümkündür.

3.2.1 Teğetsel Ürün Akışlı Biçerdöverler

Biçerdöverin ön tarafından gelen hasat edilmiş mahsulün batöre teğet olarak harmanlama ünitesine girdiği sistemdir. Bu sistemde harmanlama verimliliği oldukça yüksektir.



Şekil 3.2: Teğetsel Ürün Akışlı Biçerdöver

3.2.2 Eksenel ürün akışlı biçerdöverler

Eksenel ürün akışlı biçerdöverler; tarımda hasat sürecini optimize etmek için kullanılan ileri teknolojiye sahip hasat harman makineleridir. Eksenel ürün akışlı biçerdöverler rotor boyunca ilerleyen bir harman sürecinin sonucunda yüksek verimlilik kullanılmakta ve düşük tahıl kaybı ile yüksek kaliteli tahıl üretimini sağlamaktadır. Eksenel ürün akışlı biçerdöverler büyük ölçekli tarım işletmeleri

tarafından oldukça tercih edilmektedir. Mahsul biçerdöver önündeki tabla tarafından kesilir ve makine içerisine alınır, kesilen mahsuller besleme ünitesinden geçtikten sonra rotora yönlendirilir. Mahsul rotor adı verilen uzun bir silindirin etrafında dönerek giderler. Rotor mahsulü döverek mahsulü saplarından ayırır. Rotorun etrafında bir kontrobatör denilen sabit bir eleman bulunmaktadır. Bu eleman mahsulün dövülmesini ve ayrılmasını sağlamaktadır. Böylelikle tahıllar ve samanlar rotor boyunca ilerlerken ayrılır. Tahıllar elek sistemine geçerken saplar ve samanın birbirinden ayırıştırarak saman dışarıya gönderilir. Mahsul elek sistemine geçerek temizlenir burada büyük ve küçük partiküller de ayrılır ve temiz mahsul ürün deposuna toplanır ve ürün deposunda toplanan mahsul boşaltma borusu aracılığıyla traktör römorkuna veya başka bir nakliye aracına boşaltılır. Eksen akışlı biçerdöverler büyük alanlarda hızlı ve etkili hasat seçeneği sunmaktadır. Rotor tarafından hasat edilen mahsul daha az kayıpla ve daha yüksek yüksek verimli hasat işlemini gerçekleştirmektedir. Rotor sistemi sayesinde hassas dövme ve ayırma işlemi korumaktadır. İleri teknoloji ve karmaşık tasarımları nedeniyle maliyetleri yüksektir daha fazla bakım ve düzenli servis hizmeti gerekmektedir.



Şekil 3.3: Eksenel Ürün Akışlı Biçerdöver

3.2.3 Transversal ürün akışlı biçerdöverler

Transversal ürün akışlı biçerdöverler tarımda hasat harman sürecini verimli bir şekilde yönetmek için kullanılan makinelerden birisidir. Bu tür biçerdöverler mahsulün biçerdöver içerisinde harmanlama ünitesinin enine hareket ettiği bir akış yönüne sahiptir. Mahsul biçerdöverin önündeki tabla sayesinde kesilir ve makinenin içerisine aktarılır, kesilen mahsul besleme ünitesinden geçerek harmanlama sistemine yönlendirilir. Mahsul enine hareket eden tambur sistemi aracılığıyla işlenir. Bu tambur ekinleri döverek tahılları saptan ayırır tamburun etrafında yer alan Kontrobatör, dövme ve ayırma işlemlerinde sabit bir karşı yüzey sağlayarak

mahsulün tamburla (veya rotorla) mekanik etkileşimini mümkün kılar. Mahsul, biçerdöver içerisinde enine yönde (transversal) hareket ederek tambur ve kontrobatör arasındaki dar alandan geçerken, mekanik sürtünme ve sıkışma etkisiyle taneler saplardan ayrılır. Bu işlem sırasında tahıllar elek sistemine yönlendirilirken, sap ve diğer iri artıklar dışarı atım ünitesine aktarılır, ayrıştırılır. Tahıllar elek sisteminin üzerinden geçerekten temizlenir. Bu süreçte büyük ve küçük partiküller ayrıştırılırken temiz tahıllar elde edilir. Temizlenmiş tahıllar biçerdöver içerisindeki dane deposuna aktarılır. Dane deposu dolduğunda dane deposundaki mahsul boşaltma borusu aracılığıyla taşıma araçlarına aktarılır. Transversal ürün akışlı biçerdöverlerde makine içerisinde daha eşit dağılım sağladığından verimliliği arttırmaktadır. Ekinlerin enine hareketi temizleme sürecine daha etkili olmasına yardımcı olmaktadır. Bu sistemde ürün batör çıkışına kadar iki kez harmanlandığından güç tüketimi yüksektir. Bu tür biçerdöverler daha karmaşık ve tasarımsal olarak daha ayrıntıya sahip olduğundan maliyetleri fazla arttırmaktadır, daha fazla bakım ve düzenli servis hizmeti gerektirmektedir.



Şekil 3.4: Transversal Ürün Akışlı Biçerdöver

3.2.4 Trans-eksenel ürün akışlı biçerdöverler

Trans-Eksenel ürün akışlı biçerdöverler, hasat işlemlerinde verimlilik artırmak için tasarlanmış modern tarım makineleridir. Tabla aracılığıyla biçilen mahsul besleme ünitesi tarafından harmanlama ünitesine getirilir. Mahsul öncesinde Teğetsel ardından aksenal olarak harmanlama işlemine tabi tutulur. Geleneksel biçerdöverlerin aksine Trans-eksenel ürün akışlı biçerdöverler ürünleri daha düzgün ve sürekli bir akışta işlemektedir. Bu tıkanma riskini azaltmakta ve genel verimliliği

arttırmaktadır. Trans-eksenel tipteki biçerdöverler ürünlerin daha nazik bir şekilde işlenmesini ve burada oluşabilecek ürün hasar kaybını minimuma indirmeyi gerçekleştirmektedir. Trans-eksenel biçerdöverler güçlü motor sayesinde yoğun hasat dönemlerinde bile kesintisiz çalışabilir daha hızlı ve daha etkili bir hasat süreci sunarak çiftçilerin iş gücünü ve zaman tasarrufu yapmasına yardımcı olabilmektedir. Gelişmiş motor teknolojilere ve verimli çalışma sistemleri ile yakıt tüketimini azaltabilmektedir. Dayanıklı ve güvenilir parçalar konarak bakım maliyetlerini minimumda tutar daha az yakıt tüketimi ve daha az ürün kaybı sayesinde çevresel etkilerin azaltılmasını da sağlamaktadır.



Şekil 3.5: Trans-Eksenel Ürün Akışı Harmanlama Sistemi

4.BİÇERDÖVERLERİN TEMEL ORGANLARI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

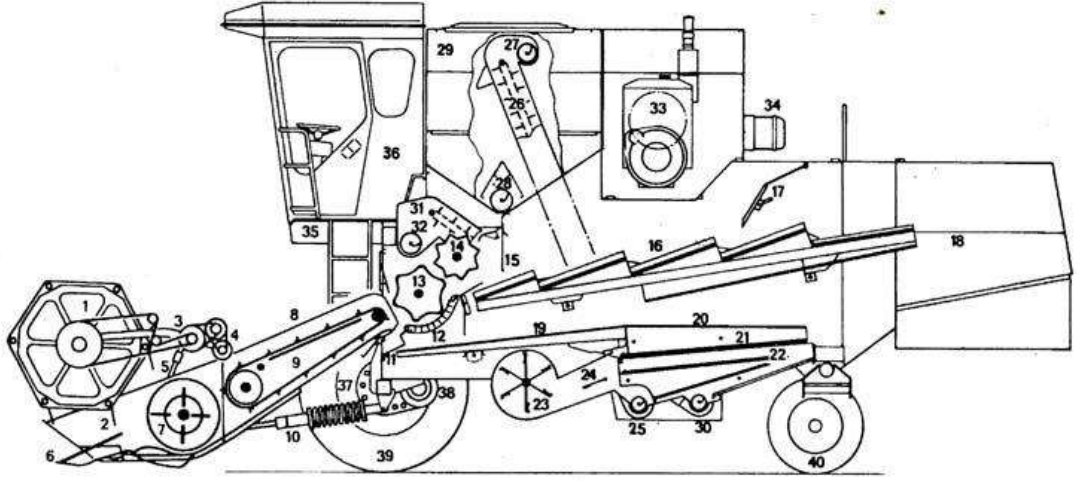
Bu bölümde klasik biçerdöverlerin temel organları ve çalışma prensibi ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

4.1 Klasik biçerdöverlerin temel organları

Biçerdöverler, tarımda hasat harman işlemlerini gerçekleştiren kompleks tasarımlı makinelerdir ve çeşitli organlardan oluşurlar. Bu organlar, biçerdöverin daha verimli ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlamakta olup, organların bir araya gelerek oluşturdukları sistemlerin eşzamanlı olarak çalışması ile gerçekleşmektedir. Biçerdöverlerin temel organları Şekil 4.1’de belirtilmiştir.

Biçerdöverler hasat-harman işlemlerini gerçekleştirirken 5 ana temel iş akışından geçmektedir.

- 1.Biçme İşlemi
- 2.Başakların dövülmesi
- 3.Dane ve sapların birbirinden ayrılması işlemi
- 4.Sapların parçalanması ve tarlaya bırakılması işlemi
- 5.Danelerin dane deposuna aktarımı ve sonrasında biçerdöverden boşaltma işlemi

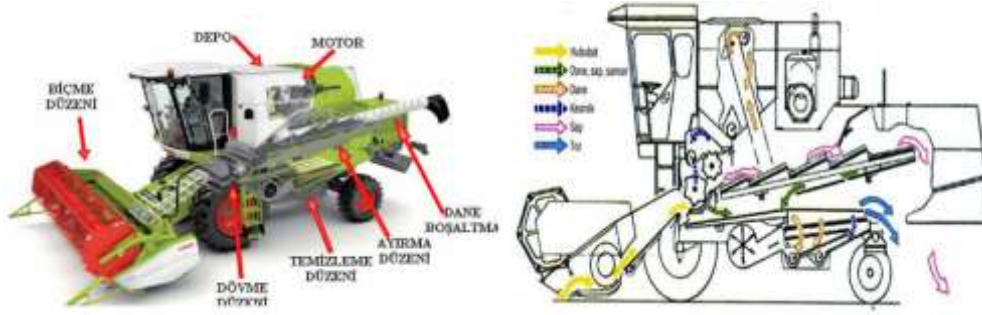


| | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Dolap | 21. Üst elek |
| 2. Dolap parmakları | 22. Alt elek |
| 3. Dolap hareket düzeni | 23. Vantilatör (fan) |
| 4. Dolap varyatörü | 24. Yönlendirme kanatları |
| 5. Dolap hidrolik silindiri | 25. Dane helezonu |
| 6. Başak kaldırıcı | 26. Dane elevatörü |
| 7. Tabla helezonu | 27. Depo doldurma helezonu |
| 8. Boğaz | 28. Depo boşaltma helezonu |
| 9. Boğaz elevatörü | 29. Dane deposu |
| 10. Tabla hidrolik silindiri | 30. Kesmik helezonu |
| 11. Taş tuzağı | 31. Kesmik elevatörü |
| 12. Kontrbatör | 32. Kesmik yayıcı helezonu |
| 13. Batör | 33. Motor |
| 14. Sap yayıcı (yönlendirici) tambur | 34. Hava filtresi |
| 15. Dane perdesi | 35. Kabin tabanı |
| 16. Sarsaklar | 36. Kabin |
| 17. Sarsak üstü sap yayıcı | 37. Son redüksiyon dişli grubu |
| 18. Davlumbaz (arka sap kapağı) | 38. Vites kutusu |
| 19. Sağır elek | 39. Çeki tekeri |
| 20. Elek kasası | 40. Dümenleme tekeri |

Şekil 4.1: Klasik Biçerdöverlerin Temel Organları

Kaynak: (Engürülü vd. 2001)

Farklı tiplerde biçerdöver bulunsa da bunların tümünün çalışma şekillerinin esasları aynıdır. Biçerdöverler, tüm hasat ve harman işlemlerini gerçekleştirirken yüksek verim ve kaliteyi yakalamak için kendi tasarımlarına has bazı ek bileşenler buldursalar da tüm bir sistemin çalışma prensipleri aynıdır.



Şekil 4.2: Klasik Bir Biçerdöverin Çalışma Şekli

Kaynak: (Engürülü vd. 2001)

Biçerdöver tarlada bulunan hububat ürünlerini öncelikle tabla vasıtasıyla toplanarak tabla üzerinde bulunan üzerinde zıpka ve bıçaklar bulunan biçme ünitesi tarafından biçilerek tabla helezonu vasıtasıyla tablanın orta kısmına iletilir ve buradan harmanla ünitesine aktarılmak üzere öncelikle biçerdöverin boğaz elevatörüne verilir.



Şekil 4.3: Tabla Sistemi ve Bileşenleri

Boğaz elevatörü ürünü tabla ile harmanlama ünitesi arasında bağlantıyı sağlayan kısımdır. Bazı biçerdöver tasarımlarında boğaz elevatörünün hemen ön tarafında parmaklı besleme silindiri ilave edilmiştir. Bu sistem de parmaklı besleme silindiri sayesinde tabla helezonundan gelen ürünler boğaz elevatörüne verilmeden önce düzgün bir şekilde besleme ağzı boyunca yayılmasını sağlayarak tabladan batöre kadar daha düzenli bir iletişim gerçekleştirir. Böylece ürün beslemesi sırasında oluşabilecek yığılmalardan kaynaklanan ani yüklenmeleri ortadan kaldırarak olası arızaların önüne geçilmiş olmaktadır.



Şekil 4.4: Boğaz Elevatörü ve Bileşenleri

Harmanlama ünitesi danenin başaktan ayrılmasını sağlayan ünitesidir. Harmanlama ünitesinde mahsuldeki danenin %80-90'ı harmanlama ünitesinde dövülerek başaktan ayrılır. Hasat edilen ürünün harmanlama sırasında dövme ünitesindeki eksenine göre mahsulün akış şekline bağlı olarak teğetsel akışlı ve aksel akışlı olmak üzere iki farklı tasarımda harmanlama yapılabilmektedir. Ülkemizde genellikle teğetsel akışlı dövme ünitesine sahip harmanlama üniteli biçerdöverler kullanılmaktadır. Harmanlama ünitesinde öncelikle boğaz elevatöründen gelen mahsulün içerisinde taş olabilme ihtimali karşısında harmanlama ünitesinin girişinde bulunan bir taş tuzağı denilen basit bir oluktan oluşmuş bir sistem bulunmaktadır. Bu taş tuzağı sayesinde boğaz elevatöründen gelen mahsulün içerisinde sapla birlikte gelen taş gibi ağır cisimlerin batör ve kontrbatöre geçmesini engelleyerek muhtemel zararların önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Günlük olarak temizlenmesi gereken veya kendini otomatik olarak temizleyen taş tuzağı, mısır ve ayçiçeği gibi iri taneli ürünlerin hasadında kapatılmalıdır. En yaygın kullanılan çelik pervazlı batörlerde bulunan pervazlar, boğaz elevatöründen gelen mahsulün batöre yedirilen Sarsakların üzerinde bulunan dane perdesi, batör ve kontrbatör ünitesinden sap ve samanın karışık bir şekilde gelen sap ve dane karışımının sarsağın alt kısmında yer alan sarsağın eğik düzlemi üzerine düşmesini sağlar. Buradan düşen daneler ile sarsaklarda ayrılan daneler sağır eleğin üzerine gelir. Sağır eleğin üzerine gelen dane-saman karışımı, eleğin hareketleri sonucu ilerleyerek üst eleğe düşer. Burada biçerdöverin üzerinde bulunan fan tarafından gönderilen hava ile oluşan hava akışı sonucu daneden daha hafif olan yapıdaki başta saman olmak üzere diğer maddeler daneden ayrılır. Daneden ayrılan diğer maddeler havanın etkisi ile biçerdöverin arkasından tarlaya atılır. Dane ile samanın eleklerden geçip ayrılması sonucu temizlenen dane eleklerden geçerek dane elevatörü vasıtasıyla dane deposuna aktarılır ve oradan da biçerdöverden römorka boşaltılarak işlem tamamlanmış olur. Alt elekten geçemeyen ağır taneli atıklar, kesmik helezonu aracılığıyla yeniden batör-kontrbatör ünitesine yönlendirilerek ikinci bir harman işlemine tabi tutulur. Tekrardan bir harmanlama işlemi yapıldıktan sonra dane helezonu vasıtasıyla dane deposuna aktarılır.



Şekil 4.5: Temizleme Ünitesi ve Bileşenleri

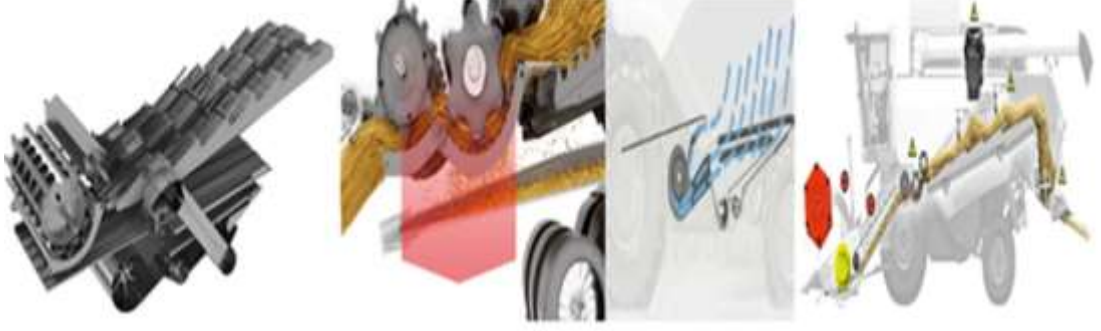
Ürünü yakalayıp çarpma etkisiyle üründen daneleri kısmen ayırmaktadır. Daha sonra ürün batör ve kontrol batörün en dar kısmından geçtiğinde başaklar daha fazla dövülür ve ovalanmaktadır. Kontrol batörün tasarımı olarak düz birtakım çelik pervazlardan oluşmaktadır. Başaklar burada batörün darbeleri sonucunda sürekli dövülüp ovalanarak gerçek manada harmanlama işlemi yaparak başaktan danenin ayrılması sağlanır.



Şekil 4.6: Harmanlama Ünitesi ve Resimleri

Sarsakların üzerinde bulunan dane perdesi, batör ve kontrol batör ünitesinden sap ve samanın karışık bir şekilde gelen sap ve dane karışımının sarsağın alt kısmında yer alan sarsağın eğik düzlemi üzerine düşmesini sağlar. Buradan düşen daneler ile sarsaklarda ayrılan daneler sağır eleğin üzerine gelir. Sağır eleğin üzerine gelen dane saman karışımı, eleğin hareketleri sonucu ilerleyerek üst eleğe düşer. Burada biçerdöverin üzerinde bulunan fan tarafından gönderilen hava ile oluşan hava akışı sonucu daneden daha hafif olan yapıdaki başta saman olmak üzere diğer maddeler daneden ayrılır. Daneden ayrılan diğer maddeler havanın etkisi ile biçerdöverin arkasından tarlaya atılır. Dane ile samanın eleklerden geçip ayrılması sonucu temizlenen dane eleklerden geçerek dane elevatörü vasıtasıyla dane deposuna aktarılır ve oradan da biçerdöverden römorka boşaltılarak işlem tamamlanmış olur. Alt eleğin üzerinde bulunan kesmikler, kesmik helezonuna aktarılarak tekrardan

harmanlamak üzere batör kontrbatör arasına iletilir. Tekrardan bir harmanlama işlemi yapıldıktan sonra dane helezonu vasıtasıyla dane deposuna aktarılır.



Şekil 4.7: Temizleme Ünitesi ve Bileşenleri



5. BALYA MAKİNELERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Balya makinelerinin tarihsel gelişimi tarım teknolojileri açısından oldukça önem arz etmektedir. Balya yapma işleminin kökenleri tarımsal üretimin başlangıç dönemlerinden günümüze kadar ulaşmıştır. Dünyada ilk balya makineleri 19. yüzyılın başlarında yapılmıştır. Bu dönemde icat edilen balya makineleri mekanik güçle çalışılan balya makineleri icat edildi. Bu makineler başlangıçta oldukça basit ve elle çalıştırılabilen makineler olup balya makinelerinin mekanikleşmesi süreci, 1872 yılında Amerikalı mucit Charles Withington'un ilk otomatik saman balya makinesini tasarlamasıyla hız kazanmıştır. Withington'un bu buluşu, modern balya makinelerinin temelini oluşturmuş ve tarımsal mekanizasyonda önemli bir kırılma noktası olmuştur. Bu makine samanı sıkıştırarak daha kompakt bir hale getirmesini sağlıyordu. Hasat sonrası ürünlerin kurutulması, depolanması ve nakledilmesi ihtiyacı, balyalama teknolojilerinin gelişimini tetiklemiştir. Günümüzde ise modern balya işlemi yapabilen balya makineleri üretilmiş olup her ihtiyaca cevap verebilecek küçük balya makineleri, büyük prizmatik balya makineleri, silindirik balya makineleri gibi makineler üretilmiş ve çiftçilerin hizmetine sunulmuştur. Günümüz teknolojisinde ise üretilen modern balya makinelerinde hidrolik veya mekanik güçle çalışılabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Yüksek yoğunluklu balya yapabilecek şekilde daha gelişmiş makineler daha kompakt makineler üretilmiştir. Üretilen büyük balya makineleri sayesinde büyük miktarlarda balya üretmek mümkün hale getirilmiştir. Üretilen balyaların saklanması taşınması ve pazarlanması yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tüm bu işlemlerin sonucunda tarıma, hayvancılığın gelişimine fayda sağlamıştır ve tarım makineleri teknolojinin ilerlemesi ile birlikte balya yapımı günümüzde yaygınlaştı ve tarım sektöründe yaygın olarak kullanılabilen bir yöntem haline geldi.

6. BALYA MAKİNELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Balya makineleri, tarımda kullanılan ve saman, ot, mısır sapı gibi bitki materyallerini balyalar haline getiren makinelerdir. Balya makineleri farklı özelliklerine göre sınıflandırılabilir.

6.1 Balya Şekline Göre Balya Makineleri

Prizmatik Balya Makineleri; Küçük Prizmatik Balya Makineleri: Daha küçük ve taşınabilir balyalar üretmektedir, Büyük Prizmatik Balya Makineleri; Daha büyük ve yoğun balyalar üretmektedir,

Silindirik (Yuvarlak) Balya Makineleri; Yuvarlak balyalar üretir, genellikle saman ve ot gibi mahsuller için kullanılır.

6.2. Balya Boyutuna Göre

Küçük Balya Makineleri; Genellikle manuel taşıma ve kullanım için uygun küçük balyalar üretmektedir, Büyük Balya Makineleri; Otomatik taşıma ve depolama için uygun büyük balyalar üretmektedir.

7. BÜYÜK PRİZMATİK BALYA MAKİNELERİ TEMEL ORGANLARI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Bu bölümde büyük prizmatik balya makinelerinin temel organları ve çalışma prensibi ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

7.1 Büyük Prizmatik Balya Makinelerinin Temel Organları

Büyük Prizmatik Balya Makineleri, tarımda hasat harman işlemlerini gerçekleştiren kompleks tasarımlı makinelerdir ve çeşitli organlardan oluşurlar. Bu organlar, büyük prizmatik balya makinelerinin daha verimli ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlamakta olup, organların bir araya gelerek oluşturdukları sistemlerin eşzamanlı olarak çalışması ile gerçekleşmektedir. Biçerdöverlerin temel organları Şekil 7.1’de belirtilmiştir.



| | |
|---------------------|--|
| 1.Şaft | 10.Balya Sıkıştırma Odası |
| 2.Volant | 11. Balya uzunluk ve yoğunluk ayar kolları |
| 3.Toplayıcı (Pikap) | 12. Bağlama grubu sistemi |
| 4.Rotor | 13. İp Yumakları |
| 5.Haşbay | 14. Elektrik-Elektronik sistem |
| 6.Ana şanzıman | 15. Hidrolik Sistem |
| 7.Ön Besleme Odası | 16. Dingil Lastik jant |
| 8.Götürücü (Yaba) | 17.Şasi Sistemi |
| 9. Piston Düzenegi | 18.Kaporta Sistemi |

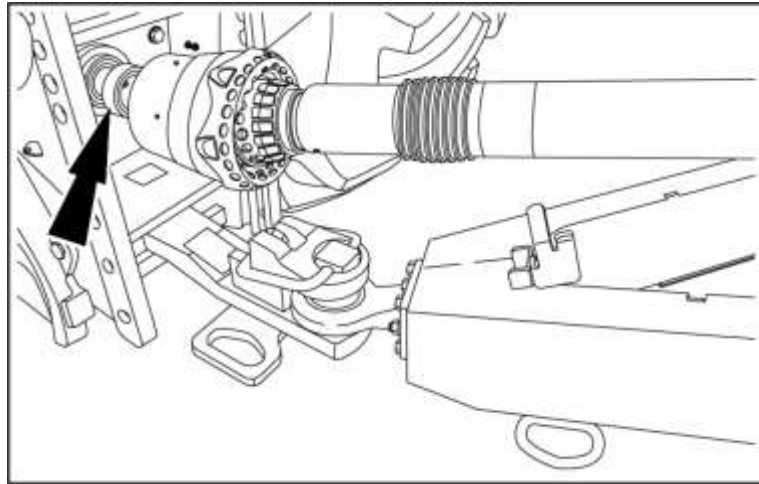
Şekil 7.1: Büyük Prizmatik Balya Makineleri Temel Organları

7.2 Büyük Prizmatik Balya Makinelerinin Çalışma Prensibi

Balya makinelerinin balyalama işlemleri bu bölümde açıklanmıştır.

7.2.1 Şaft Düzenegi

Balya makinelerinde şaft çeşitli tarım makinesinin çalıştırılmasında önemli bir bileşendir. Traktörden aldığı mekanik gücü balya makinesi gibi tarım ekipmanlarına aktarır bu güç aktarımı sayesinde balya makinesi çalışır ve gerekli işlemlerini yerine getirir. Şaft senkronizasyonu sağlar bu senkronizasyon sayesinde balya makinesinin doğru hızda ve verimli bir çalışma gerçekleştirir. Şaft traktör ile balya makinesi arasında da esneklik sağlayarak arazideki engebeli ve düzensizliklere göre traktörün hareketlerine uyum sağlar. Bu Balya makinesinin zarar görmesini engeller ve kesintisiz çalışma olanağı sağlar. Modern şaftlar genellikle güvenlik unsurları içerir. Örneğin; aşırı yüklenme durumunda kırılabilecek şekilde tasarlanmışlardır bu da traktör ve balya makinesinin zarar görmesini engeller. Özetle şaft traktörün motorundan gelen gücü balya makine aktararak makinenin işlevini yerine getirilmesini sağlar. Bu nedenle balya makinesi verimli ve güvenli bir şekilde çalışması için şaftın doğru bir şekilde kullanılması ve bakımının zamanında yapılması önemlidir.



Şekil 7.2: Şaft Bağlantı Düzenegi

7.2.2 Volan düzenegi

Balya makinesinde volan traktörün ürettiği enerjiye dönme hareketi sırasında depolar bu enerji balya makinesinin çalışması sırasında ani güç ihtiyaçlarını karşılamak için kullanır böylece makine daha dengeli sürekli bir güçle çalışabilir volan makine hareketli parçaların düzgün ve dengeli çalışmasını sağlayarak dönme

hareketini düzenli olmasını sağlar titreşimleri ve dalgalanmaları azaltır. Balya makineleri çalışırken ani değişimlere ve darbeler oluşabilir Volan değişikliğe karşı direnç artırarak makine stabil ve verimli çalışmasını sağlar. Volan makinede meydana gelebilecek darbeler ve şokları azaltarak makinenin parçalarına aşılmasına zarar görmesini engeller aynı zamanda operatör içinde daha güvenli bir çalışma ortamı sağlar.



Şekil 7.3: Volan Düzenegi

7.2.3 Toplayıcı (Pikap) Düzenegi

Balya makinesinde toplayıcı pikap düzeni tarladaki mahsulün toplanarak balya makinesinin içerisine aktaran ve balya makinesinin beslenmesini sağlayan en önemli bir bileşendir. Bu düzenek balya makinesinin verimli bir şekilde çalışmasını sağlar ve düzgün balyalar üretilmesini gerçekleştirir. Toplayıcı pikap düzeni balya makinesinin ön kısmında yer alır ve yere yakın bir konumda dönerek mahsulü yerden toplamasını sağlar. Mahsulün yerden toplanması için pikap telleri kullanılır ve bu pikap telleri genellikle esnek Çelik'ten yapılmıştır ve mahsulü hafifçe kaldırarak pikabın içerisinden doğru iletir. Toplayıcı dişler ve makaralar tarafından toplanan mahsul beslenme aracılığıyla balya odasına taşınır. Mahsulünün toplama ve taşıma sürecine düzgün bir akış sağlamak için götürücü (Yaba) kullanılır. Bu yabalar balya odasına balyanın düzgün bir şekilde gelmesini ve balyalanmasını sağlar. Toplayıcı pikap düzeni mahsulün hızlı ve verimli bir şekilde toplanmasını sağlayarak Balya makinesini daha fazla mahsulü kısa sürede işlemesine sebep olabilir. Pikap mahsulün sürekli bir akışını sağlayarak balyaların daha düzgün ve sıkı olmasını sağlar,

toplayıcı pikap düzeni ile elle toplamanın zor olması sonucu pikap düzeniyle mahsulü otomatik olarak toplar böylece iş gücü ihtiyacını azaltmış olur. Bu düzenek balya makinesinin verimli ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlayarak tarım işlerinde büyük kolaylık ve verimlilik sunmaktadır.



Şekil 7.4: Pikap (Toplayıcı) Düzenegi

7.2.4 Rotor düzenegi

Balya makinesinde rotor; pikap vasıtasıyla toplanan saman, ot veya diğer bitki materyallerini parçalamasını sağlayarak besleme ünitesine iletilmesini sağlamaktadır. Rotorun pikap vasıtasıyla gelen ürünün parçalaması sonucu balya işlemi için mahsul uygun boyutlara getirilir. Bu balyanın sıkı ve kompakt olmasını sağlamaktadır. Rotor balya yapılacak mahsulün balya odasına düzgün bir şekilde beslenmesini ve sıkıştırılmasını sağlar. Bu sayede balyalar düzgün ve sağlam olmaktadır. Balya makinesinde rotorda kullanılan malzemenin dayanıklılığı, verimliliği ve uzun ömürlü olması için dikkatli seçilmektedir. Rotor sürekli hareket halinde olduğundan toplama, kesme, parçalama işlemleri yaptığı ve sürekli bir mahsul geçişinin olması nedeniyle yüksek dayanıklılığa sahip olmalıdır. Bu nedenle rotorun tasarımında malzeme seçimi oldukça önemlidir. Tarım makineleri genellikle dış ortamlarda kullanıldığından nem, su ve diğer çevresel faktöre maruz kalmaktadırlar. Bu sebeple rotor tasarımında korozyona karşı dayanıklı malzemeler seçilmektedir.



Şekil 7.5: Balya Makinesinde Rotor Sistemi

2.5 Haşbay Düzeneği

Balya makinesinde haşbay düzeneği çiftçilerin küçük kıyılmış mahsulün hayvanlar tarafından daha kolay yenildiğini belirterek, haşbaylı balya makineleri tasarlanmıştır. Haşbaylı sistemli balya makinelerinde küçük taneli balyalar üretmek için kullanılırken, yem hazırlama aşamasında zaman ve işçilik maliyetini azaltır. Haşbay düzeneğine sahip balya makinelerinde balya yapılacak mahsulün istenilen boyutta kesilmesini ve kıyılmasını sağlayan bir bileşendir. Haşbay düzeneği sayesinde daha küçük parçalara ayrılan mahsul sayesinde sıkı ve düzenli balyalar haline getirilmesi sağlanmaktadır. Kıyılmış materyal sıkıştırma mekanizması tarafından daya iyi şekilde sıkıştırılır. Böylelikle daha yoğun ve homojen balyaların üretimi sağlanmaktadır. Daha küçük parçalara ayrılmış mahsul sonucu balyaların daha düzenli ve kompakt olmasını sağlayarak bu balyaların taşınması ve depolanması sürecinde kolaylık sağlar. Haşbay düzeneğine sahip balya makinelerinde daha küçük parçalara ayrılmış materyal makinenin besleme ve sıkıştırma mekanizmalarına daha hızlı ve sorunsuz bir şekilde mahsul ileteceğinden verimliliği arttırmaktadır. Özetle, haşbay düzeneği bulunan balya makinelerinde hayvanların daha kolay tüketebileceği yemlerin oluşumunda, balya makinesinin verimliliği ve işlevselliğini arttırmada ve kullanışlı balya elde edilmesine yardımcı olmaktadır.

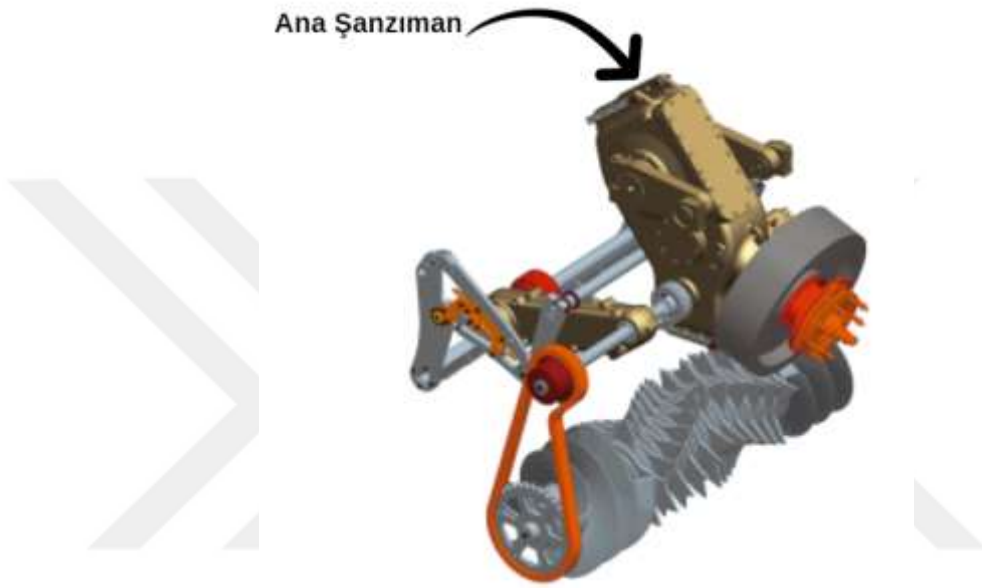


Şekil 7.6: Haşbay Düzeneği

7.2.6 Ana şanzıman düzeneği

Balya makinesinde ana şanzıman düzeneği traktörden gelen gücü makinenin farklı bölümlerine aktararak balya makinesinin senkronize bir şekilde çalışmasını

sağlar. Balya makinesindeki ana şanzıman düzeneği balya makinesinin çalışma hızını ve hareketini düzenleyerek makinede balya oluşturma sürecini düzgün ve verimli bir şekilde ilerlemesini sağlar. Bu özellik sıkıştırma ve şekillendirme işlemlerinde önemlidir. Özetle balya makinesinin ana şanzıman düzeneği makinenin besleme sistemini, presleme mekanizmasını, balya atma mekanizması gibi bölümlerin senkronize çalışmasını sağlayarak makinenin düzgün bir balya çıkarmasına gerçekleştirir.



Şekil 7.7: Balya Makinesinin Ana Şanzıman Düzeneği

7.2.7 Ön besleme düzeneği

Balya makinelerinde kullanılan ön besleme odaları düzgün ve etkili balya oluşumlarında önemli bir göreve sahiptir. Ön besleme odası; balya makinesine giren mahsulün besleme odasında toplayarak Pistona sıkıştırmak için düzenli bir akış sağlar. Bu düzenli akış mahsulün makine içerisinde eşit bir şekilde dağılmasına ve kalıp şeklinde balyalar çıkarılmasında oldukça önemlidir. Böylece daha sıkı ve düzenli balyalar üretilmektedir. Ön besleme odası bir seferde işleyebileceği mahsulün miktarın artırır ve balyalama işlemini hızlı ve verimli bir şekilde işleyerek üretim kapasiteni arttırmaktadır. Ön besleme odaları balyalama işleminde üretilecek balyanın yoğunluğunu ve sıklığını kontrol etmek için kullanılır. Mahsul eşit miktar ve yoğunlukta ayarlandığında nihai balyanın kalitesini ve istikrarını iyileştirmektedir. Ön besleme odalarında önceden biriktirilip sıkıştırılan mahsulde makine daha düzenli bir mahsul akışı gerçekleştireceğinden daha az bir çapa sağlayarak daha az enerji

sağlamaktadır. Büyük ve hacimli mahsullerin işlenmesi durumunda, mahsul ön besleme odasında sıkıştırılıp makinenin içerisine verdiğinden makinenin tıkanma riskini azaltarak diğer mekanik parçaların üzerindeki yükü azalır. Genel olarak ön besleme odaları balya makinesinin genel performansını arttırmak, işlem verimliliğini sağlamak ve daha kaliteli ve düzgün balyalar üretmek için önemli bir göreve sahiptir.

Ön besleme odasının çalışma sistemi; balya makinesi mahsulü toplayıcı tarafından tarladan toplayarak makinenin içerisine aktarılır ve yabalar (götürücüler) ile ön besleme odasına taşınır. Ön besleme odası içerisinde malzeme ilk sıkıştırma işlemine tabi tutulur. Bu odadaki iticiler, malzemenin uygun yoğunluğa ve tutarlılığa ulaşmasına sağlar. Bu işlem sırasında pistonun önüne mahsul akışı durdurulur. Mahsul ön besleme odasında istenilen yoğunluğa ulaştığında elektronik veya mekanik olarak ön besleme odasının yolu açılır ve ön besleme odasında sıkıştırılan ürün pistonunun önüne aktarılır. Modern makinelerde ön besleme odasının odasının işleyişi genellikle elektronik kontrol sistemleri ile otomatize edilmektedir. Bu sistemde ön besleme odasındaki mahsulün yoğunluğunu, nem oranını ve diğer kritik parametreleri izleyebilir ve buna göre ayarlamalar yapabilir.

Ön besleme odası düzgün çalışmadığında, üretilen balyaların kalitesini ve balya makinelerinin genel verimliliğini düşürebilir. Bu nedenle bu sistemin bakımı ve düzgün çalışması oldukça önemlidir.



Şekil 7.8: Ön Besleme Odası Sistemi

7.2.8 Yaba düzeneği

Yaba sistemi balya makinesinin çalışmasında, düzgün balyaların oluşumunda kritik bir öneme sahiptir. Yabalar mahsulün düzgün bir şekilde toplanmasını ve beslenmesini sağlayarak presleme ünitesine vermeyi sağlamaktadır. Yaba olmadan mahsulün makineye düzgün bir şekilde beslenmesi mümkün olamaz. Yabaların doğru ayarlanması ve bakımının yapılması balya makinesinin performansını ve üretilen balyaların kalitesini oldukça etkilemektedir. Yabalar mahsulü balya makinesinin

içerisine eşit ve düzenli bir şekilde besler, bu balyaların düzgün ve homojen üretilmesini sağlar. Homojen balyalar depolama ve taşıma açısından avantajlıdır ve kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Yabanın üretiminde kullanılan malzemeler, dayanıklılık, esneklik ve aşınma direnci gibi özelliklere sahip olmalıdır.



Şekil 7.9: Yaba Düzeneği

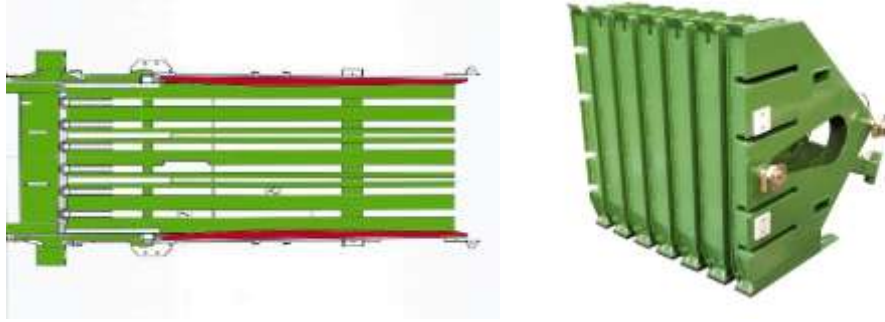
7.2.9 Piston düzeneği

Balya makinesinde ana piston, balyalama işleminin yapılmasında kritik bir rol oynayan ana bileşenlerdendir. Ana pistonun görevi balya odasında gelen mahsulün sıkıştırılmasını sağlayarak kompakt ve düzenli bir balya oluşumu sağlamaktadır. Bu sıkıştırma işlemi, balyaların nakliye ve depolama için uygun hale gelmesi açısından oldukça önemlidir. Sıkıştırılmış balya, ana pistonun geri çekilmesiyle balya odasından çıkarılır ve bağlama işleminin gerçekleştirilmesiyle birlikte balya boşaltma kanalına yönlendirilir ve makineden tarlaya bırakılır.

Balya makinesinde sıkıştırma bölümünde bulunan pistonun bir uçtan diğer bir uca yaptığı tam hareket mesafesine strok denilmektedir. Strokun uzunluğu, balya makinesinin sıkıştırma kapasitesini ve verimliliğini de etkilemektedir. Daha uzun strok, genellikle daha büyük ve daha sıkı balyalar üretmeye olanak tanır. Strok uzunluğu balya makinesinin tipi ve modeline bağlı olarak değişkenlik gösterebilir.

Balya makinesinde strok hesabı, birkaç temel faktöre bağlıdır. Bunlar pistonun hareket mesafesi, makinenin tipi ve modeli, üretici spesifikasyonları, balya yoğunluğu ve boyutu ile mahsulün türü başlıca temel faktörlerdir. Balya makinesinin ana şanzıman dişli oranları, pistonun strok hızını ve kuvvetini belirlemektedir. Farklı

dişli oranları, makinenin farklı mahsul yoğunluklarına ve sıkıştırma gereksinimlerine uyum sağlanmasını mümkün kılmaktadır.



Şekil 7.10: Piston Sistemi

7.2.10 Balya sıkıştırma odası

Balya makinesinde sıkıştırma odası, hasat edilen mahsulün (ot, saman, mısır sapı) sıkıştırıldığı ve balya haline getirildiği ana bölümdür. Hasat edilen mahsul makine toplama düzenekleri tarafından sıkıştırma odasına yönlendirilir. Sıkıştırma ünitesindeki mahsulün sıkıştırma odasında bir araya getirilir ve sıkıştırma pistonları tarafından belirli bir basınç altında sıkıştırılarak kompakt bir balyalar haline getirilir. Sıkıştırma odası mahsulün belirli bir ölçüde ve boyutta balya haline getirilmesini sağlar ve bu balyaların taşınması ve depolanma işlemleri için uygun şekil ve boyut kazanmasını sağlar. Sıkıştırma odasındaki basınç ve sıkıştırma kuvveti balyanın yoğunluğunu ve sıklığını belirleyerek daha sıkı balyalar daha kompakt balyalar haline getirip depolama ve taşıma açısından avantaj sağlamaktadır. Modern balya makinelerinde sıkıştırma odası genellikle otomatik olarak çalışır bu da operatörün müdahalesini minimuma indirmekte ve işlemleri hızlandırmaktadır. Sıkıştırma odasında sıkıştırılan balyalar dış etkenlere karşı (hava, nem vb.) karşı daha dayanıklı hale getirir. Bu mahsulün kalitesini korur ve bozulmasını engellemektedir. Sıkıştırma odasında oluşturulan kompakt balyalar depolama alanında tasarruf sağlamaktadır. Yakıt masraflarını arttığı dönemlerde depolama alanı ve taşıma maliyeti açısından ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca iyi sıkıştırılmış balyalar pazarda da yüksek fiyattan alıcı bulabilirler, sıkıştırma odasının etkin çalışması hasat işleminin daha hızlı tamamlanmasını sağlayarak zaman tasarrufu da sağlanmış olmaktadır.



Şekil 7.11: Balya Sıkıştırma Odası

7.2.11 Balya uzunluk ve yoğunluk ayar kolları

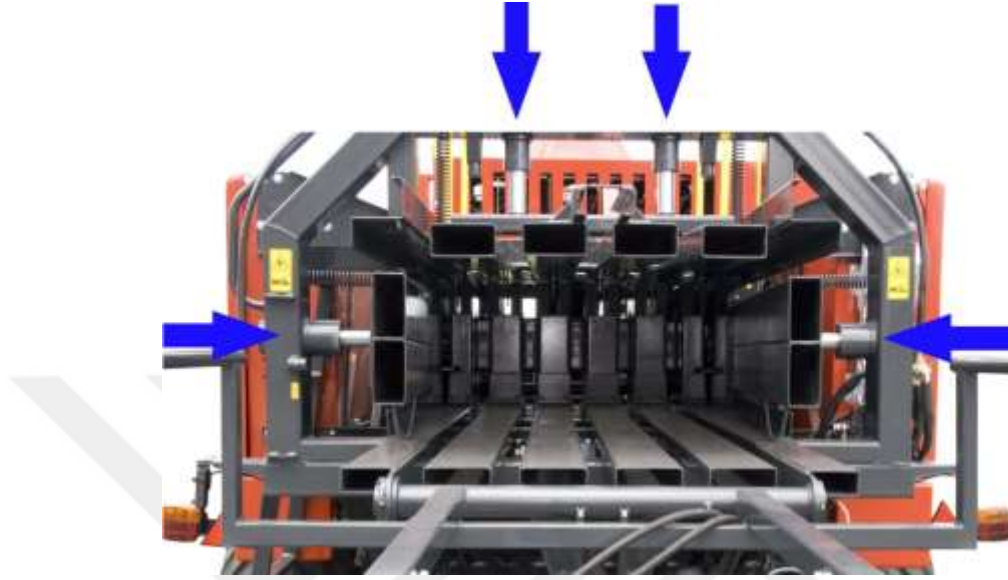
Balya uzunluğu, balya yolu üzerinde bulunan ölçüm çarkının (A) hareketi ile tespit edilir. Balya, ölçüm çarkını (A) döndürdükçe, dişli çarkta (B) eş zamanlı dönecektir, dişli çarkın her turunda üçgen hareket mekanizması dikey pozisyonda hareket eder, üçgen hareket mekanizması en alt konuma geldiğinde bağlama ünitesindeki damağı serbest bırakarak, bağlama sistemini devreye sokmaktadır.



Şekil 7.12: Balya Uzunluğunun Ayarlanması

Balya yoğunluğu, balya makinesinin sıkıştırma sisteminde uygulanan kuvvetle doğrudan ilişkilidir. Bu kuvvet, genellikle hidrolik sistemler aracılığıyla kontrol edilir. Makine içerisindeki sıkıştırma pistonunun uyguladığı basınç, balyanın ne derece sıkı olacağını belirler. Günümüz modern balya makinelerinde, bu ayarlar operatör tarafından traktör kabininde yer alan dijital kontrol ünitesi veya ekran

üzerinden kolaylıkla yapılabilmektedir. Ekran üzerinden hidrolik sistemdeki bar basıncı ayarlanarak, farklı ürün tiplerine ve istenen balya yoğunluklarına göre makinenin çalışma karakteri optimize edilir. Bu sistem sayesinde hem kullanım kolaylığı sağlanmakta hem de balya kalitesinde istikrar elde edilmektedir.



Şekil 7.13: Balya Yoğunluğunun Ayarlanması

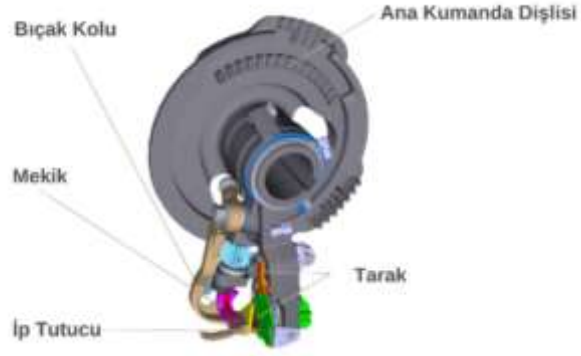
7.2.12 Bağlama grubu düzeneği

Bağlama grubu sıkıştırılmış mahsulün sağlam ve kompakt balyalar haline getirmek için ip veya tel ile bağlayan mekanizmalardır. Bağlama grubunun çalışma prensibi olarak bağlama grubunda kullanılan ip veya tel makinenin ip dolabından ip yumaklarından alınarak ip geçiş fincanları üzerinden geçirilerek iğne vasıtasıyla bağlama grubunun olduğu yere taşınır. Sıkıştırma işlemi tamamlandığında bağlama grubu ipi veya teli balyanın etrafını sarmaktadır. Hayvanların yapılan balyaları tüketiminde teller balyaların içerisinde kalıp hayvanın midesine zarar verdiği için günümüzde ipli balyalar tercih edilmektedir. İğneler vasıtasıyla bağlama grubuna ulaştırılan ip balya etrafına dolaştırıldıktan düğüm atma mekanizması ipi sıkıca bağlar, bağlandıktan sonra bıçak kolu vasıtasıyla ipi keser ve düğümü tamamlayarak balyanın çözülmesini engeller. Bağlama işlemi tamamlandıktan sonra balya makinesinin arka kapağı açılır ve sıkıca bağlanmış olan balyaları tarlaya bırakmak üzere makineden dışarı çıkarılır. Yeni balyalarını oluşturulması için sıkıştırma haznesi boşaltılır ve bir sonraki sıkıştırma işlemi için hazırlanır. Modern balya makinelerinde otomatik bağlama sistemleri ile donatılardan bu sistemler sıkıştırma ve bağlama işlemlerini kesintisiz olarak gerçekleştirebilir yine bağlama grubunda

bulunan sensörler ve kontrol sistemleri yardımıyla ipin doğru bir şekilde sarıldığını, kopuk atmadığını ve bağlamanın sürekliliği takip edilebilir. Bağlama grubu balya makinesi uygun şekilde bağlanmasını sağlayarak balyalarını taşınmasına, depolanmasına ve kullanılmasını kolaylaştırır. Bağlama grubunun arıza vermemesi balya makinesinin iş sürekliliğini sağlaması adına oldukça önemlidir. Bunun için bağlama grubu düzenli olarak kontrol edilmeli aşınmış hasar görmüş veya düzgün çalışmayan parçalar tespit edilip değiştirilmelidir. Bağlama grubunun sık sık temizlenmesi gerekmektedir. Malzeme kalıntıları kir ve yabancı cisimlerin birikmesi önlenmektedir, yoksa bağlama grubunun çalışmasına engelleyecek arızalar meydana getirmektedir. Bağlama grubu ayarları üretici talimatlarına göre doğru bir şekilde yapılmalı, düğüm atma mekanizmasının doğru çalışması için gerekli ayarların yerinde olduğundan emin olunmalıdır. Gerekli durumlarda bağlama grubunun yeniden kalibrasyon edilmesi, sente ayarlarını yeniden yapılması gerekmektedir. Bu özellik de yoğun kullanım dönemlerinden sonra önemlidir. Bağlama grubundan yüksek verim almak için kaliteli ip kullanılması gerekmektedir. Kalitesiz malzemeler sıkışmalara, kopmalara ve düğüm atmama gibi problemlere yol açabilir. Kullanılan ipin makine için önerilen kalınlıkta ve çekme dayanımına sahip olması gerekmektedir. Doğru bir şekilde bağlama grubuna geldiğinden emin olunmalı bunun için makaralar, ip yolları düzgün bir şekilde sıralanması sağlanmalıdır. İp bobinini doğru şekilde yerleştirilmeli bobinin serbestçe dönebildiğinden ve sarılma sırasında sıkışmadığından bobinin devrilmediğinden emin olunmalıdır. İpin gerginliği de doğru ayarlanmalıdır aşırı gerginlik kopmalara yetersiz gerginlikse düğüm atmama gibi problemlere neden olabilmektedir. Bağlama grubundaki sensörleri düzgün çalıştığından emin olunmalıdır kirli veya hasar görmüş sensörler doğru veri sağlamayabilir. Elektrik bağlantıları ve kabloları düzenli olarak kontrol edilmeli hasarlı bağlantılar da arızalara yol açabilmektedir. Bağlama grubunu kullanan operatörlerin yeterli eğitime sahip olduğundan emin olunmalı, doğru kullanım ve bakım prosedürleri hakkında mutlaka bilgi sahibi olunmalıdır. Sıkça arızalanabilecek parçaların yedek parçaları bulundurulmalı ve oluşabilecek arızalar durumunda hızlı bir şekilde müdahale edilmesi sağlanmalı ve sezonda balya makinesinin kesintisiz çalışabilirliği sağlanarak iş verimliliği oluşturulmalıdır. Balya makinesindeki bağlama grubunun düzenli bakım ve doğru kullanımı makinenin ömrünü uzatmakta ve iş verimliliğini arttırmaktadır.



Şekil 7.14: Bağlama Grubunun Çalışma Prensibi



Şekil 7.15: Bağlama Grubunun Ana Parçaları



Şekil 7.16: Bağlama Grubunun Genel Görünümü

7.2.13 İp yumakları

Balya makinelerinde kullanılan ip yumakları, mahsulün kompakt balyalar haline getirilip güvenli bir şekilde bağlanmasında önemli rol oynamaktadır. En yaygın malzeme olarak Polypropilen kullanılmaktadır. Polypropilen malzeme dayanıklılığı hafif olması ve esnek yapısı sayesinde kolayca düğümlenebilme kolaylığı sağlamaktadır. İpin kopuk atmaması, balya makinesinin çalışmasına ara vermemesi için ipin taşıyabileceği maksimum yük önemlidir. Bu sebeple yüksek çekme dayanımına sahip ipler tercih edilmektedir. İpin uzun süre dayanıklı olması için aşınmalara karşı dirençli olmalıdır. Balya sezonu sıcak havalarda olduğundan bağlamada kullanılacak ip yumaklarının güneş ışığına maruz kalındığında bozulmaması için UV korumalı ipler tercih edilmelidir. Balya makinesinde kullanılacak olan ipin üretici önerilerine göre uygun kalınlıkta ve uzunlukta olmalıdır. İpin nem ve suya karşı dayanıklı olması, özellikle dış mekan kullanımlarında önemlidir. İplerin ömrünü uzatmak için kuru ve serin bir ortamda saklanması önemlidir. İplerin kullanılmadan önce kontrol edilmeli yıpranan ve aşınan iplerin balya makinesinde kullanılmamasına özen gösterilmelidir. Düğüm atma mekanizmalarında sorun yaşamamak için iplerin düğümüz ve bir bütün şekilde sağlam olmalıdır. Sonuç olarak balya makinesinde ip yumakları, tarım ve hayvancılık uygulamalarında önemli yere sahip balyalama işlemlerinde kritik bir role sahiptir. Doğru ip seçimi, balyalama işlemlerinin verimliliğini arttırmakta ve sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.



Şekil 7.17: İp Yumakları

7.2.14 Balya makinelerindeki elektronik sistemler

Balya makinelerinde elektronik sistemler makinenin çalışma performansını optimize etmek, daha hızlı ve verimli balyalama işlemleri yapılmasını sağlamak, balya makinesinin otomatik olarak çalışmasını ve operatörü makineyi daha kolay kontrol edilmesini sağlamak, insan hatasını en aza indirmek yapılan işin daha güvenilir ve tutarlı bir şekilde yapılmasını sağlamak, makinenin çalışma durumunu ve performansını sürekli izleyebilir hale getirebilmek, potansiyel arızalarının erken teşhis edilmesine ve önleyici bakım çalışmalarının yapılmasına olanak tanımak, balya boyutuna, sıklığının ve yoğunluğunun tutarlı bir şekilde olmasını sağlamak, operasyonel verilerin toplanmasında ve analiz edilmesinde, bu verilerin operasyonel verimliliğini arttırmak ve gerekli iş güçlerini iyileştirmek için kullanılmaktadır.

Bu bölümde balya makinelerinde kullanılan elektronik sistemlerin tanımlamaları yapılacaktır.

7.2.14.1 Balya yoğunluk sensörü

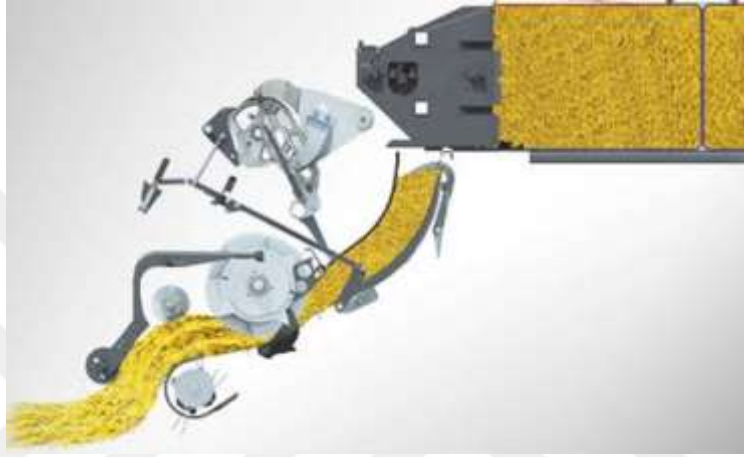
Büyük balya deyince akla ilk olarak yoğunluk gelmektedir. Üretilen balyalar istenilen yoğunlukta ve düzgün bir şekilde olması beklenmektedir. Üretilen balyaların sıklığı üç taraflı yoğunluk kontrol sistemleri ile sürekli ölçülmektedir. Pistonun balyaya her vuruşunda elektronik sistem üzerindeki sensörlerle yükün anlık kontrol edilmesi sağlanmakta ve gerektiğinde sistemin balya duvarlarında bulunan sıkma kuvvetini otomatik ayarlayan hidrolik pistonlar sayesinde üç yönlü sıkılarak veya gevşeterek her balyanın istenilen yoğunlukta yapılmasını sağlamakta ve monitör üzerinde anlık olarak görüntülenmesini gerçekleştirmektedir.



Şekil 7.18: Balya Yoğunluk Sensörü

7.2.14.2 Ön besleme odası yoğunluk sensörü

Ön sıkıştırma odası sayesinde istenilen eşit yoğunluktaki balya dilimleri hazırlanmaktadır. Sıkıştırma odasında bulunan sensörler sayesinde ön sıkıştırma odası yoğunlukları ayarlanabilmektedir. Yaba ön sıkıştırma odasında homojen olarak hazırlanan balya dilimlerinin istenilen yoğunluğa ulaştığında sensörler yardımıyla balya odasına aktarmaktadır. Operatör balya yoğunluğunu balya makinesinin ekranı sayesinde kolayca kontrol edebilmektedir.



Şekil 7.19: Ön Besleme Odası Yoğunluk Sensörü

7.2.14.3 Balya ipi kopukluk sensörü

Balya makinelerinde bulunan bağlama grubu düzeneklerinde bağlama esnasında kopuk olup olmadığı bilgisi sensör tarafından balya makinesini ekranına uyarı verilmekte ve operatör uyarılmaktadır.



Şekil 7.20: Balya İpi Kopukluğunun Ekranı Bildirimi

7.2.14.4 Balya uzunluk kontrolü

Üretilen balyaların uzunluğunun doğru olması yükleme, istifleme ve taşıma işlemlerinde büyük bir öneme sahiptir. Balya makinelerinde de üretilen balyaların uzunluğunun ayar sistemi mekanik veya elektronik olarak yapılmaktadır. Sistem mekanik olarak balya oluşmaya başladıkça çentikli ölçüm tekerleğini döndürür ve ayarlanan uzunluğa ulaşıncaya bağlama sistemini otomatik olarak devreye girer ve bağlama işlemi gerçekleştirilir. Elektronik balya uzunluğunun ayarlanması ise monitör üzerinden yapılmaktadır.



Şekil 7.21: Balya Uzunluğunun Ayarlanması

7.2.14.5 Hız kontrol modu

Modern balya makinelerinde hız kontrol modu balya makinesine giren mahsulün yüküne göre traktörün ilerleme hızını otomatik olarak ayarlayarak optimum performans ve tutarlı balya kalitesi sağlar. Balya makinesine giren mahsul akışını izlemek için balya makinesinin doldurucusundaki bir sensör kullanılmaktadır. Mahsul yükü fazla olduğunda sistem traktörü yavaşlatır ve ürün hızı azaldığında traktörü daha iyi besleme yapılmasını sağlamak amacıyla hızlandırır. Bu otomatik ayarlama sabit bir beslenme hızının korunmasına yardımcı olarak eşit balya yoğunluğu sağlar ve operatör yorgunluğunu azaltır. Traktör hızını otomatik ayarlayan sensörler balya makinesinin optimum kapasite çalışmasını sağlayarak verimliliği artırır. Operatörler değişkenlik gösteren tarla koşullarına göre hızlı manuel olarak ayarlamak zorunda kalmadan daha tutarlı ve yüksek kaliteli balyalar elde edebilir.

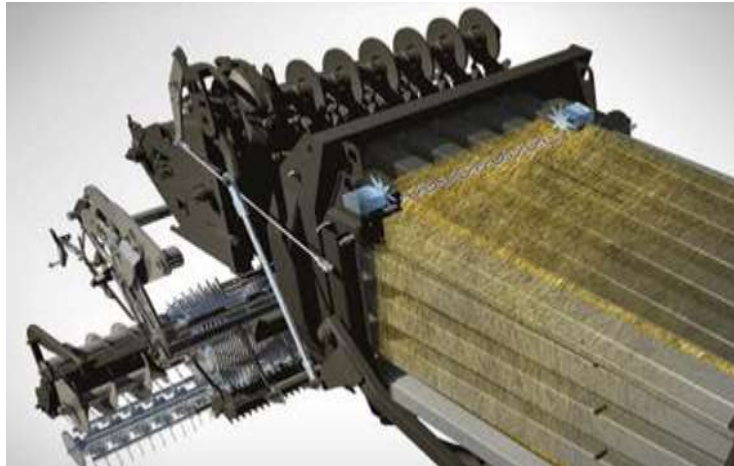
Hız kontrol modu ile traktörün hızını balya makinesinin kapasitesini alacak şekilde optimize ederek gereksiz yakıt tüketimi azaltılır balya üretimindeki maliyet tasarrufu ve daha çevre dostu bir çalışma sağlar.



Şekil 7.22: Modern Balya Makinelerinde Hız Kontrol Modu

7.2.14.6 Hassas nem ölçümü

Nem ölçümü balyanın içerisine gömülen yıldız çarklar ile yapılmaktadır. Bu sistemin avantajı balyanın içinden geçirilen akım sayesinde net bir şekilde nem ölçümü yapılabilmektedir. İki elektrot arasındaki elektriksel direnç ölçülür. Nemli materyaller, kuru materyallerden daha düşük elektriksel dirence sahiptir. Ölçülen nem bilgileri ekran üzerinden görüntülenebilmektedir. Sensörler, balya makinesinin içerisine yerleştirilmiş olup, balya sırasında materyalin içinden geçerken sürekli ölçüm yapar. Sensörler tarafından elde edilen veriler, makinenin kontrol ünitesine iletilir. Burada veriler analiz edilerek materyalin nem miktarı hesaplanır. Hesaplanan nem miktarı, kullanıcıya bildirilir ve gerektiğinde balya makinesinin çalışma parametreleri (örneğin sıkıştırma basıncı) ayarlanarak optimum balya kalitesi sağlanır.



Şekil 7.23: Hassas Nem Ölçümü

7.2.14.7 Hassas balya tartım sistemi

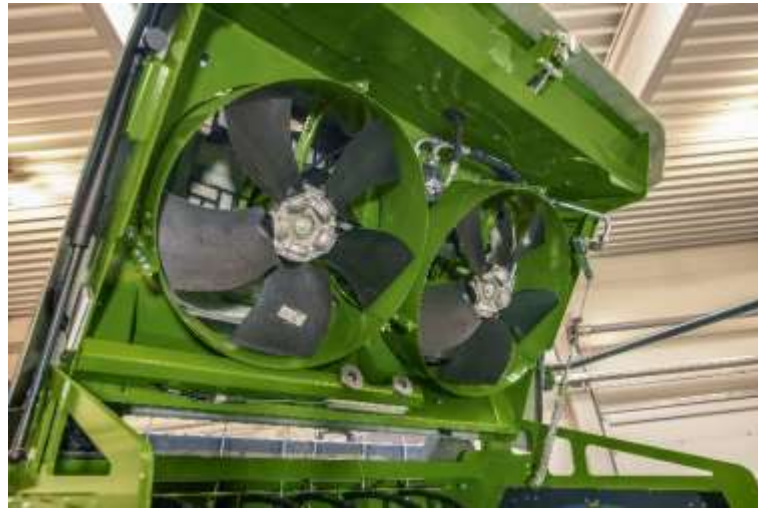
Balya tartım sistemi balya bağlanıp balya çıkış haznesinde düşmeden önce hassas olarak yerleştirilmiş sensörler sayesinde ölçüm yapabilmektedir. Sistem üzerinden alınan veriler, her balyanın ağırlığı, ortalama balya ağırlığı, toplam balya ağırlığı, saatteki balya ağırlığı gibi veriler monitör üzerinden anlık olarak takip edilebilmektedir.



Şekil 7.24: Hassas Balya Tartım Sistemi

7.2.14.8 Otomatik fan sistemi

Bağlama grubunun her zaman temiz olması mükemmel bağlama performansı sağlamaktadır. Monitör üzerinden ayarlanan zaman sıklığını göre fanlar otomatik olarak devreye girmektedir.



Şekil 7.25: Otomatik Fan Sistemi

7.2.14.9 Dokunmatik ekran

Balya makinesinde bulunan dokunmatik ekranlarda Balya makinesi üzerindeki tüm parametreleri çalışırken kolayca kontrol edilebilir. Balyalama işlemi sonrasında oluşan veriler anlık olarak aktarılabilir ya da tercih edilirse makine belleğinde kolayca saklanarak daha sonra analiz edilebilir.



Şekil 7.26: Dokunmatik Ekran

7.2.15 Balya makinelerinde hidrolik sistemler

Balya makinelerindeki hidrolik sistemler çeşitli aksamaları çalıştırmak ve güçlendirmek için kullanılmaktadır. Balya makinelerinde kullanılan hidrolik sistemler balya makinesinin parçalarını ağır yükler altında düzgün bir şekilde hareket etmesini sağlayarak makinenin genel verimliliğini ve işlevselliğini arttırmaktadır. Balya makinesindeki hidrolik sistem genellikle traktörün motorundan aldığı kuyruk mili hareketiyle çalışmakta ve hidrolik pompa bu gücü hidrolik basınç enerjisine dönüştürerek balya makinesinin aksamalarının çalıştırılmasında kullanılır. Gelişmiş balya makinesinde bulunan valfler ve kontrol üniteleri aracılıyla makinenin çeşitli hareketlerin kontrol edebilmektedir. Hidrolik pompadan alınan hidrolik basınç enerjisi yardımıyla hidrolik silindirler aracılığıyla mekanik harekete dönüştürülebilir bu sayede balya makinesinin toplayıcı pikabını indirilmede ve kaldırmada, balya yoğunluğunun ayarlanmasında, balya odasının kapılarına açma ve kapama gibi hareketli parçanın kontrol etmesine olanak sağlamaktadır. Hidrolik sistemi çalışmasında hidrolik yağlar hidrolik hortumlar ve borular aracılığı ile taşınmaktadır. Bu sistemin herhangi bir sızıntıya karşı sağlam olması ve düzenli bakımları ve kontrolleri yapılması gerekmektedir. Hidrolik sistemdeki yağlar sistemin içerisinde dolaşım yapmaktadır ve hidrolik yağ tankında depolanmaktadır. Özellikle hidrolik

yağ tankındaki yağın temiz ve soğuk tutulmasında yardımcı olmaktadır. Hidrolik yağın kirden ve diğer yabancı maddelerden korunmaya yardımcı olması amacıyla hidrolik filtreler kullanılmaktadır. Böylelikle hidrolik sistemdeki bileşenlere zarar görmesi engellenmektedir. Tüm hidrolik sistemdeki bileşenlerin çalışma zorunluluğunu izlemek ve herhangi bir sorunu erken tespit etmek için hidrolik basınç göstergeleri kullanılmaktadır genel olarak gelişmiş balya makineleri hidrolik sistem güvenilir ve verimli balyalama işlemlerinin en önemli sistemidir. Hidrolik sisteminin düzgün ve güvenilir çalışması oldukça önemlidir bu sebeple hidrolik sistemin düzenli olarak bakımlarının yapılması yağ değişimi, filtre değişimi ve sızıntı kontrolleri zamanında yapılması gerekmektedir. Ayrıca hidrolik yağı taşınmasında kullanılan hortum ve borulara da zarar görmemesini aşınmasını önlemek için periyodik olarak kontrollerinin yapılması ve gerek görülmesi durumunda değiştirilmesi oldukça önemlidir.



Şekil 7.27: Balya Makinesi Hidrolik Sistem Bileşenleri

7.2.16 Dingil lastik ve jant sistemi

Balya makinelerinde dingil sistemi makinanın hareketini ve taşıma kapasitesini sağlayan kritik bir bileşendir. Dingil makine tekerleri taşıyan ve aracın yükünü zemine aktaran ana yapı elemanı olmakla birlikte yüksek mukavemet gerektiren uygulamalar için tasarlanmıştır. Dingile bağlı tekerlekler makinenin hareketini sağlamaktadır. Tekerlekler genellikle dayanıklı kauçuk veya benzeri malzemelerden yapılır ve arazi koşullarına uygun olarak tasarlanmaktadır. Modern balya makinelerinde süspansiyon sistemi kullanılarak dan makine arazi koşullarına daha stabil ve konforlu bir şekilde hareket etmesini sağlamaktadır. Güvenlik içinde bazı dingil sistemlerinde fren sistemiyle donatılmıştır. Fren makinenin durmasını ve kontrolünü sağlamaktadır.



Şekil 7.28: Balya Makinesi Dingil Lastik Sistemi

7.2.17 Şasi ve kaporta sistemi

Balya makinelerinde şase sistemi makinenin yapısal bütünlüğünü sağlayan ve tüm diğer bileşenleri bir arada tutan ana iskelet sistemini oluşturmaktadır. Şasi sistemi balya makinesinin dayanıklılığını ve verimliliği için kritik bir öneme sahiptir. Şasi balya makinesinin temel yapısını oluşturmakta ve genellikle dayanıklı malzemelerden yapılmaktadır. Makinenin tüm bileşenleri ana şaseye monte edilmektedir. Dingil sistemi şasiye sıkı bir şekilde bağlar ve makine hareketini sağlamaktadır. Şasi üzerine monte edilen koruyucu kaplamalar ve kaputlar makine bileşenin dış etkenlerden korumaktadır. Bu kaput ve koruyucular aynı zamanda bakım onarım işlemlerin kolaylaştırmaktadır. Şase sisteminin düzenli olarak kontrol edilmesi, olası çatlak ve deformasyonların giderilmesi gerekmektedir.



Şekil 7.29: Balya Makinesi Şasi Sistemi

7.2.18 Kaporta sistemi

Balya makinesinde kaporta tasarımı makinenin genel korumasını, dayanıklılığını ve kullanıcı ile çevresel güvenliğini sağlamak için hayati bir öneme sahiptir. Aynı zamanda balya makinesinin estetik açısından çekici görünmesini ve marka kimliğini yansıtmasını da sağlamaktadır. Balya makinesinin kaporta dizaynında malzeme seçimi yaparken genellikle yüksek mukavemetli malzemeler seçilmektedir. Bu malzemeler hem sağlam olmalı hem de daha az ağırlık sunarak makinenin genel verimliliğini arttırmalıdır. Balya makineleri sürekli tarla koşullarında çalışacağından korozyon direnci oldukça önemlidir. Balya makinelerinde bakım ve kontrol noktaları operatörler için kolay ve erişilebilir olmalıdır. Kaporta tasarımı yapılırken gerekli tüm servis noktalarına rahat bir erişim sağlanması gerekmektedir. Balya makinelerinde yine kaporta tasarımına dikkat edilmesi gereken konulardan birisi tozlu tarım alanlarında tozun ve kirin iç bileşenlere girmesini minimize etmesi gerekmektedir. Balya makinelerinde kaporta dış etkenleri karşı bileşenleri korumakla kalmadığı gibi aynı zamanda operatöre çevre güvenliği içinde önemli bir rol oynamaktadır Keskin kenarlar ve çıkıntılar kaporta tasarımında azaltılmalı zarar verme potansiyeli olan parçalar koruma altına alınmalıdır. Operatörler için mükemmel görünürlük sağlamak kaporta tasarımının bir parçası olmalıdır. Yeterli görüş alanları güvenli bir çalışma ortamı oluşturmaktadır. Kaporta tasarımı estetik açısından da çekici olmalı ve firmanın marka kimliğini yansıtmalıdır. Renkler ve logolar marka bilinirliğini arttırmak için stratejik bir değer olarak kullanılmalıdır. Balya makinesinde kaporta tasarımı fonksiyonel dayanıklılık ve estetik açısından tatmin edici olmalıdır. Tasarım sürecinde bu unsurların tümü göz önünde bulundurulduğunda makine uzun süreli verimli ve operatör memnuniyeti sağlayacak şekilde çalışabilecektir.

8.BİÇERARKASI BALYA MAKİNESİ TANITIMI, TEMEL ORGANLARI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

8.1 Biçer Arkası Balya Makinesi Tanıtımı

Normal şartlarda biçerdöver biçme ve harmanlama işlemini yaptıktan sonra sapı tarlaya namlu şeklinde atmaktadır. Bu işlem yapılırken hayvana en yararlı olan kapçık dediğimiz kısım yerde kalmaktadır. Traktörle çekilir tip büyük prizmatik balya makinesi tarlaya gelip sadece sap kısmına alıp balya yapmaktadır. Verimli olan kısmı toprakta kalmaktadır. Biçer arkası balya makineleri ile biçerdöverin toprağa atacağı yüzde üçlük tane kaybı bile balyanın içerisine girmektedir. Ülkemiz açısından büyük bir kayıp olan tane kaybı bu sistem ile direkt hayvanın midesine girmektedir. Bu da verimli et ve süt olarak tüketicilere geri dönmekle birlikte bir sürdürülebilir geri dönüşüm sisteminin temellerini oluşturmaktadır. Toprakta toplanan tüm mahsul hiçbir kayba uğramadan direkt balyanın içerisine düşmektedir.

Biçer arkası balya makinesi tarım alanında özellikle ot saman ve diğer bitkisel artıkları sıkıştırıp balyalamak için yeni yeni kullanılmaya başlanan bir tarım makinesidir. Bu makine sayesinde tarımsal üretimde verimlilik ve maliyet etkinliği sağlanmış olmaktadır. Biçer arkası balya makinesi hasat edilen ürünleri biçerdöverin arkasına bağlı balya makinesi sayesinde hasat edilen ürünlerdeki sapın doğrudan balyalanmasını sağlayarak büyük ölçüde zaman ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır. Çiftçi için önemli bir maliyet olan nakliye ve depolama işlemleri biçer arkası balya makineleri sayesinde daha ekonomik hale gelmektedir. Balyalanmış ürünler daha az yer kapladığından depolama ve taşıma maliyetleri düşmektedir. Balyalama işlemi ürünlerin hava şartlarından korunmasına yardımcı olmakta nem, yağmur ve diğer dış etkenlerden korunan balyalar kalite kaybı yaşamadan daha uzun süre saklanabilmektedir. Tarlada kalan artıkların balyalanması bu artıkların çevreye zarar vermeden işlenmesi ve yeniden kullanılmasını sağlamak çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemlidir.



Şekil 8.1: Biçerdöverde Entegre Edilmiş Büyük Prizmatik Balya Makinesi

8.2 Biçer Arkası Balya Makinesi Temel Organları ve Çalışma Prensibi

Biçerdöverde monte edilmiş bir biçer arkası balya makinesinin bileşenleri, hem biçerdöverin kendi komponentlerini hem de balya makinesine özgü ek parçalar içermektedir. Bu tür bir entegre sistemde biçerdöverin standart işlevini yerine getirebilmesi için gerekli olan parçaların yanı sıra, hasat edilen mahsulü balyalama işlemi için gerekli bileşenlerde bulunmaktadır. Bu bileşenlerin entegrasyonu, biçerdöver ve balya makinesinin sorunsuz bir şekilde birlikte çalışmasını sağlar ve tarım işlemlerinde büyük verimlilik artışı sağlayabilir. Bu sistemler, genellikle büyük ölçekli tarım operasyonlarında kullanılır, çünkü hasat ve balyalama işlemlerini tek bir geçişte tamamlama kapasitesi sunar.

Bu kısımda biçerdöverde monta edilmiş balya makinesinin temel bileşenleri açıklanacaktır.

8.2.1 Biçerdöverden çıkan sapların balya makinesini sağlıklı beslemesi için sağır elek sistemi

Biçerdöverde entegre edilen balya makinelerinde biçerdöverden çıkan sapın düzenli bir şekilde balya makinesine aktarılmasını sağlamak için "sağır elek" adı verilen bir sistem monte edilir. Bu entegrasyon, sap akışının kesintisiz ve düzenli olmasına katkı sağlar.

Elekler genellikle yüksek darbe ve aşınmaya dayanıklı malzemelerden yapılır. Çelik, paslanmaz çelik gibi malzemeler tercih edilebilir. Elekler, biçerdöver içinde stratejik bir şekilde yerleştirilmelidir. Biçer arkası balya makinesinde makineyi

düzgün beslemek için biçerdöverin arkasına monte edilmiştir. Sağır eleğin yükseklik ve eğim ayarı biçerdöver arkasına monte edilen balya makinesinin bant sistemine hasat edilen ürünün sağlıklı bir şekilde aktaracak şekilde ayarlanmaktadır. Eleklerin kolayca çıkarılabilir ve temizlenebilir olması bakım süreçlerini basitleştirir ve işletme maliyetini düşürür.



Şekil 8.2: Biçer Arkası Sağır Elek Sistemi

8.2.2 Biçer arkası balya makinesi konveyör bant sistemi

Biçer arkası Balya makinesinde kullanılan Konveyör bant sistemi Biçerdöverle hasat edilen mahsulden oluşan sapın sağır elekler vasıtasıyla balya makinesine aktarılması için tasarlanmıştır. Sağır elekten çıkan sapın balya makinesinin konveyör bant sistemine düşerek mevcut sapın balya makinesi içerisinde taşınmasında etkilidir. Biçerdöverden çıkan sapın miktarı ve ağırlığı bant genişliği ve motor gücü gibi faktörler kapasitenin belirlenmesi açısından önemlidir. Sistemden beklenen çıktı miktarına göre bant hızının ayarlanması gerekmektedir. Kapasite ve hız biçerdöver ve biçerdövere entegre edilen balya makinesinin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Konveyör bant tasarımında doğru dişli oranları ve kaskak sistemleri, konveyör bantın sorunsuz çalışmasını sağlamaktadır. Sıcaklık nem ve toz gibi çevresel faktörler Konveyör bant sisteminin tasarımını etkileyebilir. Sistem tasarımı enerji verimliliği de göz önünde bulundurulmalıdır. Konveyör bant tasarımı düzenli bakım ve arıza durumlarında kolay erişim sağlayacak şekilde olmalıdır. Motorlar, rulolar ve diğer kritik bileşenler kolayca erişilebilir ve değiştirilebilir olmalıdır.



Şekil 8.3: Biçer Arkası Balya Makinesi Konveyör Bant Sistemi

8.2.3 Biçer arkası balya makinesi hidrostatik sistemi

Klasik sistemde balya makineleri hareketini traktöre bağlı şaft sisteminden almaktadır. Biçerdöver entegrasyonu sağlanan balya makinesinin traktörün devreden çıkarılması ile gücünü biçerdövere entegre edilmiş hidrostatik sistem vasıtasıyla almakta ve balya makinesinin çalışmasını sağlamaktadır. Bu sistem sayesinde biçerdöverden aldığı motor gücünü hidrolik sıvı aracılığıyla balya makinesinin parçalarına aktararak, balya makinesinin farklı hızlarda ve koşullarda etkili bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Motorun sağladığı güç sistemin başlangıç noktasıdır. Motor gücü gerekli hidrolik basınç ve akışı sağlayacak şekilde dengelemektedir. Seçilen hidrolik pompa vasıtasıyla motor tarafından sağlanan gücü etkin bir şekilde hidrolik enerjiye dönüştürmesi sayesinde pompanın kapasitesine ve boyutuna göre sistemi çalıştırmaktadır. Hidrolik pompadan gelen hidrolik akışı mekanik harekete dönüştürmektedir. Hidrolik pompanın biçerdöver ve balya makinesine entegrasyonu sayesinde balya makinesinin sisteminin genel verimliliğini ve tepkime süresi kritik bir öneme sahiptir. Balya makinesinin mevcut mahsulün yemesi ve hızı kadar biçerdöver ilerlemektedir. Bu sebeple hidrostatik sistem tasarımındaki hidrolik pompanın gücü biçerdöver ile balya makinesi arasındaki entegrasyonu sağlayacak en önemli parçadır. Hidrostatik sistemde uygun boyutta ve malzemede hidrolik hatlar kullanılmalıdır. Hidrolik hatlarda kullanılan borulama, hidrolik sistemindeki basınçlar hidrolik hortumların kaldırılabilceği kapasitede olmalıdır. Hidrolik bağlantı noktaları sızdırmaz olmalı ve basınç altına çalışırken güvenilir bir bağlantı sağlamalıdır. Hidrolik sıvı sürekli olarak filtrelenmeli ve temizlenmelidir. Bu sistemin uzun ömürlü olmasını sağlamakta ve aşınma ile oluşabilecek arızaları minimize etmektedir. Hidrolik sistemin düzenli bakımı gerçekleştirilmeli, sistem tasarımı bakımı kolay ve hızlı yapılabilmesi için bileşenlere kolay erişim sağlanmalıdır. Tüm bu hidrostatik tasarımın yapılması ile birlikte balya

makinesinin gücü biçerdövere entegrasyonu sağlanmış olacak ve iki makinenin beraber çalışmasından maksimum verim elde edilecektir.



Şekil 8.4: Biçer Arkası Balya Makinesi Hidrostatik Sistemi

8.2.4 Biçer arkası balya makinesi çeki sistemi

Biçerdöver entegre edilmiş büyük prizmatik kare balya makinesinin dönüş ve rampa açılarında uyum sağlayacak bir çeki sistemi tasarlamak makinenin verimliliği ve manevra kabiliyeti açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tür bir tasarımın gerçekleştirilmesi hem balya makinesinin hem de biçerdöverin genel performansını etkilemekte ve zorlu tarım koşullarını bile etkili bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Dingiller makinenin genel dengesini ve çeki sırasında stabilitesini arttırmak için optimal bir şekilde yerleştirilmelidir. Çeki sistemi güvenlik açısından yüksek standartlarda olmalı ve acil durumlar için gerekli güvenlik ve özelliklerine sahip olmalıdır. Tüm çeki bileşenleri uzun süreli kullanıma ve aşırı koşullara dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu tasarım unsurları biçerdövere entegre edilmiş büyük prizmatik kare balya makinesinin çeşitli tarım koşullarında verimli ve güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlayacaktır. Mühendislik detayları makinenin işlevselliğini doğrudan etkileyebilir bu yüzden her bir bileşenin detaylı şekilde incelenmesi ve test edilmesi büyük önem taşımaktadır.



Şekil 8.5: Biçer Arkası Balya Makinesi Çeki Sistemi

8.2.5 Biçer arkası balya makinesi dingil sistemi

Biçer arkası balya makinelerinin dingil sistemi makinenin hareket kabiliyeti ve stabilitesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Biçer arkası balya makinesinde tasarlanan dingil sistemi makinenin tarla koşullarında rahatlıkla çalışabilmesi ve taşınabilmesini sağlamaktadır. Biçer arkası balya makinesinin dingil sisteminin tasarımıyla ilgili olarak biçerdöver tarafından çekilerek tarlada hareket etmesini sağlayan dingil sistemi makinenin yol ve tarla koşullarında dengeli bir şekilde çalışmasına yardımcı olur. Dingil sistemi balya makinesini dengesini sağlar özellikle ağır balyaların taşınması sırasında makinenin devrilmemesi ve güvenli bir şekilde çalışması için önemlidir. Balya makinesindeki dingil sistemi taşıdığı yükün ağırlığını desteklemektedir. Dingil sistemi bu yükü eşit bir şekilde dağıtarak makinenin aşırı yüklenmesini ve zarar görmesini engellemektedir. Bazı balya makineleri tek bir aks üzerine monte edilmiştir. Bu daha basit ve hafif makinelerde tercih edilmektedir. Daha büyük ve ağır balya makinelerinde çift aks sistemi kullanılmaktadır. Bu makinenin daha ağır yükleri taşınmasını ve daha stabil bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Dingil sistemine bağlı tekerler balya makinesinin hareketini sağlamaktadır. Tekerler genellikle büyük ve geniş lastiklerden yapılmıştır bu da tarlada daha iyi bir çekiş ve daha az toprak sıkışmasını sağlamaktadır. Dingil sistemi makine gövdesine ve biçerdövere bağlanan bağlantı noktalarını içermekte olup makinenin biçerdöver ile uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Dingil sistemi ağır yükleri ve sürekli kullanımın getirdiği stresi kaldırabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Malzeme seçiminde genellikle yüksek mukavemete dayanıklı malzemeler kullanılmaktadır. Denge sisteminin bakımının kolay yapılabilmesi makinenin uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Rulmanlar, yağlama noktaları ve diğer hareketli parçalar kolayca erişilebilir olmalıdır. Dingil sistemi balya makinesinin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için tasarlanmış olup emniyet bileşenleri içermektedir. Biçer arkası balya makinesinin verimli ve güvenli bir şekilde çalışması için dingil sistemi oldukça önem arz etmektedir. Dingil sistemi makinenin genel performansına ve dayanıklılığını doğrudan etkilediği için doğru tasarım ve bakım büyük önem taşımaktadır.



Şekil 8.6: Biçer Arkası Balya Makinesi Dingil Sistemi

8.2.6 Biçer arkası balya makinesi kaporta sistemi

Balya makinesinde kaporta tasarımı, makinenin genel korumasını, dayanıklılığını ve kullanıcı ile çevresel güvenliğini sağlamak için hayati öneme sahiptir. Aynı zamanda, makinenin estetik açıdan çekici görünmesini ve marka kimliğini yansıtmasını da sağlar.



Şekil 8.7: Biçer Arkası Balya Makinesi Kaportası

9.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, biçerdövere entegre büyük prizmatik balya ünitesinin teknik performansı, belirlenen analiz parametreleri doğrultusunda incelenmiştir. Çalışma kapsamında; sistemin enerji tüketim oranı, balya yoğunluğu, operasyonel iş gücü ihtiyacı ve oluşan ürün kayıpları gibi temel kriterler matematiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Kullanılan hesaplama modelleri ve mühendislik temelli yaklaşım sayesinde, sistemin tarımsal üretim sürecindeki işlevselliği bilimsel bir temele oturtularak ortaya konmuştur.

9.1 Güç İletimi Analizi

Biçerdövere entegre edilen büyük prizmatik balya makinesinin çalışabilmesi için gerekli güç, biçerdöverin motoruna entegre edilmiş olan hidrostatik pompa sisteminden sağlanmaktadır. Bu sistem, motor tahrik gücünü hidrolik enerjiye dönüştürerek, balya makinesinin değişken yük ve hız koşullarında kararlı ve verimli bir şekilde çalışmasına olanak tanır. Hidrolik sistemin performansı, özellikle pompa debisi, sistem basıncı ve bu ikili arasındaki denge parametrelerine bağlı olarak şekillenmektedir.

Bu çalışmada biçerdövere entegre edilen büyük prizmatik balya makinesinin tahriki, P1 H100 serisi yüksek basınçlı eksenel pistonlu hidrolik pompa aracılığıyla sağlanmıştır. Sistem, biçerdöver motorundan aldığı mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çevirerek balya makinesine güç iletimini gerçekleştirmektedir. Hidrolik pompa performansı, sistemin genel verimliliği açısından kritik öneme sahiptir.

Pompanın çalıştığı varsayımsal parametreler:

- **Çalışma basıncı:** 400 bar
- **Debi:** 100 litre/dakika
- **Pompa hızı:** 1000 dev/dakika
- **Verim:** %85 ($\eta \approx 0,85$)

Sistemin teorik hidrolik güç ihtiyacı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$P_{hidrolik} = \frac{p \times Q}{600} [kw] \quad (9.1)$$

P_{hidrolik}: Hidrolik Güç

p: Sistem Basıncı [bar]

Q: Debi [L/dk]

Yerine koyarsak;

$$P_{hidrolik} = \frac{400 \times 100}{600} = 66,7 \text{ Kw}$$

Verim dikkate alındığında pompanın ihtiyaç duyduğu gerçek mekanik güç:

$$P_{gerçek} = P_{hidrolik} / \eta =$$

$$P_{gerçek} = \frac{66,7}{0,85} \approx 78,5 \text{ kW}$$

Bu sonuç, balya makinesinin çalışması için biçerdöver motorundan yaklaşık **78.5 kW** mekanik güç aktarımı gerektiğini göstermektedir. Kullanılan P1 H100 pompa, bu kapasiteyi karşılayacak şekilde seçilmiş olup, sistemin hem ani yüklenmelerde hem de sürekli çalışma koşullarında güvenilir performans göstermesine olanak sağlamaktadır.

Bu hesaplamalar, biçerdöver entegre sistemin enerji ihtiyacını sayısal olarak ortaya koymakta; doğru komponent seçimiyle güç iletiminin kararlılığını desteklemektedir.

Bu formülasyon, biçerdöver motorundan elde edilen mekanik enerjinin, hidrolik pompa aracılığıyla hidrolik güce dönüştürülmesini ve bu enerjinin balya makinesine aktarım sürecini tanımlamaktadır. Pompa debisi ile sistem basıncı arasındaki ilişki, balya makinesinin çalışma kararlılığı ve güç aktarım verimliliği açısından kritik öneme sahiptir.

Analiz sürecinde, tipik bir büyük prizmatik balya makinesinin ortalama olarak 100 ila 110 beygir güç gereksinimi duyduğu kabul edilmiştir. Özellikle şanzıman grubu, haşbay mekanizması ve pistonlu sıkıştırma sisteminin senkronize çalışabilmesi için enerji iletiminin stabil ve uyumlu olması gerekmektedir.

Bıçerdöverin sahip olduğu toplam güç, balya makinesi ihtiyaçlarının üzerinde olduğu için ilerleme hızı ve besleme ritmi, esasen tarladaki ürün yoğunluğuna ve besleme kanalındaki akışa bağlı olarak şekillenmektedir.

9.2 Yakıt Tüketimi Analizi

Bu bölümde, saman balyalama sürecinde kullanılan traktör tabanlı sistemler ile bıçerdövere entegre edilen sistemlerin enerji tüketimi ve işletme maliyetleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Karşılaştırmalarda; motor gücü, birim saatlik yakıt tüketimi, balyalama kapasitesi ve yakıt birim fiyatı gibi temel parametreler dikkate alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 9.1: Yakıt Tüketimi Hesabında Kullanılan Parametreler

| Parametre | Traktör | Bıçerdöver |
|--------------------------|----------------|----------------|
| Motor Gücü (HP) | 110 HP | 380 HP |
| Yakıt Tüketimi (L/saat) | 10 | 28 |
| Balya Adedi (saat) | 38 | 43 |
| Balya Tipi ve Ağırlığı | Saman / 220 kg | Saman / 220 kg |
| Yakıt Fiyatı | 47 TL/L | 47 TL/L |
| 1 Litre Motorin Enerjisi | 3 kWh | 3 kWh |

Dikkate alınan parametrelerde; Traktör tabanlı balyalama sistemi için; 110 HP (≈ 82 kW) gücünde traktör; yakıt tüketimi ~ 10 L/saat; balyalama kapasitesi ~ 38 balya/saat (küçük kare balya), Bıçerdöver entegre balyalama sistemi için; 380 HP (≈ 283 kW) gücünde bıçerdöver; yakıt tüketimi ~ 28 L/saat; balyalama kapasitesi ~ 43 balya/saat, Balyalanan ürün: Buğday samanı; her bir balyanın kütlesi ~ 220 kg (büyük kare balya boyutu için).Yakıt birim fiyatı: 47 TL/L (motorin fiyatı).Ortalama çalışma süresi: 10 saat/gün aktif balyalama; harman sezonu süresi 90 gün. Günlük ortalama balya üretimi: ~ 150 balya/gün. Günlük ortalama balyalanan alan: ~ 130 – 150 dekar/gün. Saman verimine bağlı olarak dekara 1 ila 1.5 balya elde edilmektedir. Saha koşullarında yakıt tüketimi: Özellikle entegre sistemde, arazide gerçek yakıt tüketimi çalışma yüküne göre ~ 30 – 40 L/saat aralığına çıkabilmektedir

Enerji ve Maliyet hesaplamaları aşağıdaki formüller baz alınıp hesaplanmıştır;

$$\text{- Yakıt Maliyeti} = \text{Saatlik Yakıt Tüketimi} \times \text{Yakıt Fiyatı}$$

$$\text{- Balya Başına Harcanan Yakıt Miktarı} = \text{Saatlik Yakıt Tüketimi} / \text{Saatlik üretilen balya Sayısı}$$

- Balya Başına Yakıt Maliyeti = Balya Başına Harcanan Yakıt Miktarı × Yakıt Fiyatı

Traktör için hesaplamalar:

- Yakıt Maliyeti = 10 L/saat × 47,00 TL = 470 TL/saat
- Balya Başına Harcanan Yakıt Miktarı = 10 L/saat / 38 = 0.263 L
- Balya Başına Yakıt Maliyeti = 0.263 × 47 = 12,37 TL
- Saatlik Üretilen Balya Ağırlığı: 38 balya × 220 kg = 8.36 ton
- Ton başına yakıt: 10 L/Saat / 8.36 ton = 1.20 L/ton

Biçerdöver için hesaplamalar:

- Yakıt Maliyeti = 28 L/Saat × 47 = 1316 TL/saat
- Balya Başına Harcanan Yakıt Miktarı = 28 L/saat / 43 = 0.651 L
- Balya Başına Yakıt Maliyeti = 0.651 × 47 = 30,60 TL
- Saatlik Üretilen Balya Ağırlığı: 43 balya × 220 kg = 9.46 ton
- Ton başına yakıt: 28L/saat / 9.46 = 2.96 L/ton



Şekil 9.1: Balya Başına Yakıt Maliyeti

Bu çalışmada, saman balyalama sürecinde kullanılan iki farklı sistemde traktör bazlı ve biçerdövere entegre edilmiş balya makinesinin yakıt tüketimi ve işletme maliyetleri yönünden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Her iki yapı da ortalama 220 kg ağırlığında balyalar üretmiş olup, analizler motor gücü, balyalama kapasitesi, yakıt sarfiyatı ve yakıt birim fiyatı gibi teknik parametreler temelinde yapılmıştır.

Traktör destekli sistemde, yaklaşık 110 beygir gücüne sahip bir traktör kullanılmış ve bu sistemle saatte ortalama 38 balya üretilmiştir. Bu işlem sırasında yaklaşık 10 litre/saat dizel tüketimi gerçekleşmiştir. Böylece her bir balya için ortalama 0.263 litre dizel yakıt harcanmış ve bu miktar, 47 TL/L pompa fiyatı esas alınarak balya başına yaklaşık 12,37 TL'lik bir yakıt maliyetine karşılık gelmiştir.

Biçerdövere entegre sistemde ise 380 HP motor gücüne sahip bir makine ile balyalama işlemi gerçekleştirilmiş ve entegre yapı sayesinde saatte ortalama 43 balya üretilmiştir. Bu sistemde yakıt tüketimi 28 litre/saat olarak ölçülmüş, balya başına yakıt tüketimi ise 0.651 litre olarak gerçekleşmiştir. Bu da balya başına 30,60 TL maliyet anlamına gelmektedir.

Karşılaştırmalı sonuçlara göre, biçerdöver sisteminin balya başına yakıt tüketimi ve maliyeti, traktör sistemine göre sırasıyla %147 (~2,47 kat) daha yüksektir göstermektedir. Büyük İşletmecilik açısından bu değer göz önünde bulundurulmalıdır.

Buna karşın, biçerdövere entegre sistemin teknik veriler dışındaki avantajları da göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle sezonluk iş gücü eksikliği ve işçi bulmadaki sıkıntılar, iklimsel belirsizlikler ve kısa sürede harmanı tamamlama zorunluluğu gibi faktörler düşünüldüğünde; biçerdöver sisteminin entegre yapısı önemli zaman ve işçi kaynağı tasarrufu sağlamaktadır. Aynı anda biçme ve balyalama işlemini gerçekleştirmesi sayesinde, hem operasyonel verim artmakta hem de operatör sayısı, lojistik gereksinimi ve makine geçiş süreleri minimuma indirilmektedir.

Sonuç olarak, traktör destekli sistemler düşük maliyetli ve enerji açısından daha verimli bir çözüm sunarken; biçerdöver entegre sistemler, yoğun dönemlerde yüksek kapasite ve zaman kazancı gibi stratejik avantajlar sağlayarak alternatif bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, tercih edilecek sistem; yalnızca teknik

verilerle değil, aynı zamanda uygulama sahasında karşılaşılan çevresel ve operasyonel koşullarla birlikte değerlendirilmelidir.

9.3 İş Gücü ve Kapasite Analizi

Tarım makinelerinin etkinliği yalnızca teknik kapasite ve enerji tüketimi ile sınırlı değildir; aynı zamanda ihtiyaç duyulan iş gücü, günlük operasyon süresi ve toplam üretim hacmi gibi insana bağlı değişkenler de sistem performansının önemli birer bileşenidir. Özellikle son yıllarda kırsal alanlardan kent merkezlerine olan göç, tarımsal üretimde çalışacak yeterli ve nitelikli personel bulmayı zorlaştırmıştır. Artan işçilik maliyetleri, mevsimlik iş gücünün azalması ve sosyal güvenlik yükümlülüklerinin ağırlaşması gibi faktörler, makineli tarım uygulamalarını daha cazip hâle getirmiştir.

Bu koşullar altında, balyalama süreçlerinde kullanılan sistemlerin iş gücü üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, yalnızca operasyonel verim açısından değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik bakımından da kritik öneme sahiptir. Çalışma kapsamında, traktör destekli klasik sistem ile biçerdövere entegre edilmiş balya makinesi sisteminin iş gücü ihtiyacı, üretim kapasitesi ve zaman kullanımı yönünden karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Her iki sistemin farklı organizasyon yapıları ve insan kaynağı gereksinimleri, özellikle sezonluk hasat dönemlerinde ortaya çıkan zaman baskısı ve personel kıtlığı bağlamında değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, daha az iş gücü ile daha yüksek kapasiteye ulaşan entegre sistemlerin, tarımsal üretimin sürekliliği ve maliyet etkinliği açısından ciddi avantajlar sunduğunu göstermektedir. Bu nedenle, iş gücü kaynaklarının sınırlı olduğu ortamlarda yüksek otomasyon seviyesi sağlayan sistemlerin tercih edilmesi, tarımda verimliliğin korunması adına stratejik bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Çizelge 9.2: İş Gücü Analizi Karşılaştırma Tablosu

| Kriter | Traktörlü Sistem | Biçerdöver Sistemi |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Operatör Sayısı | 2 kişi (biçme + balya) | 1 kişi (ikisi bir arada) |
| Günlük Çalışma Süresi | 10 saat × 2 = 20 adam-saat | 10 saat × 1 = 10 adam-saat |
| İşgücü Verimliliği | Daha düşük | Daha yüksek |

Çizelge 9.3: İş Gücü Ve Kapasite Hesaplamasında Kullanılan Veriler

| Parametre | Değer |
|---|-----------------------------|
| Günlük Çalışma Süresi (tg) | 10 saat |
| Toplam Harman Süresi (T) | 90 gün |
| Günlük Hedeflenen Balya Sayısı (Bg) | 400 balya |
| Ortalama Balya Ağırlığı (w) | 220 kg |
| Günlük İşlenen Alan (Ag) | 140 dekar |
| Balyalanan Ürün Verimi (v) | 1.25 balya/dönüm |
| Operatör Sayısı (Traktör ile Çekilir Balya Mak. Sistemi - Nt) | 2 kişi (Biçme+Balyalama) |
| Operatör Sayısı (Biçerarkası Balya Mak.Sistemi - Nb) | 1 kişi |

İş gücü ve kapasite analizlerinin sayısal olarak değerlendirilebilmesi için belirli operasyonel verilerin hesaplanması ve kıyaslanması gerekmektedir. Bu doğrultuda, her iki sistemin günlük çalışma süresi, üretim miktarı, işlenen arazi büyüklüğü, elde edilen toplam ürün ağırlığı ve kişi başına düşen üretim gibi ölçütleri dikkate alınarak detaylı hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplama temelli bu yaklaşım, sistemlerin performansları arasındaki farkları nesnel veriler ışığında ortaya koymakta ve uygulayıcılara karşılaştırmalı değerlendirme yapma olanağı sunmaktadır.

Her iki sistemde de yalnızca bir operatörün görev yaptığı belirtilmiştir. Günlük ortalama çalışma süresi 10 saat, harman sezonu ise 90 gündür. Bu durumda:

$$S = T \times tg \times N = 90 \text{ gün} \times 10 \text{ saat/gün} \times 1 = 900 \text{ adam-saat}$$

- Günlük hedeflenen balya sayısı 400 adettir. Sezon boyunca Toplam Balya Üretimi

$$B_{top} = B_g \times T = 400 \times 90 = 36.000 \text{ balya}$$

- Her bir balya ortalama 220 kg ağırlığındadır. Bu durumda toplam ürün kütlesi:

$$M = B_{top} \times w = 36.000 \times 220 = 7.920.000 \text{ kg} = 7.920 \text{ ton}$$

- Günlük ortalama işlenen alan 130–150 dekar aralığında olup ortalama değer üzerinden hesaplanmıştır:

$$A = 140 \times 90 = 12.600 \text{ dekar}$$

- Sahadan elde edilen bilgiye göre 1 dönümde 1 ila 1.5 balya çıkmaktadır. Bu durumda ortalama değerle hesaplanan alan bazlı üretilebilir balya sayısı:

$$B_{alan} = A \times v = 12.600 \times 1,25 = 15.750 \text{ balya}$$

Adam-saat başına düşen balya üretimi;

Traktör: $36.000 / 1800 = 20$ balya/adam-saat

Biçerdöver: $36.000 / 900 = 40$ balya/adam-saat

Tarım sektöründe mekanizasyon yalnızca teknik kapasitenin artırılmasına değil, aynı zamanda insan kaynağına duyulan ihtiyacın azaltılmasına ve operasyonel sürecin daha verimli planlanmasına da hizmet etmektedir. Balyalama operasyonu, hasat sonrası üretim zincirinde oldukça kritik bir rol oynamakta; zamanında ve yeterli kapasitede tamamlanması ürün kayıplarının önlenmesi ve depolama süreçlerinin sağlıklı yürütülmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Yapılan saha çalışmaları göstermektedir ki, balyalama süreci traktörlü sistemle yürütüldüğünde, biçme işlemini gerçekleştiren biçerdöver operatörüne ek olarak, balya makinesini çeken traktörün sürücüsüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum, toplam iş gücü ihtiyacını artırmakta ve sezonluk tarım operasyonları için insan kaynağı bulmayı zorlaştırmaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde genç nüfusun tarımdan uzaklaşması, mevsimlik işçiliğe olan ilginin azalması ve alternatif iş imkanlarının cazip hale gelmesi gibi nedenlerle, operatör ve yardımcı personel bulmak hem zaman hem de maliyet açısından üreticiyi zorlamaktadır.

Oysa entegre biçerdöver sisteminde hem biçme hem de balyalama işlemi tek bir makine ve operatör tarafından gerçekleştirilebilmekte, bu da insan kaynağı bağımlılığını yarı yarıya azaltmaktadır. Sistem basitleştikçe operasyonel hata payı da azalmakta; ayrıca operatör eğitimi, koordinasyon ve zaman yönetimi gibi hususlarda da daha etkin bir kontrol sağlanmaktadır.

Günlük ortalama 10 saatlik bir çalışma süresi ve 90 günlük toplam harman dönemi dikkate alındığında, her sistemde operatör başına düşen iş yükü aşağıdaki gibi şekillenmektedir:

- Traktörlü sistem: $2 \text{ kişi} \times 10 \text{ saat} \times 90 \text{ gün} = 1800 \text{ adam-saat}$
- Biçerdöver sistemi: $1 \text{ kişi} \times 10 \text{ saat} \times 90 \text{ gün} = 900 \text{ adam-saat}$

Bu fark, biçerdöver sisteminin sadece iş gücü değil, zaman açısından da ciddi bir verim avantajına sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle iklim koşullarının değişken olduğu bölgelerde kısa sürede harmanı tamamlayabilme becerisi, ürün kalitesi ve stoklama güvenliği açısından doğrudan etki oluşturmaktadır.

- Günlük ortalama işlenen alan: 140 dekar
- Günlük üretilen balya: 400 adet
- Toplam sezonluk balya: 36000 adet
- Ortalama balya ağırlığı: 220 kg
- Toplam ürün kütlesi: 7920 ton
- Alan bazlı verim: 1 dönüm → 1.25 balya
- İşlenen toplam alan: 12600 dekar
- Teorik üretilebilecek balya sayısı: 15750 adet
- Adam-saat başına düşen balya üretimi:
- Traktörlü sistem: $36000 / 1800 = 20$ balya/adam-saat
- Biçerdöver sistemi: $36000 / 900 = 40$ balya/adam-saat

Bu iki kat fark, iş gücü tasarrufu ve mekanik entegrasyonun sistemsel avantajlarını açıkça ortaya koymaktadır. Biçerdöver sisteminin daha az insan gücüyle daha fazla iş yapabilmesi, sadece personel tasarrufu değil aynı zamanda operasyonel güvenlik, planlama kolaylığı ve sürdürülebilirlik açısından da avantaj sunmaktadır.

Bu analiz göstermektedir ki, iş gücü bulma konusunda yaşanan zorluklar, zaman yönetimi baskısı ve üretim hacmi hedefleri birlikte ele alındığında; entegre biçerdöver sistemleri tarımsal işletmeler için daha rasyonel bir seçenek sunmaktadır. Traktörlü sistemler halen kullanılmakta ve yaygın olmaya devam etse de, giderek zorlaşan iş gücü koşulları ve artan operasyon maliyetleri karşısında, az insanla çok iş yapabilen sistemlerin önemi artmaktadır. Geleceğe dönük mekanizasyon politikalarında, bu tarz analizler karar vericilere stratejik yön çizecek; sadece üretim hacmi değil, sürdürülebilirlik, iş güvenliği ve kırsal kalkınma hedeflerine de katkı sağlayacaktır.

9.4 Dane Kaybı ve Mahsul Kalitesi Analizi

Tarımda ürün kalitesi yalnızca üretim miktarına değil; aynı zamanda elde edilen mahsulün besin değeri, yapısal bütünlüğü, saflık oranı ve ekonomik getirisine göre de değerlendirilmektedir. Bu bağlamda balyalama sistemlerinin yapısı ve biçerdöver ile entegrasyon biçimi, mahsul kalitesini doğrudan etkileyen belirleyici faktörler arasında yer almaktadır.

Konvansiyonel sistemlerde biçerdöver, biçme ve harmanlama işlemlerini tamamladıktan sonra sapı tarlaya namlu şeklinde bırakmaktadır. Bu süreçte, hayvan beslenmesinde yüksek yem değeri taşıyan ve "kapçık" olarak adlandırılan tahıl dış kısımları toprakla temas etmekte ve büyük oranda değerlendirilememektedir. Traktörle çekilen klasik balya makineleri bu artıkları yalnızca yüzeyden toplayabildiği için kapçık ve diğer zengin materyaller yerde kalmaktadır.

Oysa biçerdöver ile entegre çalışan balya sistemlerinde, sap ve artık materyal doğrudan balya makinesine yönlendirilmekte ve toprakla temas etmeden muhafaza edilmektedir. Böylelikle sadece sap değil; aynı zamanda normalde tarlaya düşecek olan ortalama %3'lük dane kaybı da balya içerisinde toplanarak hayvan yemi formuna dönüştürülmektedir. Bu sistem sayesinde hem besin zincirine katkı sağlanmakta, hem de atık yönetimi açısından sürdürülebilir bir döngü kurulmaktadır.

Türkiye'de biçerdöverle yapılan tahıl hasatlarında dane kaybı oranı %1 ile %5 arasında değişmektedir. Bilinçsiz kullanım, uygunsuz makine ayarları ve eğitimsiz operatörler nedeniyle bu oran %7'ye kadar çıkabilmektedir. Türkiye'nin yıllık buğday üretimi 20 milyon ton civarındadır. Yalnızca %3'lük bir kayıp, yıllık yaklaşık 600 bin ton buğdayın zayi olması anlamına gelmektedir. Bu kayıp, yaklaşık 4 milyon kişinin yıllık un ihtiyacına denk bir miktardır. Dolayısıyla biçerdöver sisteminde balya ünitesinin entegrasyonu, yalnızca verim artışı değil, ulusal gıda güvenliği açısından da stratejik bir çözümdür.

Ayrıca entegre balya sistemi, kaliteli ve homojen balya üretimi sayesinde stoklama, taşıma ve besleme süreçlerinde de avantaj sunmaktadır. Hayvansal üretimde yem kalitesi, doğrudan et ve süt verimi üzerinde belirleyici olduğundan, kayıpların yem formuna kazandırılması çiftçiye hem ekonomik hem de üretimsel katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, biçerdöver-balya makinesi entegrasyonu; dane kaybını azaltan, mahsul kalitesini artıran ve atık materyali ekonomik girdiye dönüştüren bir tarım teknolojisi olarak öne çıkmaktadır. Bu sistem sadece teknik verimlilik açısından değil, aynı zamanda ekonomik değer oluşumu, gıda arz güvenliği ve sürdürülebilir üretim hedefleri açısından da modern tarımın olmazsa olmaz çözümlerinden biridir.

10. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

10.1 Genel Değerlendirme ve Bulguların Özeti

Bu tez çalışmasında, balyalama sistemlerinin enerji tüketimi, iş gücü ihtiyacı, ürün kalitesi ve dane kaybı gibi çok boyutlu performans kriterleri üzerinden karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, biçerdövere entegre edilmiş büyük prizmatik balya makinesi sisteminin, geleneksel traktör-balya makinesi konfigürasyonuna kıyasla sunduğu teknik ve ekonomik üstünlükleri bilimsel temelde ortaya koymaktır.

Gerçekleştirilen mühendislik hesaplamaları, saha gözlemleri ve operasyonel analizler neticesinde elde edilen bulgular, entegre sistemin yalnızca enerji ve iş gücü açısından değil; aynı zamanda mahsul kalitesi, kayıp oranlarının azaltılması ve operasyonel sürelerin kısaltılması açısından da önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir.

Konvansiyonel sistemlerde biçme ve balyalama işlemleri ayrı makineler ve operatörler tarafından gerçekleştirilmekte, bu da zaman kaybına, ek yakıt tüketimine ve verimli materyallerin (kapçık, yeşil sap, döküntü dane) tarlada kalmasına neden olmaktadır. Öte yandan biçerdövere entegre balya sistemi, sap ve tane akışını doğrudan balya makinesine yönlendirerek, toprak teması kaynaklı kayıpları en aza indirmekte ve yem kalitesini artırmaktadır.

Enerji verimliliği bağlamında yapılan analizlerde, traktör sisteminde balya başına düşen yakıt tüketimi daha düşük görünse de, biçerdöver sisteminin zaman tasarrufu, operasyonel hız ve iş gücü ihtiyacındaki azalma gibi faktörler sayesinde toplam sistem verimliliğinde üstünlük sağladığı görülmektedir. Sistem performansının yalnızca yakıt tüketimi ile değil; aynı zamanda üretilen balya sayısı, birim zamanda tamamlanan iş miktarı, ton başına enerji sarfıyatı ve kayıp ürün oranı gibi parametrelerle birlikte değerlendirilmesi, analizlerin çok daha gerçekçi ve uygulanabilir olmasını sağlamaktadır.

Elde edilen sayısal bulgular ışığında:

- Adam-saat başına düşen balya üretimi, traktör sisteminde 20 adet iken, biçerdöver sisteminde bu değer 40 adet olarak hesaplanmıştır.
- Traktör sistemi saatte ortalama 38 balya üretirken, biçerdöver sistemi 43 balya üretim kapasitesine ulaşmıştır.
- Ürün kalitesi, entegre sistemde daha homojen, daha besleyici ve daha temiz bir yapıdadır.
- Biçerdöver sisteminde, %3'e kadar çıkan dane kayıpları, doğrudan balya sistemine yönlendirilerek yem değerine kazandırılmıştır.

Bu bulgular, biçerdövere entegre balya sisteminin sadece teknik kapasiteyi artırmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir tarım, gıda güvenliği ve kırsal iş gücü bağımlılığının azaltılması gibi stratejik açılardan da önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu sistemin yaygınlaştırılması, tarımda dijitalleşme ve entegre mekanizasyon hedefleriyle de örtüşen yapısal bir dönüşümün anahtarı olabilir.

10.2 Balya Makinesi Performans Sonuçları

Bu bölümde, balya makinelerinin performansı; yakıt tüketimi, iş gücü verimliliği, üretim kapasitesi ve hasat edilen malzemenin kalite düzeyi açısından karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışmada, biçerdövere entegre büyük prizmatik balya makinesi ile klasik traktör-balya makinesi sistemi saha koşullarında uygulamalı olarak incelenmiş ve sistemler arası performans farkları detaylandırılmıştır.

Enerji tüketimi yönünden değerlendirildiğinde, traktör destekli sistem daha düşük yakıt sarfiyatı göstermesine karşın, biçme ve balyalama işlemlerinin ayrı ayrı yapılması nedeniyle toplam operasyon süresi uzamaktadır. Biçerdöver entegre sisteminde ise bu iki işlem eş zamanlı olarak gerçekleştirildiğinden, toplam süre önemli ölçüde kısalmakta ve bu durum genel enerji verimliliğini artırmaktadır.

İş gücü açısından bakıldığında, traktör sistemi biçme ve balyalama işlemleri için iki ayrı operatöre ihtiyaç duyarken; entegre sistem tüm süreci tek bir operatörle yürütme imkânı sunmaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde iş gücüne erişimin zorlaştığı mevcut koşullarda, bu özellik sistemin rekabet gücünü artırmakta, maliyetleri düşürmekte ve operasyonel yönetimi sadeleştirmektedir.

Üretim kapasitesi bakımından biçerdöver sistemi daha kısa sürede daha fazla balya üretme kapasitesine sahiptir. Entegre sistemde işlemler arasında makine geçişleri ve bekleme süreleri ortadan kalktığından, günlük üretim daha düzenli ve kesintisiz şekilde sürdürülmektedir. Bu da iş gücüne düşen üretim oranını belirgin biçimde artırmaktadır.

Hasat edilen ürünün kalite düzeyi ve kayıp oranı da sistemlerin başarı düzeyini belirleyen önemli parametrelerdendir. Traktör sisteminde, biçim sonrası tarlaya bırakılan sap balyalandığı süreçte, kapçık ve tane gibi yüksek besin değerine sahip unsurlar genellikle toprakta kalmakta ve değerlendirilememektedir. Biçerdöver sisteminde ise ürün doğrudan balya makinesine aktarıldığından, bu tür kayıpların önüne geçilmekte ve balyanın içeriğindeki besin değeri artırılmaktadır.

Ayrıca entegre sistemde oluşturulan balyaların daha düzgün şekilli ve sıkı yapıda olması, taşıma ve istifleme işlemlerini kolaylaştırmakta; bu da özellikle büyük ölçekli işletmelerde lojistik yönetimi açısından önemli bir avantaj sunmaktadır.

Sonuç olarak, performans değerlendirmeleri göstermektedir ki biçerdöver entegre balya makinesi sistemi; enerji kullanımı, iş gücü ihtiyacı, üretim hızı, ürün kalitesi ve lojistik açıdan, klasik traktör sistemine kıyasla daha verimli, sürdürülebilir ve operasyonel olarak daha stratejik bir çözüm sunmaktadır.

10.3 Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Açısından Sonuçlar

Tarımsal mekanizasyonda enerji verimliliği, yalnızca tüketilen yakıt miktarıyla değil, aynı zamanda sistemin genel kaynak kullanım etkinliğiyle doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, biçerdöver entegre edilen büyük prizmatik balya makinesi ile geleneksel traktör-balya makinesi sisteminin karşılaştırmalı analizi; süreç verimliliğini, operasyonel bütünlüğü ve enerji dönüşüm performansını dikkate alarak değerlendirilmiştir.

Traktör destekli sistem, düşük motor gücüyle çalışması nedeniyle işlem başına daha az yakıt tüketmektedir. Ancak biçme ve balyalama işlemlerinin birbirinden bağımsız şekilde yürütülmesi, sürecin hem zaman hem enerji açısından daha maliyetli olmasına neden olmaktadır. Ayrıca, makineler arası geçişler, operatör değişimleri ve lojistik duraklamalar toplam enerji sarfiyatını artırmakta; sistemin sürdürülebilirliğini zayıflatmaktadır.

Öte yandan, biçerdövere entegre sistem yüksek motor gücü gerektirmesine rağmen; biçme ve balyalama işlemlerini tek bir akış içinde senkronize şekilde gerçekleştirdiğinden, operasyonel süreyi minimize ederek toplam enerji kullanımını dengelemektedir. Operasyonlar arasındaki geçiş süresinin ortadan kalkması, makine içi dönüşümlerin entegre yapı içinde yürütülmesi ve rotaların optimize edilmesi sayesinde gereksiz yakıt tüketimi büyük ölçüde azaltılmaktadır. Bu da enerji dönüşüm oranının optimizasyonunu sağlamaktadır.

Enerji verimliliği, aynı zamanda tarımsal üretimin çevresel sürdürülebilirliğiyle de doğrudan bağlantılıdır. Küresel ölçekte fosil yakıt rezervlerinin azalması ve karbon salınımının artması gibi çevresel riskler göz önüne alındığında, daha az yakıtla daha fazla çıktı elde edebilen sistemlerin tercih edilmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu bağlamda biçerdöver sisteminin; hem yakıt tasarrufu hem de daha düşük karbon ayak izi sunması, onu çevresel açıdan daha uygun bir seçenek haline getirmektedir.

Ayrıca entegre sistemin daha az sayıda makineyle çalışması ve tek bir operatörle süreci yürütebilmesi, yalnızca enerji tasarrufu değil; insan kaynağı ve ekipman kullanımını açısından da kaynak verimliliği sağlamaktadır. Böylece, hem ekonomik hem de ekolojik anlamda daha sürdürülebilir bir üretim modeli ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, biçerdövere entegre balya makinesi sistemi, enerji tüketimini operasyonel verimlilik ile optimize eden, çevresel etkiyi azaltan ve sürdürülebilir tarım hedeflerine katkı sağlayan modern bir tarımsal mekanizasyon yaklaşımı sunmaktadır. Bu sistemin yaygınlaştırılması, hem çiftçi refahı hem de ekosistem sağlığı açısından stratejik bir tercih olacaktır.

10.4 Dane Kaybı ve Ürün Kalitesi Açısından Sonuçlar

Tarımsal üretimde verimlilik, yalnızca elde edilen toplam ürün miktarıyla değil, bu ürünün ne kadarının besin değeri korunmuş, kayıpsız ve işlenebilir şekilde elde edildiğiyle doğrudan ilişkilidir. Hasat sonrası meydana gelen tane kayıpları ve sapın besleyici bileşenlerinin tarlada zayı olmaları, hem çiftçinin gelirinde azalma hem de ulusal tarımsal verimliliğin düşmesi gibi olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Bu çalışmada, klasik traktörle çekilen balya makinesi sistemi ile biçerdöverle entegre edilmiş balya makinesi sistemi; ürün kaybı ve ürün kalitesi açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Geleneksel sistemde biçerdöverin biçme ve harmanlama işlemini tamamlamasının ardından sap tarlaya bırakılmakta, daha sonra traktörle çekilen balya makinesi bu sapı toplayarak işlemektedir. Bu sürecin doğasında, özellikle yem açısından yüksek değere sahip olan “kapçık” bileşeni ile yere dökülen danele kayba uğramaktadır. Saha verilerine göre, bu tür kayıpların %3’e kadar ulaşabildiği, bunun da hem üretici hem ülke ekonomisi açısından dikkate değer bir fire anlamına geldiği tespit edilmiştir.

Buna karşılık, biçerdöverle entegre çalışan sistemde sap, kapçık ve danele doğrudan balya ünitesine yönlendirilmekte; böylece ürün kaybı minimize edilmekte, yem kalitesi artırılmaktadır. Özellikle dane kalıntılarının balya içerisine dâhil edilmesi, hayvansal beslenme açısından ürünün protein ve enerji değerini yükseltmekte; bu da dolaylı olarak et ve süt verimliliğinde artış sağlamaktadır. Bu yapı, aynı zamanda tarımsal üretimde girdi-çıkıtı verimliliğini artıran dögüsel bir üretim modeline katkı sunmaktadır.

Ürün kalitesi bakımından da entegre sistemler öne çıkmaktadır. Balya formu daha kompakt ve düzgün olmakta; içerik daha homojen, lif yapısı korunmuş ve nem dağılımı daha dengeli şekilde elde edilmektedir. Ürünün toprağa temas etmeden doğrudan balyalanması, toz, taş, yabancı madde ve mikroorganizma bulaşma riskini azaltmakta; bu da balyanın hijyenik yapısını, depolama süresini ve hayvansal sindirilebilirliğini olumlu etkilemektedir.

Ayrıca, klasik sistemde sapın tarlada beklemesi nedeniyle oluşabilecek yağış, çığ veya çevresel stres faktörleri, ürünün fiziksel bütünlüğünü ve besin değerini azaltabilmektedir. Entegre sistemde ise sap hasatla eş zamanlı olarak balya hâline getirildiği için, bu tür kayıpların oluşma riski önemli ölçüde düşmektedir.

Sonuç olarak, dane ve sap kaybını minimize eden, yem kalitesini artıran ve ürün hijyenini koruyan biçerdöverle entegre balya makinesi sistemleri; tarımsal verimliliği artırmanın yanı sıra, ekonomik sürdürülebilirlik ve hayvancılık verimliliği açısından da stratejik avantajlar sunmaktadır. Bu sistem, modern tarımda ürünün doğrudan ekonomik değere dönüştürülmesini sağlayan bütüncül bir mekanizasyon çözümü olarak öne çıkmaktadır.

10.5 Son Söz ve Önerilen İyileştirmeler

Bu tez çalışması, yalnızca teknik bir makine tasarımının mühendislik dökümünü sunmakla kalmayıp; aynı zamanda tarım sektörünün değişen dinamiklerine cevap veren, sahaya entegre edilebilecek özgün bir çözüm modelini ortaya koymayı amaçlamıştır. Biçerdövere entegre edilen büyük prizmatik balya makinesi, tarımsal üretimde enerji, iş gücü ve zaman tasarrufunu aynı anda hedefleyen bütüncül bir sistem önerisi olarak değerlendirilmelidir.

Araştırma sürecinde elde edilen bulgular, tarımsal mekanizasyonda verimliliğin yalnızca üretim miktarıyla sınırlı kalmaması gerektiğini açıkça ortaya koymuştur. Verimlilik; enerji tüketimi, iş gücü gereksinimi, kayıpsız ürün yönetimi ve sürdürülebilirlik gibi çok boyutlu kriterlerle birlikte ele alınmalıdır. Bu tez kapsamında yapılan analizler, konvansiyonel sistemlerdeki operasyonel kayıpları açığa çıkarmış ve entegre sistemin bu boşlukları teknik olarak nasıl kapattığını sayısal verilerle ispatlamıştır.

Sistemin, yalnızca sapı değil aynı zamanda kapçık ve dane kalıntılarını da balyaya dâhil etmesi; tarım ile hayvancılık arasındaki kritik besin zincirinin verimliliğini artırmakta ve yem kalitesini doğrudan yükseltmektedir. Bu özelliğiyle sistem, çiftçinin hem hasat hem de hayvan besleme süreçlerine tek adımda katkı sağlayan bir çözüm hâline gelmektedir.

Ayrıca, entegre sistemin tek bir operatör ile yönetilebilmesi; kırsalda artan iş gücü kıtlığına doğrudan yanıt veren önemli bir avantajdır. Özellikle genç nüfusun tarımdan uzaklaştığı günümüzde, daha az insan kaynağı ile daha yüksek verim elde etme imkânı, sistemin stratejik değerini artırmaktadır. Bu yaklaşım, sadece bir mühendislik çözümü değil, aynı zamanda bir kalkınma stratejisi olarak değerlendirilmelidir.

Bununla birlikte, her sistem gibi bu çözüm de geliştirilmeye ve iyileştirilmeye açıktır. Gelecek çalışmalarda aşağıdaki geliştirme başlıkları ön plana çıkmaktadır:

- Tasarım yönünden geliştirme: Makinenin toplam ağırlığı azaltılarak zemin baskısı düşürülebilir, modüler yapı ile farklı iklim ve arazi koşullarına uyum artırılabilir. Ayrıca bakım ve onarım süreçlerini kolaylaştıran erişilebilir tasarım bileşenleri ile kullanıcı dostu yapı güçlendirilebilir.

- Teknolojik entegrasyon: Nem ölçer, GPS, otomatik balya sayacı, doluluk sensörü ve içerik analiz sensörleri gibi dijital teknolojiler entegre edilerek sistemin verimliliği ve izlenebilirliği artırılabilir. Bu, tarım 4.0 uygulamalarıyla uyumlu yeni nesil sistemlerin önünü açacaktır.

Bu çalışmanın çıktıları, yalnızca akademik literatüre değil; aynı zamanda sahada üretim yapan çiftçilere, tarım makinesi üreticilerine ve politika yapıcılara yön verecek niteliktedir. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için mekanik entegrasyonun stratejik önemi, bu tez ile birlikte somut verilere dayalı biçimde ortaya konmuştur.

Her araştırma bir fikrin tohuma dönüşmesidir. Bu tez de, sahadan beslenen bir mühendislik fikrinin somut ürüne dönüştüğü bir “yerli tarım mühendisliği” örneğidir. Bu sistemle yalnızca balya değil; verimlilik, tasarruf, çevresel denge ve tarımsal gelecek de üretilmektedir.

KAYNAKÇA

- Kasap, A., & Erdem, G. (1990). Saman Balya Makinesinin İşletmecilik Açısından Değerlendirilmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 1990(1).
- Sabancı, K., & Aydın, C. Mikrodenetleyici Kontrollü Balya Sayacı Tasarımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(2), 149-152.
- Güngörmez, M., Tan, F., & Baran, M. F. (2023). Yonca Üretiminde Enerji Tüketimi: Hasat Sistemleri Arasında Bir Karşılaştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 80-93.
- Ünal, H. (1994). *Silindir Balya Yapan Makinaların Mekanizasyon Planlamasına Yönelik İşletme Özelliklerinin Saptanması* (Master's thesis, Bursa Uludağ University (Turkey)).
- Özoğul, G. (2018). Dünya Tarım Makinaları İmalat Sektörüne Genel Bir Bakış. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(1), 23-30.
- Özdemir, İ. (2006). *Tarım makinalarının kullanım maliyetlerinin hesaplanmasına ilişkin bilgisayar programının geliştirilmesi* (Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ülger, P. (2011). *Tarım makinaları ilkeleri* (Cilt 12). Hiperlink Eğitim İletişim Yayıncılık San. ve Tic. Ltd. Şti.
- Akıncı, İ., & Çanakçı, M. (2001). Bazı Hasat Harman Makinalarına Ait Kullanım Giderlerinin Belirlenmesi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 14(2), 47-55.
- Dinçer, H. (2010). Tarla Alet ve Makinalarının İş Başarıları Hesaplanmasında Pratik Metod. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(2).
- Vatandaş, M., & Dilmaç, A. (2017). Biçerdöver İşletmeciliğinde Sayısal Veri Analizi. *Ziraat Mühendisliği*(364), 9-17.
- Feyzullahoğlu, E. & Güneş, İ. V. (2019). "Farklı Çalışma Ortamlarına Maruz Kalan Kauçuk Esaslı Konveyör Bant Malzemelerinin Adheziv Aşınma Özellikleri", *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*(131-139), 6-1.
- Razavi, Jalil & Goodarzi, A. & Hemmat, Abbas. (2013). Development of a Straw Round Baler Attachable to Grain Combine Harvester.
- Astanakulov, K. & Ashurov, N. & Turdibekov, Akram. (2023). Straw harvesting equipment for combine harvesters in dry land harvesting. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1231. 012023. 10.1088/1755-1315/1231/1/012023.
- Mathanker, S., & Hansen, A. (2014). Harvesting system design and performance. In D. Zhang & M. G. Lemus (Eds.), *Sustainable biomass production and utilization* (pp. [sayfa numaraları]). Springer.

- Li, B., Wu, G., Liu, Y., Lv, F., & Shi, D. (2019). Design and experiment of associated baler for combine harvester. *AMA: Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 50(3), 69–78.
- Hemmelgarn, A. B., Shinnars, K., Timm, A. J., & Digman, M. F. (2024). Single-pass, single-stream harvest of corn grain and stover: A comparison of two harvest methods. *BioEnergy Research*, 17, 2158–2163.
- Kılavuz, E., & Erdem, İ. (2019). Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları ve Türk Tarımının Dönüşümü. *Social Sciences*, 14(4), 133-157.
- Tokatlıoğlu, M., Selen, U., & Leba, R. (2018). Küreselleşme Sürecinde Tarımın Stratejik Önemi Ve Tarımsal Arz Güvenliğinin Sağlanmasında Devletin Rolü. *Journal of Life Economics*, 5(4), 151-176.
- Pakdemirli, B., Birişik, N., Aslan, İ., Sönmez, B., vd. (2021). Türk Tarımında Dijital Teknolojilerin Kullanımı ve Tarım-Gıda Zincirinde Tarım 4.0. *Toprak Su Dergisi*, 10(1), 78-87.
- Zencirci, N. (2015). Anadolu'da Buğday Hasadının Sosyo Kültürü Ve Diyalektolojisi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(3), 265-276.
- Güner, M. (2016). Biçerdöverlerde Tasarım Parametreleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 33(Ek Sayı), 91-100.