

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SÜT SIĞIRCILIĞI İŞLETMELERİNDE GÜÇ GEREKSİNİMİ VE ENERJİ
TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ**

İsmail BOYAR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SÜT SIĞIRCILIĞI İŞLETMELERİNDE GÜÇ GEREKSİNİMİ VE ENERJİ
TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ**

İsmail BOYAR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜT SIĞIRCILIĞI İŞLETMELERİNDE GÜÇ GEREKSİNİMİ VE ENERJİ
TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ**

**İsmail BOYAR
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FDK-2023-6465 nolu proje ile desteklenmiştir.**

ŞUBAT 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜT SIĞIRCILIĞI İŞLETMELERİNDE GÜÇ GEREKSİNİMİ VE ENERJİ
TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ

İsmail BOYAR
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 10/02/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Can ERTEKİN (Danışman)
Prof. Dr. Ahmet KÜRKÜ
Prof. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ
Prof. Dr. Kamil EKİNCİ
Dr. Öğr. Üyesi Maksut Barış EMİNOĞLU

ÖZET

SÜT SIĞIRCILIĞI İŞLETMELERİNDE GÜÇ GEREKSİNİMİ VE ENERJİ TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ

İsmail BOYAR

Doktora Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Can ERTEKİN

Şubat 2025; 144 sayfa

Küresel süt ürünleri tüketiminin dünyada 2050 yılına kadar kişi başına %19 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Süt üretimi yoğun enerji tüketen bir süreçtir. Bu yüzden tarımdan kaynaklanan küresel sera gazı emisyonlarıyla ilgili endişelerle birlikte, süt üretiminin artırılması, süt endüstrisinin gelecekteki ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğini sağlamak için enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımıyla karşılanmalıdır. Enerji maliyetlerinin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması hem ekonomik sürdürülebilirlik hem de çevresel etkilerin azaltılması açısından önem taşımaktadır. Fakat tüm bu verimlilik ile ilgili işlemlerden önce toplam tüketimlerin makinalarda dahil bütün enerji tüketen sistemler bazında incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışma, büyükbaş süt sığırcılığı işletmelerinde enerji tüketimine yönelik bir analiz sunmaktadır. Modern işletmelerde enerji tüketimi; su ısıtıcılar, süt sağım makinaları, yem karma sistemleri, süt soğutma tankları ve gübre mekanizasyonu gibi çeşitli araçlara bağlıdır. Bu bağlamda, enerji tüketimindeki durumun dönemsel ve bireysel makina bazında ortaya konulması, geleceğe yönelik atılması gereken adımların tespiti ve iyileştirilmesi, hem işletmelerin mevcut durumunu ortaya koyacak hem de ileride yapılacak karbon ayak izinin düşürülmesine yönelik çalışmalara destek olacaktır.

Araştırma, Türkiye'de Batı Akdeniz Bölgesinde yer alan Akdeniz Üniversitesi (AKDÜ), Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi (MAKÜ) ve Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ) büyükbaş hayvancılık işletmelerinde gerçekleştirilmiştir. Veriler, ENTES marka ES3-80LSE model enerji ölçüm cihazları kullanılarak toplanmıştır. Çalışmada, enerji tüketim verileri detaylı olarak analiz edilmiş ve işletmelerin enerji kullanım profilleri çıkarılmıştır. Ayrıca, farklı işletmelerin dönemler ve makinalar arasında enerji tüketimleri açısından karşılaştırmalar yapılmıştır. Enerji tüketim değerleri, düzensiz çalışan makinalar, su ısıtıcıları (SIST), süt sağım makinaları (SSM) ve süt soğutma tankları (SST) için birer hafta boyunca kaydedilirken, düzenli çalışan makinalar, gübre sıyrıcılar (GS), gübre pompaları (GP), gübre karıştırıcıları (GK), gübre separatörleri (GSP), hayvan serinletme fanları (HSF) ve hayvan kaşıma fırçaları (HKF) için bir tur ya da periyot tamamlanana kadar ölçülmüştür. Bir hafta süren ölçümler sırasında ahır içindeki sağım, yemleme ve bakım faaliyetlerinde çalışanlara eşlik edilmiş; işçilik süreleri ve yapılan işlemler detaylı şekilde kaydedilmiştir. Sağım sırasında sağım odasına giren ve sağım başlangıcından bitişine kadar aynı grupta bulunan sağmal hayvanların sağım süreleri ölçülmüş ve işletmeler arasındaki farklılıklar istatistiksel analizle değerlendirilmiştir.

SST'ye giriş yapan süt miktarı (kg), SST içindeki süt sıcaklığı (°C) ve ortam sıcaklığı (°C), sağım süresi boyunca her dakika kaydedilmiştir. Bu veriler kullanılarak SST'deki sütün zamana bağlı sıcaklık ve ağırlık değişim grafikleri oluşturulmuştur. Vakum pompasının çalışma süresi boyunca her 5 dakikada bir, pompanın en sıcak bölgesi olan egzoz çıkış noktasından sıcaklık (°C) ölçümleri alınmış ve işletmeler arası farklılıklar karşılaştırılmıştır. Toplanan aktif enerji tüketim verileri, günlük sağmal hayvan sayısı ve elde edilen süt miktarı üzerinden analiz edilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda, farklı dönemlerdeki işletmelerin sağılan hayvan başına ve elde edilen süt miktarı başına birim enerji tüketimleri belirlenmiştir.

Araştırma sonuçları, süt sığırcılığı işletmelerinde enerji tüketiminin büyük bir kısmının su ısıtıcılar, süt sağım makinaları ve süt soğutma sistemlerinden kaynaklandığını göstermiştir. Ayrıca yeni geliştirilen hayvan serinletme fanlarının tüketimde kaleminde büyük bir orana sahip olduğu tespit edilmiştir. Kış dönemi denemelerinde günlük enerji tüketimi (kWh), birim sağmal hayvan (kWh/baş) ve sağılan süt (kWh/kg) başına enerji tüketim değerleri sırasıyla AKDÜ işletmesinde 52.69 kWh, 0.99 kWh/baş ve 0.044 kWh/kg, MAKÜ işletmesinde 106.98 kWh, 2.42 kWh/baş ve 0.083 kWh/kg, ISUBÜ işletmesinde 48.56 kWh, 2.70 kWh/baş ve 0.138 kWh/kg olarak belirlenmiştir. Yaz dönemi denemelerinde belirtilen veriler aynı sırayla, 146.26 kWh, 3.37 kWh/baş ve 0.176 kWh/kg, 194.71 kWh, 3.51 kWh/baş ve 0.121 kWh/kg, 48.11 kWh, 3.01 kWh/baş, 0.133 kWh/kg olarak bulunmuştur. Kış döneminde AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinde süt verimleri sırasıyla 22.51, 29.23 ve 19.56 kg/baş, yaz döneminde ise yine aynı sırayla 19.17, 29.06 ve 22.56 kg/baş değerleri elde edilmiştir. Birim süt başına tüketilen aktif enerji açısından kış döneminde en düşük, yaz döneminde en yüksek işletme AKDÜ işletmesi olmuştur.

Büyükbaş süt sığırcılığı işletmelerinde aktif enerji tüketimini sağılan hayvan sayısı (baş), süt verimi (ortalama kg) ve makinaların çalışma süreleri (dk.) doğrudan etkileyen unsurlardır. Makinaların düzenli bakım ve onarımlarının yapılması, bu tüketim değerlerini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışma ile elde edilen veriler makinalar bazında değerlendirilerek yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım durumları gibi çeşitli verimlilik artırıcı ve tüketimi azaltıcı çalışmalar yapılabilir.

ANAHTAR KELİMELEER: Büyükbaş hayvan yetiştiriciliği, Hayvansal üretimde mekanizasyon, Tarımda enerji kullanımı, Tarımsal enerji sistemleri, Tarımsal makina sistemleri.

JÜRİ: Prof. Dr. Can ERTEKİN

Prof. Dr. Ahmet KÜRKÜ

Prof. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Kamil EKİNCİ

Dr. Öğr. Üyesi Maksut Barış EMİNOĞLU

ABSTRACT

DETERMINATION OF POWER REQUIREMENTS AND ENERGY CONSUMPTION IN DAIRY CATTLE FARMS

İsmail BOYAR

PhD Thesis in Agricultural Machinery and Technologies Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Can ERTEKİN

February 2025; 144 pages

Global consumption of dairy products is projected to increase by 19% per capita by 2050. Milk production is an energy-intensive process. Therefore, along with concerns related to greenhouse gas emissions originating from agricultural activities, it is imperative that the expansion of milk production is accompanied with increased utilization of sustainable energy resources in order to ensure the economic and environmental sustainability of the dairy industry. Reducing energy costs and improving energy efficiency are crucial for both financial viability and environmental impact mitigation. However, before implementing the efficiency-enhancing measures, it is essential that the total energy consumption of all energy-consuming systems be evaluated. This study presents an analysis of the energy consumption in dairy cattle farms. Energy consumption in modern dairy farms is highly dependent on various technological components, including water heaters, milking machines, feed mixing systems, milk cooling tanks, and manure management systems. In this context, identifying the energy consumption patterns of machines used on a seasonal basis will facilitate the development of strategies for improvement, allowing for both a comprehensive assessment of the current situation and the implementation of measures to reduce the carbon footprint in future operations.

This study was conducted in dairy farms affiliated with Akdeniz University (AKDÜ), Burdur Mehmet Akif Ersoy University (MAKÜ), and Isparta University of Applied Sciences (ISUBÜ), all located in the Western Mediterranean Region of Türkiye. The collected energy consumption data were analyzed in detail, and energy consumption profiles of the farms were established. Additionally, comparisons of energy consumption across different farms, seasons, and machine types were conducted. Energy consumption values were recorded for one week for irregularly operated machines, including water heaters (SIST), milking machines (SSM), and milk cooling tanks (SST). For regularly operated machines, including manure scrapers (GS), manure pumps (GP), manure mixers (GK), manure separators (GSP), animal cooling fans (HSF), and animal grooming brushes (HKF), measurements were taken for a complete cycle or period. During the measurements that lasted one week, employees conducting milking, feeding and maintenance operations in the barn were observed closely and labour times and procedures were recorded in detail. The milking times of dairy animals that entered the milking parlors as a group were measured from the beginning to the end of the milking period and the differences between the farms were statistically analyzed.

The amount of milk (kg) entering the SST, the milk temperature inside the SST (°C), and the ambient temperature (°C) were recorded minute by minute throughout the milking period. Based on these measurements, time-dependent temperature and weight variation graphs of the milk stored in the SST were generated. Additionally, temperature readings were collected every five minutes from the hottest point of the vacuum pump, which is the exhaust outlet, to compare operational differences among farms. The recorded active energy consumption data were analyzed based on the daily number of lactating cows and the total milk yield. These calculations enabled the determination of unit energy consumption per lactating animal and per 1 kg of milk produced for different seasons and farm conditions.

The research findings indicate that a significant part of energy consumption in dairy farms originates from water heaters, milking machines, and milk cooling systems. Additionally, newly developed animal cooling fans were found to account for a considerable share of energy consumption. During the winter trials, the daily energy consumption (kWh), energy consumption per lactating animal (kWh/head), and energy consumption per unit of milk produced (kWh/kg) were recorded as follows: 52.69 kWh, 0.99 kWh/head, and 0.044 kWh/kg for AKDÜ, 106.98 kWh, 2.42 kWh/head, and 0.083 kWh/kg for MAKÜ, and 48.56 kWh, 2.70 kWh/head, and 0.138 kWh/kg for ISUBÜ. In the summer trials, the corresponding values were 146.26 kWh, 3.37 kWh/head, and 0.176 kWh/kg for AKDÜ, 194.71 kWh, 3.51 kWh/head, and 0.121 kWh/kg for MAKÜ, and 48.11 kWh, 3.01 kWh/head, and 0.133 kWh/kg for ISUBÜ. The milk yields recorded during the winter season were 22.51 kg/head for AKDÜ, 29.23 kg/head for MAKÜ, and 19.56 kg/head for ISUBÜ, while during the summer season, the values were 19.17 kg/head, 29.06 kg/head, and 22.56 kg/head, respectively. In terms of active energy consumed per 1 kg of milk, AKDU had the lowest amount in the winter period and the highest amount in the summer period.

The number of milked animals (heads), milk yield (average kg), and machine working hours (min.) are the factors that directly affect active energy consumption in dairy farms. Regular maintenance and repair of machines directly affect these consumption values. The machine-based energy consumption data obtained in this study can be used to investigate various energy saving and energy efficiency increasing mechanisms, such as the use of renewable energy sources.

KEYWORDS: Dairy cattle breeding, Mechanization in animal production, Energy use in agriculture, Agricultural energy systems, Agricultural machinery systems.

COMMITTEE: Prof. Dr. Can ERTEKİN

Prof. Dr. Ahmet KÜRKLÜ

Prof. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Kamil EKİNCİ

Asst. Prof. Dr. Maksut Barış EMİNOĞLU

ÖNSÖZ

Makinalar ve işletmeler bazında enerji tüketimi hesaplamalarının yapılması, enerji yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir. Son yıllarda sanayileşme, nüfus artışı ve teknolojik ilerlemeler nedeniyle enerjiye olan talep hızla artmıştır. Özellikle dijitalleşme, endüstriyel otomasyon ve tarımsal mekanizasyon gibi süreçler, enerji ihtiyacını daha önce hiç olmadığı kadar yoğun hale getirmiştir. Enerji tüketiminin detaylı bir şekilde ölçülmesi, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayarak hem ekonomik hem de çevresel faydalar sunar. Bu ölçümler, enerji verimliliği stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanır, işletmelerin maliyetlerinin düşürülmesinde ve karbon salınımının azaltılmasında bu veriler elde edilmeden herhangi bir hamle yapmak mümkün değildir. Enerji tüketim verilerinin doğru bir şekilde analiz edilmesi, gereksiz enerji kayıplarını önleyerek işletmelerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına yardımcı olur. Ayrıca, bu ölçümler, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu ve enerji verimliliği teknolojilerinin uygulanması gibi alanlarda insanlığa önemli faydalar sağlar. Özellikle tarım ve hayvancılık sektörlerinde enerji tüketiminin optimize edilmesi, küresel enerji krizini hafifletmek ve çevresel etkileri azaltmak için kritik bir rol oynar. Doğru enerji yönetimi hem işletmelerin rekabet gücünü artırır hem de enerji kaynaklarının gelecek nesiller için korunmasına katkıda bulunur. Bu nedenle, enerji tüketimi ölçümleri, ekonomik, çevresel ve sosyal faydaları bir araya getiren önemli bir araçtır.

Bu doktora tez çalışmasında Batı Akdeniz Bölgesinde belirlenen süt sığırtı yetiştiriciliği işletmelerinin, kış ve yaz dönemleri boyunca enerji analizleri kayıt altına alınmış, dönemsel, işletme ve makinalar bazında farklılıklarını ortaya koyan, sağılan hayvan ve elde edilen süt miktarı başına birim aktif enerji tüketim değerleri yorumlanmıştır. Ayrıca işletmelerde gündelik işlerin akışı ve çalışma sürelerini inceleyen yerinde gözlem çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Uzmanlık alanımda ilerlememde ve bu çalışmadaki konunun seçiminden araştırmanın yürütülmesi, değerlendirilmesi ve sonuçlandırılmasına kadar, akademik tecrübesini benden esirgemeyen, bana bilimsel ve akademik etiğin önemini kavratran, akademik anlamda kendimi geliştirmem için her türlü imkanı sağlayan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Can ERTEKİN'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım tüm bölüm öğretim üyesi hocalarıma, tez izleme komitesindeki kıymetli hocalarım Prof. Dr. Ahmet KÜRKLÜ ve Prof. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ'a teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında araştırma ve incelemelerde bulunulan büyükbaş hayvan yetiştiriciliği işletmelerini kullanımına açan, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Mustafa ERKAN'a, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Tarım Hayvancılık ve Gıda Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürü Dr. Öğr. Üyesi İltan BAŞTAN, Müdür Yardımcıları Dr. Öğr. Üyesi Bekir TOSUN ve Öğr. Gör. Durmuş KAHRAMAN'a, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Deniz YILMAZ ve Eğitim Araştırma ve Uygulama Çiftliği Müdürü Öğr. Gör. Dr. Mehmet ALAGÖZ'e, çalışma boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen Dr. Ahmet SÜSLÜ, Öğr. Gör. Müge GÜVENÇ ve bu işletmelerde görev alan bilgi ve

tecrübelerini esirgemedi paylaşan tüm çalışanlara en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmanın yürütülmesinde destek ve bilgilerini esirgemeyen Linarit Bilgi Teknolojileri San. ve Tic. Ltd. Şti. ailesinden Taner DEVECİ ve Şirin AZAZİ'ye teşekkür ederim.

Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne FDK-2023-6465 nolu projede sağladıkları maddi kaynak için teşekkür ederim.

Öğrencilik ve çalışma hayatım süresince maddi-manevi desteklerini esirgemeyen, başından beri yanımda olduklarını hissettiğim annem, babam ve kardeşime, Doktora tezimin tüm deneysel çalışma süreçlerinde sabır, gayret ve desteğini esirgemeyen ve yanlarında olamadığım her an için sevgili eşim Zir. Yük. Müh. Sevinç MUTAFOĞLU BOYAR'a, çocuklarım İpek ve İlker'e sonsuz şükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Dünya’da Tarım ve Hayvancılık	2
1.2. Türkiye’de Tarım ve Hayvancılık	3
1.3. Türkiye’de Büyükbaş Hayvancılık İstatistikleri ve Mevcut Durum	4
2. KAYNAK TARAMASI	13
2.1. Süt Sığırısı Barınakları.....	13
2.1.1. Duraklı kapalı barınaklar	13
2.1.2. Duraksız kapalı barınaklar (kapalı serbest barınaklar)	13
2.1.3. Duraksız (serbest) açık barınaklar	14
2.1.4. Duraklı (serbest) açık barınaklar	14
2.2. Süt Sığırısı Barınaklarının Mekanizasyon Özellikleri	14
2.2.1. Süt sağım sistemleri.....	15
2.2.2. Sürü yönetim sistemleri	19
2.2.3. Süt soğutma tankları	20
2.2.4. Yem mekanizasyonu.....	22
2.2.5. Gübre mekanizasyonu	23
2.2.6. Diğer ahır ekipmanları.....	24
2.3. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu	26
2.4. Literatür Özeti	28
2.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	32
3. MATERYAL VE METOT	34
3.1. Materyal.....	34
3.1.1. Akdeniz Üniversitesi işletmesi	34
3.1.2. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi işletmesi	38

3.1.3. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi işletmesi.....	43
3.1.4. İşletmelerin çalışan sayısı, hayvan varlığı ve yem rasyonu.....	46
3.2. Metot	50
3.2.1. Enerji ölçer	51
3.2.2. Enerji analizörlerinin montajı ve denemelerin gerçekleştirilmesi.....	56
3.2.3. Veri analizi, raporlama ve entegrasyon	59
3.2.4. Yerinde gözlem ve incelemeler	60
4. BULGULAR	62
4.1. Kış Dönemi Denemeleri.....	62
4.1.1. AKDÜ işletmesi	62
4.1.2. MAKÜ işletmesi.....	68
4.1.3. ISUBÜ işletmesi	74
4.2. Yaz Dönemi Denemeleri.....	81
4.2.1. AKDÜ işletmesi	81
4.2.2. MAKÜ işletmesi.....	85
4.2.3. ISUBÜ işletmesi	89
4.3. İşletmelerin Süt Verimleri ve Sağım Süreleri	93
4.4. İşletmelerin Maksimum Aktif Enerji Tüketim Durumları	97
4.5. İşletmelerin Birim Enerji Tüketimleri.....	99
4.6. İşletmelerin SST Sıcaklık Değerinin Süt Girişine Bağlı Değişimi	102
4.7. İşletmelerin Vakum Pompası Sıcaklık Değişimi.....	106
4.8. Denemelerde Karşılaşılan İşletmelere Ait Sorunlar	106
5. TARTIŞMA.....	112
5.1. Dönemlerin İşletmelerde Karşılaştırılması.....	112
5.2. İşletmelerin Dönemlerde Karşılaştırılması.....	114
5.3. Makinaların İşletmeler ve Dönemlerde Karşılaştırılması	116
5.4. İşletmelerin Birim Enerji Tüketimlerinin Karşılaştırılması	118
6. SONUÇLAR.....	121
7. KAYNAKLAR.....	125
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Süt sığırcılığı işletmelerinde güç gereksinimi ve enerji tüketiminin belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

10/02/2025

İsmail BOYAR

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

AKDÜ	: Akdeniz Üniversitesi
EI	: Enerji Enstitüsü
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GK	: Gübre karıştırıcı
GP	: Gübre pompası
GS	: Gübre sıyırıcı
GSP	: Gübre separatörü
HKF	: Hayvan kaşıma fırçası
HSF	: Hayvan serinletme fanı
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
ISUBÜ	: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
LAN	: Yerel ağ bağlantısı
MAKÜ	: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
PVC	: Polivinil klorür
RFID	: Radyo frekansı ile tanımlama
SIST	: Su ısıtıcı
SSM	: Süt sağım makinası
SST	: Süt soğutma tankı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WEC	: Dünya Enerji Konseyi

Bu tezde ondalık yazımlarda ayraç olarak “.”, binlik yazımlarda ise “,” kullanılmıştır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye’de Tarıma dayalı ihtisaslaştırılmış organize sanayi bölgeleri (Anonim 1).....	4
Şekil 1.2. Türkiye’de büyükbaş hayvan sayısı gruplarına göre işletme varlığı (TÜİK 2021b)	6
Şekil 1.3. Türkiye’de yıllara göre sığır ırkları varlığı (TÜİK 2024a).....	7
Şekil 1.4. Türkiye’de yıllara göre çiğ süt üretimi (TÜİK 2024a)	8
Şekil 1.5. Türkiye’de bölgelere göre süt sığırları varlığı dağılımı (TÜİK 2024a).....	8
Şekil 1.6. Türkiye’de illere göre sağılan büyükbaş hayvan sayısı (baş) (TÜİK 2024a)...	9
Şekil 1.7. Türkiye’de 1991 ve 2019 yılları arası ırklara göre süt verimi (TÜİK 2024a)	10
Şekil 1.8. Türkiye’de bölgelere ve yıllara göre süt sağım sistemleri varlığı (TÜİK 2024a).....	10
Şekil 1.9. Türkiye’de illere göre süt sağım tesisi varlığı (TÜİK 2024a)	11
Şekil 1.10. Türkiye’de illere göre seyyar süt sağım makinası varlığı (TÜİK 2024a).....	11
Şekil 1.11. Türkiye’de yıllara göre süt sağım makinaları varlığı (TÜİK 2024a)	12
Şekil 2.1. Paralel tip sağım odası (Büyüктаş vd. 2016)	17
Şekil 2.2. Balık kılçığı tip sağım odası (Büyüктаş vd. 2016)	17
Şekil 2.3. Döner tip sağım odası (Büyüктаş vd. 2016)	18
Şekil 2.4. Sağım odaları a) Tünel (tandem) tipi; b) Michigan poligon tipi (Büyüктаş vd. 2016)	18
Şekil 2.5. Otomatik sağım robotu sistemi (Anonim 2)	19
Şekil 2.6. Mobil (Seyyar) süt sağım sistemleri (Anonim 3)	19
Şekil 2.7. Büyükbaş hayvancılıkta sürü yönetim sistemi özellikleri (Anonim 4)	20
Şekil 2.8. Süt soğutma tankı a) yatay tip; b) dikey tip (Anonim 3).....	21
Şekil 2.9. Yem mekanizasyonu a) yem karma ve dağıtma makinası (Anonim 5); b) yem itme robotu (Anonim 6); c) buzağı besleme robotu (Anonim 7).....	22
Şekil 2.10. Gübre mekanizasyonu a) gübre sıyırıcı; b) gübre separatörü; c) gübre karıştırıcı; d) gübre pompası (Anonim 8)	23

Şekil 2.11. Diğer çiftlik ekipmanları a) yemlik kilitleri, durak demirleri ve yataklar; b) suluklar; c) hayvan serinletme ve çiftlik havalandırma fanları; d) otomatik hayvan kaşıma fırçaları; e) elektrikli çit sistemleri (Anonim 3).....	25
Şekil 3.1. AKDÜ işletmesi yerleşim planı.....	35
Şekil 3.2. AKDÜ işletmesi a) süt sağım odası; b) otomatik yıkama ve sağım sistemi panosu; c) vakum pompası, ara tank ve yıkama teknesi	36
Şekil 3.3. AKDÜ işletmesi, süt soğutma tankı	37
Şekil 3.4. AKDÜ işletmesi, gübre sıyırıcı	37
Şekil 3.5. AKDÜ işletmesi, hayvan serinletme fanları.....	38
Şekil 3.6. MAKÜ işletmesi yerleşim planı	39
Şekil 3.7. MAKÜ işletmesi, a) süt sağım odası; b) otomatik yıkama ve sağım sistemi panosu, otomatik yıkama teknesi; c) vakum pompası ve ara tank.....	40
Şekil 3.8. MAKÜ işletmesi, süt soğutma tankı.....	41
Şekil 3.9. MAKÜ işletmesi, gübre sıyırıcı.....	42
Şekil 3.10. MAKÜ işletmesi, hayvan serinletme fanları	42
Şekil 3.11. ISUBÜ işletmesi yerleşim planı	44
Şekil 3.12. ISUBÜ işletmesi, a) süt sağım odası; b) otomatik yıkama ve sağım sistemi panosu, elektrikli ısıtıcı; c) vakum pompası ve ara tank.....	45
Şekil 3.13. ISUBÜ işletmesi, süt soğutma tankı.....	45
Şekil 3.14. ISUBÜ işletmesi, gübre sıyırıcı.....	46
Şekil 3.15. Çalışma metodolojisinde uygulanan iş akış diyagramı	50
Şekil 3.16. ENTES marka ES3-80LSE model enerji ölçer (Anonim 10).....	51
Şekil 3.17. Enerji ölçer teknik çizimi ve fazların bağlantı şeması (Anonim 10)	52
Şekil 3.18. Log Reader programı ile veri alınması	54
Şekil 3.19. İşletmelerde düzenli çalışan makinaların ölçümleri, a) AKDÜ, gübre sıyırıcı, pompası ve karıştırıcısı; b) MAKÜ, gübre separatörü, sıyırıcı ve pompası; c) ISUBÜ, gübre sıyırıcı, separatörü ve pompası	57
Şekil 3.20. Düzensiz periyotlarda çalışan makinaların enerji analizörü bağlantısı, a) AKDÜ işletmesi SSM, SST ve SIST bağlantısı; b) MAKÜ işletmesi SSM ve SIST bağlantısı; c) MAKÜ işletmesi SSM bağlantısı; d) ISUBÜ işletmesi SSM ve SIST bağlantısı; e) ISUBÜ işletmesi SST bağlantısı	58

Şekil 3.21. Enerji analizörlerinden kayıtlı verilerin bilgisayara aktarılması, a) AKDÜ işletmesi HSF; b) MAKÜ işletmesi SIST; c) ISUBÜ işletmesi SSM	59
Şekil 3.22. KNIME Analytics veri çözümleme diyagramı	60
Şekil 3.23. Vakum pompası üzerinde yapılan sıcaklık ölçümleri.....	61
Şekil 4.1. AKDÜ işletmesi sağım işleri, a) memelerin temizlenmesi ve sağım başlığının takılması; b) sağım sonrası koruyucu uygulama; c) buzağılara süt verilmesi; d) sağım sonrası temizlik; e) buzağı bakımı; f) gübre yolu temizliği	63
Şekil 4.2. AKDÜ işletmesi, a) yem karmaya yem yüklenmesi; b) sağmal olmayan hayvanlara yem dağıtılması; c) sağmal hayvanlara yem dağıtılması; d) yem dağıtma sonrası yem yolu durumu; e) sağmal olmayan hayvan yemlemesi sonrası rasyona eklenen destek yemler	64
Şekil 4.3. AKDÜ işletmesi kış dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST.....	65
Şekil 4.4. AKDÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü.....	65
Şekil 4.5. AKDÜ işletmesi kış dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı	66
Şekil 4.6. AKDÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü	67
Şekil 4.7. AKDÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri	67
Şekil 4.8. AKDÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF maksimum güç (W) değerleri	68
Şekil 4.9. MAKÜ işletmesi sağım işleri, a) memelerin temizlenmesi, sağım başlığının takılması; b) sağım sonrası koruyucu uygulama; c) buzağılara mama hazırlanması ve bakımı; d) sağım odası temizliği; e) diğer temizlikler.....	69
Şekil 4.10. MAKÜ işletmesi, a) yem balyalarının taşınması; b) balyaların taşımaya hazır hale getirilmesi; c) kaba yemlerin traktör ön yükleyici ile yüklenmesi; d) kesif yemlerin traktör ön yükleyici ile yüklenmesi; e) yem karmaya yem yüklenmesi ve karıştırılması; f) yem yolundan yemlerin dağıtılması	70
Şekil 4.11. MAKÜ işletmesi kış dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST.....	71
Şekil 4.12. MAKÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü.....	72

Şekil 4.13. MAKÜ işletmesi kış dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı	72
Şekil 4.14. MAKÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü	73
Şekil 4.15. MAKÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri	74
Şekil 4.16. MAKÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF maksimum güç (W) değerleri	74
Şekil 4.17. ISUBÜ işletmesi sağım işleri, a) bekleme alanından sağmal hayvanların sağıma alınması; b) memelerin temizlenmesi, sağım başlığının takılması; c) sağım sonrası çıkış kapılarının açılması; d) sağım odası temizliği; e) otomatik başlık çıkarıcısının çalışması; f) otomatik yıkama sisteminin başlatılması	75
Şekil 4.18. ISUBÜ işletmesi, a) yem balyalarının taşınması; b) kesif yemlerin hazırlanması; c) yem karma arka yükleyici kullanımı; d) mısır silajı alımı; e) dirgen kullanarak elle yükleme; f) yem yolundan yemlerin dağıtılması.....	76
Şekil 4.19. ISUBÜ işletmesi kış dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST.....	77
Şekil 4.20. ISUBÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü.....	78
Şekil 4.21. ISUBÜ işletmesi kış dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı	78
Şekil 4.22. ISUBÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü	79
Şekil 4.23. ISUBÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP+GK, GSP ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri.....	80
Şekil 4.24. ISUBÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP+GK, GSP ve HKF maksimum güç (W) değerleri.....	80
Şekil 4.25. AKDÜ işletmesi yaz dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST.....	81
Şekil 4.26. AKDÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü.....	82
Şekil 4.27. AKDÜ işletmesi yaz dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı	83
Şekil 4.28. AKDÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü	83

Şekil 4.29. AKDÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri	84
Şekil 4.30. AKDÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF maksimum güç (W) değerleri	85
Şekil 4.31. MAKÜ işletmesi yaz dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST.....	86
Şekil 4.32. MAKÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü.....	87
Şekil 4.33. MAKÜ işletmesi yaz dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı	87
Şekil 4.34. MAKÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü	88
Şekil 4.35. MAKÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri	89
Şekil 4.36. MAKÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF maksimum güç (W) değerleri	89
Şekil 4.37. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST.....	90
Şekil 4.38. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü.....	91
Şekil 4.39. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı	92
Şekil 4.40. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü	92
Şekil 4.41. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP+GK, GSP ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri.....	93
Şekil 4.42. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP+GK, GSP ve HKF maksimum güç (W) değerleri.....	93
Şekil 4.43. Kış dönemi denemeleri maksimum aktif enerji tüketimi a) AKDÜ; b) MAKÜ; c) ISUBÜ.....	98
Şekil 4.44. Yaz dönemi denemeleri maksimum aktif enerji tüketimi a) AKDÜ; b) MAKÜ; c) ISUBÜ.....	99
Şekil 4.45. AKDÜ işletmesi; (a) kış dönemi boş SST, (b) kış dönemi yarı dolu SST, (c) yaz dönemi boş SST, (d) yaz dönemi yarı dolu SST.....	103

Şekil 4.46. MAKÜ işletmesi; (a) kış dönemi boş SST, (b) kış dönemi yarı dolu SST, (c) yaz dönemi boş SST, (d) yaz dönemi yarı dolu SST.....	104
Şekil 4.47. ISUBÜ işletmesi; (a) kış dönemi boş SST, (b) kış dönemi yarı dolu SST, (c) yaz dönemi boş SST, (d) yaz dönemi yarı dolu SST.....	105
Şekil 4.48. Sağım süresi boyunca işletmelere göre vakum pompalarının sıcaklık değişimleri.....	106
Şekil 4.49. AKDÜ işletmesi elektrik panoları sorunları	107
Şekil 4.50. AKDÜ gübre sıyırıcı zinciri	108
Şekil 4.51. ISUBÜ SIST, SSM ve SST elektrik panoları sorunları.....	110
Şekil 4.52. AKDÜ yem karma makinası tasarım geliştirmeleri	111

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Büyükbaş hayvan varlığına göre sınıflandırma grupları	5
Çizelge 1.2. TÜİK bölge adı açıklamaları (TÜİK 2024a)	6
Çizelge 2.1. Türkiye’de sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları (Milyon Ton CO ₂ Eşdeğeri)	28
Çizelge 3.1. Büyükbaş hayvancılıkta bazı tanımlar (Şensoy 2014; Semerci ve Çelik 2017; Kara ve Eroğlu 2018).....	34
Çizelge 3.2. Denemeler boyunca çalışma alanına göre çalışan sayısı	47
Çizelge 3.3. Denemeler boyunca işletmelere ait hayvan varlığı durumu	48
Çizelge 3.4. Denemeler boyunca işletmelere göre günlük yem rasyonu durumu	49
Çizelge 3.5. Enerji ölçer teknik özellikleri	53
Çizelge 3.6. Denemelerin gerçekleştirildiği tarihler	56
Çizelge 3.7. Ölçümü yapılan makina grupları	56
Çizelge 4.1. Denemeler boyunca süt sağım görevlilerinin çalışma süreleri	94
Çizelge 4.2. Sağım süreleri (dakika) varyans analiz tablosu	95
Çizelge 4.3. Dönem, işletme ve sağım zamanlarına ait süt sağım süreleri (dakika).....	95
Çizelge 4.4. Dönem, işletme ve sağım zamanlarına ait sağılan hayvan sayısı, sağılan süt ve süt verimleri	96
Çizelge 4.5. İşletmelerin dönemlere göre günlük, sağmal hayvan ve sağılan süt başına birim enerji tüketimleri	101
Çizelge 4.6. Düzensiz ve düzenli çalışan makinaları dönemler ve işletmelere göre günlük ortalama aktif enerji tüketimi (kWh)	102
Çizelge 5.1. İşletmelerin dönemlere göre SIST, SSM ve SST makinelerindeki toplam günlük ortalama tüketimlerinin yüzdelik dağılımı	118
Çizelge 5.2. Farklı ülkelerdeki süt sığırcılığı işletmelerinin bir kilogram süt eldesi için harcadığı elektrik enerjisi tüketimi yıllık ortalaması (kWh/kg)	120
Çizelge 5.3. Farklı ve ülkelerdeki çalışmaların SIST, SSM ve SST makinelerinde birim süt için elektrik enerjisi tüketimleri yıllık ortalaması (kWh/kg)	120

1. GİRİŞ

Tarım sektörü, dünya genelinde nüfus artışına paralel olarak gıda güvenliği açısından hayati önem taşımaktadır. Ancak, tarım alanlarının azalması ve iklim değişikliğinin etkileri, tarımsal üretimi ciddi şekilde tehdit etmektedir (Godfray vd. 2010). Küresel ölçekte, özellikle Asya ve Afrika’da geleneksel tarım uygulamaları yaygınken, gelişmiş ülkeler mekanize tarım yöntemleri ile üretim verimliliğini artırmaktadır (Foley vd. 2011). Öte yandan, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve toprak sağlığının korunması konusundaki endişeler artmaktadır (Tilman vd. 2011). Modern tarımda gübre ve tarım ilacı kullanımı üretimi artırsa da, çevresel etkilerinin azaltılması gerekmektedir (Van Ittersum vd. 2013). Bu bağlamda, yenilikçi tarımsal teknolojiler ve sürdürülebilir yöntemlerin benimsenmesi gelecekteki tarımsal sistemlerin temelini oluşturacaktır (Pretty vd. 2018).

Tarımsal üretiminin bir parçası olan hayvancılık dünya genelinde bir sorun olma doğrultusunda ilerlemektedir. Özellikle büyükbaş hayvancılık sektörü, hem et hem de süt üretimi açısından dünya gıda sisteminde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin çevresel etkileri, özellikle sera gazı emisyonları ve su tüketimi açısından dikkat çekmektedir (Gerber vd. 2013). Büyükbaş hayvancılık sektörünün küresel sera gazı emisyonlarının %14.5’inden sorumlu olduğu rapor edilmiştir (Steinfeld vd. 2006). Bununla birlikte, gelişmiş ülkelerde hayvan refahı ve verimliliği yüksek iken, gelişmekte olan ülkelerde düşük verimlilik ve sınırlı kaynak kullanımı oldukça yaygındır (Herrero ve Thornton 2013). Hindistan, Brezilya ve Çin gibi ülkeler büyükbaş hayvan sayısında lider konumdayken, Avrupa ülkeleri daha az sayıda hayvanla yüksek verimlilik sağlamaktadır (Thornton, 2010). Sürdürülebilir bir hayvancılık sistemi oluşturmak için yem üretimi, atık yönetimi ve hayvan refahına yönelik daha fazla yatırım yapılması gerektiği belirtilmektedir (Mottet vd. 2017). Bahsi geçen tüm bu konular için ise vazgeçilmez olan kaynak elektrik enerjisidir. Mekanizasyon düzeyinin artırılması hayvan refahının, işletme verimliliğinin ve zaman kazancının da artırılması anlamına gelmektedir. Fakat tüm bunların yanında enerji verimliliği ve yapılan işlemlerin minimum enerji tüketimi ile gerçekleştirilmek istenmesi son yılların önde gelen konusu olmuştur.

Elektrik enerjisi, tarım ve hayvancılık sektöründe önemli bir girdi olup, üretim süreçlerinin modernizasyonunda kritik bir role sahiptir. Tarımsal sulama, gübreleme, soğutma, süt sağım, yem karıştırma ve diğer büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde kullanılan makina ekipmanlar gibi faaliyetlerde yoğun olarak kullanılmaktadır (Tongwane ve Moeletsi 2018). Bir süt hayvancılığı işletmesinde elektrik enerjisinin %40’a yakını süt soğutma ve sağım ekipmanlarında harcanmaktadır (Höhendinger vd. 2023). Türkiye’de ise tarım ve hayvancılık sektöründe enerji maliyetlerinin toplam üretim giderlerinin %20-25’ini oluşturduğu rapor edilmiştir (Demircan vd. 2006). Bu durum, enerji maliyetlerini düşürmek ve sürdürülebilir enerji çözümleri geliştirmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin gerekliliğini vurgulamaktadır (Ozkan vd. 2004). Avrupa’da yapılan bir çalışmada, fotovoltaiik sistemlerin tarımsal sulama sistemlerine entegrasyonu ile enerji maliyetlerinin %35 oranında düşürülebileceği belirtilmiştir (Campana vd. 2013). Ayrıca, süt sağım makinalarında değişken devirli vakum pompalarının kullanımı, hem enerji tasarrufu hem de çevresel etkilerin azaltılması açısından önemli bir katkı sağlamaktadır (Rajaniemi vd. 2017).

1.1. Dünya’da Tarım ve Hayvancılık

Tarım ve hayvancılık, küresel gıda üretiminin bel kemiğini oluşturmakla birlikte, dünyadaki ekonomik, çevresel ve sosyal sistemler üzerinde derin bir etkiye sahiptir. FAO (2019) (Food and Agriculture Organization of the United Nations) verilerine göre, dünya genelindeki tarım arazileri yaklaşık 4.9 milyar hektarı bulmakta, bunun %68’i çayır ve meralar, %32’si ise ekilebilir arazi olarak kullanılmaktadır. Ancak, nüfus artışı, arazi kullanımı üzerindeki baskıyı artırırken, tarımsal üretim yöntemlerinin sürdürülebilirliği tartışma konusu olmuştur (Godfray vd. 2010). Modern tarım teknikleri, üretim verimliliğini artırmış olsa da, toprağın aşırı kullanımı, kimyasal gübrelerin yoğun tüketimi ve su kaynaklarının tükenmesi gibi sorunları beraberinde getirmiştir (Tilman vd. 2002). Bununla birlikte, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, tarımda mekanizasyon kullanım oranlarının düşük olması, üretim kapasitesini sınırlayan önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır (Pingali, 2007). Günümüzde, tarım sektörünün karşılaştığı temel zorluklar arasında iklim değişikliği, su kıtlığı ve biyolojik çeşitlilik kaybı yer almakta olup, bu durum hem üreticiler hem de politikacılar açısından acil çözüm gerektiren bir mesele olarak değerlendirilmektedir (IPCC, 2007).

Hayvancılık sektörü ise dünya çapında gıda güvenliği ve ekonomik kalkınmada kilit bir role sahiptir. FAO (2020) raporuna göre, hayvancılık sektörü, dünya genelindeki toplam tarımsal değerin %40’ını oluşturmakta ve yaklaşık 1.3 milyar insanın geçim kaynağını sağlamaktadır. Ancak, hayvancılık faaliyetlerinin karbon ayak izi, tarım sektöründeki en büyük çevresel sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Steinfeld vd. 2006). Süt ve et üretimindeki metan salınımları, tarım kaynaklı sera gazı emisyonlarının %14.5’ini oluşturmaktadır (Gerber vd. 2013). Bununla birlikte, özellikle endüstriyel hayvancılık uygulamalarında yoğun enerji ve su tüketimi, sektörün sürdürülebilirliği açısından önemli bir endişe kaynağıdır (Herrero ve Thornton 2013). Gelişmiş ülkelerde hayvancılık teknolojilerinin hızlı bir şekilde benimsenmesi ve verim artışı görülürken, gelişmekte olan ülkelerde geleneksel yöntemler hala ağırlığını korumaktadır (Thornton 2010). Bu durum, küresel ölçekte hayvancılık sektöründe önemli bir eşitsizliği beraberinde getirmektedir. Türkiye büyükbaş hayvan varlığı açısından 2020 yılında %1.02’lik payla dünyada 22. sırada yer almaktadır (FAO 2020).

Dünya genelinde tarım ve hayvancılık sektörünün sürdürülebilirliğini artırmak için yenilikçi çözümler geliştirilmesi kritik bir öneme sahiptir. Özellikle akıllı tarım teknolojileri, hassas hayvancılık uygulamaları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, sektörün çevresel etkilerini azaltmaya yönelik umut vaat eden yaklaşımlar olarak değerlendirilmektedir (Mulla 2013). Ayrıca, sürdürülebilir tarım ve hayvancılık politikalarının hayata geçirilmesi, gıda güvenliğinin sağlanmasında ve çevresel dengeyi korumada önemli bir rol oynamaktadır (Pretty vd. 2018). Gelişmekte olan ülkelerde, tarımsal mekanizasyonun yaygınlaştırılması ve hayvancılıkta enerji verimliliği uygulamalarının teşvik edilmesi, bu sektörlerin üretkenliğini artırmak için atılması gereken adımlar arasında yer almaktadır (Singh 2000). Tarım ve hayvancılık sektörleri, hem ekonomik kalkınma hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından birbirleriyle ilişkili, çok yönlü bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

1.2. Türkiye’de Tarım ve Hayvancılık

Türkiye, coğrafi yapısı, iklim çeşitliliği ve biyolojik zenginlikleriyle tarım ve hayvancılık faaliyetleri açısından önemli bir potansiyele sahiptir. FAO (2023) verilerine göre Türkiye, dünya tarımsal üretiminde stratejik bir konuma sahiptir ve tahıl, meyve-sebze ile süt ve et üretiminde önde gelen ülkelerden biridir. Ancak, tarım sektöründeki büyüme ve verimlilik artışına rağmen sektör, iklim değişikliği, su kaynaklarının azalması ve tarım arazilerinin şehirleşme nedeniyle daralmayla karşı karşıyadır (Bahtiyar 2014). TÜİK (2021a) verilerine göre, Türkiye'deki toplam tarım arazisi 24 milyon hektara kadar gerilemiştir ve bu durum, kırsal kalkınmayı olumsuz etkileyen önemli bir sorun olarak görülmektedir. Buna ek olarak, tarımda mekanizasyonun yaygınlaşması ve modern sulama tekniklerinin kullanımı artmakla birlikte, bu teknolojilerin yaygınlığı bölgesel farklılıklar göstermektedir (Altuntaş 2016). Öte yandan, tarımda dijitalleşme ve akıllı tarım uygulamaları, sektörde verimliliği artırma potansiyeli taşımakta, ancak bu teknolojilerin benimsenmesi hâlâ sınırlı kalmaktadır (Kılavuz ve Erdem 2019).

Türkiye’de hayvancılık sektörü ülkenin toplam tarımsal gelirinin yaklaşık %25’ini oluşturmaktadır (FAO 2024). TÜİK (2021b) (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre, Türkiye'deki büyükbaş hayvan varlığı 18 milyon civarındadır, ancak hayvan başına süt ve et verimliliği gelişmiş ülkelerin gerisindedir (Çak ve Yavuz 2023). Gerek küçük ölçekli üretim modeli gerekse yem maliyetlerindeki artış, Türkiye hayvancılık sektörünün en önemli sorunları arasında yer almaktadır (Yüzbaşıoğlu 2022). Özellikle yem hammaddelerinin %50’den fazlasının ithalata dayalı olması, sektörü dışa bağımlı hale getirmiştir (Doğan 2009). Ayrıca, Türkiye’de hayvancılıkta enerji maliyetlerinin yüksek olması, sürdürülebilir üretim için bir diğer engeldir (Yılmaz vd. 2010). Buna rağmen, hayvancılıkta modernizasyon çalışmaları, devlet destekleri ve teşviklerle artış göstermektedir. Büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığında belirgin bir artış görülürken, bölgesel olarak Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde küçük ölçekli aile işletmelerinin hâkimiyeti dikkat çekmektedir (TÜİK 2021b).

Türkiye’de tarım ve hayvancılık sektörlerinin sürdürülebilirliği için, yenilikçi politikaların uygulanması ve kırsal kalkınmayı destekleyici çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle, tarımsal desteklerin hedef odaklı olması, su yönetiminin etkin bir şekilde planlanması ve modern hayvancılık uygulamalarının teşvik edilmesi, sektörlerin sürdürülebilir büyümesini sağlamak için kritik öneme sahiptir (Özkul ve Bozkurt 2020). Tarım ve hayvancılıkta yenilenebilir enerji kullanımı ve dijitalleşme, üretim maliyetlerini düşürmek ve çevresel etkileri azaltmak için umut vaat eden alanlar arasında yer almaktadır (Eren 2012). Ayrıca, hayvancılıkta yem üretimini artıracak yerli politikaların teşvik edilmesi ve tarım arazilerinin korunması, sektördeki verimlilik artışı için hayati önem taşımaktadır (Bahtiyar 2014). Türkiye’nin tarım ve hayvancılık sektörleri, güçlü bir potansiyele sahip olmakla birlikte, karşı karşıya olduğu yapısal sorunların çözülmesi ve sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesiyle küresel pazarda daha rekabetçi hale gelebilir. Son yıllarda yapılan çalışmalar sonrası “Türkiye’de Tarıma Dayalı İhtisaslaştırılmış Organize Sanayi Bölgeleri” oluşturulmuştur. Bu kapsamda besi sığırı, süt sığırı, su ürünleri, bitkisel üretimde ve serada yetiştiricilik alanlarında bazı illerde organize sanayi bölgeleri kurulmuştur (Şekil 1.1) (Anonim 1).



Şekil 1.1. Türkiye’de Tarıma dayalı ihtisaslaştırılmış organize sanayi bölgeleri (Anonim 1)

1.3. Türkiye’de Büyükbaş Hayvancılık İstatistikleri ve Mevcut Durum

Türkiye, büyükbaş hayvancılık açısından önemli bir potansiyele sahip olmakla birlikte, bu alanda üretim miktarları ve hayvan varlığı son yıllarda önemli dalgalanmalar göstermiştir. TÜİK (2021b) verilerine göre, Türkiye'deki büyükbaş hayvan sayısı 18 milyon civarındadır ve bu sayı son on yılda yaklaşık %15 oranında artış göstermiştir. Ancak bu artış, büyük ölçüde devlet teşvikleri ve ithalat politikalarının etkisiyle sağlanmıştır (Çak ve Yavuz 2023). Büyükbaş hayvancılıkta en yaygın tür sığır olup, toplam hayvan varlığının %90’ından fazlasını oluşturmaktadır (FAO 2024). 2020 yılında büyükbaş hayvanlardan elde edilen süt üretimi yaklaşık 23 milyon ton, et üretimi ise 1,2 milyon ton olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2021b). Ancak, süt verimi ve karkas et verimi, Avrupa Birliği ülkelerine kıyasla düşük seviyelerdedir. Türkiye’de inek başına yıllık süt verimi yaklaşık 4.000 litre iken, bu rakam AB ülkelerinde 7.000 litreyi aşmaktadır (Yüzbaşıoğlu 2022). Düşük verimlilik; yem maliyetlerinin yüksekliği, genetik ıslah çalışmalarındaki yetersizlikler ve küçük ölçekli işletme yapısından kaynaklanmaktadır (Aksoy vd. 2012). Özellikle yem hammaddelerinin %50’den fazlasının ithalat yoluyla karşılanması, sektörde maliyetlerin artmasına neden olmaktadır (Bahtiyar 2014).

Türkiye’de büyükbaş hayvancılık sektörü, üretim potansiyeline rağmen yapısal sorunlarla karşı karşıyadır. Hayvan varlığının %70’i Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yoğunlaşmış olup, bu bölgelerdeki işletmelerin büyük bir kısmı küçük ölçekli aile işletmelerinden oluşmaktadır (TÜİK 2024a). Küçük ölçekli işletmelerin modern ekipmanlara erişimi sınırlı olup, verimliliği artıracak mekanizasyon ve teknoloji kullanımı yeterince yaygın değildir (Altuntaş 2016). Bunun yanı sıra, enerji maliyetleri ve altyapı eksiklikleri gibi sorunlar da işletmelerin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Öztürk vd. 2018). Devletin sağladığı destekler, özellikle damızlık hayvan ithalatı ve yem üretimini artırmaya yönelik politikalarla sektörde iyileşme sağlamayı hedeflemektedir (Çobanoğlu vd. 2017). Ancak, verimliliğin artırılması ve dışa bağımlılığın azaltılması için, modern yetiştirme yöntemlerinin benimsenmesi ve eğitim programlarının yaygınlaştırılması gereklidir. Türkiye büyükbaş hayvancılıkta önemli bir üretim

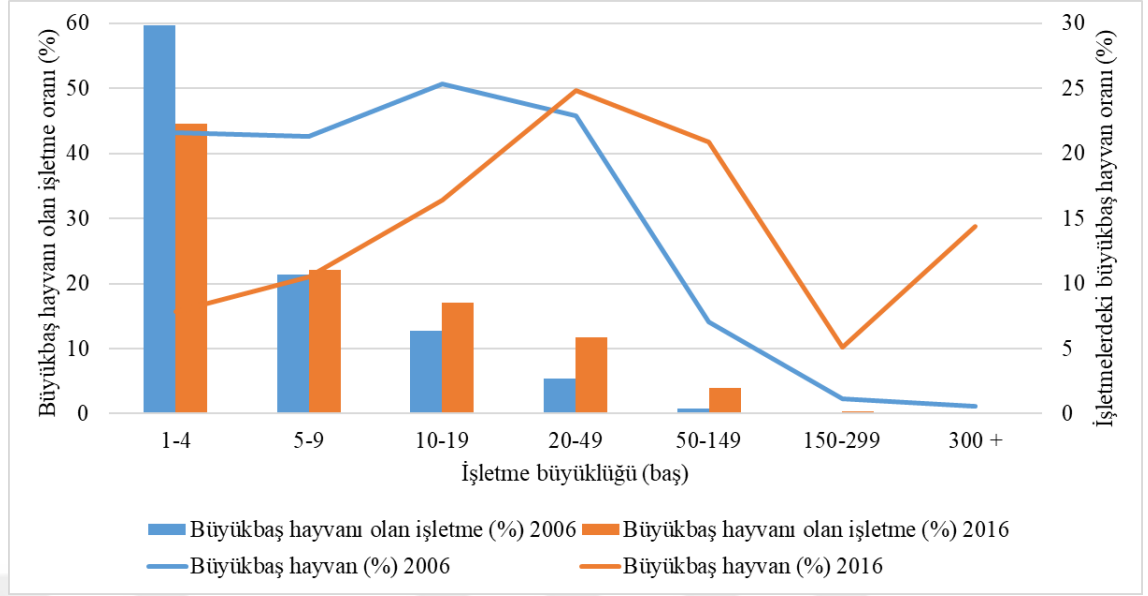
potansiyeline sahip olsa da bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilmesi için yapısal sorunların giderilmesi gerekmektedir.

İşletmelerin hayvan varlığı sayılarına göre çok farklı değerlendirme bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucu literatürde yer alan farklı sınıflandırmalar Çizelge 1.1.'de kaynakları ile birlikte verilmiştir. TÜİK dışında yer alan sınıflandırmalarda o sınıfa ait hayvan sayısı değerlerine ulaşamamıştır. Dolayısıyla yapılan değerlendirme ve yorumlarda TÜİK tarafından yapılan grupta hayvan varlığı sayısı açısından 1-4, 5-9, 10-19, 20-49, 50-149, 150-299 ve 300 baş ve üzeri olmak üzere 7 farklı sınıflandırma yapılmıştır.

Türkiye genelindeki tüm işletmelerin 2006 ve 2016 yıllarındaki büyükbaş hayvanı olan işletmelerin büyüklüklerine göre oranları ve bu gruplarda yer alan işletmelerdeki büyükbaş hayvanların toplam sayıda yüzde kaçta tekabül ettiği Şekil 1.2'de verilmiştir (TÜİK 2021b). Büyükbaş hayvanı olan işletmelerin oranı (%), 300+ baş için 2006 yılında %0.006 ve 2016 yılında ise %0.204 olduğundan dolayı grafikte görülemeyecek kadar küçüktür. Küçük işletme olarak tanımlanabilecek 1-4 baş hayvan sayısına sahip işletmelerin oranı 2006 yılında %60'larda iken, 2016 yılında %45'lere gerilemiştir. Bunun yanında 5-9 baş aralığındaki işletme oranlarında büyük bir değişiklik görülmezken, 10-19 ve 20-49 baş aralığındaki işletme oranlarında ciddi artışlar olmuştur. Bununla birlikte yine 2006 yılında bu gruplarda yer alan toplam büyükbaş hayvan sayısı 2016 yılında daha da artmıştır. Özellikle 300 baş ve üzeri hayvan sayısına sahip işletmelerde bulunan toplam hayvanların sayısı 2006 yılında neredeyse yok denecek kadar azken, 2016 yılında toplam dağılımın içinde bu grup %15'lik bir paya sahip olmuştur. Bu durumda büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde küçük ve orta denilebilecek büyüklüklerdeki işletmelerin oranı azalırken, orta-büyük ve büyük işletmelerin oranında ciddi bir artış görülmüştür. Bu artış ülke hayvancılığı açısından önemli bir gelişme olarak görülebilir.

Çizelge 1.1. Büyükbaş hayvan varlığına göre sınıflandırma grupları

Sınıflandırma Ayrımı							Referans
1-4	5-9	10-19	20-49	50-99			Vural ve Fidan 2007
1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	100+		Güven ve Yavuz 2020
1-4	5-9	10-19	20-49	50-149	150-299	300+	TÜİK 2021b
5-14	15-24	25+					İçöz 2004
1-15	16-35	36+					Tandoğan 2006
1-10	11-35	36+					Cicek vd. 2008
1-30	31-60	61+					Torgut vd. 2019
5-8 baş küçük işletme							Akdeniz ve Kılıçkan 2018
1-10 baş küçük işletme							Yercan ve Kınıklı 2018
50 baş küçük işletme							Uğuz 2017



Şekil 1.2. Türkiye’de büyükbaş hayvan sayısı gruplarına göre işletme varlığı (TÜİK 2021b)

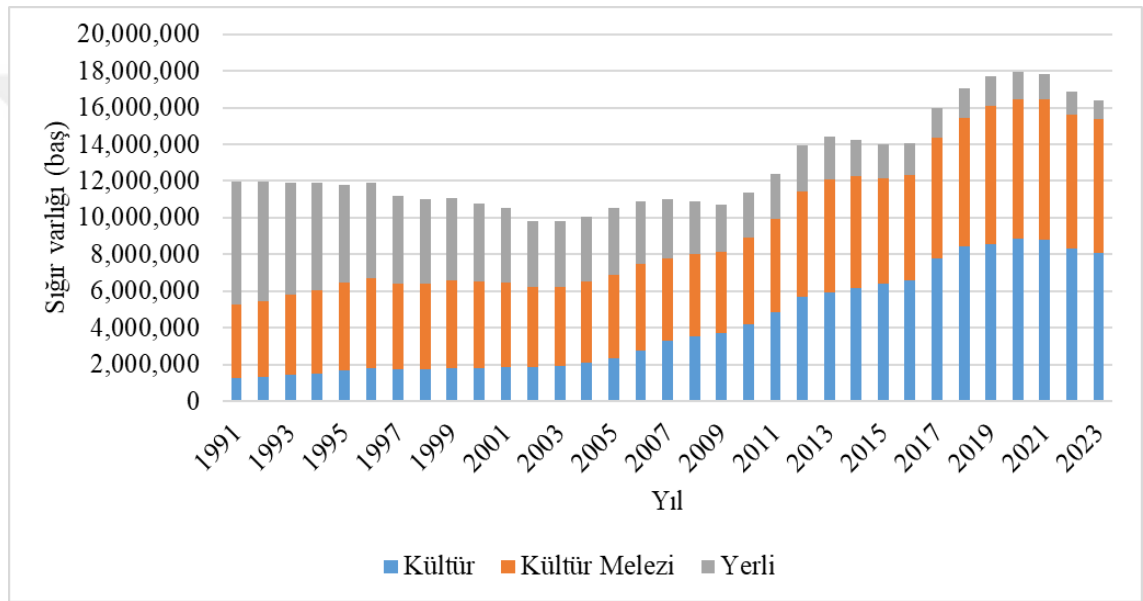
TÜİK Türkiye’yi 12 farklı bölgeye ayırmış, bu bölgelere ayrı ayrı kodlar verilmiştir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. TÜİK bölge adı açıklamaları (TÜİK 2024a)

Kod	Bölge Adı	Bölge Kapsamı
TR1	İstanbul	İstanbul
TR2	Batı Marmara	Balıkesir, Çanakkale, Edirne, Kırklareli, Tekirdağ
TR3	Ege	Afyon, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla, Uşak
TR4	Doğu Marmara	Bilecik, Bolu, Bursa, Eskişehir, Kocaeli, Sakarya, Yalova, Düzce
TR5	Batı Anadolu	Ankara, Konya, Karaman
TR6	Akdeniz	Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Mersin, Kahramanmaraş, Osmaniye
TR7	Orta Anadolu	Kayseri, Kırşehir, Nevşehir, Niğde, Sivas, Yozgat, Aksaray, Kırıkkale
TR8	Batı Karadeniz	Amasya, Çankırı, Çorum, Kastamonu, Samsun, Sinop, Tokat, Zonguldak, Bartın, Karabük,
TR9	Doğu Karadeniz	Artvin, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon
TRA	Kuzeydoğu Anadolu	Ağrı, Erzincan, Erzurum, Kars, Bayburt, Ardahan, Iğdır
TRB	Ortadoğu Anadolu	Bingöl, Bitlis, Elazığ, Hakkari, Malatya, Muş, Tunceli, Van
TRC	Güneydoğu Anadolu	Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Batman, Şırnak, Kilis

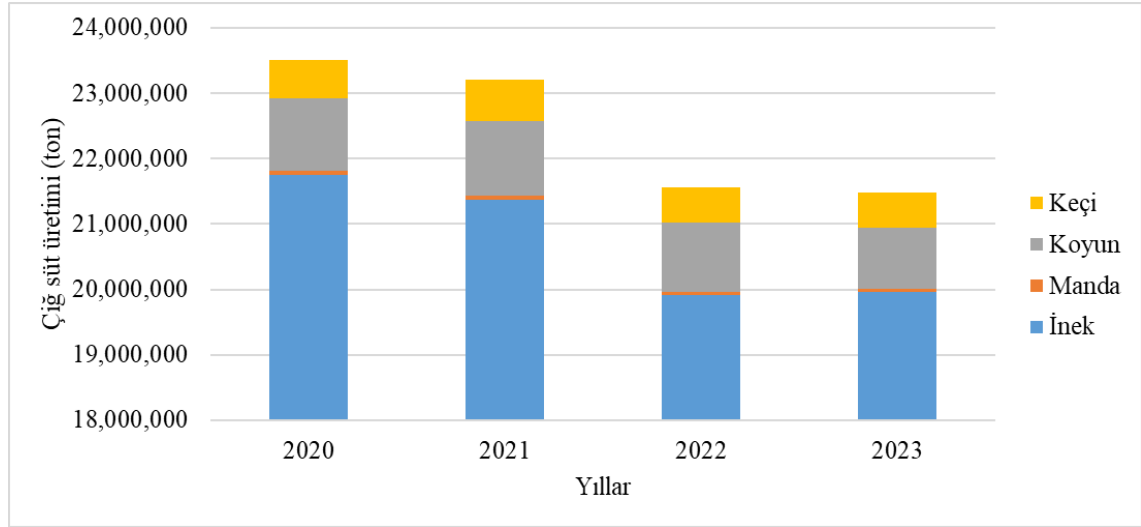
Mevcut 7 bölge düşünüldüğünde, Marmara Bölgesi için TR1, TR2 ve TR4, İç Anadolu Bölgesi için TR5 ve TR7, Karadeniz Bölgesi için TR8 ve TR9, Doğu Anadolu Bölgesi için TRA ve TRB kodlu bölgeler birleştirilebilir. Bunların dışında Ege (TR3), Akdeniz (TR6) ve Güneydoğu Anadolu (TRC) Bölgelerinde herhangi bir değişiklik görülmemiş, bu bölgelere ait iller aynı şekilde kalmıştır.

Türkiye’de 1991-2023 yılları arasındaki sığır varlığı türlerine göre sınıflandırılacak olursa, 1998’li yılların sonunda yerli ırkların çoğunluğunun sona erdiği ve kültür melezinin çoğunlukta olduğu söylenebilir. 2008’li yıllardan sonra yerli ırkların kültür ırklarının altında kaldığı görülmektedir. 2013 yılından sonra ise kültür ırkları kültür melezi ve yerli ırka göre daha yüksek sayılara ulaşmıştır. Türkiye’de 2023 yılında toplam 16,421,256 baş sığır bulunurken tüm sığır varlığı arasında kültür ırkı %49.14, kültür melezi ırkı %44.48 ve yerli ırk ise %6.38 orana sahiptir (Şekil 1.3) (TÜİK 2024a).



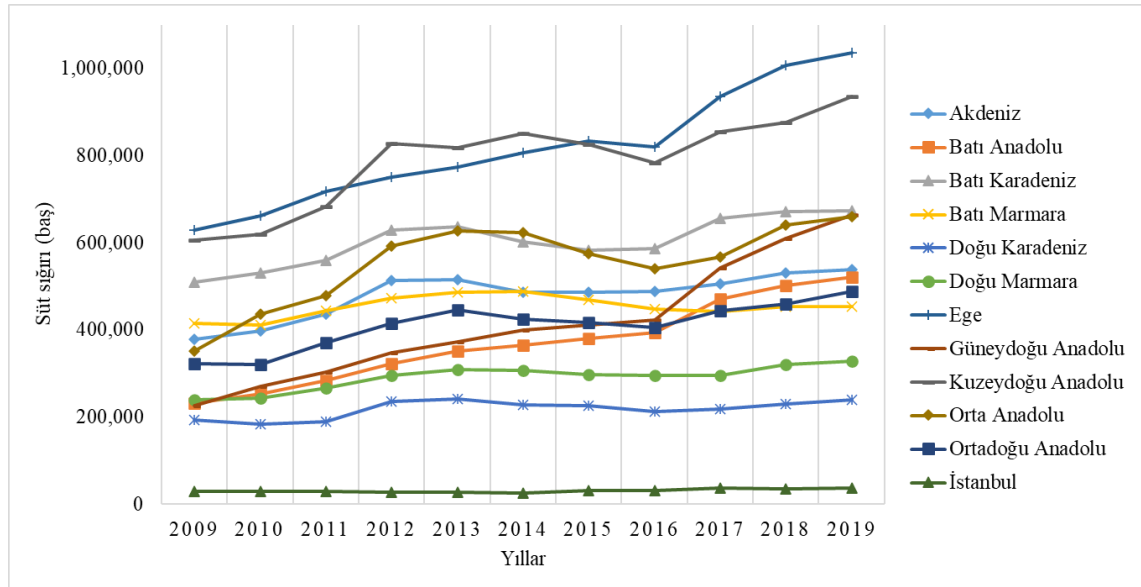
Şekil 1.3. Türkiye’de yıllara göre sığır ırkları varlığı (TÜİK 2024a)

Türkiye’de 2020 ve 2023 yılları arasında çiğ süt üretiminin keçi, koyun, manda ve ineklere göre dağılımı incelenmiştir. Bu inceleme sonunda 2020 yılından sonra ciddi oranda bir azalma görülmüş, özellikle 2021 yılı sonrası %7’lik keskin bir düşüş görülmektedir. 2023 yılında ise toplam süt üretiminin %92.93’ü ineklerden, %4.35’i koyunlardan, %2.53’ü keçilerden ve %0.20’si mandalardan gelmiştir. Bu yılda toplam 19,961,908 ton inek sütü üretilmiştir. (Şekil 1.4) (TÜİK 2024a). Yıllara göre nüfusun arttığı ve tüm gıdalara olan talebin arttığı düşünülürse, Türkiye’nin gelecek yıllarda büyük bir süt sıkıntısı yaşayacağı söylenebilir.



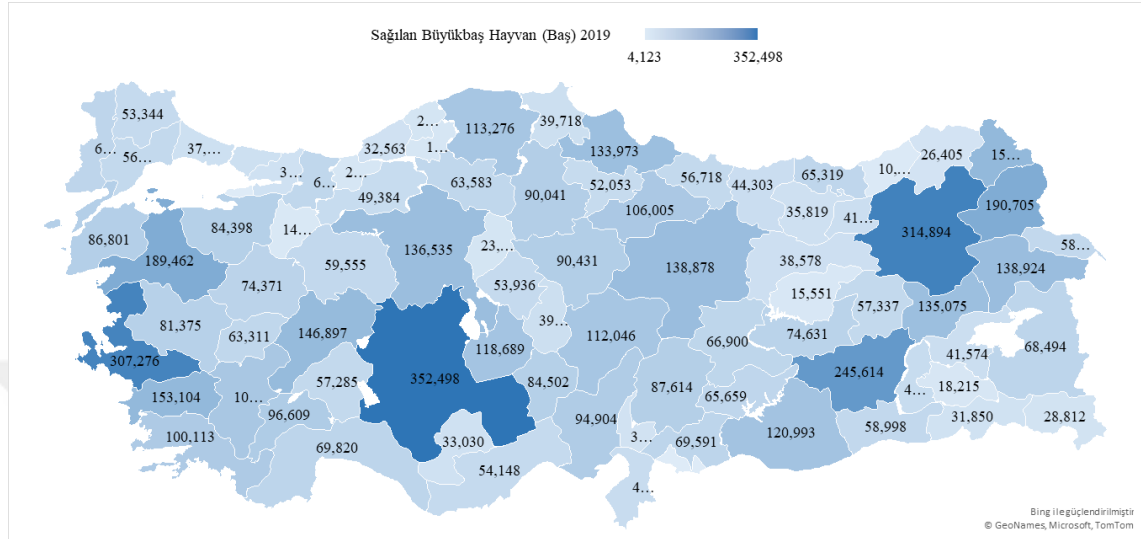
Şekil 1.4. Türkiye’de yıllara göre çiğ süt üretimi (TÜİK 2024a)

Sığır varlığı dağılımı 2009 - 2019 yılları arasında bölgelere göre incelenecek olursa, Doğu Karadeniz ve Doğu Marmara Bölgelerinde çok büyük bir değişiklik olmamakla birlikte, tüm bölgeler arasında son iki sırada yer almışlardır. Batı Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde ise 2016 yılı sonrası büyük bir artış görülmüş ve bu artışın devlet desteklemelerinden dolayı olduğu düşünülmektedir (Çobanoğlu vd. 2017). İlk iki sırada Kuzeydoğu Anadolu ve Ege Bölgeleri yer alırken, bu iki bölge arasında 2011 ve 2015 yılları arasında zaman zaman ilk sırada değişiklikler olmuş, 2015 sonrası Ege Bölgesinin farkı açarak Türkiye’de en çok süt sığırları varlığına sahip bölge olduğu görülmektedir. Ege Bölgesi tüm bölgeler arasında %16, Kuzeydoğu Anadolu %14, Doğu Karadeniz Bölgesi %4, İstanbul ise %1 paya sahiptir (Şekil 1.5) (TÜİK 2024a).



Şekil 1.5. Türkiye’de bölgelere göre süt sığırları varlığı dağılımı (TÜİK 2024a)

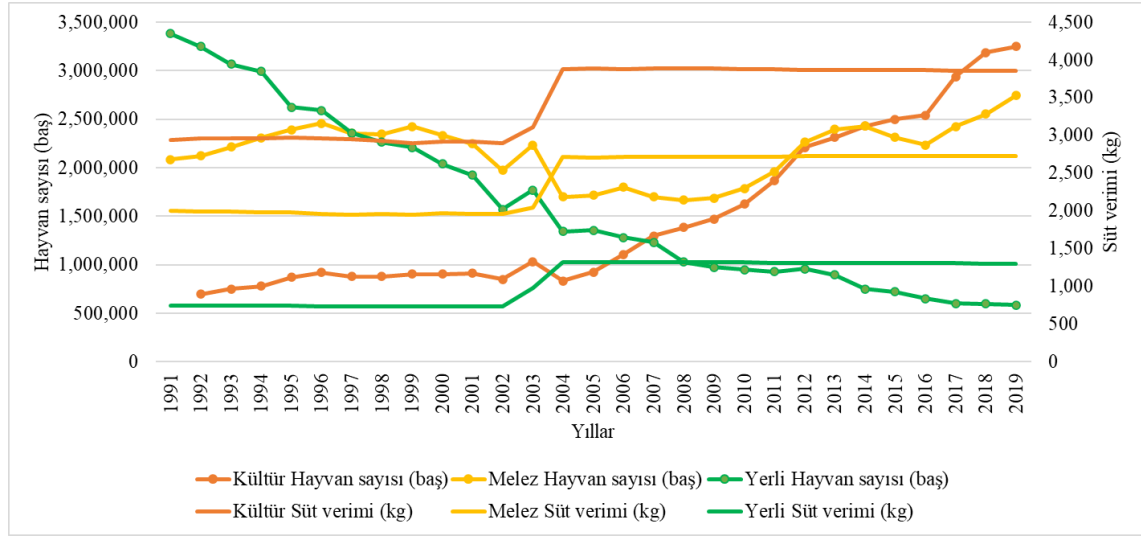
Türkiye’de sağılan büyükbaş hayvan sayıları incelendiğinde en güncel verinin 2019 yılına ait olduğu görülmüştür. Bu verilere göre en yüksek sağmal büyükbaş hayvan sayısı sırasıyla 352,498 baş ile Konya, 314,894 baş ile Erzurum ve 307,279 baş ile İzmir illerinde görülmüştür. En düşük ise yine sırasıyla 4,123 baş ile Yalova, 4,779 baş ile Kilis ve 10,509 baş ile Rize illerindedir (Şekil 1.6) (TÜİK 2024a).



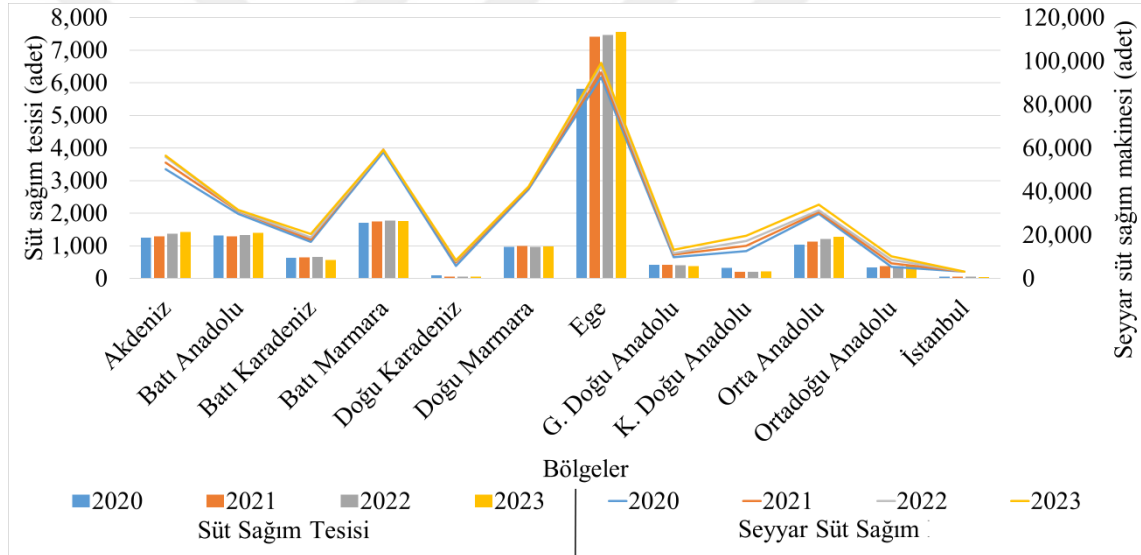
Şekil 1.6. Türkiye’de illere göre sağılan büyükbaş hayvan sayısı (baş) (TÜİK 2024a)

Büyükbaş ırklarına göre yıllık süt verimleri incelendiğinde, 1991 yılında yerli ırklarda yıllık ortalama 744 kg olurken, melezde 2,007 ve kültürde 2,940 olarak görülmektedir. Buna karşılık süt verimi en düşük sırada yer almasına rağmen aynı yılda 3,381,244 baş ile en yüksek hayvan varlığına yerli ırklar sahiptir. 2002 ve 2004 yıllarında tüm ırklarda süt veriminde doğrusal bir artış görülürken, günümüzde halen en yüksek verime kültür ırkları sahiptir. Yıllar geçtikçe yüksek verimleri fark edilen kültür ırkları 1991 yılında 650,739 baş sayıya sahip olurken, 2007 yılında yerli ırkları geçmiş, 2011 ve 2014 yılları arasında melez ırkların sayısını yakalamış ve 2015 yılı sonrasında onu da geçerek Türkiye’de en çok sayıya sahip yetiştirilen büyükbaş hayvan ırkı olmuştur (Şekil 1.7) (TÜİK 2024a).

Süt sağım tesisleri ve seyyar süt sağım makinalarının son 4 yıllık TÜİK verileri incelenmiştir. Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi'nin, Ege Bölgesi ardından en yüksek süt sığıncılığına sahip olmasına rağmen bu bölge neredeyse en düşük mekanizasyona sahip olan bölge denilebilir. Hem seyyar süt sağım makinası (99,136 adet) hem de süt sağım tesisi (7,554) açısından Ege bölgesi 2023 yılında en yüksek mekanizasyona sahip olan bölge olmuştur. Bunun yanında ise her iki sistem içinde ikinci sırada Batı Marmara Bölgesi yer almıştır. Yıllar bazında makinalardaki artış ve azalışlar incelendiğinde küçük farklılıklar görülürken, özellikle Ege Bölgesi'nde 2020 yılı sonrası süt sağım tesislerinde ciddi bir artış görülmüştür (Şekil 1.8) (TÜİK 2024a).



Şekil 1.7. Türkiye’de 1991 ve 2019 yılları arası ırklara göre süt verimi (TÜİK 2024a)

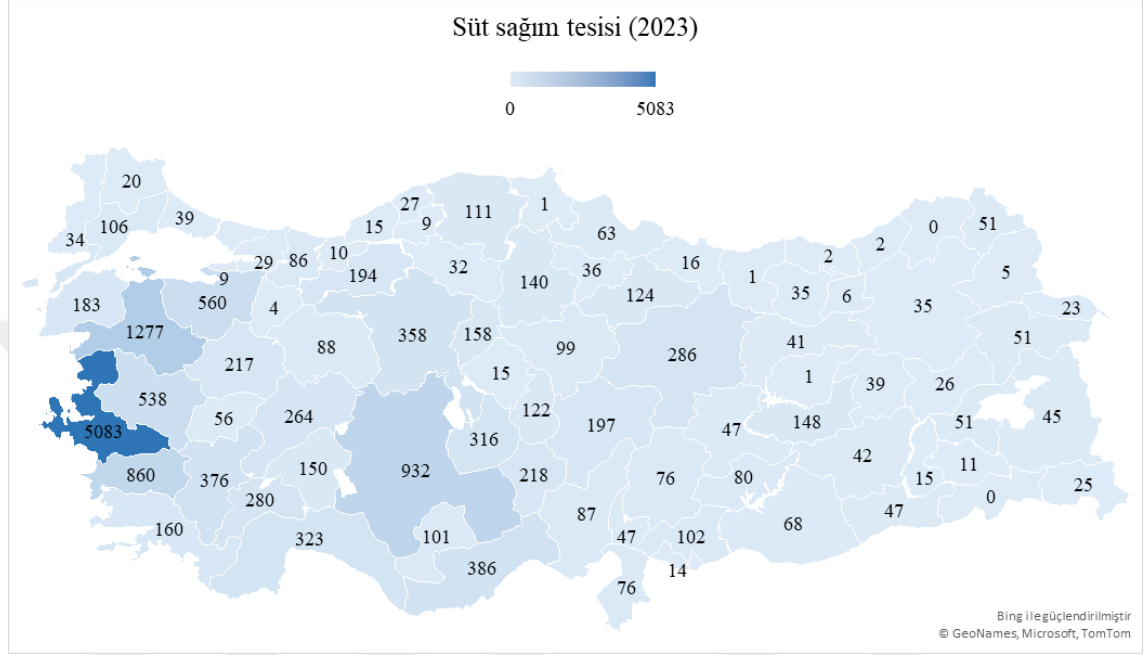


Şekil 1.8. Türkiye’de bölgelere ve yıllara göre süt sağım sistemleri varlığı (TÜİK 2024a)

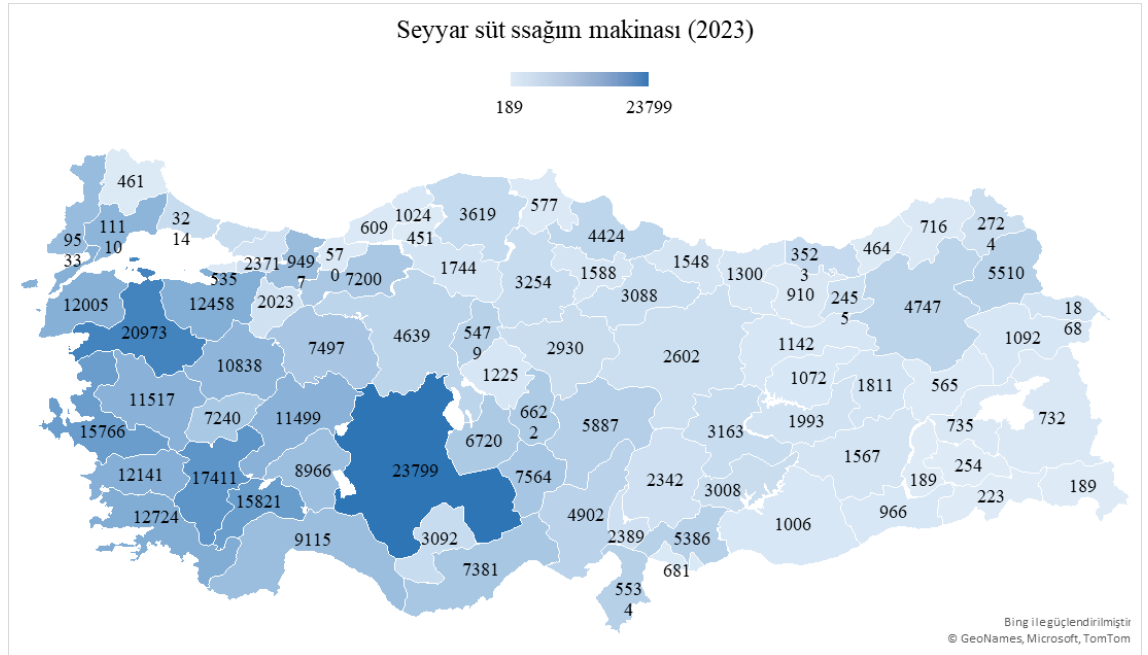
Süt sağım tesisi 2023 yılında Türkiye’de illere bakıldığında 5,083 adet ile en yüksek il İzmir olurken, bunu 1,277 adet ile Balıkesir ve ardından 932 adet ile Konya ili takip etmiştir. İzmir toplam 16,007 adet süt sağım tesisi arasında %31.75’lik bir paya sahiptir. İlk üç ilin payı ise %45,54’tür. Artvin, Bayburt, Bilecik, Düzce, Giresun, Karabük, Kars, Rize, Sinop, Şırnak, Trabzon, Tunceli ve Yalova illerinde ise hiç süt sağım tesisi bulunmamaktadır veya 10 ve altı sayıdadır (Şekil 1.9) (TÜİK 2024a).

Seyyar süt sağım makinası varlığının 2023 yılında Türkiye’deki illere göre dağılımı incelenecek olursa, süt sağım tesislerine göre biraz daha dağınık bir yapı görülebilir. Bu dağılımın ve süt sağım tesislerinin daha az olmasının sebebinin pahalılık olabileceği yapılan çalışmalarda görülmüştür (Akbaş vd. 2018). Konya ilinde 23,799 adet seyyar süt sağım makinası varlığı bulunurken, ikinci sırada 20,973 adet ile Balıkesir ve

üçüncü sırada 17,411 adet ile Denizli illeri yer almaktadır. Konya ili Türkiye’de yer alan toplam 397,509 adet seyyar süt sağım makinalarının %5,98’ine sahip olsa da ilk üç il dışında, Afyonkarahisar, Aydın, Burdur, Bursa, Çanakkale, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Tekirdağ illerinde 10,000 adet ve üzeri seyyar süt sağım makinası bulunmaktadır. En düşük sayı 189 adet ile Batman ve Hakkari illerindedir (Şekil 1.10) (TÜİK 2024a).

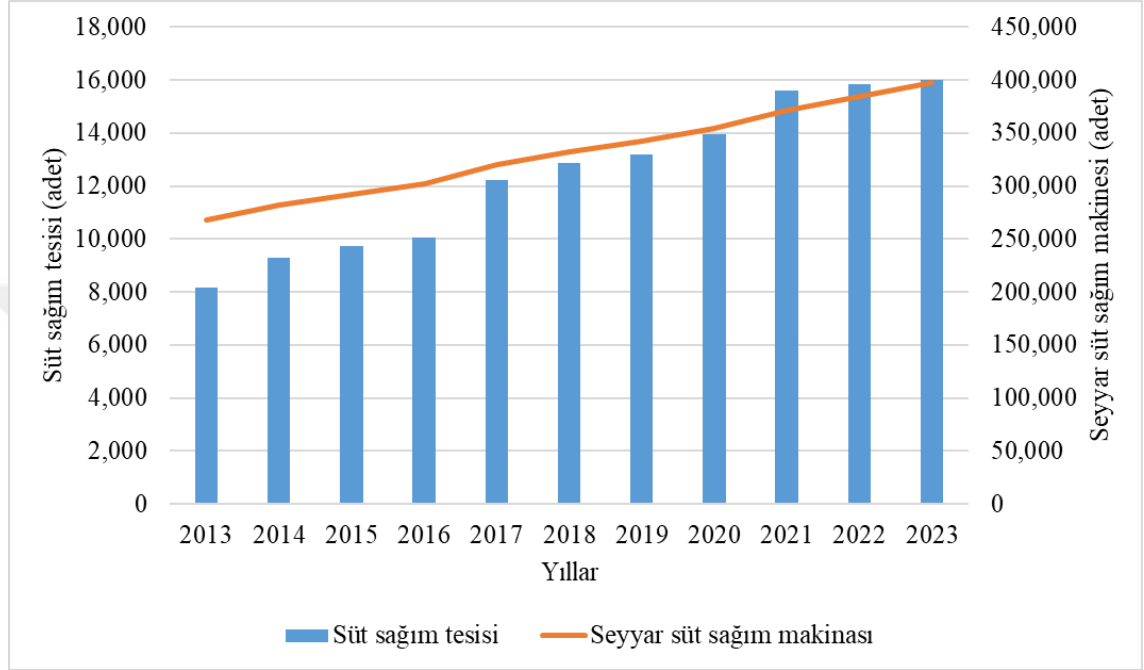


Şekil 1.9. Türkiye’de illere göre süt sağım tesisi varlığı (TÜİK 2024a)



Şekil 1.10. Türkiye’de illere göre seyyar süt sağım makinası varlığı (TÜİK 2024a)

Türkiye’de 2013 ile 2023 yılları arasında süt sağım tesisi ve seyyar süt sağım makinalarının varlığı incelenmiş, 2013 yılında 8,182 adet olan süt sağım tesisi sayısı yaklaşık 1.96 kat artarak 2023 yılında 16,007 adet olmuştur. Aynı durum seyyar süt sağım makinası için incelendiğinde ise 2013 yılında 268,164 adetten 1.48 kat artarak 2023 yılında 397,509 adet olduğu belirlenmiştir (Şekil 1.11) (TÜİK 2024a). Süt sağım tesislerindeki artış oranının daha yüksek olması, mekanizasyon düzeyinin gelişmişliği açısından olumlu bir göstergedir.



Şekil 1.11. Türkiye’de yıllara göre süt sağım makinaları varlığı (TÜİK 2024a)

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Süt Sığırı Barınakları

Sığırların barındırıldıkları ve beslendikleri yapılara barınak veya ahır denir. Süt sığırı barınakları; hayvanları olumsuz çevre koşullarından koruyacak, bakım, yemleme, temizlik ve sağım işlemlerinin kolayca yapılmasını sağlayacak şekilde, çeşitli yaş gruplarından hayvanları barındırabilecek bölümlere sahip, düşük maliyetli ve ileride büyütülmeye olanak verecek şekilde yapılmalıdır. Süt sığırı barınakları, yapıldığı yerin iklim koşullarına göre “Duraklı Kapalı Barınaklar”, “Duraksız Kapalı Barınaklar”, “Duraklı Açık (Serbest) Barınaklar” ve “Duraksız Açık (Serbest) Barınaklar” olmak üzere dört farklı biçimde yapılır. Duraklı Kapalı ve Duraksız Kapalı Barınaklar genellikle soğuk, Duraksız Açık (Serbest) ve Duraklı Açık Barınaklar ise sıcak iklime sahip yerlerde yapılırlar (Ekmekyapar 2001; Büyüктаş vd. 2016).

2.1.1. Duraklı kapalı barınaklar

Soğuk iklim koşulları için planlanan bu barınaklarda, barınak içerisinde her hayvan için bir durak vardır ve hayvanların dinlenme, sağım, yemleme ve sulama işleri kendileri için ayrılmış bu duraklarda yapılır. İnekler günün birkaç saati dışında duraklarda bağlı olarak kalırlar. Soğuk iklim koşullarında kapalı barınağın uzun eksenini kuzey-güney yönünde olmalıdır. Bu tip barınaklarda işgücü gereksiniminin artması nedeniyle sağmal hayvan sayısının 60 başa kadar olması önerilir. Duraklı kapalı barınaklarda duraklar hayvan sayısına bağlı olarak, tek sıralı, iki sıralı ya da ikiden fazla sıralı olarak yapılabilirler. Barınaktaki hayvan sayısı 10’dan az ise durakların tek sıralı, 10-100 arasında ise iki sıralı yapılması daha uygundur. İki sıralı planlamada barınak içerisinde duraklar, inekler birbirlerine ya da duvara bakacak şekilde düzenlenebilir. Durakların ineklerin birbirlerine bakacak şekilde planlanmaları durumunda yem servis yolu ortada, tam tersi durumunda ise temizlik servis yolu ortada olacaktır. Birinci durumda yemleme kolay ve çabuk yapılırken, temizlik ve sağım zaman alacaktır. İkinci durumda ise yemleme uzun zaman alırken, sağım ve temizlik daha kolay ve çabuk yapılır (Ekmekyapar 2001; Büyüктаş vd. 2016).

2.1.2. Duraksız kapalı barınaklar (kapalı serbest barınaklar)

Duraksız kapalı ya da kapalı serbest barınaklar duraklı barınaklar gibi soğuk iklimler için uygun olan barınak tipidir. Duraklı kapalı barınaklardan tek farkı barınak içerisinde hayvanlar için herhangi bir durak platformunun bulunmaması ve dolayısı ile hayvanların barınak içerisinde kendilerine ayrılmış bölmelerde serbest şekilde dolaşabilmeleridir. Bu tip barınaklarda hayvanlar serbest dolaştığı için yaralanma olaylarının olmaması, hayvanların birbirlerine zarar vermemeleri, hayvanların kontrolünün, bakımlarının ve beslemelerinin daha kolay yapılabilmesi için barınak içi bölmelere ayrılarak hayvanların bu bölmelerde gruplar şeklinde barındırılması gerekir. Bölmeler gruplandırılırken hayvanların yaşları ve canlı ağırlıkları dikkate alınarak birbirlerine yakın olan yaş ve canlı ağırlıktaki hayvanlar 10-15’li gruplar halinde barındırılmalıdır (Ekmekyapar 2001; Büyüктаş vd. 2016).

Kapalı serbest barınaklar, çok yaygın olmamakla birlikte durakların bulunmaması nedeni ile ekonomik olmasından dolayı uygulanmaktadır. Bu tip barınaklarda hayvanların

yemleme, temizlik ve bakım işleri duraklı kapalı barınaklarda olduğu gibidir. Duraklı ve duraksız kapalı barınaklar, süt sığırcılığı işletmesi olarak; barınak (sağmal olan hayvanların kaldığı bölüm), süt odası, yem depoları, düve, tosun, boğa, buzağı, doğum, hasta hayvan, alet ekipman bölmeleri, ofis (kayıtların tutulduğu) ve gübre deposu kısımlarından oluşur (Ekmekyapar 2001; Büyüктаş vd. 2016).

2.1.3. Duraksız (serbest) açık barınaklar

Serbest veya açık barınak sistemi olarak tanımlanan bu barınaklar, üç cephesi kapalı, bir cephesi açık (özellikle güney ya da doğu cephesi açık) üstü bir çatıyla örtülü yapılardır. Bu sistemde inekler sağım dışındaki zamanlarını kapalı alan içerisinde ve gezinme yerinde (padox) geçirirler. Serbest barınak sistemi, inşaat maliyeti ve iş ekonomisi yönünden kapalı sisteme göre daha ekonomiktir. Ancak serbest barınağın ekonomik olabilmesi için inek sayısının 20'nin üstünde olması gerekir. Çünkü serbest sistemde ayrı bir sağım yeri ve süt odasının yapımı zorunludur. İnek sayısının 20'den az olduğu durumlarda ayrı bir sağım yeri ve süt odasının yapımı, barınağın maliyetini yükseltmektedir (Ekmekyapar 2001; Büyüктаş vd. 2016).

2.1.4. Duraklı (serbest) açık barınaklar

Bu tip barınaklar, duraklı kapalı barınaklarla duraksız açık (serbest) barınakların olumlu yönleri birleştirilerek geliştirilmesinden oluşan barınak tipleridir. Bu sistemde barınak içerisinde her bir inek için bir durak planlanır. Bu duraklarda inekler bağımsız olarak dururlar ve duraklarda yemlik kısmı yoktur. Bu nedenle yemleme, sulama ve sağım işlemleri barınak içinde ya da gezinme alanında ayrı planlanan yerlerde yapılır. İnekler dinlenme yerinde planlanan durakları sadece yatarak dinlenmek için kullanırlar. Bunun dışındaki zamanlarını barınak içerisinde veya gezinme alanında geçirirler. Serbest duraklı sistemlerde durakların planlanmasının amacı hayvanların birbirlerine zarar vermeden yatabilecekleri temiz, kuru ve güvenli bir dinlenme alanını oluşturmaktır. Serbest duraklı barınaklar ülkemizin her tarafında uygulanabilir. Ancak inek sayısı 60'tan fazla olan işletmeler için önerilmekte, 100'den fazla olan işletmelerde ise en ekonomik olmaktadır.

Duraklı ve duraksız açık barınaklar, süt sığırcılığı işletmesi olarak; dinlenme (üstü kapalı alan), gezinme (padox), sağım yerleri ve süt odası, yemleme ve yem depoları, düve, tosun, boğa, buzağı, doğum, hasta hayvan, alet ekipman bölmeleri, ofis (kayıtların tutulduğu) ve gübre deposu kısımlarından oluşur (Ekmekyapar 2001; Büyüктаş vd. 2016).

2.2. Süt Sığırı Barınaklarının Mekanizasyon Özellikleri

Büyükbaş hayvancılıkta kullanılan makinalar, iş gücünü azaltmak ve verimliliği artırmak için hayati bir rol oynar. Yem hazırlama makinaları, karıştırıcılar ve ot biçme makinaları, hayvanların kaliteli beslenmesini sağlamak için yaygın olarak kullanılır (Dimov vd. 2020). Sağım makinaları, süt üretiminde verimliliği artırırken hijyen standartlarının korunmasına da katkıda bulunur (Toma vd. 2013). Süt soğutma tankları, üretilen sütün kalitesinin korunması için kritik bir öneme sahiptir (De Vries vd. 2020). Gübre taşıma ve işleme makinaları, çevre dostu atık yönetimini kolaylaştırırken, hayvan refahı için gerekli olan havalandırma sistemleri, ahır içi iklimlendirmeyi optimize eder (Sandars vd. 2003). Bu makinaların doğru seçimi ve kullanımı, işletmenin enerji

tüketimini düşürürken, sürdürülebilir tarıma katkıda bulunur (Van Doorn ve Jongeneel 2022; Majeed vd. 2023).

Süt sığırı yetiştiriciliği, büyükbaş hayvancılık sektörünün en önemli alanlarından biridir ve dünya genelinde artan süt talebini karşılamayı hedefler. Yetiştiricilikte genetik iyileştirme, doğru beslenme ve uygun barınak koşulları, verimliliğin artırılmasında temel faktörlerdir (Britt vd. 2021; Hansen vd. 2022). Süt sığırlarının enerji gereksinimlerini karşılamak için özel olarak hazırlanmış yemler süt verimini artırırken hayvanların sağlık durumunu da iyileştirir (Johansen vd. 2024). Sağım teknolojilerindeki gelişmeler, hem hijyen hem de süt kalitesi açısından önemli avantajlar sunar (Nyokabi vd. 2021). Ayrıca, süt sığırı yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlik, çevresel etkileri azaltmak için giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Uwizeye vd. 2016; Garnsworthy vd. 2024). İleri mekanizasyon ve biyoteknolojik yenilikler, sektörün gelecekte daha da gelişmesine olanak sağlayacaktır (Capper vd. 2009).

2.2.1. Süt sağım sistemleri

Büyükbaş hayvancılıkta süt sağım sistemleri, süt üretim sürecinde iş gücünü azaltmak, sağım verimliliğini artırmak ve süt kalitesini korumak için kritik bir rol oynamaktadır. Geleneksel elle sağım yöntemlerinin yerini, giderek modern sağım makinaları ve otomasyon sistemleri almıştır (Lérias vd. 2014). Sağım sistemleri, genellikle sütü hayvandan hızlı ve etkili bir şekilde almayı amaçlayan vakum ve pulsasyon prensiplerine dayanır (Fernandes vd. 2021). Vakum, memeden süt çekilmesini sağlarken, pulsasyon sistemi meme başının sağlıklı kalması için dinlenme fazlarını düzenler (Appleman ve Micke 1973). Modern sağım sistemleri, süt miktarını ölçen sensörler, meme sağlığı analiz sistemleri ve süt hattı temizliği gibi ek özelliklerle de donatılmıştır (Barkema vd. 2006).

Sağım sistemleri genel olarak üç ana kategoriye ayrılır: mobil (seyyar) sağım sistemi, sabit ve otomatik sağım sistemleri (robotik sağım). Mobil sağım sistemleri, genellikle küçük ölçekli işletmelerde tercih edilirken, sabit sistemler orta ve büyük ölçekli işletmelere uygundur (Lessire vd. 2020). Robotik sağım sistemleri, özellikle büyük ölçekli ve endüstriyel işletmelerde kullanılmakta olup, hem işgücü maliyetlerini düşürmekte hem de süt sağımını hayvanın biyolojik ritmine uygun hale getirmektedir (Butler vd. 2012). Robotik sistemler, hayvanların otomatik olarak sağım birimine yönlendirilmesini ve her hayvanın sağım geçmişinin bireysel olarak takip edilmesini sağlar (Bijl vd. 2007). Bu sistemlerin bir diğer avantajı, hayvan refahını artırmasıdır; zira sağım işlemi tamamen hayvanın isteğine bağlı olarak gerçekleşir (Singh vd. 2021).

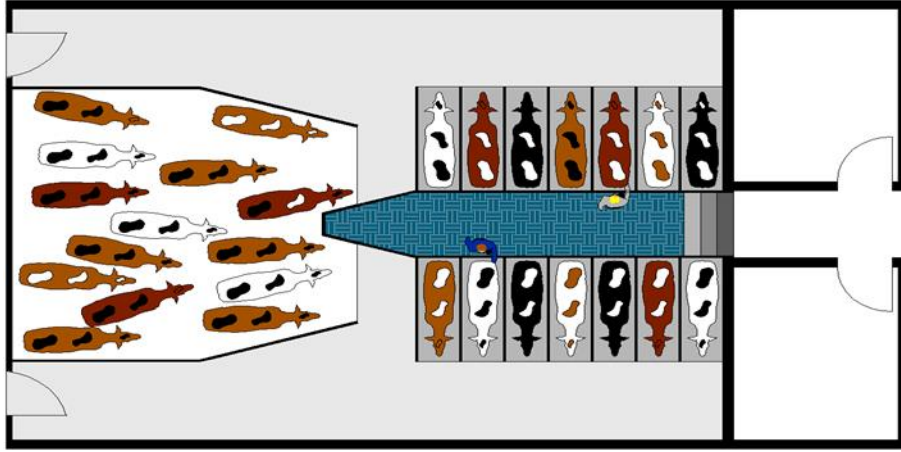
Hijyen, sağım sistemlerinin en kritik unsurlarından biridir. Sağım sırasında kullanılan ekipmanların düzenli olarak temizlenmesi, bakteriyel kontaminasyonu önlemek ve süt kalitesini korumak için gereklidir (Pyörälä 2002). Modern sağım sistemlerinde, otomatik temizleme mekanizmaları bulunur ve bu sistemler, su ve deterjan kullanarak süt hatlarını ve sağım ünitelerini temizler (Besier vd. 2016). Ayrıca, meme başlarının sağım öncesi ve sonrası temizlenmesi, mastitis gibi enfeksiyonların önlenmesi açısından önemlidir (Fogsgaard vd. 2015). Sağım sistemlerinin uygun şekilde temizlenmemesi durumunda, süt ürünlerinde kalite kaybı ve ekonomik zararlar meydana gelebilir. Bu nedenle, modern sağım sistemlerinin hijyen prosedürleri, gıda güvenliği standartlarıyla uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır (De Souza vd. 2021). Otomatik

yıkama sistemi ile ilgili oluşabilecek arızalar, vakum pompası ve su ısıtıcısının daha uzun süre çalışması anlamına gelmektedir. Bu durum ise toplam aktif enerji tüketimlerinde artışlara sebep olacaktır.

Modern sağım sistemlerinin enerji tüketimi, işletmeler için önemli bir maliyet faktörüdür. Özellikle büyük işletmelerde, enerji tüketimini azaltmak için vakum pompaları ve pulsasyon sistemlerinde enerji verimliliğini artırıcı teknolojiler kullanılmaktadır (Globin vd. 2024). Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan sağım sistemleri, enerji maliyetlerini düşürmek ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak için ideal bir seçenek sunar (Shine vd. 2020). Gelecekte, sağım sistemlerinin dijitalleşme ve yapay zeka teknolojileriyle daha fazla entegre olması beklenmektedir. Bu gelişmeler, süt üretim sürecinin daha verimli ve sürdürülebilir hale gelmesine katkı sağlayacaktır (Fuentes vd. 2020).

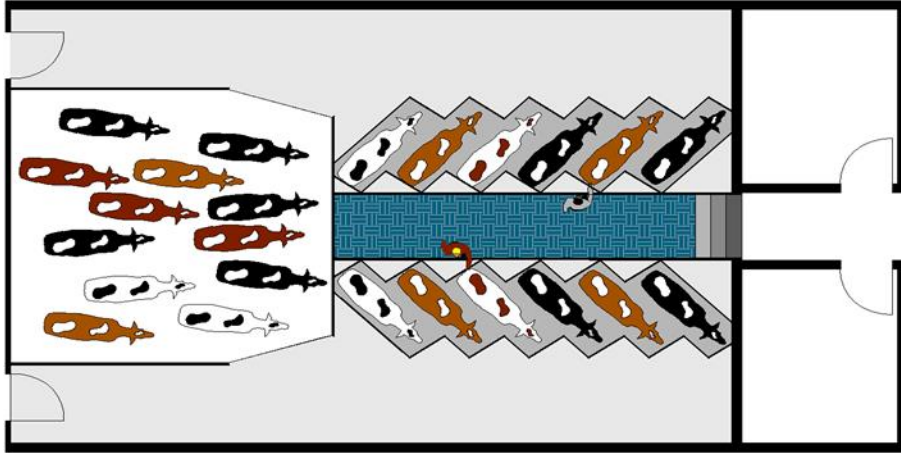
Büyükbaş hayvancılıkta kullanılan süt sağım makinaları, modern teknolojilerin hayvan refahı ve süt verimini artırmak için optimize edilmiş bir dizi bileşenden oluşur. Temel elemanlar; sağım başlıkları, süt ve hava hortumları, vakum sistemi, pulsatör, süt toplama hattı, vakum hattı, yıkama hattı ve süt toplama tankıdır (Ünal vd. 2018). Sağım başlıkları, meme başlarına nazıkçe yerleştirilir ve vakum sistemi sütü çekerek meme dokusuna zarar vermeden işlem yapar. Pulsatör, vakum basıncı ve atmosfer basıncı arasında denge kurarak sağım ve dinlenme fazlarını düzenler (Işık ve Ünal 2003). Süt, hijyenik bir şekilde süt hattı boyunca taşınır ve soğutma tankına ulaşır. Bu makinaları, hayvan sağlığını korumak ve süt kalitesini artırmak için sensörler, otomatik temizleme sistemleri ve enerji verimli motorlar kullanılmaktadır (Waiblinger vd. 2002). Ayrıca, düşük vakum seviyelerinde çalışarak mastitis riskini azaltmayı hedefleyen sistemler de yaygınlaşmıştır (Bijl vd. 2007).

Paralel tip sağım odaları, sağım verimliliğini artırmak ve büyük ölçekli sürüler için etkin bir çözüm sunmak amacıyla tasarlanmıştır. Bu sistemde sağmal hayvanlar birbirine paralel bir şekilde yerleştirilir ve sağım işlemi için hayvanların yüzleri sağımcı platformunun zıttı yöne bakar (Thomas vd. 1996). Hayvanların hızlı bir şekilde giriş ve çıkış yapması sağlanırken, sağımcıların hareket mesafesi azaltılır ve çalışma süresi kısılır. Paralel sistemlerin tasarımındaki yenilikler, hayvanların stresini azaltmayı ve süt verimini artırmayı hedeflemektedir (Simitzis vd. 2021). Özellikle her turda sağım sonrası hayvanların çıkış kısmında önlerinde duran kapıların açılmasıyla birlikte toplu bir çıkış gerçekleşmektedir. Bu çıkış hızı toplam sağım süresini kısalttığı için bu tip sağım odalarına paralel tip hızlı çıkış sağım sistemi de denmektedir (Şekil 2.1).



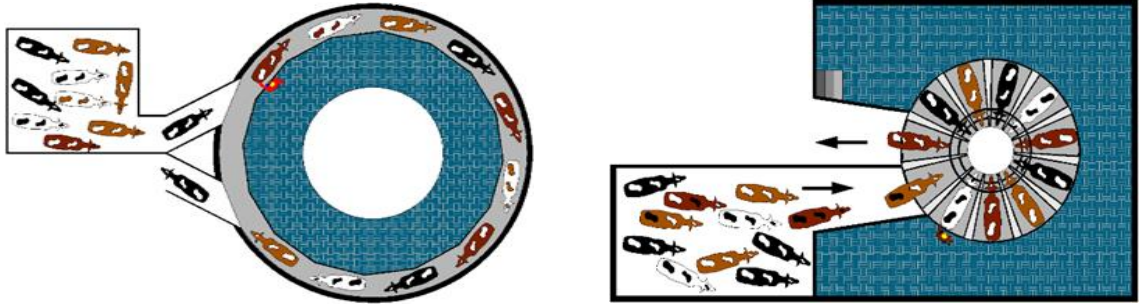
Şekil 2.1. Paralel tip sağım odası (Büyüктаş vd. 2016)

Balık kılçığı tip sağıma odaları, sağıma hayvanların belirli bir açıyla yerleştirildiği, sağıma işleminin yan taraftan yapıldığı bir sistemdir. Bu sistem, sağımcının, sağıma hayvanın hem arkasından hem de yanından meme başlarına daha kolay erişmesini sağladığı için özellikle tercih edilmektedir (Şekil 2.2) (De Koning 2010). Balık kılçığı sistemler, giriş ve çıkış işlemlerinin hızlı olması sayesinde zaman kazandırır. Ancak bu sistemlerde hayvanların doğru pozisyonda durması sağlanmazsa, sağıma verimliliği düşebilir. Sürü yönetim sistemi gibi gelişmiş sistemlere sahip olan tesislerde, hayvan hareketlerini izleyen sensörler ve otomatik giriş-çıkış kapıları bulunmaktadır (Stygar vd. 2021).



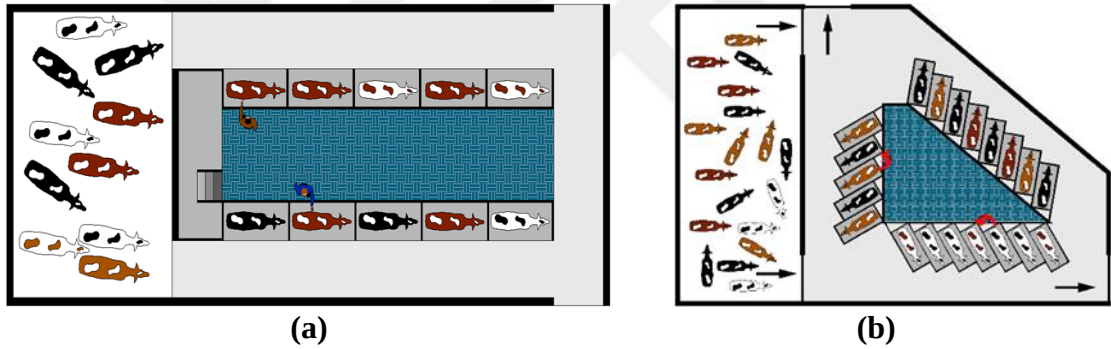
Şekil 2.2. Balık kılçığı tip sağım odası (Büyüктаş vd. 2016)

Döner tip sağıma odaları, sağıma hayvanların döner bir platform üzerinde yer aldığı ve sağıma işlemi sırasında platformun döndüğü bir sistemdir (Simitzis vd. 2021). Her inek, platformda belirli bir pozisyonda sabit dururken, sağıma işlemi sistematik bir şekilde gerçekleştirilir. Bu sistem, özellikle çok büyük ölçekli işletmeler için idealdir ve sürekli sağıma yapılmasına olanak tanır. Ancak, bu sistemler maliyet açısından daha yüksek bir başlangıç maliyeti gerektirir ve bakım süreçleri daha karmaşıktır (Osteras vd. 2005). Bu sistemlerde sağıma hızını optimize etmek ve enerji tüketimini azaltmak için yeni nesil değişken devirli vakum pompaları kullanılmaktadır (Şekil 2.3) (Reinemann vd. 2021).



Şekil 2.3. Döner tip sağım odası (Büyüктаş vd. 2016)

Çok yaygın kullanımı olmamakla birlikte tünel tipi (tandem) ve Michigan poligon tipi sağım odaları da bulunmaktadır. Diğer sağım odalarına göre tünel tipi sağım odalarında aynı anda daha az sağmal hayvan alınabildiği için sağım süresi çok uzamaktadır. Bu olumsuzluktan dolayı orta büyüklükteki işletmeler için bile kullanışsız olan bu sağım odaları çok fazla tercih edilmemektedir. Michigan poligon tipinde ise kontrol edilmesi gereken çok fazla bölüm olduğu için daha fazla çalışan sayısına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yerine geliştirilen döner tip sağım odaları daha efektif ve daha çok tercih edilir olmuştur (Şekil 2.4). Bu iki sağım odası tipinde sağım durak sayısı arttıkça ortaya çıkan alan, işgücü ve zaman kaybı arttığından fazla tercih edilmemektedir.



Şekil 2.4. Sağım odaları **a)** Tünel (tandem) tipi; **b)** Michigan poligon tipi (Büyüктаş vd. 2016)

Süt sağım robotları, büyükbaş hayvancılıkta modernleşmenin bir sembolü olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemler, hayvanların doğal davranışlarını dikkate alarak tasarlanmış ve geleneksel sağım yöntemlerine göre birçok avantaj sunmaktadır (Jacobs ve Siegford 2012). Sağım robotları, sağmal hayvanların bireysel olarak belirlenen ihtiyaçlarına uygun şekilde süt sağımı yapar ve sağım işlemini otomatikleştirerek iş gücünü önemli ölçüde azaltır (Şekil 2.5) (Heikkilä vd. 2010). Ayrıca, robotlar, süt verimini artırmak ve meme sağlığını korumak için her inneğin sağım sıklığını optimize eder (Rodenburg 2017). Sisteme entegre edilen sensörler ve veri analitiği araçları, her bir inneğin süt üretim kapasitesini, meme sağlığını ve genel refahını anlık olarak izler (Hogeveen vd. 2001). Bunun sonucunda hem hayvan refahı hem de süt kalitesi önemli ölçüde iyileşir (Simões Filho vd. 2020). Ancak, bu sistemlerin yüksek maliyetleri ve kurulumu için gerekli altyapının karmaşıklığı, özellikle küçük ölçekli işletmeler için bir engel oluşturabilmektedir (Castro vd. 2012).



Şekil 2.5. Otomatik sağım robotu sistemi (Anonim 2)

Mobil (seyyar) süt sağım makinaları, küçük ve orta ölçekli çiftliklerde kullanım için tasarlanmış pratik cihazlardır. Bu makinalar, taşınabilir vakum pompası, sağım başlıkları ve küçük bir süt tankından oluşur (Şekil 2.6) (Khatrı 2021). Mobil sağım makinaları, hayvanların sabit durmasını gerektirmediği için zaman kazandırır ve sağım işlemini daha esnek hale getirir. Ayrıca, düşük maliyetli bir çözüm olması sebebiyle küçük ölçekli işletmelerde yaygın olarak tercih edilir. Bununla birlikte, mobil makinalarda düzenli temizlik ve bakım yapılmadığında süt hijyeninin olumsuz etkilenebileceği unutulmamalıdır (Česna vd. 2017). Yeni nesil mobil makinalar, enerji verimliliği ve dayanıklılık açısından daha gelişmiş teknolojilerle donatılmıştır.



Şekil 2.6. Mobil (Seyyar) süt sağım sistemleri (Anonim 3)

2.2.2. Sürü yönetim sistemleri

Sürü yönetim sistemleri, modern süt hayvancılığında verimliliği artırmak, iş gücünü azaltmak ve hayvan refahını geliştirmek için vazgeçilmez bir araçtır. Bu sistemler, hayvanların sağlık durumları, beslenme alışkanlıkları, üreme döngüleri ve süt

verimliliği gibi parametreleri sürekli olarak izlemek için sensörler, GPS teknolojisi ve yazılımlar kullanır (Getachew vd. 2010). Bir ineğin meme sağlığını değerlendiren sensörler, mastitis gibi enfeksiyonları erken tespit ederek tedavi sürecini hızlandırır ve kayıpları en aza indirir (Mukhopadhyay vd. 2006). Aynı zamanda, yem tüketimini izleyen sistemler, her hayvanın ihtiyaç duyduğu optimum beslenme programını oluşturur ve yem israfını azaltır (Eckelkamp 2019).

Sürü yönetim sistemleri, özellikle büyük ölçekli işletmelerde iş süreçlerini önemli ölçüde optimize eder. Bu sistemler sayesinde, hayvanların hareketleri, sağlığı ve üreme döngüleri gibi kritik bilgiler bir araya getirilerek analiz edilir ve çiftçilere raporlar sunulur (Caja vd. 2016). GPS tabanlı sistemler, büyük arazilerde hayvanların konumunu sürekli izlerken, RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) etiketleri ve otomatik veri toplama cihazları hayvanlara özel bilgileri kaydederek sürü yönetimini kolaylaştırır (Şekil 2.7) (Eastwood vd. 2015). Bunun sonucunda iş gücü ihtiyacı azalır, karar verme süreçleri hızlanır ve hayvanların refahı artar (Hogan vd. 2022).

Bu sistemlerin sağladığı veriler, yalnızca çiftlik içi süreçlerin yönetimiyle sınırlı kalmayıp, çiftçilerin uzun vadeli stratejik planlamalarını da destekler. Süt verimi düşük olan hayvanların tespiti, genetik iyileştirme programlarının bir parçası olarak kullanılabilir (Sørensen vd. 2016). Ayrıca, çevresel faktörler de göz önünde bulundurularak, karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik kararlar alınabilir. Ancak, bu sistemlerin kurulumu ve kullanımı, yüksek başlangıç maliyetleri ve teknik bilgi gerekliliği nedeniyle özellikle küçük ölçekli çiftlikler için bir zorluk teşkil edebilir (Steenefeld vd. 2012). Buna rağmen, teknolojinin sürekli gelişimi, daha erişilebilir ve kullanımı kolay çözümler sunarak sürü yönetim sistemlerinin yaygınlaşmasını desteklemektedir (Burgers vd. 2021).

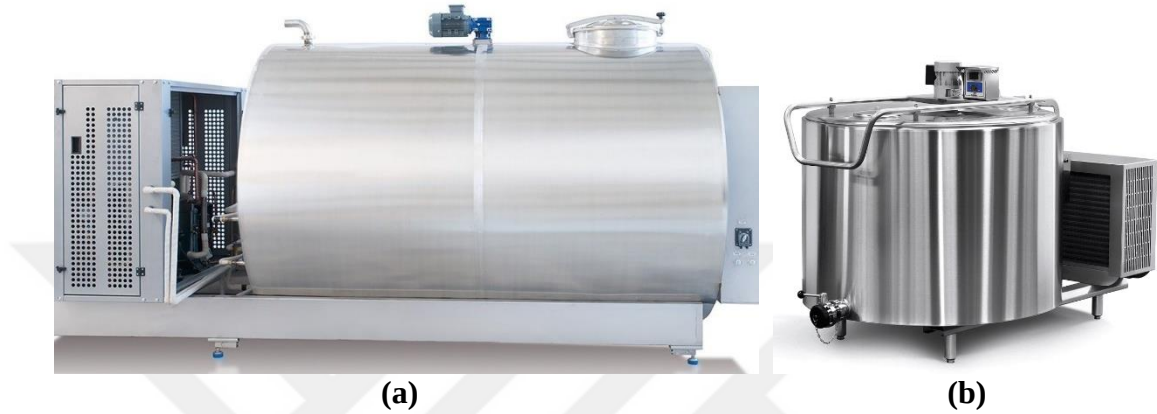


Şekil 2.7. Büyükbaş hayvancılıkta sürü yönetim sistemi özellikleri (Anonim 4)

2.2.3. Süt soğutma tankları

Süt soğutma tankları, büyükbaş hayvancılık işletmelerinde süt kalitesini korumak, bakteri üremesini önlemek ve tedarik zinciri boyunca ürünün tazeliğini garanti altına

almak için kritik bir öneme sahiptir. Bu tanklar, çiğ sütü sağımdan hemen sonra hızla soğutarak, 4°C gibi ideal bir sıcaklığa düşürmeyi amaçlar (Komako vd. 2021). Soğutma tanklarının tasarımı, genellikle paslanmaz çelik malzemeden yapılır ve bu malzeme sütle doğrudan temas eden yüzeylerde hijyenin sağlanması için gereklidir. Ayrıca, tankların farklı tipleri; yatay, dikey ve modüler tasarımlar olarak sınıflandırılabilir (Şekil 2.8). Yatay tanklar, daha büyük işletmeler için geniş kapasite avantajı sunarken, dikey tanklar daha küçük işletmelerde yer tasarrufu sağlar. Modüler tasarımlar ise işletme büyüklüğüne ve kapasite artışına göre uyarlanabilir bir yapıya sahiptir (Philipp vd. 2018).



Şekil 2.8. Süt soğutma tankı a) yatay tip; b) dikey tip (Anonim 3)

Süt soğutma tanklarının performansı, süt soğutma hızına, enerji verimliliğine ve depolama kapasitesine göre değerlendirilir. Modern soğutma tankları, genellikle çift cidarlı tasarımlara sahiptir ve bu tasarım soğutucu akışkanın daha verimli kullanılmasını sağlar (Mhundwa vd. 2017). Soğutma tanklarının en yaygın tipleri arasında direkt genişleme tankları, soğutucu depo sistemleri ve plaka tipi soğutucu entegreli modeller bulunur. Direkt genişleme tankları, sütü doğrudan soğutucu akışkanla temas ettirerek hızlı bir soğutma sağlarken, soğutucu depo sistemleri ise soğutma işlemini önceden biriktirilen enerjiyle gerçekleştirir (Singh vd. 2021). Tabakalı soğutucular entegreli tanklar, sütü soğutma işlemine başlamadan önce plakalı ısı değiştiricilerle ön soğutma yaparak enerji tasarrufu sağlar (Braun vd. 2020). Bu sistemler hem enerji verimliliği hem de hijyen açısından avantajlıdır.

Büyükbaş hayvancılık işletmeleri için süt soğutma tanklarında en çok tercih edilen özellikler arasında enerji verimliliği, sıcaklık kontrolü, içindeki süt miktarı gösteren bir sensör ve hijyen standartlarına uygunluk yer alır. Tankların enerji tüketimi, kapasitesine ve teknolojik özelliklerine göre değişir. Kapasite olarak 1,000 litrelik bir tank günde yaklaşık 4-6 kWh enerji tüketirken, 10,000 litrelik bir tankın enerji tüketimi 25-30 kWh arasında değişebilir (Dew vd. 2021). Ayrıca, akıllı kontrol sistemlerine sahip tanklar, enerji tüketimini optimize etmek için sıcaklık sensörleri ve programlanabilir zamanlayıcılar kullanır (Başaran vd. 2021). Özellikle, enerji maliyetlerini düşürmek amacıyla güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan tanklar, son yıllarda popülerlik kazanmıştır (Sidney vd. 2022).

Süt soğutma işleminin etkinliği, ürünün raf ömrü ve hijyen kalitesi üzerinde doğrudan etkilidir. Çiğ süt, sağımdan sonra hızla 10°C'nin altına ve daha sonra 4°C'ye soğutulmalıdır; aksi takdirde bakteriyel üreme hızlanabilir ve süt kalitesi düşebilir (Griffiths 2009). Süt tanklarının düzenli olarak temizlenmesi, tank yüzeylerinde bakteri üremesini önlemek için gereklidir. Otomatik temizlik sistemleri, hijyen standartlarını sağlamak için önemli bir avantaj sunar (Reinemann vd. 2003). Ayrıca, modern tanklar, süt sıcaklığını sürekli izleyen sensörlerle donatılmıştır ve bu sensörler soğutma işleminin her aşamasında ideal sıcaklığın korunmasını sağlar. Bu da süt tedarik zincirinin her aşamasında ürün kalitesinin korunmasını garanti eder (Bava vd. 2011).

2.2.4. Yem mekanizasyonu

Yem mekanizasyonu, büyükbaş hayvancılık işletmelerinde verimliliği artırmak ve iş gücü maliyetlerini düşürmek için kritik bir unsurdur. Mekanize yemleme sistemleri, hayvanların beslenme süreçlerini optimize ederek, sağlıklı büyüme ve yüksek süt verimi sağlar. Yem mekanizasyonu, yem karma, yem dağıtma, yem itme ve buzağı besleme gibi süreçlerde çeşitli makinalar ve teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilir (Şekil 2.9). Yemleme sistemlerinde doğru mekanizasyon uygulamalarının seçimi, hayvanların ihtiyaç duyduğu besin dengesini sağlamak ve israfı en aza indirmek açısından büyük önem taşır (Dekebo ve Kebede 2023; Jiang vd. 2023). Özellikle modern çiftliklerde, yemleme işleminin mekanize edilmesi sayesinde işletme maliyetlerinin %30'a kadar azaldığı ve hayvan refahının iyileştiği belirtilmiştir (Conte vd. 2018).



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.9. Yem mekanizasyonu **a)** yem karma ve dağıtma makinası (Anonim 5); **b)** yem itme robotu (Anonim 6); **c)** buzağı besleme robotu (Anonim 7)

Yem hazırlayıcılar ve yem karma makinaları, hayvanlara dengeli bir beslenme sunmak için kritik rol oynar. Yem karma makinaları, farklı yem bileşenlerini homojen bir şekilde karıştırarak hayvanların ihtiyaç duyduğu besin maddelerini dengeli bir şekilde almalarını sağlar. Homojen bir yem karışımı, hayvanların yem seçimini önler ve besin alımını optimize eder (Van Wagenberg vd. 2017). Yem hazırlayıcılar ise kaba yemleri kıyma, parçalama veya öğütme işlemleriyle daha sindirilebilir hale getirir. Araştırmalara göre, mekanize yem karma makinalarının kullanımı, süt verimini %10'a kadar artırabilir (Finneran vd. 2012). Ayrıca, bu makinaların düzenli bakımı ve doğru ayarlanması, enerji tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe de katkı sağlar (Minoofar vd. 2023).

Yem itme robotları, yemlerin hayvanlara daha erişilebilir hale gelmesini sağlamak için yemlerin sürekli olarak yemliklere itilmesi görevini üstlenir. Bu sistemler, yem alımını artırarak süt üretiminde gözle görülür bir artışa yol açabilir. Bu robotları özellikle

büyük işletmelerde iş gücünden tasarruf sağlamak amacıyla yaygınlaşmıştır (Robinson ve McQueen 1994). Bu sistemler, hayvanların yemliklere kolayca ulaşmasını sağlayarak yem tüketimini %5 ila %15 oranında artırabilir (Overton ve Waldron 2004). Ayrıca, yem israfını azaltmak ve ahır düzenini korumak için robotların düzenli aralıklarla çalıştırılması önemlidir (Pavkin vd. 2021).

Buzağı besleme makinaları, genç hayvanların ihtiyaç duyduğu doğru miktarda süt veya süt ikamesi ile beslenmelerini sağlamak için geliştirilmiştir. Bu makinalar, buzağların bireysel besin gereksinimlerini karşılamak ve büyüme hızlarını optimize etmek amacıyla hassas besleme yapar (Medrano-Galarza vd. 2017). Araştırmalara göre, mekanize buzağı besleme sistemleri, geleneksel yöntemlere kıyasla büyüme oranlarını %15'e kadar artırabilir (Jorgensen vd. 2017). Ayrıca, bu sistemler, iş gücü maliyetlerini düşürmenin yanı sıra buzağların bağışıklık sistemini güçlendiren düzenli bir beslenme de sağlar. Otomatik besleme makinalarının kullanımı, özellikle büyük işletmelerde, sürü sağlığını ve yönetim etkinliğini önemli ölçüde artırmaktadır (Sinnott vd. 2021).

2.2.5. Gübre mekanizasyonu

Gübre mekanizasyonu, büyükbaş hayvancılık işletmelerinde verimlilik ve çevresel yönetim açısından kritik bir öneme sahiptir. Gübre yönetiminde kullanılan modern sistemler, gübrenin düzenli bir şekilde toplanmasını, taşınmasını ve işlenmesini sağlar. Mekanizasyon, gübre sıyırıcılar, gübre pompaları, gübre karıştırıcılar ve gübre separatörleri gibi ekipmanlarla gerçekleştirilir (Şekil 2.10). Bu sistemler, işgücü tasarrufu ve hijyen koşullarının iyileştirilmesi açısından fayda sağlar. Gübre sıyırıcı sistemleri, gübrenin ahırdan etkin şekilde çıkarılmasını ve sıvı ile katı atıkların ayrıştırılmasını kolaylaştırır (Chiumenti vd. 2018; Mc Geough 2012).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2.10. Gübre mekanizasyonu **a)** gübre sıyırıcı; **b)** gübre separatörü; **c)** gübre karıştırıcı; **d)** gübre pompası (Anonim 8)

Gübre sıyırıcıları, genellikle ahır tabanında kullanılan mekanik veya hidrolik sistemlerdir. Sıyırıcılar, hayvanların sağlığını etkileyen amonyak birikimini azaltarak, daha hijyenik bir ortam sağlar (Van Horn vd. 1994). Gübre pompaları ve karıştırıcılar ise sıvı gübrenin homojen bir yapıda kalmasını sağlayarak, biyogaz üretimi gibi ileri işlemler için uygun hale getirilmesine katkıda bulunur (Bhoj vd. 2024). Gübre karıştırıcılarının verimli kullanımı, katı-sıvı ayrıştırma sürecine zemin hazırlarken enerji verimliliğini artırır.

Gübre separatörleri ise sıvı gübre yönetiminde devrim niteliğindedir. Katı ve sıvı gübre ayrıştırıcılar, gübredeki katı maddelerin biyogaz, biyodizel, biyoetanol, biyokömür (Biochar) ve sentetik biyoyakıtlar (Syngas-Sentez gazı) gibi birçok biyoyakıt olarak kullanılmasını ve sıvı kısmın tarımsal amaçlarla geri dönüştürülmesini mümkün kılar. Yüksek verimli separatörler, enerji tasarrufu sağlarken, çevresel etkileri minimize eder (Burton 2007; Burkholder vd. 2007). Bunun yanı sıra modern sistemler, gübreyle ilgili karbon ayak izini azaltmak için düşük enerji tüketen anaerobik çürütme ve biyogaz sistemleri, gelişmiş gübre separatörleri, düşük enerjili gübre karıştırıcılar ve pompalar, gübre kurutma ve kompostlama teknolojileri ve düşük enerji tüketen havalandırma sistemleri gibi teknolojiler sunmaktadır (Paris vd. 2022).

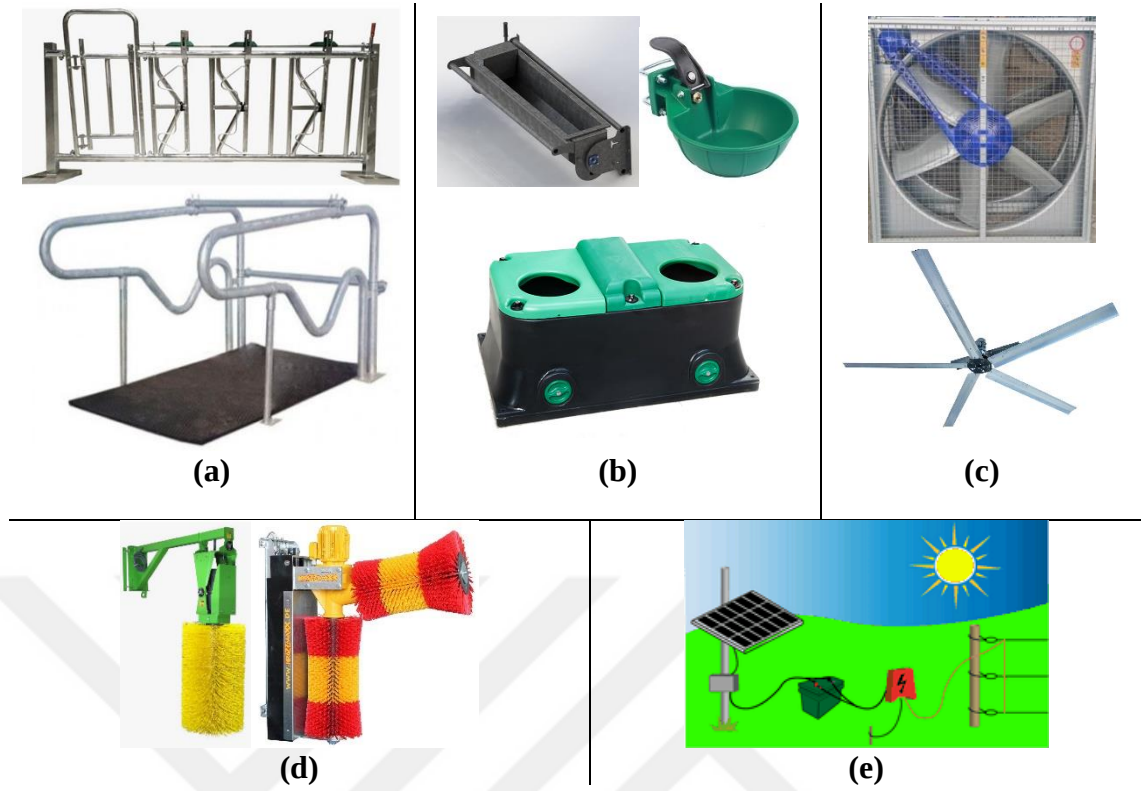
Bu kapsamlı mekanizasyon sistemleri, sürdürülebilir tarım ve hayvancılık hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olurken, enerji ve çevre yönetimi için de büyük katkılar sağlamaktadır. Gübre yönetiminin optimize edilmesi, işletmelerin hem ekonomik hem de çevresel performansını artırabilir. Böylece, büyükbaş hayvancılık sektöründe üretkenlik ve sürdürülebilirlik bir arada sağlanabilir.

2.2.6. Diğer ahır ekipmanları

Büyükbaş hayvancılıkta mekanizasyon ekipmanlarının dışında hayvanların refah seviyesini artırmak ve bazı kontrol mekanizmalarını oluşturmak için, yemlik kilitleri, yatak durak demirleri, yataklar, otomatik hayvan kaşıma fırçaları, suluklar, hayvan serinletme ve ahır havalandırma fanları, elektrikli çit sistemleri (Şekil 2.11) gibi ahır ekipmanları kullanılmaktadır.

Yemlik kilitleri, hayvanların bireysel beslenme davranışlarını düzenlemek, yem israfını önlemek ve sağlık kontrolleri sırasında kolay yönetim sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (Hulsen 2005). Yemlik kilitleri, hayvanların aynı anda beslenebilmesine olanak tanır ve besleme sırasında rekabeti azaltır (Fregonesi vd. 2007). Hayvan refahını artıran bu ekipmanlar, aynı zamanda sağım sırasında süt verimliliğini optimize eder. Yemleme davranışıyla meme sağlığı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, uygun yemlik tasarımının enfeksiyonları azalttığını göstermiştir (Cook vd. 2004).

Yatak durak demirleri, büyükbaş hayvanların yatma pozisyonunu kontrol etmek ve konforlu bir dinlenme alanı sunmak için tasarlanmıştır (Tucker vd. 2005). Demirler, hayvanların kendi alanlarında düzenli bir şekilde dinlenmelerini sağlayarak ahır düzenini korur. Ayrıca, yatma pozisyonunu optimize ederek meme enfeksiyonlarını ve yaralanmaları önler. Farklı boyut ve materyallerde tasarlanan demirler, hayvan sağlığına uygun ergonomik çözümler sunmaktadır (Zehner vd. 2019).



Şekil 2.11. Diğer çiftlik ekipmanları **a)** yemlik kilitleri, durak demirleri ve yataklar **b)** suluklar; **c)** hayvan serinletme ve çiftlik havalandırma fanları; **d)** otomatik hayvan kaşıma fırçaları; **e)** elektrikli çit sistemleri (Anonim 3)

Hayvan yatakları, büyükbaş hayvanların dinlenme sürelerini artırmak ve hijyen koşullarını iyileştirmek amacıyla geliştirilmiştir. Kauçuk matlar, kum yataklar ve su yatakları gibi farklı seçenekler, hayvanların tercihleri göz önünde bulundurularak kullanılır (Cook vd. 2004). Kum yataklar antibakteriyel özellikleriyle dikkat çekerken, kauçuk matlar meme yaralanmalarını azaltır. Ayrıca, yatakların kolay temizlenebilir olması, ahır hijyenini artırır ve mastitis gibi hastalıkların yayılmasını önler (Moons vd. 2014).

Otomatik kaşıma fırçaları, hayvan refahını artıran önemli teknolojik yenilikler arasındadır. Bu fırçalar, deri sağlığını iyileştirirken, stres düzeylerini düşürerek süt verimliliğini artırır (Jurkovich vd. 2024). Araştırmalar, kaşıma sırasında hayvanların kan dolaşımının hızlandığını ve stres hormonlarının azaldığını göstermektedir (DeVries vd. 2004). Ayrıca, hayvanların sosyal bağlarını güçlendiren bu sistemler, çiftlik yönetimini kolaylaştırır.

Büyükbaş hayvanlar için temiz suya erişim, üretim verimliliği ve sağlık açısından kritik öneme sahiptir (Spörndly ve Wredle 2005). Modern suluk sistemleri, paslanmaz çelik veya hijyenik plastikten üretilerek su tüketimini artırmayı hedefler. Ayrıca, su tüketimini ölçen otomatik sensörler, hayvanların sağlık durumunu izlemek için kullanılan değerli bir araçtır (Smith vd. 2007). Bu sistemler, suyun ısını sabit tutarak özellikle sıcak dönemlerde hayvanların su ihtiyacını karşılamada etkilidir.

Havalandırma fanları ve serinletme sistemleri, ahır içindeki sıcaklık ve nem seviyelerini düzenlemek için kullanılır (Harner ve Smith 2008). Sıcaklık stresini önleyen bu sistemler, süt verimini %10-15 oranında artırabilir. Su püskürtmeli serinletme sistemleri ise hayvanların vücut sıcaklığını düşürerek, yaz aylarında hayvan refahını optimize eder. Bunun yanı sıra, havalandırma sistemleri hava kalitesini artırarak solunum yolu hastalıklarının yayılmasını önler (Smith vd. 2007).

Elektrikli çit sistemleri, hayvanların otlak alanlarında güvenli bir şekilde tutulmasını sağlar. Bu sistemler, güneş enerjisi destekli enerji sağlayıcılar ile birlikte kullanılırsa enerji tasarrufu sağlarken, hayvanların belirlenen alanlarda kalmasına yardımcı olur (Goliński vd. 2022). Özellikle güneş enerjisiyle çalışan modeller, sürdürülebilir bir çözüm sunar. Elektrikli çitlerin verimliliği hem hayvan hem de alan yönetimini kolaylaştırır.

Buzağı besleme robotları, genç hayvanların beslenme ihtiyaçlarını doğru ve düzenli bir şekilde karşılamak için geliştirilmiştir. Her buzağı için uygun miktarda süt veya mama sağlayan bu sistemler, büyüme oranlarını artırırken, yem israfını en aza indirir (Wagenaar ve Langhout 2007). Ayrıca, buzağuların sağlık durumunu izlemek için veri toplama sistemleriyle donatılmışlardır (Krohn vd. 1999).

Ahır ekipmanlarının modernizasyonu, büyükbaş hayvancılıkta hem üretkenliği artırmak hem de sürdürülebilirliği sağlamak için kritik bir öneme sahiptir. Sensörler, veri analitiği ve nesnelerin interneti teknolojilerinin entegrasyonu, hayvan sağlığını ve sürü yönetimini optimize etmede büyük avantajlar sunmaktadır. RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) çipleri ile hayvanların günlük aktiviteleri ve sağlık durumları gerçek zamanlı olarak izlenebilir, bu da çiftlik yönetiminde planlı, programlı ve yapıcı kararların alınmasını sağlar (Rutten vd. 2013).

2.3. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu

Dünya enerji ihtiyacı son 20 yılda önemli bir artış göstermiştir ve bunun nedenleri arasında sanayileşme, nüfus artışı, kentleşme ve teknoloji kullanımındaki hızlı büyüme yer almaktadır (IEA 2023). International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı), “World Energy Outlook 2023” (Dünya Enerji Görünümü 2023) raporuna göre, dünya genelinde enerji tüketimi 2003 ile 2023 yılları arasında sürekli bir artış göstermiştir. Bu büyümenin özellikle fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında farklılık gösterdiği belirtilmektedir. “Energy Institute” (Enerji Enstitüsü) raporuna göre fosil yakıtların enerji üretimindeki payı azalırken yenilenebilir kaynakların payı önemli ölçüde artmıştır (EI 2023). Öte yandan, gelişmekte olan ülkelerde artan ekonomik faaliyetler, enerjiye olan talebin daha da yoğunlaşmasına yol açmıştır. World Energy Council (WEC) raporuna göre, 2040 yılına kadar dünya enerji talebinde yılda ortalama %1.3 artış beklenmektedir ve bu talebin büyük kısmı Asya, Afrika ve Orta Doğu’dan gelecektir (WEC 2022). Ancak, karbon salınımlarını azaltmaya yönelik uluslararası taahhütler ve enerji verimliliğini artırmaya yönelik politikalar, enerji üretim ve tüketim sistemlerinde değişikliklere gidilmesine sebep olmaktadır.

Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğu yıllara göre incelendiğinde, 2000 yılından 2021 yılına kadar bazı yıllarda artış, bazı yıllarda da azalış göstermektedir. Türkiye'nin nihai enerji yoğunluğu yıllara göre analiz edildiğinde ise, 2000 yılından 2021 yılına kadar sürekli bir azalma eğilimi göstermiştir (Bulut 2023).

Türkiye'nin enerji talebi, elektrik ve doğalgaz gibi kaynakların artan oranda kullanılmasını içerirken, en büyük enerji tüketimi sanayi (%30), ulaştırma (%24) ve konut sektörlerinde (%23) gerçekleşmektedir (TÜİK 2024b). Ancak tarım ve hayvancılık sektöründe enerji kullanımı son yıllarda dikkat çekici bir şekilde artmıştır. Özellikle sulama sistemleri, seralar, yem üretim tesisleri ve hayvancılıkta enerji kullanımı önemli hale gelmiştir (Korkmaz 2007). Türkiye'nin enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir enerji yatırımları artmış olsa da, tarımsal faaliyetlerde daha fazla enerji verimliliğine ihtiyaç duyulmaktadır.

Tarım sektöründe en yüksek elektrik enerjisi tüketimi büyükbaş hayvancılık işletmelerinde görülmektedir (Wang vd. 2023). Büyükbaş hayvancılık tesislerinde kullanılan enerji, otomatik yemleme sistemleri, süt sağım makinaları, aydınlatma, soğutma tankları ve havalandırma sistemleri gibi ekipmanlar üzerinden gerçekleşir (Kanzler vd. 2021). Bu sistemlerin sürekli kullanımı, enerji tüketimini önemli ölçüde artırmaktadır. Yapılan çalışmada en küçük 5 en büyük ise 1,350 baş sağmal hayvanın bulunduğu işletmelerde otomatik süt sağım makinaları tek bir sağımda yaklaşık 1.5 kWh enerji tüketirken, büyük bir işletmede soğutma tankları günlük ortalama 10 kWh enerji harcamaktadır (Boyar ve Ertekin 2023). Türkiye'de büyükbaş hayvancılık işletmelerinin modernleşmesiyle birlikte, enerji talebinde de artış görülmüştür (Demirbaş 2001). Ancak, bu enerji tüketiminin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmakta, bu da karbon salınımlarının artmasına neden olmaktadır. Bu durum, büyükbaş hayvancılık işletmelerinin karbon ayak izini azaltma çabalarını zorunlu kılmaktadır.

Büyükbaş hayvancılık işletmelerinde karbon ayak izinin doğru hesaplanabilmesi için tüm elektrik enerjisi tüketen ekipmanların detaylı bir şekilde analiz edilmesi gereklidir. Bu analiz, her ekipmanın enerji tüketim miktarını, kullanım süresini ve enerji kaynağını dikkate almalıdır. Süt sağım makinaları, yem karma sistemleri, aydınlatma ve soğutma ekipmanları gibi sistemlerin enerji tüketimi ölçülmeden yapılan hesaplamalar, eksik veya yanıltıcı sonuçlar verebilir (Gerber vd. 2013). Enerji tüketim verileri, sera gazı emisyonlarının hangi süreçlerde daha yoğun olduğunu belirlemek ve bu süreçleri iyileştirmek için kritik bir rol oynar (Thoma vd. 2013). Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının hayvancılık işletmelerine entegrasyonu, hem enerji maliyetlerini düşürmek hem de karbon ayak izini azaltmak için önemli bir fırsat sunmaktadır (Pelletier vd. 2011). Türkiye'de büyükbaş hayvancılık işletmelerinde güneş enerjisi sistemlerinin kullanımı, enerji ihtiyacını sürdürülebilir bir şekilde karşılamak için önerilen stratejiler arasındadır (Orhan ve Şahin 2022). Bu tür enerji çözümlerinin benimsenmesi, büyükbaş hayvancılıkta sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasını kolaylaştıracaktır.

2021 yılında enerji sektöründeki emisyon miktarı, bir önceki yıla göre artış göstererek 402.5 milyon ton CO₂ eşdeğeri olmuştur. 2021 yılı itibari ile en yüksek emisyon oranı yaklaşık %71 ile enerji sektöründedir. Tarımdan kaynaklı emisyon miktarı bir önceki yıla göre artış göstererek 72.1 milyon ton CO₂ eşdeğeri olmuştur (Çizelge 2.1) (Bulut 2023). Türkiye'de sektörlerin 2018 yılında tükettiği enerji miktarına ilişkin veriler incelendiğinde tarım ve hayvancılık sektörü %3 paya sahip olurken, aynı yıl toplam

salınan sera gazı emisyonları arasında %3.17 paya sahiptir. 2021 yılında ise sera gazı emisyonu salınımı toplamda artış gösterse de sektörler bazında yüzdesel olarak düşüş göstermiş %2.6 paya sahip olmuştur (Anonim 9).

Çizelge 2.1. Türkiye’de sektörlerle göre toplam sera gazı emisyonları (Milyon Ton CO₂ Eşdeğeri)

Sektör	1997	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018	2021
Enerji	196.1	216.0	220.5	260.5	292.9	321.6	342.0	373.4	402.5
Endüstriyel işlemler	27.0	26.2	28.2	36.8	43.1	56.3	59.7	67.7	75.1
Tarım	42.5	42.3	40.6	43.9	42.0	52.7	56.1	65.3	72.1
Atık	13.2	14.3	15.6	16.8	17.2	17.6	17.1	16.6	14.7
Toplam	278.8	298.9	304.8	358.0	395.2	448.2	475.0	523.1	564.4

Elektrik enerjisi kavramları arasında aktif tüketim, indüktif tüketim ve kapasitif tüketim, enerji sistemlerinin performansını anlamak ve optimize etmek için önemli parametrelerdir. Aktif tüketim (kWh), elektrik enerjisinin faydalı iş yapmak için kullanılan kısmını ifade eder ve bu değer cihazların çalışmasını sağlayan gerçek enerji miktarıdır. Aktif tüketim, elektrik sayaçları tarafından ölçülür ve faturaya yansıyan temel tüketim değeridir. İndüktif tüketim (VARh), elektrik devrelerinde manyetik alan oluşturan cihazlar (örneğin motorlar ve transformatörler) tarafından çekilen reaktif enerjiyi ifade eder. İndüktif yükler, şebekeden fazladan enerji çekerek güç faktörünü düşürebilir ve enerji verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Kapasitif tüketim (VARh) ise elektrik devrelerinde elektrik alan oluşturan yüklerin (kondansatörler) neden olduğu reaktif enerji türüdür. Kapasitif ve indüktif tüketim, aktif enerjiye katkıda bulunmaz ancak enerji sistemlerinde denge sağlamak için önemlidir. Güç faktörünü iyileştirmek ve enerji kayıplarını azaltmak için bu tür tüketimler kontrol edilmeli ve uygun kompanzasyon sistemleri kullanılmalıdır (Glover ve Sarma 2001; Bollen ve Hassan 2011; IEEE PES 2023).

2.4. Literatür Özeti

Petersen (1950) tarafından yapılan araştırmada, süt sağım makinalarının, el ile sağımın zorluklarını ortadan kaldırarak ve sağım maliyetlerini düşürerek süt sığırcılığı işletmelerine giderek daha yaygın hale geldiğini ifade etmiştir. 1 kg süt elde edebilmek için memenin elle 80-120 kez sıkılması gerekmektedir. Yılda 3,000 kg süt üreten bir inek için bu rakam, 240,000-360,000 sıkma hareketi anlamına gelir. Bu durum, süt sağımının ne kadar zahmetli bir iş olduğunu göstermektedir (Hecker ve Laub 1953). Sağım, ahırda yapılan günlük işlerin en zor, sıkıcı ve en çok zaman alanıdır. Yılın her günü sağım işlemiyle başlar ve son bulur. Mekanizasyon düzeyine bağlı olarak, sağım işlemi, bağlı ahırlarda günlük toplam çalışma süresinin %40-60'ını, serbest ahırlarda ise %70-80'ini oluşturmaktadır (Claesson 1978). Ayık (1983) tarafından yapılan teorik çalışmada süt inekçiliğinde elektrik enerjisi tüketen unsurları belirlemiştir. İşletme modellerine göre elektrik tüketen birimlerin bireysel güç ihtiyaçlarını ve enerji tüketimlerini analitik olarak inceledikten sonra, işletmenin yönetim biçimi ve mekanizasyon seviyesine göre toplam güç ihtiyacını ve enerji tüketimini hesaplamıştır.

Nalbant (1982) yaptığı lisansüstü çalışmada, makinayla sağımda rutin işlere harcanan ortalama süreleri belirlemiştir. Buna göre, inekten ineğe yürüme veya inek değiştirme süresi 24 saniye, yemleme süresi 12 saniye, meme temizleme süresi 12 saniye, sağım başlığını takma süresi 12 saniye, sağım başlığını çıkarma süresi 6 saniye ve diğer işlemler için geçen süre ise 12 saniye olarak saptanmıştır. Demir vd. (2012), yaptıkları çalışmada, 7 farklı süt sağım makinasını test ederek, bir ineğin bir yıl boyunca sağımı ve 1 kg süt sağımı için gereken enerji tüketim miktarlarını incelemiştir. Tüm sağım işlemleri için 59.95 kW kurulu güç kullanıldığı, merkezi sağım sistemine geçilmesi durumunda ise aynı ineklerin sadece 7.5 kW'lık bir kurulu güç ile sağlanabileceğini tespit etmişlerdir. Nalbant (1982), tarafından yapılan çalışmada ülkemizde kullanılan yerli ve yabancı üretim süt sağım makinalarıyla gerçekleştirilen sağımlarda, süt verimi ile sağım süresi arasındaki ilişkiyi enerji tüketimlerini de göz önünde bulundurarak değerlendirmişlerdir. Sağım işlemleri için gereken zaman dilimlerini belirleyip, bu makinalar arasındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak, çeşitli sağım makinası tipleri için ekonomik sürü büyüklüğünü tespit etmişlerdir.

Grundulis ve Moskvın (1988) ısı değiştiriciler kullanarak sağım ve soğutma işlemlerinde oluşan ısıнын verimli bir şekilde kullanılmasına yönelik bir sistem geliştirmişlerdir. Sütün soğutulması sırasında ortaya çıkan ısı, suyun ön ısıtmasında değerlendirilmiştir. Bu uygulama, enerji tüketimini %50-75 oranında azaltmış ve hayvan başına toplam yıllık enerji ihtiyacını 300 kW düşürmüştür. Peebles vd. (1994), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, süt sığırcılığı işletmelerinde kullanılan makinaların modeli, kapasitesi ve enerji tüketimleri incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında, enerji kazancı sağlayacak en uygun süt sağım, süt soğutma ve su ısıtma sistemlerinin seçimi için simülasyonlar yapılmıştır. Ayrıca, işletmelere enerji tasarrufuna yönelik önerilerde bulunulmuştur. Edens vd. (2003), Tennessee Üniversitesi Araştırma Çiftliği'nde 14 yıl boyunca elektrik enerjisi tüketim verileri incelenmiştir. Bu veriler doğrultusunda, en yüksek enerji tüketiminin süt sağım odası bölümünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu alanda süt soğutma, vakum pompası, su ısıtma ve kompresör gibi enerji tüketim noktaları bulunmaktadır. Ayrıca, sağılan hayvan sayısı ve süt miktarı gibi faktörlerle birlikte enerji tüketim indeksleri belirlenmiştir. Pazzona vd. (2003); Sanford (2003); Murgia vd. (2008); Prikrly vd. (2010); Ferreira vd. (2010); Kudělka vd. (2012); Roşca vd. (2013); Akbaş vd. (2018); Keskin (2019); Stočes vd. (2020), yaptıkları çalışmalarda değişken devirli vakum pompaları kullanarak sağlanabilecek enerji tasarrufları üzerine bir araştırma gerçekleştirmiş ve bu konuda önerilerde bulunmuşlardır. Değişken devirli vakum pompası, çalışma hızını (devir sayısını) ihtiyaca göre otomatik olarak ayarlayabilen bir pompa sistemidir. Geleneksel sabit devirli vakum pompalarından farklı olarak, motor hızı ve güç tüketimi işletmenin anlık vakum ihtiyacına göre optimize edilir. Vakum sensörleri, frekans invertörü, otomatik hız ayarlayıcı sistemler ile birlikte çalışır ve enerji tasarrufu, makina ömrünün uzaması, daha sessiz çalışma ortamı ve optimum vakum seviyesi gibi avantajları bulunmaktadır.

Ludington ve Eric (2003), 32 farklı süt hayvancılığı işletmesinde yapılan araştırmada, toplam elektrik enerjisi tüketiminin çeşitli makina ve ekipmanları arasındaki dağılımı analiz etmiştir. Bu analiz sonucunda, tüketimin %25'inin süt soğutma, %24'ünün aydınlatma, %22'sinin havalandırma, %17'sinin vakum pompaları ve %4'ünün ise gübre yönetimi, ısıtma ve diğer faaliyetlerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Toplam %92'lik tüketim etkenlerinden geriye kalan %8'lik payı tespit edilemeyen diğer elektrik enerjisi

tüketen alet ve makinalardan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Grönroos vd. (2006), süt üretiminde elektrik enerjisinin, toplam enerji tüketimi içindeki payının %22 olduğunu belirlemiş ve süt hayvancılığında elektrik enerjisinin en yoğun şekilde kullanıldığı alanların süt sağım, soğutma, havalandırma ve gübreleme faaliyetleri olduğu özellikle vurgulanmıştır. Üçer (2008), süt sığırcılığı işletmelerinde farklı sağım tesislerine yönelik bir araştırma yapılmış ve bu çalışma kapsamında sağıma ilişkin zaman gereksinimleri ile makina kullanım maliyetleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, inek başına düşen yıllık toplam sağım süreleri baz alınarak sabit, yarı sabit ve seyyar süt sağım makinaları karşılaştırılmış, bu değerlendirmeler neticesinde sabit tesislerin diğer sistemlere göre daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Murgia vd. (2008) İtalya'da gerçekleştirdiği bir çalışmada, 40 ila 300 sağmal hayvan kapasiteli 4 farklı işletme, bir yıl boyunca ana faaliyetler (sağım, süt soğutma, aydınlatma, havalandırma ve temizleme) ve kullanılan ekipmanlar açısından analiz edilmiştir. Hayvan sayısının 100'den az ve 100'den fazla olduğu işletmelerin elektrik enerjisi tüketimleri karşılaştırılmış ve bu değerlere göre sırasıyla 2,570 kWh/ay, 5,430 kWh/ay ve 500 kWh/inek-yıl ile 455 kWh/inek-yıl olduğu tespit edilmiştir. Bailey vd. (2008) tarafından Kanada'da yapılan bir çalışmada, Nova Scotia bölgesindeki tarım işletmelerinin enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji konusundaki tüketim alışkanlıkları ve görüşlerini belirlemek amacıyla bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarında, süt hayvancılığı işletmelerinde tüketilen enerjinin büyük bir bölümünün hareketli makinalar, araçlar, süt soğutma sistemleri ve aydınlatma gibi faaliyet alanlarında yoğunlaştığı ifade edilmiştir.

Apaydın (2010), Tekirdağ Malkara'da gerçekleştirilen bir lisansüstü çalışmada, süt sağım ve soğutma mekanizasyonu açısından iki farklı sistem tasarlanmış ve bu sistemler detaylı bir şekilde karşılaştırılmıştır. Çalışmada, her bir sistemin avantajları ve dezavantajları analiz edilerek, sağım ve soğutma süreçlerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Gönülol ve Aktaş (2011), gerçekleştirilen bir çalışmada, 25 ila 300 sağmal hayvan kapasiteli 12 çiftlik, 4 merkezi sağım sistemi, 16 seyyar sağım makinası bulunan küçük işletme ve 12 süt toplama merkezinin birim sütün elektrik enerjisi maliyetleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, birim süt maliyetleri çiftliklerde 0.0314 TL/l (0.0191 \$/l), merkezi sağım sistemlerinde 0.0263 TL/l (0.0159 \$/l), küçük işletmelerde 0.0142 TL/l (0.0086 \$/l) ve süt toplama merkezlerinde 0.0058 TL/l (0.0035 \$/l) olarak tespit edilmiştir (Dolar (\$) kuru 2011 yılı T.C. Merkez Bankası yıllık kur ortalaması verilerine göre, 1 ABD Doları = 1.65 Türk Lirası olarak alınmıştır). Upton vd. (2010), yapılan bir çalışmada, üç farklı süt sığırcılığı işletmesi 30 hafta boyunca incelenmiş ve bu işletmelere ait elektrik tüketim miktarlarının dağılımı analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, toplam tüketimin %37'sinin süt soğutma, %31'inin su ısıtma, %19'unun vakum pompaları, %10'unun aydınlatma sistemleri ve %3'ünün ise diğer sistemlerden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Kishev ve Ulimbashev (2011), Rusya'da gerçekleştirilen "Süt Soğutmada Enerji Tüketiminin Azaltılması" başlıklı çalışmada, süt soğutma süreçlerindeki enerji tüketimini azaltmaya yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunulmuştur. Bu kapsamda, kompresör ile kondansör arasına ısı geri kazanımlı bir soğutma ünitesinin entegre edilmesi önerilmiştir. Çalışmada ayrıca, süt hayvancılığında enerji yoğunluğunun en yüksek olduğu faaliyetlerin süt soğutma, su ısıtma ve havalandırma işlemleri olduğunu vurgulanmıştır. Kraatz (2012), Almanya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, süt hayvancılığı faaliyetlerinde enerji yoğunluğunu detaylı bir şekilde incelemiştir. Araştırma sonucunda, süt üretim

süreçlerinde elektrik enerjisi tüketiminin, işletmenin büyüklüğüne, kullanılan makinalara ve işletmenin teknik özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, otomatik sağım sistemlerinin konvansiyonel sağım sistemlerine kıyasla %25 daha fazla enerji tükettiği tespit edilmiştir. Çalışma, işletmelerde en yüksek elektrik tüketiminin sağım sistemlerindeki vakum pompaları, süt soğutma ve su ısıtma sistemleri tarafından sağlandığını da ortaya koymuştur. Murphy vd. (2013) İrlanda'da gerçekleştirilen ve enerji tüketimi ile hızlı süt soğutma arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada, süt üretim süreçlerinin, özellikle süt soğutma aşamasında yoğun enerji tüketimi gerektiren bir süreç olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, süt üretimi süreçlerinde enerji tüketiminin en büyük kısmının süt soğutma sistemlerine ait olduğu vurgulanmıştır. Upton vd. (2013) İrlanda'da bulunan süt hayvancılığı işletmelerinin enerji taleplerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, süt sağım, süt soğutma ve su ısıtma faaliyetlerinin, işletmelerin toplam elektrik enerjisi tüketimindeki payları sırasıyla %20, %31 ve %23 olarak belirlemiştir. Bu üç faaliyet, toplam elektrik enerjisi tüketiminin %74'ünü oluşturmaktadır. Yan vd. (2013) yaptıkları çalışmada, 18 adet süt hayvancılığı işletmesi incelenmiştir. Araştırma sonucunda, bu işletmelerin elektrik enerjisi tüketiminin üretilen süt miktarı başına ortalama olarak 87 kWh/t-yıl olduğunu tespit etmişlerdir. Duman vd. (2013) Türkiye'deki modern hayvancılık işletmelerinin özgül elektrik enerjisi tüketimi değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir araştırmada, toplamda 235 işletme incelenmiştir. Bu araştırma sonucunda, işletmelerin ortalama elektrik enerjisi tüketim değerleri, sağmal hayvan kapasitelerine göre sınıflandırılmış ve her bir kapasite grubu için bu değerler detaylı bir şekilde belirtilmiştir.

Yapılan detaylı literatür taramalarında, büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılan işletmelerde ortaya çıkan çiftlik gübresi yönetimi ve bu gübrenin çevreye olan etkileri (Toruk ve Ülger 2001; Atılğan vd. 2006; Boyacı vd. 2011; Polat vd. 2012), yine aynı şekilde ortaya çıkan bu çiftlik gübresinin tarla ve bahçe tarımında yetiştirilen bitkilerin gelişimleri üzerine olan etkileri (Karadoğan vd. 1997; Tangolar vd. 2007; Özbek 2011; Göksu 2012; Akyol 2013; Arslan 2016; Özkan ve Güteryüz 2016), ortaya çıkan sıvı, katı veya şerbet halinde bulunan çiftlik gübrelerinin araziye dağıtılması veya taşınması üzerine kullanılan makinaları (Toraman 2004; Yumak vd. 2006; Özbek ve Konak 2009; Boz vd. 2010; Kuş ve Yıldırım 2010; Özbek ve Konak 2017; Ünal vd. 2017; Yılmaz 2017), büyükbaş süt sığırları yetiştiriciliği yapan işletmelerin tarımsal mekanizasyon işletmeciliği açısından durumu, mekanizasyon düzeyi özellikleri ve geliştirilmesi (Kuraloğlu 1998; Erkan 2005; Üçer 2008; Uygur 2015; Güzel 2016; Yığmatepe 2017; Kaya 2019), süt sağım makinalarında kullanılan mekanizasyon araçları ve bu makinaların geliştirilmesine yönelik sistemleri (Gönülol 1998; Işık ve Ünal 2003; Apaydın 2010; Seçer 2019), büyükbaş hayvancılıkta akıllı tarım teknolojileri, robotik kodlama, yapay zeka destekli çalışmalar ve yazılım uygulamaları (Türkyılmaz 2005; Atasever ve Erdem 2008; Memmedova 2012; Mundan vd. 2014; Özer 2014; Özuduruk 2014; Örs ve Oğuz 2016; Akar Çıkrıkçı 2019) konularında günümüze değin birçok makale, proje ve lisansüstü çalışma incelenmiştir. Hayvancılıkta mekanizasyonda girdi kalemlerinde önemli bir rol oynayan enerji kullanımı ve güç gereksinimi konusunda yapılan çalışmalar ise çoğunlukla sağım odası ve sağım makinaları ile sınırlı kalmış görülmektedir (Duman 2014; Akbaş vd. 2018; Keskin 2019; Ünal vd. 2019). Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde en yakın 42 yıl önce (Ayık 1983) büyükbaş hayvan ahır içi mekanizasyonunda kullanılan enerji tüketimi ve güç gereksinimlerinin değerlendirildiği çalışmalarda, zamanla değişen birim enerji tüketim bedelleri ve makina ekipman güç

gereksinimlerini göstermesi kaçınılmazdır. Çalışmanın yapıldığı dönemdeki enerji maliyetleri ve makina ekipmanlarının güç gereksinimleri, gelecekteki çalışmalarla karşılaştırıldığında farklılık gösterebilir. Bu nedenle, yapılan çalışma ile konunun güncelliğinin literatüre kazandırılması, modern enerji tüketim eğilimlerinin de dikkate alınması planlanmakta ve karbon ayak izi hesaplama çalışmalarında elde edilecek bu verilerin kullanılacağı düşünülmektedir.

2.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Tarımsal üretimde olduğu gibi diğer sektörlerde de en önemli hususlardan biri, üretilen ürünlerin enerji maliyetlerini minimum seviyeye indirmektir. Ürün kalitesinden ve verimliliğinden ödün vermeksizin enerji maliyetlerinin azaltılması ise, ancak enerjinin etkin bir şekilde kullanılması ve enerji verimliliğinin artırılmasıyla mümkündür. Tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin her aşamasında enerji kullanımını optimize etmek için uygulanabilecek çok sayıda yöntem ve strateji mevcuttur. Enerji verimliliği yalnızca enerji tasarrufunu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda tarım ve hayvancılık işletmelerinde doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde kullanımına da katkı sağlar. Bu da sektördeki genel verimliliğin ve çevresel sürdürülebilirliğin artırılmasını mümkün kılar. Tarımsal faaliyetlerde enerji tüketiminin ve çevresel etkilerin azaltılması, aynı zamanda mali durumun iyileştirilmesi için çeşitli teknolojiler ve kaynaklardan yararlanılarak enerji verimliliği artırılabilir. Sürdürülebilir tarımın temelini enerji verimliliğinin etkin bir şekilde planlanması ve uygulanması oluşturur. Bu süreç, tarımsal üretimde enerjinin daha etkin kullanılması, işletmelerde enerji maliyetlerinin düşürülmesi, çevrenin korunması amacıyla enerji kaynaklarının daha verimli değerlendirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmeyi amaçlar. Tarımsal binalarda ve bitkisel ile hayvansal üretimde enerji tasarrufunu artırmaya yönelik başlıca uygulama alanları; enerji planlaması, doğru enerji satın alma stratejileri, tarımsal ekipmanların verimli kullanımı, enerji tasarruflu sulama sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu ve tarımsal binalarda enerji tüketiminin optimize edilmesinden oluşur. Bu önlemler, sadece enerji maliyetlerini düşürmekle kalmayıp, aynı zamanda çevre üzerindeki olumsuz etkileri de en aza indirgeyerek tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğine katkı sağlar (Onurbaşı Avcıoğlu 2024). Elektrik enerjisinin etkin kullanımı, hem tarımsal ve hayvansal üretim verimliliğini artırmak hem de sektördeki karbon ayak izini azaltmak için bir öncelik haline gelmiştir (Smith vd. 2013).

Belirtilen kriterler göz önüne alındığında herhangi bir makina, sistem veya tesisin enerji verimliliği veya karbon ayak izinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmadan önce mutlaka o tesiste her bir makinanın enerji tüketimleri tek tek incelenmeli, farklı koşullar altındaki davranışları tespit edilmelidir.

Bu çalışmada Batı Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Antalya, Isparta ve Burdur illerinde benzer hayvan varlığı ve mekanizasyon düzeyine sahip birer süt sığırcılığı işletmesi seçilmiş ve bu işletmelerin kış ve yaz dönemlerinde birer hafta boyunca elektrik enerjisi tüketen tüm makinalarının davranışları enerji analizörleri ile kayıt altına alınmıştır. Kayıtlar düzenli aralıklar ile çalışan makinalarda (gübre sıyırıcı, gübre pompası, gübre karıştırıcı, gübre separatörü, hayvan kaşıma fırçası ve hayvan serinletme fanı) birer kez/tur veya belirli bir dakika boyunca, düzensiz aralıklarla çalışan makinalarda (süt sağım makinası, süt soğutma tankı ve su ısıtıcısı) bir hafta boyunca sürekli kayıt alma şeklinde gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda sağım verileri ve işçilik

Çalışma süreleri de kayıt altına alınmıştır. Farklı periyot ve işletmelerde yapılan ölçümler ile süt sıgırcılığı işletmelerinde güç gereksinimi ve enerji tüketimleri araştırılmıştır.

Çalışma boyunca elde edilen veriler doğrultusunda mevsimsel dönemlere, işletmelere ve makinalara göre olmak üzere 3 farklı kategoride aktif enerji tüketim, maksimum güç, günlük ortalama aktif enerji tüketimi (kWh/gün), sağılan büyükbaş hayvan başına tüketilen aktif enerji (kWh/baş), elde edilen 1 kg süt başına tüketilen aktif enerji (kWh/kg) verilerinin elde edilmesi veya hesaplanması hedeflenmiştir. Ayrıca işçilik ve sağım süreleri, SST sıcaklık (°C) ve ağırlık (kg), evre ortam ve vakum pompası sıcaklık (°C) değişimleri gibi verilerin yerinde gözlem ve incelemeler sonucu elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda işletmelerin enerji tüketim durumlarıyla ilgili yorumlar ve öneriler yapılarak genel durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

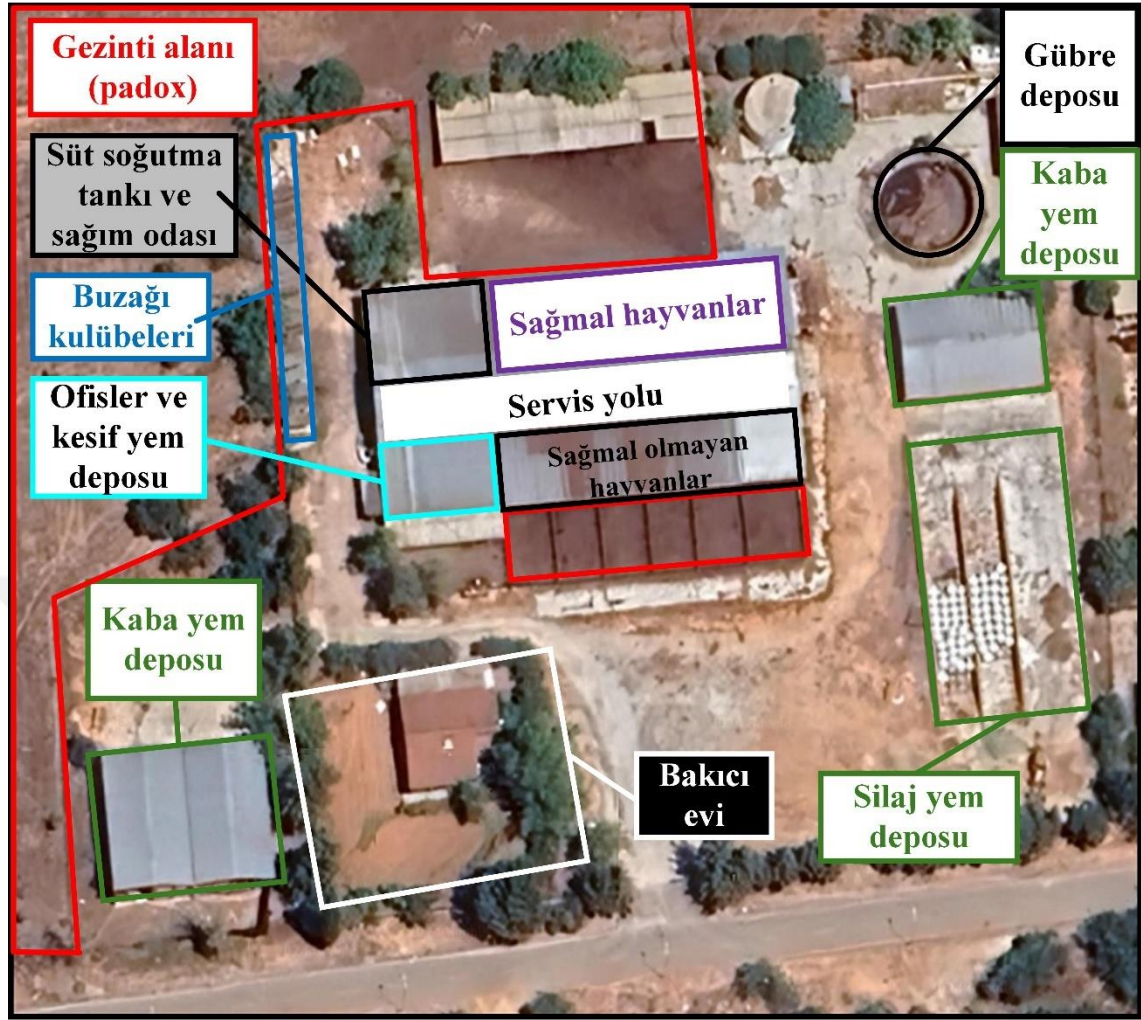
Batı Akdeniz Bölgesi kapsamında belirlenen illerde, Antalya'da Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne, Isparta'da ise Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'ne bağlı olan süt sığırı yetiştiriciliği işletmeleri çalışma kapsamına alınmıştır. Burdur'da ise Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Tarım Hayvancılık ve Gıda Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne bağlı süt sığırı yetiştiriciliği işletmesi seçilmiştir. İşletmelerin hayvan varlığı tanımlamalarında kullanılan bazı tanımlar Çizelge 3.1 verilmiştir.

Çizelge 3.1. Büyükbaş hayvancılıkta bazı tanımlar (Şensoy 2014; Semerci ve Çelik 2017; Kara ve Eroğlu 2018)

Buzağı	: 0-6 aylık inek yavrusu, erkek ya da dişi olabilir.
Dana	: 6-12 aylık inek yavrusu, erkek ya da dişi olabilir.
Düve	: Doğum yapmamış dişi inek yavrusu.
Gebe düve	: Hamile olan dişi inek.
Kuruya alma	: İneğin sütünün sağılmayarak süttten kesilmesinin sağlanması.
Sağmal hayvan	: Aktif olarak sütü sağılan ineklerdir.
Tosun	: 12-24 aylık erkek inek yavrusu.
İnek	: 2 yaş ve üzeri dişi sığır.
Boğa	: 2 yaş ve üzeri erkek sığır.
Öküz	: Kısırlaştırılmış boğa.

3.1.1. Akdeniz Üniversitesi işletmesi

Akdeniz Üniversitesi (AKDÜ) kampüsü içerisinde yer alan işletme, 36°53'46"N ve 30°38'27"E koordinatlarında yer almaktadır ve 58 sağmal kapasitesine sahiptir. Sağmalların yanında farklı yaş grupları, kuruya alınanlar, gebe düveler ve buzağılar içinde ayrı bölümler bulunmaktadır. Tesiste sağım odasının bulunduğu tarafta sadece sağmal hayvanlar yer alırken, yem yolunun diğer tarafında ise gebe düveler, kuruya alınanlar ve farklı yaş gruplarındaki dişiler bulunmaktadır. İşletmede planlama doğrultusunda 3 ayı dolduran erkekler satılarak işletmeden uzaklaştırılmaktadır. İşletmede 2 farklı kısımda kaba yem deposu, 3 gözlü silaj yem deposu ve 1 adet kesif yem deposu bulunmaktadır. Sağmal hayvanların bulunduğu kısmın ön tarafında ineklerin gezebilecekleri gezinme alanı (padox) bulunmaktadır. Sağmal olmayan hayvanların bulunduğu bölümde ise daha kısıtlı bir açık alan mevcuttur. İşletme arazisi içinde buzağı kulübelerinin yer aldığı bir bölüm bulunurken, işletmede yemleme ve sağım işlemlerini gerçekleştiren, 2 çalışanın konakladığı bir bakıcı evi bulunmaktadır. Duraklı açık barınak olan Akdeniz Üniversitesi işletmesinde sıyrıcı yolu sonunda bir gübre çukuru ve kaba yem deposunun kuzeyinde bir gübre deposu bulunmaktadır (Şekil 3.1). Bu iki çalışan belirli periyotlar ile diğer ahır içi işleri de kendi aralarında paylaşarak gerçekleştirmektedirler.



Şekil 3.1. AKDÜ işletmesi yerleşim planı

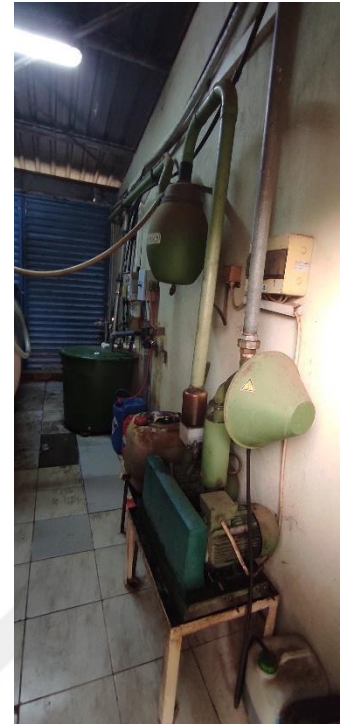
AKDÜ işletmesinde 2x3 balık kılçığı tip süt sağım odası bulunmaktadır. Bu sistemde sağmal hayvanlar yaklaşık 30 veya 45°lik açılar ile arka kısımları sağımçı platformuna gelecek şekilde durduktan sonra meme başlıkları yanlardan takılarak sağım işlemi başlatılır. Burada 2x3 terimi ile bu sağım odasında sağımçı platformunun sağ ve soluna olacak şekilde toplam iki sıra sağmal hayvanın girdiği ve her sırada üçer sağmal hayvandan toplam altı sağmal hayvanın aynı anda sağılabilceği anlaşılmaktadır. Sağım sisteminde vakum hattı üstte, yıkama ve süt hattı altta yer almaktadır. Vakum hattı boruları plastik, yıkama ve süt hattı ise paslanmaz çelik malzemeden yapılmış borulardan oluşurken, yıkama hattı boruları hat sonunda “U” şeklinde dönerek diğer bölümü de dolaşmaktadır. Sağım sisteminde elektronik pulsatörler ve mekanik süt ölçerler kullanılmış, fakat bunun yanında herhangi bir sürü yönetim programı, başlık çıkarıcı veya pulsatörlerde bulunan sağım öncesi masaj gibi özellikleri bulunmamaktadır. Sağım sisteminde isteğe bağlı asit veya alkali özelliklerde yıkama yapabilen otomatik yıkama sistemi bulunmaktadır. Vakum hattı üzerinde vakumu düzenleyici bir regülatör, vakum saati ve süt kapanında yaşanacak herhangi bir aksaklıktan dolayı vakum pompasına süt girişi olmaması için bir ara tank yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). GEA marka süt sağım sisteminde vakum pompasını çalıştıran elektrik motorunun etiket değeri 5.5 kW güce sahiptir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.2. AKDÜ işletmesi **a)** süt sağım odası; **b)** otomatik yıkama ve sağım sistemi panosu; **c)** vakum pompası, ara tank ve yıkama teknesi

İşletmede bulunan süt soğutma tankı kompresöründe soğutucu akışkan olarak SA-R404A kullanılmaktadır. Tank 2007 model olup 2BII soğutma sınıfına göre sertifikalandırılmıştır. WestfaliaSurge marka süt soğutma tankı yatay tip ve 4,500 kg kapasiteye sahip otomatik karıştırıcılıdır ve isteğe bağlı otomatik yıkama sistemi vardır. Tankın yere temas eden dört ayağında ağırlık sensörleri bulunmaktadır ve bu sensörler sayesinde anlık olarak tanka aktarılan süt miktarı kilogram olarak ekrandan takip edilebilmektedir (Şekil 3.3). Ayrıca tank üzerindeki gösterge panelinden anlık olarak tanktaki süt sıcaklığı da izlenebilmektedir.

AKDÜ işletmesinin konumsal olarak güneş enerjisi destekli su ısıtıcılardan faydalanabileceği bir bölge olmasından dolayı bu işletmede toplam 4 m² alana sahip iki güneş kolektörlü 200 litre depolu bir ısıtıcı kullanılmaktadır. Bulutlu günler veya kış mevsimlerinde güneş ışınlarından faydalanılmadığı durumlar için sistem deposunun içerisine 2.2 kW'lık bir rezistans monte edilmiş ve kullanılacak sıcak su sıcaklığı belirli bir değerin altına düştüğü zaman ayarlı termostat vasıtasıyla devreye girerek suyu ısıtmaktadır.



Şekil 3.3. AKDÜ işletmesi, süt soğutma tankı

Sağmal hayvanların bulunduğu bölümde çift taraflı, sağmal olmayan hayvanların olduğu tarafta ise tek taraflı zincirli bir gübre sıyrıcı bulunmaktadır. Her bir bölümdeki gübre sıyrıcılar için hareket iletimi elektrik motorlu bir gübre sıyrıcı kulesi tarafından sağlanmaktadır. Gübre sıyrıcı yolunun hemen sonunda bulunan bir kanal ile toplanan gübreler, gübre deposuna aktarılmaktadır (Şekil 3.4). Kanal eğimi optimum seviyede ayarlanmamasından dolayı bu akışta çoğunlukla birikmeler oluşmakta ve basınçlı su yardımıyla bir çalışan bu kanalı her sıyrma işleminden sonra temizlenmektedir. Zincirli tip gübre sıyrıcılarda sıklıkla rastlanan zamanla tüm yükü çeken zincirde bazı uzamalar görülebilmektedir. Bu işletmede yer alan her iki taraftaki zincirde de yaklaşık 20-30 cm uzamalar tespit edilmiştir. Bu durum sıyrıcı küreklerin bir turunu tamamlaması sonrası geri dönüş yaptığı durumlarda döndürme hareketini veren dişli makarada zincirin sıyrılması, ani sıçramalar ve elektrik motorunda zorlanmalara yol açmaktadır. Ayrıca bu kaymalar, dişli makara üzerindeki dişlerde aşınmalar ve deformasyonlar oluşmasına sebep olmuştur. Bu durum küreklerin olağan hareketinde sorunlara yol açmaktadır. Sıyrıcı küreklerin işlevini tam anlamıyla yerine getirdiği söylenemez. Gübre çukuruna biriktirilen gübreler isteğe bağlı olarak direk gübre separatörüne veya gübre deposuna gönderilebilmektedir. Separatörün arıza yaptığı durumlarda depo birincil depolama kaynağı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.4. AKDÜ işletmesi, gübre sıyrıcı

Gübre deposunun içerisinde oluşabilecek çökelme ve kaymak tabakalarının önüne geçebilmek adına depo içerisinde bir gübre karıştırıcı bulunmaktadır. Yine depoda oluşacak birikmeden sonra deponun dışında açık araziye veya herhangi bir gübre depolama aracına aktarmak üzere depo içerisinde bir gübre pompası daha yer almaktadır.

Kış döneminde yürütülen çalışmalarda tek fazlı ve isteğe bağlı açılıp kapatılabilen vantilatörler yer alırken, yaz dönemi öncesi işletmede bu vantilatörler iptal edilmiş, yerine sağmal hayvanlar tarafına helikopter ahır tavan fanı, sağmal olmayan hayvanlar tarafına da daha büyük kapasitelerde hava akışına sahip olan hayvan serinletme fanları kullanılmaya başlanmıştır. Yeni uygulanan sistem ile sıcaklık sensörlerine sahip bir kontrol paneli ile ayarlanan minimum ve maksimum sıcaklık değerleri arasında hayvan serinletme fanlarının çalışma aralıkları belirlenebilmektedir (Şekil 3.5).



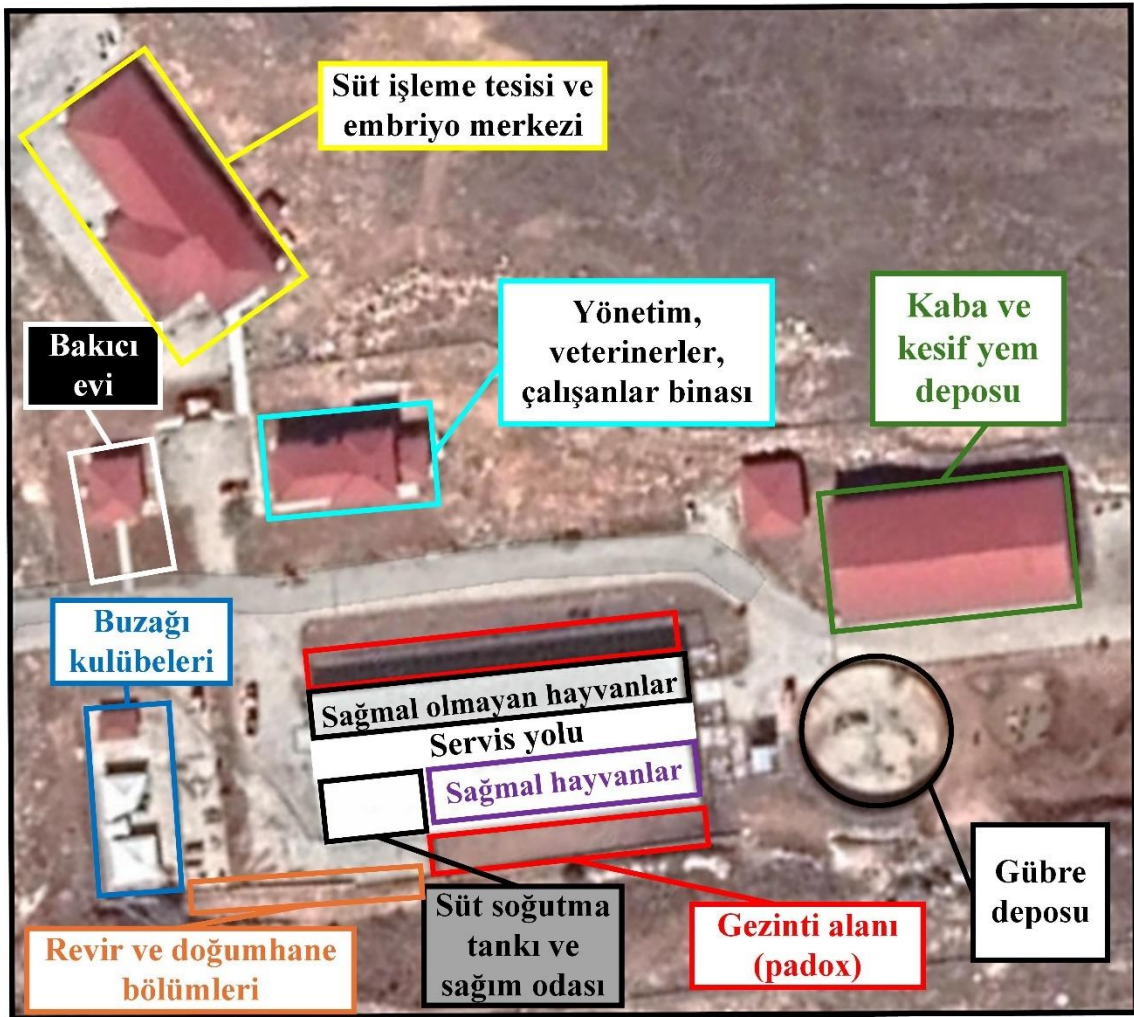
Şekil 3.5. AKDÜ işletmesi, hayvan serinletme fanları

İşletmede standart temasa bağlı tetikleme mekanizması (jiroskop sensörü) ile çalışan hayvan kaşıma fırçaları bulunmaktadır. Hayvan refahını artıran bu makinadan işletmede toplamda 3 adet bulunmaktadır ve tek fazlı elektrik ile çalışmaktadır. Çalışma süresi boyunca bu tetikleme mekanizması manuel olarak tetiklenerek kayıtlar alınmıştır. Ayrıca denemesi gerçekleştirilen tüm hayvan kaşıma fırçalarının kuyruk dolanmasına karşı oluşacak zorlanmadan kaynaklı durup ters yönde belirli bir tur döndükten sonra kendini kapatıp kapatmadığı kontrol edilmiştir.

3.1.2. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi işletmesi

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi (MAKÜ) süt sığırcılığı işletmesi 37°40'54"N ve 30°18'59"E koordinatlarında yer almaktadır ve kampüsü içerisinde yer alan işletme 64 sağmal kapasitesine sahiptir. Sağmalların yanında farklı yaş grupları, kuruya alınanlar, gebe düveler ve buzağılar için de ayrı bölümler bulunmaktadır. Tesiste sağım odasının bulunduğu kısımda kalan duraklarda sadece sağmal hayvanlar yer alırken, yem yolunun karşısında ise gebe düveler, kuruya alınanlar ve farklı yaş gruplarındaki dişiler bulunmaktadır. İşletmenin planlaması doğrultusunda 3 ayı dolduran erkekler, başka bir ahıra alınarak etinden faydalanmak üzere besi kısmında değerlendirilmektedir. İşletmede büyük bir yem deposu bulunurken tüm yemler farklı bölümlerde depolanmaktadır. Duraklı açık barınak (iklim koşulları nedeniyle oluklu galvanizli kaplama malzemesi ile yan tarafları kapatılmış) bulunan MAKÜ işletmesinde hayvanların gezebileceği yarı açık alanlar ahır dış cephesinin hemen arkasındadır ve geçiş kapıları ile bölünmüştür. İşletme arazisi içinde buzağı kulübelerinin ve farklı aylardaki

buzağı gruplarının yer aldığı kapalı bir bölüm bulunmaktadır. Ayrıca doğumu yaklaşan ve revirde beklemesi gereken hasta hayvanlar için de yine kapalı ayrı bölmeler bulunmaktadır. İşletmede yemleme ve sağım işlemlerini gerçekleştiren çalışanların konakladığı iki bakıcı evi bulunmaktadır. Sıyırıcı yolu sonunda bir gübre çukuru ve hemen ilerisinde bir gübre deposu bulunmaktadır (Şekil 3.6). Separatörden geçirilen gübrenin sıvı kısmı havuzda depolanırken, katı kısmı ise çiftlik gübresi olarak kullanılabilir. Sabah ve akşam olmak üzere her sağımda en az iki sağımcı ve sağmal hayvanları sağım odasına yönlendiren bir çalışan bulunmaktadır. Bunun dışında gündüz farklı periyotlarda işe başlayıp bırakan ahır içi görevlileri, yem hazırlayıcılar, veteriner teknikerler ve veteriner hekimler de bulunmaktadır. Diğer işletmeler ile kıyaslandığında en çok ve düzenli çalışanların bulunduğu işletme MAKÜ işletmesidir.



Şekil 3.6. MAKÜ işletmesi yerleşim planı

MAKÜ işletmesinde 2x6 balık kılçığı tip süt sağım odası bulunmaktadır. Bu sistemde sağmal hayvanlar yaklaşık 30 veya 45°lik açılar ile arkaları sağımcı platformuna gelecek şekilde durur, meme başlıkları yanlardan takılarak sağım işlemi başlatılır. Burada 2x6 terimi ile bu sağım odasında sağımcı platformunun sağ ve soluna olmak üzere toplam iki sıra sağmal hayvanın girdiği ve her sırada altışar sağmal hayvandan toplam on iki sağmal hayvanın aynı anda sağılabilceği anlaşılmaktadır. Sağım sisteminde vakum hattı

üstte yer alırken, yıkama ve süt hattı altta yer almaktadır. Vakum, süt ve yıkama hattı olmak üzere sağım odası içerisinde yer alan tüm borular paslanmaz çelik malzemeden yapılmıştır. Fakat sağım odası dışına geçilmeden önce süt kapanının giriş kısmı ile vakum pompası arasında kalan vakum hattında plastik PVC borular kullanılmıştır. Sadece süt hattı, hat sonunda “U” şeklinde dönerek diğer bölümü de dolaşmaktadır. Sağım sisteminde, sağım öncesi masaj yapan elektronik pulsatörler, elektronik süt ölçerler ve süt akışının kesilmesinin ardından son masajı yaparak vakumu kesip başlık çıkarıcılar ile sağım başlığını yukarıya doğru çeken bir sistem bulunmaktadır. Sürü yönetim sistemi kullanılan işletmede her ineğin bireysel olarak her sağımdaki toplam süt verimi kayıt altına alınmaktadır. Ayrıca pedometreler sayesinde olası hastalık ve kızgınlık periyotları da sistemden anlık olarak takip edilebilmektedir. Sağım sisteminde isteğe bağlı asit veya alkali özelliklerde yıkama yapabilen otomatik yıkama sistemi bulunmaktadır. Aktarma tankı içerisine toplanan süt, aktarma pompası ile doğrudan süt soğutma tankına aktarılmaktadır. Vakum hattı üzerinde vakum düzenleyici bir regülatör, vakum saati ve süt kapanında yaşanacak herhangi bir aksaklıktan dolayı vakum pompasına süt girişi olmaması için bir ara tank yerleştirilmiştir (Şekil 3.7). GEA marka süt sağım sisteminde vakumu oluşturan vakum pompasını çalıştıran elektrik motorunun etiket gücü 5.5 kW’dır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.7. MAKÜ işletmesi, **a)** süt sağım odası; **b)** otomatik yıkama ve sağım sistemi panosu, otomatik yıkama teknesi; **c)** vakum pompası ve ara tank

İşletmede bulunan süt soğutma tankı kompresöründe soğutucu akışkan olarak SA-R404A kullanılmaktadır. Tank 2014 model olup 2BIII soğutma sınıfına göre sertifikalandırılmıştır. GEA Farm Technologies marka süt soğutma tankı yatay tip ve 6,000 kg kapasiteye sahip, otomatik karıştırıcısı ve isteğe bağlı otomatik yıkama sistemi vardır. Tankın yere temas eden dört ayağında ağırlık sensörleri bulunmaktadır ve bu sensörler sayesinde anlık olarak tanka aktarılan süt miktarı kilogram olarak ekrandan takip edilebilmektedir. Ayrıca gösterge ekranından anlık olarak tanktaki süt sıcaklığı izlenebilmektedir, fakat sadece tanka süt girişi kesildiğinde başka bir deyişle ağırlık değişimi sabitlendiğinde sıcaklık ve ağırlık değerleri ekranda görülmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. MAKÜ işletmesi, süt soğutma tankı

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi'nin iklimsel koşulları göz önüne alınarak elektrik enerjisi kullanan termosifonlar, sağım odasında kullanılan sıcak su kaynağı olarak tercih edilmiştir. Tesiste toplamda 2 adet 100 litrelik 2014 model ve 2.0 kW ısıtma kapasiteli elektrikli su ısıtıcısı (boyler) kullanılmaktadır.

Sağmal hayvanların bulunduğu bölümde çift, sağmal olmayan hayvanların olduğu tarafta ise tek taraflı zincirli bir gübre sıyırıcı bulunmaktadır. Her bir bölümdeki gübre sıyırıcılar için hareket iletimini veren elektrik motorlu bir gübre sıyırıcı kulesi bulunmaktadır. Gübre sıyırıcının yolunun sonunda bir gübre çukuru bulunmaktadır ve sıyırılan gübreler direk bu çukura dökülmektedir (Şekil 3.9). Gübre çukuruna biriktirilen gübreler isteğe bağlı olarak direk gübre separatörüne veya gübre deposuna gönderilebilmektedir. Separatörün arıza yaptığı durumlarda depo birincil depolama kaynağı olarak kullanılmaktadır. Gübre çukuru ve deposunun içerisinde oluşabilecek çökme ve kaymak tabakalarının önüne geçebilmek adına hem çukurda hem de depo içerisinde bir gübre karıştırıcı bulunmaktadır. Yine depoda oluşacak birikmeden sonra deponun dışına açık araziye veya herhangi bir gübre depolayıcı araca aktarmak üzere depo içerisinde bir gübre pompası daha yer almaktadır. İşletmenin bulunduğu konuma bağlı ağırlıklı olarak soğuk olan havadan dolayı sıyırıcı yolu üzerine kauçuk bir örtü malzemesi serilmiş ve sıyırıcı bu malzeme üzerinde çalışmaktadır. Fakat gübre sıyırıcının arıza yaptığı zamanlarda ön yükleyici monte edilmiş bir traktör ile içerideki gübre temizlenmek istenince bu örtü malzemesinin bazı bölgelerinde kabarma ve uzama gibi deformasyonlar oluşmuştur. Bu deformasyonlardan kaynaklı gübre sıyırıcı küreklerinin

görevini tam olarak yerine getirmediği gözlenmiştir. Bazı bölgelerde takılmalar, zorlanmalar ve kabarıklıklardan dolayı zemindeki gübrenin tam anlamıyla sıyırılmadığı görülmüştür. Ayrıca gübre sıyrıcı zincirlerinin ahır içinde kalan dönüş makaraları bir tasarım hatasından dolayı sıyrıcı yolundan daha önce bitmektedir. Bu durumdan dolayı ahır içerisindeki çift taraflı sıyrıcı küreklerin olduğu bölümde her iki tarafta da yaklaşık 5-6 metre uzunluğundaki bir yol alanında gübre sıyrıcı çalışmadığından dolayı bu bölge görevliler tarafından manuel olarak her gün temizlenmektedir.



Şekil 3.9. MAKÜ işletmesi, gübre sıyrıcı

Hem sağmal hem de sağmal olmayan hayvanlar tarafında büyük boy kare prizma boyutlarında hayvan serinletme fanları bulunmaktadır. Bu fanlar kontrol paneli sayesinde istenildiğinde ayrı ayrı çalıştırılabilmektedir. Sağım öncesi bekleme alanını serinletecek şekilde montajı gerçekleştirilmiş ayrı bir fan daha vardır ve bu fan tek başına kontrol edilebilmektedir. Yine bu kontrol panosu sayesinde ayarlanan minimum ve maksimum hava sıcaklığı değerlerine göre sensörler vasıtasıyla fanların çalışması veya durması otomatik olarak kontrol edilebilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. MAKÜ işletmesi, hayvan serinletme fanları

İşletmede standart temasa bağlı tetikleme mekanizması (jiroskop sensörü) ile çalışan hayvan kaşıma fırçaları bulunmaktadır. Hayvan refahını artıran bu makinadan işletmede toplamda 5 adet bulunmakta ve tek faz ile çalışmaktadır. Çalışmalar süresi boyunca bu tetikleme mekanizması manuel olarak tetiklenmiş ve kayıtlar böylelikle alınmıştır. Ayrıca denemesi gerçekleştirilen tüm hayvan kaşıma fırçalarının kuyruk dolanmasına karşı oluşacak zorlanmadan kaynaklı durup ters yönde belirli bir tur

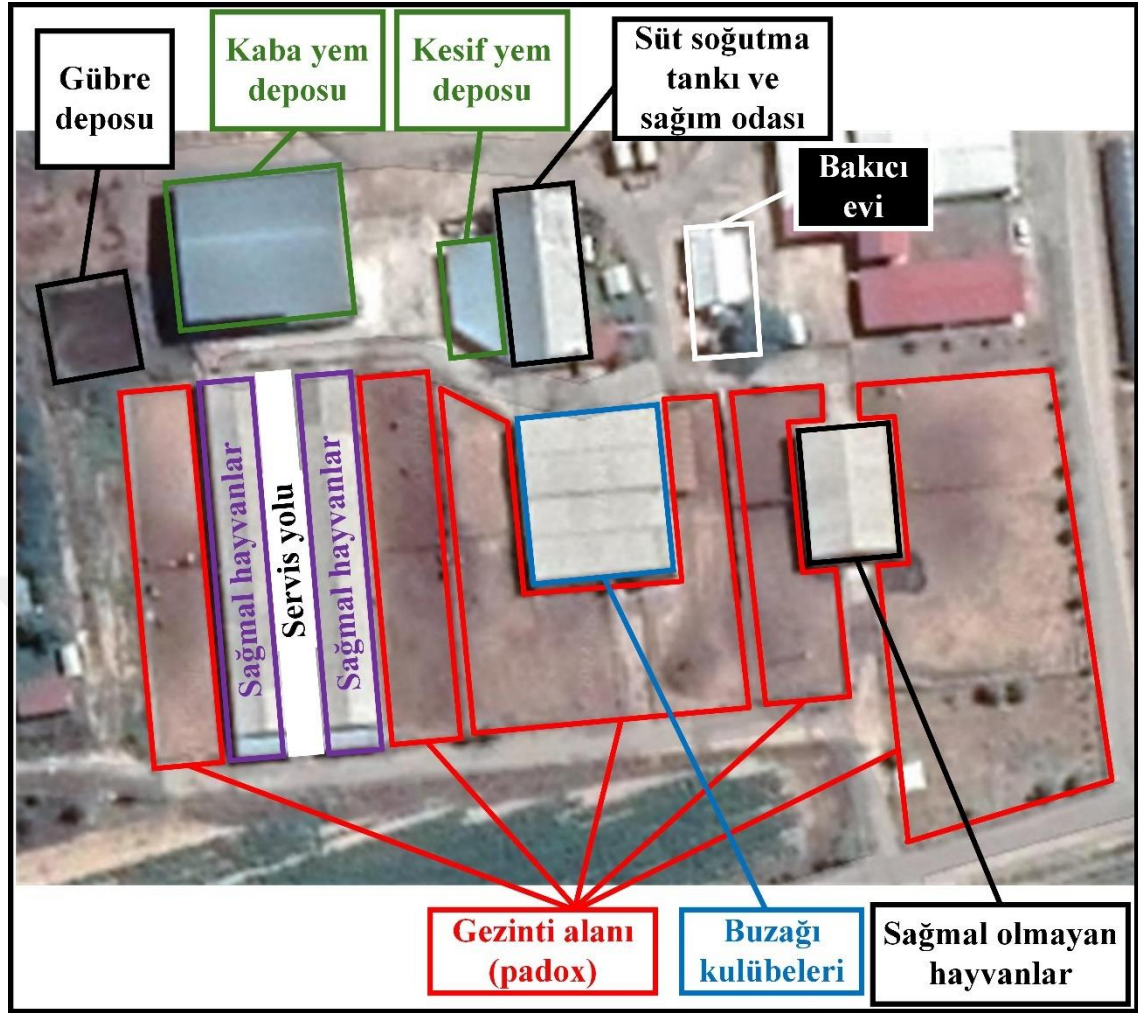
döndükten sonra kendini kapatıp kapatmadığı kontrol edilmiştir. MAKÜ işletmesinde buzağılar sabah, öğle ve akşam beslenirken, diğer işletmelerde sadece sabah ve akşam besleme yapılmaktadır.

3.1.3. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi işletmesi

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ) işletmesi 37°50'23"N ve 30°32'14"E koordinatlarında yer almaktadır ve kampüs içerisinde yer alan işletme 144 sağmal kapasitesine sahiptir. Sağmalların yanında farklı yaş grupları, kuruya alınanlar, gebe düveler ve buzağılar içinde ayrı yapılarda bölümler bulunmaktadır. Tesiste sağım odası ve sağım öncesi bekleme bölümü farklı bir alandır. Bu alana tüm sağmallar belirli bir mesafede yönlendirildikten sonra ulaşmaktadırlar. İşletme planlaması doğrultusunda 3 ayı dolduran erkekler ayrıca erkeklerin bakıldığı bir ahıra alınarak etinden faydalanmak üzere besi kısmında değerlendirilmektedir. İşletmede kaba, kesif ve silaj yem deposu bulunmaktadır. Duraklı açık barınak (iklim koşulları nedeniyle duvarlarla çevrili) olan ISUBÜ işletmesinde hayvanların gezebileceği açık alanlar ahır dış cephesinin hemen arkalarında ve geçiş kapıları ile bölünmüştür. İşletme arazisi içinde buzağı kulübelerinin ve farklı aylardaki buzağı gruplarının yer aldığı kapalı bir yapıda ayrı bir bölüm bulunmaktadır. Ayrıca doğumu yaklaşan ve revirde beklemesi gereken hasta hayvanlar da yine bu yapı içerisinde farklı bölmelerde tutulmaktadır. İşletmede yemleme ve sağım işlemlerini gerçekleştiren çalışanların konakladığı bir bakıcı evi bulunmaktadır (Şekil 3.11).

Sıyrıcı yolu sonunda bir gübre çukuru ve hemen ilerisinde bir gübre deposu bulunmaktadır. Separatörden geçirilen gübrenin sıvı kısmı depoda tutulurken, katı kısmı ise römorklara doldurulduktan sonra ayrı bir alanda depolanıp çiftlik gübresi olarak kullanılabilir. İşletmede ikişer kişiden oluşan iki grup çalışan bulunmaktadır. Haftayı üç tam bir yarım gün olmak üzere tam ikiye böldükleri çalışma sisteminde, her iki grupta da bir yemleme bir de sağım işlemleriyle ilgilenen çalışan bulunmaktadır. Ayrıca bir veteriner teknikeri belirli periyotlarda gerekli kontrol ve işlemleri gerçekleştirmektedir. Diğer ahır içi gerekli işleri her grup kendi çalışma periyodunda ve kendi grubundaki çalışanlar ile iş bölümü yaparak gerçekleştirmektedir.

ISUBÜ işletmesinde 2x6 paralel (hızlı çıkış) tip süt sağım odası bulunmaktadır. Bu sistemde sağmal hayvanlar arka kısımları tamamen sağımcı platformuna bakacak şekilde durur ve meme başlıkları arka ayaklarının arasından takılarak sağım işlemi başlatılır. Burada 2x6 terimi ile bu sağım odasında sağımcı platformunun sağına ve soluna olmak üzere toplam iki sıra sağmal hayvanın girdiği ve her sırada altışar sağmal hayvandan toplam on iki sağmal hayvanın aynı anda sağılabilceği anlaşılmaktadır. Sağım sisteminde vakum hattı üstte yer alırken, yıkama ve süt hattı altta yer almaktadır. Vakum hattı PVC plastik malzemeden, süt ve yıkama hattı paslanmaz çelik malzemeden yapılmıştır. Sadece süt hattı, hat sonunda "U" şeklinde dönerek diğer bölümü de dolaşmaktadır. Sağım sisteminde, sağım öncesi masaj yapan elektronik pulsatörler, elektronik süt ölçerler ve süt akışının kesilmesinin ardından son masajı yaparak vakumu kesip başlık çıkarıcılar ile sağım başlığını yukarıya doğru çeken bir sistem bulunmaktadır. Sürü yönetim sistemi kullanılan işletmede her ineğin bireysel olarak her sağımdaki toplam süt verimleri kayıt altına alınmaktadır. Sağım sisteminde isteğe bağlı asit veya alkali özelliklerde yıkama yapabilen otomatik yıkama sistemi bulunmaktadır.



Şekil 3.11. ISUBÜ işletmesi yerleşim planı

Aktarma tankı içerisine toplanan süt, pompa ile doğrudan süt soğutma tankına aktarılmaktadır. Vakum hattı üzerinde vakumu düzenleyici bir regülatör, vakum saati ve süt kapanında yaşanacak herhangi bir aksaklıktan dolayı vakum pompasına süt girişi olmaması için bir ara tank yerleştirilmiştir (Şekil 3.12). DeLaval marka süt sağım sisteminde vakumu oluşturan vakum pompasını çalıştıran elektrik motorunun etiket gücü 4.0 kW'tır.

İşletmede bulunan süt soğutma tankında soğutucu akışkan olarak SA-R22 kullanılmaktadır. Tank 2012 model olup 2BII soğutma sınıfına göre sertifikalandırılmıştır. KROMİŞ soğutma ve paslanmaz marka dikey tip süt soğutma tankı 5 HP (3.7 kW) ve 2,000 kg kapasiteye sahiptir, otomatik karıştırıcısı vardır ve otomatik yıkama sistemi yoktur. Tankın yere temas eden dört ayağında ağırlık sensörleri bulunmaktadır ve bu sensörler sayesinde anlık olarak tanka aktarılan süt miktarı kilogram olarak ekrandan takip edilebilmektedir. Ayrıca yine gösterge ekranından anlık olarak tanktaki süt sıcaklığı izlenebilmektedir (Şekil 3.13). İşletmede 500 litre kapasiteye sahip ikinci yedek bir süt soğutma tankı da bulunmaktadır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.12. ISUBÜ işletmesi, **a)** süt sağım odası; **b)** otomatik yıkama ve sağım sistemi panosu, elektrikli ısıtıcı; **c)** vakum pompası ve ara tank



Şekil 3.13. ISUBÜ işletmesi, süt soğutma tankı

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nin iklimsel koşulları göz önüne alınarak elektrik enerjisi kullanan termosifon, sağım odasında kullanılan sıcak su kaynağı olarak tercih edilmiştir. Tesiste DeLaval marka, 100 litrelik ısıtma kapasiteli elektrikli su ısıtıcısı (boyler) kullanılmaktadır.

Sağmal hayvanların bulunduğu ahırda her iki tarafta da çift taraflı hidrolik pistonlu gübre sıyrıcılar bulunmaktadır. Her bir bölümdeki gübre sıyrıcılar için hareket iletimini veren elektrik motorlu hidrolik pompaya sahip bir ünite bulunmaktadır. Gübre sıyrıcı yolunun hemen sonunda bir gübre çukuru bulunmaktadır ve sıyrılan gübreler eğimli bir gübre yolu vasıtasıyla gübre çukuruna dökülmektedir (Şekil 3.14). Gübre çukuruna biriktirilen gübreler isteğe bağlı olarak direk gübre separatörüne veya gübre deposuna gönderilebilmektedir. Separatörün arıza yaptığı durumlarda depo birincil depolama kaynağı olarak kullanılmaktadır. Gübre çukuru ve deponun içerisinde oluşabilecek çökme ve kaymak tabakalarının önüne geçebilmek adına hem çukurda hem de depo içerisinde bir gübre karıştırıcı bulunmaktadır, fakat gübre çukurundaki karıştırıcı gübre pompası ile aynı elektrik motorundan güç alarak hareket etmektedir. Yine depoda oluşacak birikmeden sonra deponun dışına açık araziye veya herhangi bir gübre depolayıcı araca aktarmak üzere depo içerisinde bir gübre pompası daha yer almaktadır. Hidrolik pistonlara sahip olup git gel hareketi yaparak çalışan gübre sıyrıcının ilerleme hızı oldukça yavaştır. Gübre sıyrıcı küreklerinin oldukça eskimiş olmasından dolayı küreklerin mekanizmasında aşınmalar/bozulmalar gerçekleşmiş ve gübre yolundaki gübrenin homojen dağılmadığı durumlarda raydan çıkmalara rastlanmıştır. Sıyrıcı tur süresi uzun olan bu sistemde sıklıkla küreklerin raydan çıktığı ve düzenli bir gübre sıyırma işleminin yapılamadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.14. ISUBÜ işletmesi, gübre sıyrıcı

ISUBÜ işletmesinde hayvan serinletmeye yönelik herhangi bir fan kullanılmamaktadır.

3.1.4. İşletmelerin çalışan sayısı, hayvan varlığı ve yem rasyonu

Kış ve yaz dönemlerinde gerçekleştirilen çalışma süresi boyunca denemeler AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ sıralamasına göre gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, yapılan işlere göre çalışanlar sınıflandırıldığında toplam çalışan işçi grupları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Çalışan sayılarına bakıldığında kış ve yaz denemeleri süresi boyunca AKDÜ’de 3, MAKÜ’de 11 ve ISUBÜ’de 4 kişinin çalıştığı görülmektedir. Ek olarak yaz dönemi denemelerinde ISUBÜ işletmesine bir veteriner tekniker alınarak çalışan sayısı 5’e çıkarılmıştır.

Çizelge 3.2. Denemeler boyunca çalışma alanına göre çalışan sayısı

İşletmeler	Kış dönemi denemeleri		Yaz dönemi denemeleri	
	Çalışma alanı	Kişi (adet)	Çalışma alanı	Kişi (adet)
AKDÜ	Sağımıcı	1	Sağımıcı	1
	Yem hazırlama	1	Yem hazırlama	1
	Ahır işleri	-	Ahır işleri	-
	Vet. Hekim	1	Vet. Hekim	1
	TOPLAM	3	TOPLAM	3
MAKÜ	Sağımıcı	4	Sağımıcı	4
	Yem hazırlama	2	Yem hazırlama	2
	Ahır işleri	3	Ahır işleri	3
	Vet. Tekniker	2	Vet. Tekniker	2
	TOPLAM	11	TOPLAM	11
ISUBÜ	Sağımıcı	2	Sağımıcı	2
	Yem hazırlama	2	Yem hazırlama	2
	Ahır işleri	-	Ahır işleri	-
	Vet. Tekniker	-	Vet. Tekniker	1
	TOPLAM	4	TOPLAM	5

İşletmelere ait gruplandırılan büyükbaş hayvan varlıkları Çizelge 3.3’de verilmiştir. Kış dönemi denemelerinde AKDÜ’de 54, MAKÜ’de 45 ve ISUBÜ’de 18 baş sağmal hayvan bulunmaktadır. Aynı işletme sıralamalarına göre yaz dönemi denemelerinde bu rakamlar 45, 56 ve 16 baş olarak değişiklik göstermektedir. İşletmelerde Holstein, Simmental gibi farklı kültür ve kültür melezi ırklarından inekler bulunmaktadır. Sağmal hayvanların gebelik durumu, kuruya ayrılması ve kesime gönderilebilmesi gibi farklı gerekçelerden dolayı sağımlarda küçük değişiklikler görülmüştür. Bu sebeple denemeler süresi boyunca sadece toplam sağmal hayvan sayısı değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.3. Denemeler boyunca işletmelere ait hayvan varlığı durumu

İşletmeler	Hayvan grupları	Kış dönemi denemeleri		Yaz dönemi denemeleri		Kapasite (baş) (Buzağı hariç)
		Hayvan sayısı (baş)	Toplam (baş)	Hayvan sayısı (baş)	Toplam (baş)	
AKDÜ	Buzağı	30	120	23	115	130
	Dana (dişi)	12		18		
	Düve	9		12		
	Gebe düve	9		10		
	Kuruda	6		8		
	Sağmal hayvan	54		44		
MAKÜ	Buzağı	15	88	20	117	130
	Dana (dişi)	5		13		
	Düve	7		10		
	Gebe düve	5		17		
	Kuruda	8		2		
	Sağmal hayvan	45		56		
ISUBÜ	Buzağı	10	65	15	80	180
	Dana (dişi)	17		20		
	Düve	6		12		
	Gebe düve	12		13		
	Kuruda	2		4		
	Sağmal hayvan	18		16		

İşletmelerin uyguladığı yem rasyonları Çizelge 3.4’te verilmiştir. MAKÜ işletmesinde aylık bazda hayvan sayısına göre bireysel bazda yemlerin içerikleri protein oranlarına kadar hesaplanan rasyon, diğer işletmelere göre daha düzenli ve özenli hazırlanmaktadır. MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinde yem karma makinasının ağırlık sensöründen faydalanılarak tüm yemler tartılırken, AKDÜ işletmesinde balya bazında ağırlığı net olarak bilinmeyen yemler göz kararı yem karma makinasına alınmaktadır. Bu kriterler göz önüne alındığında en düzenli yemleme sırasıyla MAKÜ, ISUBÜ ve AKDÜ işletmelerinde gerçekleşmektedir. ISUBÜ işletmesinde ise bunlara ek olarak sağmal olmayan hayvanlara takviye edici herhangi ilave yem verilmemesi yemleme işlemleri açısından zayıf yönü olarak görülmektedir.

MAKÜ işletmesinde sabah ve akşam ayrı yemleme işlemi gerçekleştirilirken, diğer işletmelerde günde sadece bir kez yem dağıtma işlemi sabah sağımları ile birlikte yapılmaktadır. Çizelge 3.4’te verilen MAKÜ yem rasyonuna ait veriler sabah sağımlarına aittir. Akşam sağımları esnasında yapılan yemlemede sağmal olmayan hayvanların yem rasyonunda herhangi bir farklılık görülmezken, sağmal hayvanlarda sabah dağıtılan yeme göre tüm yem gruplarında yaklaşık %10’luk bir azalma ile rasyon hazırlanmaktadır. Büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde yem rasyonu ineklerin enerji ve protein dengesinde büyük bir öneme sahip olduğundan, süt verimine de doğrudan etkisi bulunmaktadır (Hayırlı 2024). Bu sebeple işletmelerde oluşabilecek süt verimleri arasındaki farklılıkların açıklanabilmesi amacıyla yem rasyonlarına dair bilgiler Çizelge 3.4’de verilmiştir.

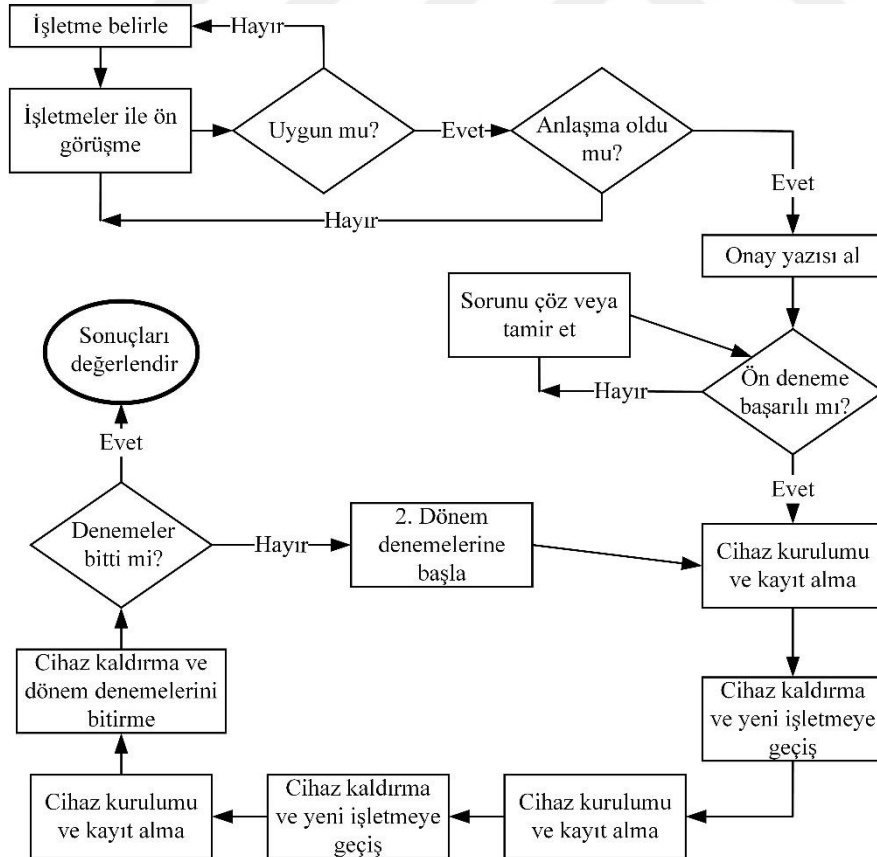
Çizelge 3.4. Denemeler boyunca işletmelere göre günlük yem rasyonu durumu

İşletmeler		Yem adı	Kış dönemi denemeleri		Yaz dönemi denemeleri	
			Yem (kg)	Toplam (kg)	Yem (kg)	Toplam (kg)
AKDÜ	Sağmal olmayan hayvanlar	Mısır silajı	800.0	1,000.0	1,000.0	1,275.0
		Yonca	50.0		75.0	
		Saman	150.0		200.0	
	Sağmal hayvanlar	Mısır silajı	1,000.0	1,753.5	1,000.0	1,661.0
		Yonca	400.0		250.0	
		Saman	150.0		150.0	
		Toksin bağlayıcı	1.5		5.0	
		Süt yemi	150.0		200.0	
		Ayçiçeği küspesi	50.0		50.0	
		Sodyum bikarbonat	2.0		6.0	
MAKÜ	Sağmal olmayan hayvanlar	Mısır silajı	625.0	1,355.0	940.0	2,032.0
		Yonca	100.0		150.0	
		Saman	240.0		360.0	
		Özel proteinli yem	150.0		225.0	
		Toksin bağlayıcı	2.5		3.5	
		Mermer tozu	2.5		3.5	
		Su	235.0		350.0	
	Sağmal hayvanlar	Mısır silajı	800.0	1,689.5	923.0	1,920.6
		Yonca	140.0		142.0	
		Saman	35.0		55.0	
		Toksin bağlayıcı	4.5		4.0	
		Süt yemi	150.0		202.0	
		Sodyum bikarbonat	2.0		2.0	
		Özel proteinli yem	150.0		150.0	
		Mısır flake	90.0		106.0	
		Mermer tozu	3.0		3.5	
		Soya	15.0		7.1	
		Su	300.0		326.0	
ISUBÜ	Sağmal olmayan hayvanlar	Yonca	200.0	450.0	180.0	405.0
		Saman	250.0		225.0	
	Sağmal hayvanlar	Mısır silajı	180.0	498.1	160.0	446.0
		Yeşil yulaf	70.0		65.0	
		Saman	50.0		45.0	
		Toksin bağlayıcı	1.1		1.0	
		Süt yemi	90.0		80.0	
		Pamuk küspesi	10.0		9.0	
		Ayçiçek küspesi	10.0		9.0	
		Mısır flake	35.0		30.0	
		Arpa flake	20.0		18.0	
		Buğday kepeği	10.0		9.0	
		Soya	22.0		20.0	

3.2. Metot

Çalışma kapsamında 3 adet ENTES marka enerji analizörleri tüm tesislerde enerji kayıtlarının alınmasında kullanılmıştır. Denemeler, önceden belirlenen işletmelerde kış ve yaz dönemi olmak üzere iki farklı mevsimde AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ sıralamasıyla her işletmede aynı sıralamaya bağlı kalınarak birer hafta boyunca gerçekleştirilmiştir. Kış dönemi denemeleri 03-27 Şubat 2024, yaz dönemi denemeleri ise 29 Temmuz-19 Ağustos 2024 tarihleri aralarında tamamlanmıştır. Denemelerin gerçekleştirildiği işletmelerin belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak faktörler aşağıda sıralanmış ve bu şartlara göre çalışmanın iş akış diyagramı Şekil 3.15'te verilmiştir. Deneme tarihlerinin seçilmesinde kış ve yaz dönemini temsil edecek 6 aylık aralıklar ile Şubat ve Ağustos ayları seçilmiştir. Her iki dönemde de işletmelerde aynı sıralama takip edilerek çalışma gerçekleştirilmiştir.

- İşletmenin, modern uygulamaları benimseyen ve sürekli üretim yapan bir tesis olması,
- Hem hayvan hem de insan sağlığını tehlikeye atacak herhangi bir risk unsurunun bulunmaması,
- İşletme üst yönetiminin, yürütülecek çalışmalara gönüllü olarak destek vermesi,
- Enerji tüketimi kayıt cihazlarının kurulumu için işletmenin hem tesisat hem de alan olarak uygun şartlara sahip olması,
- Denemeler süresince sağım, yemleme ve diğer ahır faaliyetlerini takip edebilecek bir gözlemcinin tesiste bulunmasına izin verilmesi.



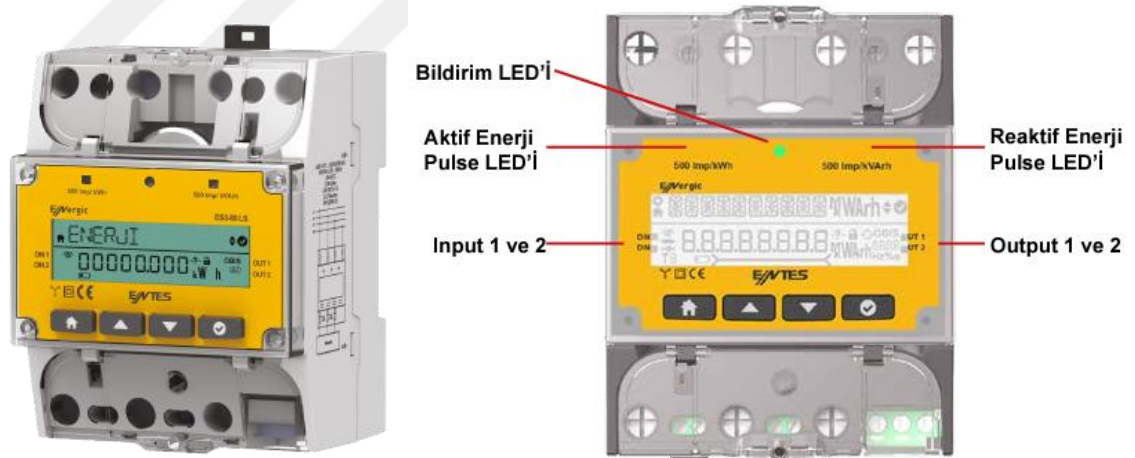
Şekil 3.15. Çalışma metodolojisinde uygulanan iş akış diyagramı

Her bir işletmede yer alan ölçümü yapılacak makinalar çalışma durumlarına göre, düzensiz ve düzenli çalışanlar olmak üzere iki farklı kategoride sınıflandırılmışlardır. Düzenli çalışan makinalar bir kez veya bir tur ölçüm yapılarak tekerrürler oluşturulurken, düzensiz çalışan makinalarda birer hafta boyunca her işletmede ve her mevsim denemesinde ölçümler gerçekleştirilmiştir.

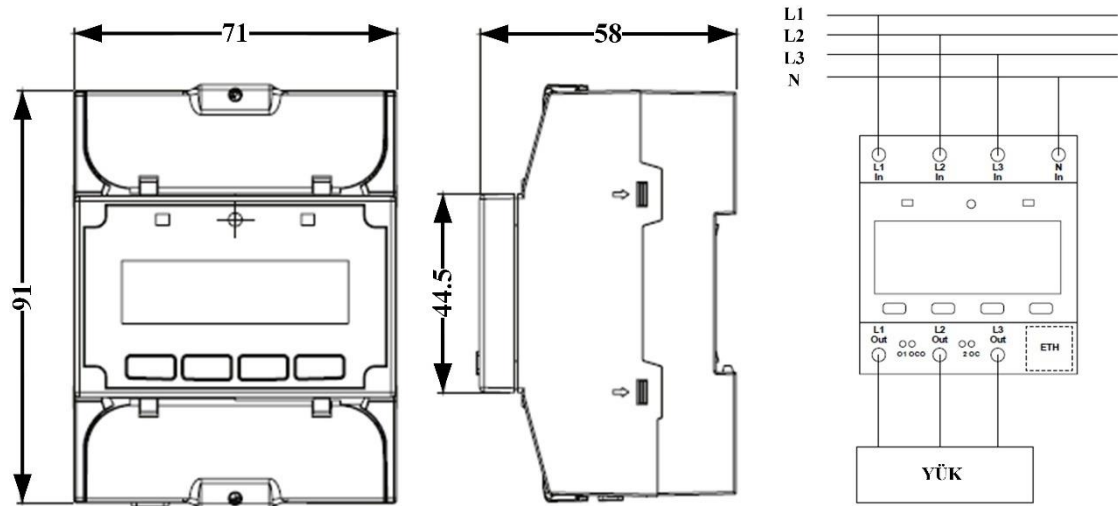
Denemeler süresince, çalışanların tesise giriş ve çıkış sürelerince işletmedeki tüm çalışma aşamaları ve süreleri incelenmiş, tesisin mekanizasyon altyapısı ve çalışmalarına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

3.2.1. Enerji ölçer

Enerji ölçümlerinde ENTES marka ES3-80LSE model enerji ölçer kullanılmıştır (Şekil 3.16). Bu cihaz, elektrik sistemlerindeki gerilim ve frekans gibi elektriksel parametreleri hassasiyetle ölçmek için tasarlanmıştır. Elektrik enerjisinin güvenli ve verimli şekilde kullanılmasını sağlamak açısından önemlidir ve bu cihaz, bu tür parametrelerin standartlara uygunluğunu değerlendirir. ENTES ES3-80LSE modeli, elektrik şebekelerinde olası problemlerin erken teşhisi ve önlenmesi için kritik öneme sahiptir. Şebekenin stabilitesini ve performansını korumak için geliştirilen bu ölçüm cihazları, endüstriyel tesislerde enerji tüketimini optimize etmeye yönelik çözümler sunmaktadır. Böylelikle enerji verimliliği artarken, şebeke üzerindeki yük de dengelenmiş olur ve bu durum genel işletme maliyetlerini azaltma potansiyeline sahiptir. Enerji ölçüm cihazına ait teknik çizimler ve bağlantı şemaları Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.16. ENTES marka ES3-80LSE model enerji ölçer (Anonim 10)



Şekil 3.17. Enerji ölçer teknik çizimi ve fazların bağlantı şeması (Anonim 10)

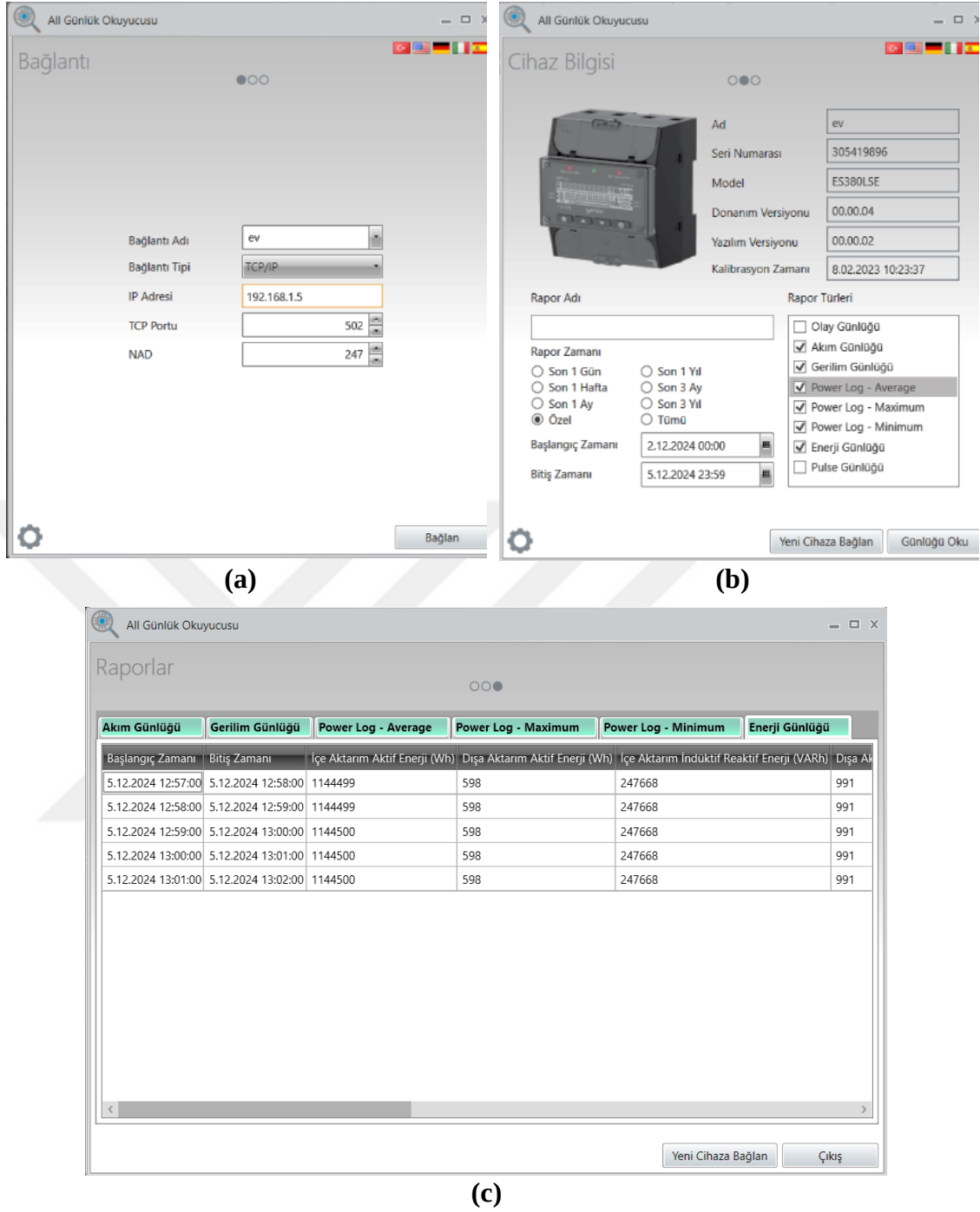
DIN4 boyutlarında, elektrik panolarında bulunan raylara montajı kolaylıkla gerçekleştirilebilen, IP51 (toza ve damlayan suya karşı korumalı) koruma sınıfında, LCD ekrana sahip, 4 evrensel arayüzlü butonu olan enerji analizörü, $-30/+80^{\circ}\text{C}$ ortam sıcaklığı ve yoğunlaşmaz %95 nemli ortamda çalışabilmektedir.

Gerekli bağlantılar ve ayarlar doğru şekilde yapıldıktan sonra analizör, elektrik enerjisi ile bulunduğu andan itibaren kayıt almaya başlamaktadır. İstenilen süre veya çalışma çerçevesinde kayıt alma işlemi tamamlandığında, cihazdan veri çekme işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamada cihazda elektrik enerjisi bulunmak zorundadır. Bu yüzden cihazın kayıt alması için bağlandığı sistemden enerjisini alırken veya daha sonra farklı bir enerji kaynağına bağlanarak çalıştırılmalı ve bir ethernet-LAN kablosu ile verilerin aktarılacağı bilgisayara bağlantı kurularak cihazın veri aktarım programı olan “Log Reader” çalıştırılmalıdır. Program arayüzünde ilgili cihaz ve cihazın IP adresi tanımlandıktan sonra bağlantı gerçekleştirilir. Alınmak istenen verinin tarih aralığı “rapor zamanı” bölümünden, veri çeşitleri ise “rapor türleri” bölümünden seçilerek “Günlüğü Oku” sekmesine basılır. Akım ve Gerilim günlüğü, Power Log – Ortalama / Maksimum / Minimum ve Enerji günlüğü verileri ayrı ayrı sekmelerde, MS Excel belgesi olarak alınabilmektedir (Şekil 3.18).

Elektrik enerjisi ölçüm cihazları kendi tükettiği elektriği sistemde ölçüm için bağlı olduğu şebekeden almakta ve toplam tüketimden kendi tüketimini çıkararak kayıtları oluşturmaktadır. Ayrıca herhangi bir elektrik kesintisi durumunda sayacın güç kaynağında da kesinti olduğundan dolayı sistem kapanmakta, elektrik sisteme tekrar ulaştığında sayaçlar üzerinde bulunan bir pil vasıtasıyla aktif tarih ve saat ayarını kaybetmeden güncel olarak kayıt almaya devam edebilmektedir. Enerji ölçere ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Enerji ölçer teknik özellikleri

Besleme	Ölçme girişinden
Güç tüketimi	<2W
Güç aralığı	85-265V
Akım aralığı	0.02-80A
Aktif enerji ölçme sınıfı	B(EN-50470-3)
Reaktif enerji ölçme sınıfı	2(EN-62053-23)
Akım ölçme sınıfı	±0.5%
Gerilim ölçme sınıfı	±0.5%
Güç ölçme sınıfı	±1%
Başlama akımı	0.02A
Minimum akım	0.25A
Geçiş akımı	0.5A
Referans akımı	5A
Maksimum akım	80A
Aktif enerji sayaç sabiti	500imp/kWh
Reaktif enerji sayaç sabiti	500imp/kVARh
Aktif enerji puls indikatörü	Kırmızı LED
Reaktif enerji puls indikatörü	Kırmızı LED
Enerji ekranı	7+1
Veri aktarım hızı oranı	Ayarlanabilir 2400 / 4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200
Adres	Ayarlanabilir 1-247
Parite	Ayarlanabilir Tek/Çift/Yok
Dahili bellek	16 MB
Demand zamanı	Ayarlanabilir 1-60 dakika
Log zamanı	Ayarlanabilir 1-2-5-10-15-20-30-60 dakika
Arka ışık süresi	30 s
Auto Scroll'a geçme süresi	45 s
Auto Scroll süresi pencere geçiş süresi	Ayarlanabilir 1-60 s
Boyutlar	35 mm raya montajlı DIN-4
Buton	4 x Evrensel arayüz
Dijital giriş sayısı	2
Dijital giriş gerilim aralığı	5-24VDC 30 Vmax
Dijital çıkış sayısı	2
Dijital çıkış gerilim aralığı	5-24VDC 30 Vmax
Dijital çıkış maksimum akımı	30mA
Zaman saati doğruluğu	±0.5 s/gün
Puls çıkış parametresi	Ayarlanabilir Aktif İmport/Aktif Export/Kapasitif İmport/Kapasitif Export/İndüktif İmport/İndüktif Export/Görünür İmport/Görünür Export/Aktif Jeneratör/Görünür Jeneratör Enerjisi
Puls oranı	Ayarlanabilir 1/10/100/1000/10000/100000/1000000 W/VA/Var h/ imp
Pil (RTC için)	Değiştirilebilir CR 2032



Şekil 3.18. Log Reader programı ile veri alınması

Yapılan ölçümler kapsamında, akım günlüğü, gerilim günlüğü, ortalama güç, minimum güç, maksimum güç ve enerji günlüğü olmak üzere 6 farklı dosyada kayıt alınmıştır. Bu dosyaların alt başlıkları olarak alınan veriler aşağıda listelenmiştir;

1. Akım Günlüğü;
 - a) Ortalama Akım IL (1-2-3) A
 - b) Maksimum Akım IL (1-2-3) A
 - c) Minimum Akım IL (1-2-3) A

2. Gerilim Günlüğü;
 - a) Ortalama Gerilim ((L1-L2-L3) N) V
 - b) Ortalama Gerilim ((L1-L2) (L2-L3) (L3-L1)) V
 - c) Ortalama Frekans (Hz)
 - d) Maksimum Gerilim ((L1-L2-L3) N) V
 - e) Maksimum Gerilim ((L1-L2) (L2-L3) (L3-L1)) V
 - f) Maksimum Frekans (Hz)
 - g) Minimum Gerilim ((L1-L2-L3) N) V
 - h) Minimum Gerilim ((L1-L2) (L2-L3) (L3-L1)) V
 - i) Minimum Frekans (Hz)
3. Ortalama Güç;
 - a) (L1-L2-L3) Faz Ortalama Aktif Enerji (W)
 - b) Ortalama Toplam Aktif Enerji (W)
 - c) Ortalama Toplam İç Aktarım Aktif Enerji (W)
 - d) Ortalama Toplam Dış Aktarım Aktif Enerji (W)
 - e) (L1-L2-L3) Faz Ortalama Reaktif Enerji (Var)
 - f) Kadran Toplam Ortalama Reaktif Enerji (Var)
 - g) Kadran (1-2-3-4) Ortalama Reaktif Enerji (Var)
 - h) (L1-L2-L3) Faz Ortalama Görünür Enerji (VA)
 - i) Ortalama Toplam Görünür Enerji (VA)
 - j) Ortalama Toplam İç Aktarım Görünür Enerji (VA)
 - k) Ortalama Toplam Dış Aktarım Görünür Enerji (VA)
4. Minimum Güç;
 - a) (L1-L2-L3) Faz Min. Aktif Enerji (W)
 - b) Minimum Toplam Aktif Enerji (W)
 - c) Minimum Toplam İç Aktarım Aktif Enerji (W)
 - d) Minimum Toplam Dış Aktarım Aktif Enerji (W)
 - e) (L1-L2-L3) Faz Minimum Reaktif Enerji (Var)
 - f) Kadran Toplam Minimum Reaktif Enerji (Var)
 - g) Kadran (1-2-3-4) Minimum Reaktif Enerji (Var)
 - h) (L1-L2-L3) Faz Minimum Görünür Enerji (VA)
 - i) Minimum Toplam Görünür Enerji (VA)
 - j) Minimum Toplam İç Aktarım Görünür Enerji (VA)
 - k) Minimum Toplam Dış Aktarım Görünür Enerji (VA)
5. Maksimum Güç;
 - a) (L1-L2-L3) Faz Maksimum Aktif Enerji (W)
 - b) Maksimum Toplam Aktif Enerji (W)
 - c) Maksimum Toplam İç Aktarım Aktif Enerji (W)
 - d) Maksimum Toplam Dış Aktarım Aktif Enerji (W)
 - e) (L1-L2-L3) Faz Maksimum Reaktif Enerji (Var)
 - f) Kadran Toplam Maksimum Reaktif Enerji (Var)
 - g) Kadran (1-2-3-4) Maksimum Reaktif Enerji (Var)
 - h) (L1-L2-L3) Faz Maksimum Görünür Enerji (VA)
 - i) Maksimum Toplam Görünür Enerji (VA)
 - j) Maksimum Toplam İç Aktarım Görünür Enerji (VA)
 - k) Maksimum Toplam Dış Aktarım Görünür Enerji (VA)

6. Enerji Günlüğü;
- İçe Aktarım Aktif Enerji (Wh)
 - Dışa Aktarım Aktif Enerji (Wh)
 - İçe Aktarım İndüktif Reaktif Enerji (Varh)
 - Dışa Aktarım İndüktif Reaktif Enerji (Varh)
 - İçe Aktarım Kapasitif Reaktif Enerji (Varh)
 - Dışa Aktarım Kapasitif Reaktif Enerji (Varh)
 - İçe Aktarım Görünür Enerji (Vah)
 - Dışa Aktarım Görünür Enerji (Vah)
 - Jeneratör İçe Aktarım Aktif Enerji (Wh)
 - Jeneratör İçe Aktarım Görünür Enerji (Vah)
 - Tarife için İçe Aktarım Aktif Enerji (1-2-3-4-5-6-7-8) (Wh)
 - Tarife için İçe Aktarım Görünür Enerji (1-2-3-4-5-6-7-8) (Vah)

3.2.2. Enerji analizörlerinin montajı ve denemelerin gerçekleştirilmesi

Kış ve yaz dönemi denemeleri belirtilen aylarda gerçekleştirilmiş ve tesislere dair başlangıç ve bitiş tarihleri Çizelge 3.6'da verilmiştir. İşletme sıralaması her iki dönemde de AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ olarak devam etmiştir.

Çizelge 3.6. Denemelerin gerçekleştirildiği tarihler

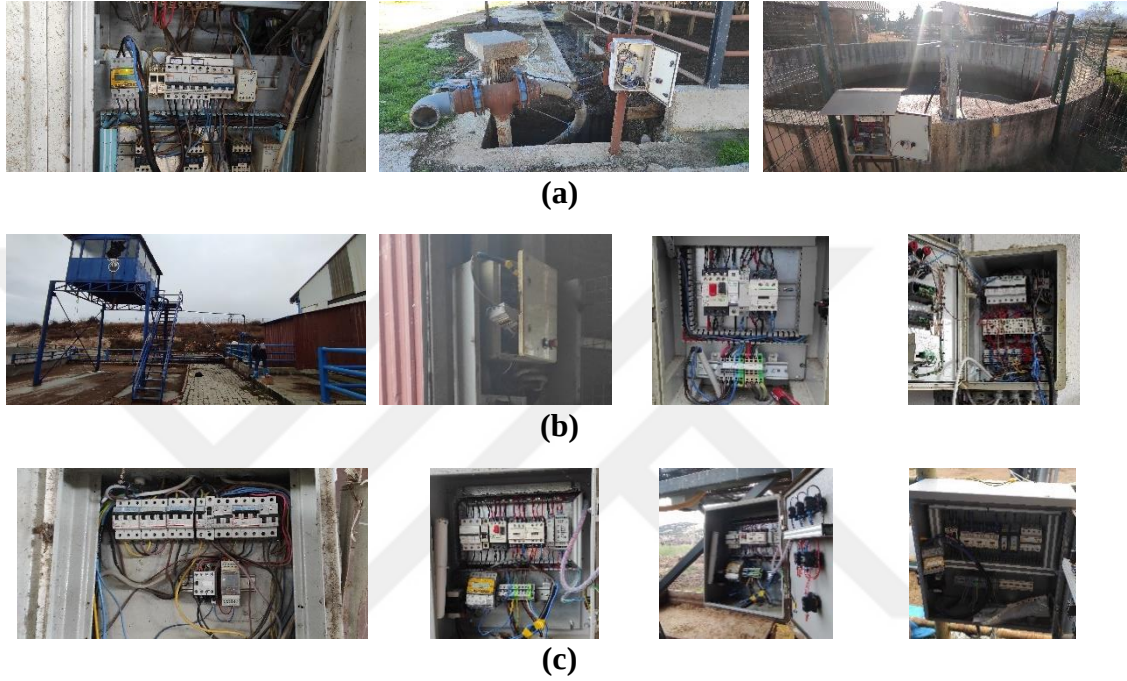
İşletmeler	Kış dönemi denemeleri		Yaz dönemi denemeleri	
	Başlangıç tarihi	Bitiş tarihi	Başlangıç tarihi	Bitiş tarihi
AKDÜ	03.02.2024	09.02.2024	29.07.2024	04.08.2024
MAKÜ	14.02.2024	20.02.2024	05.08.2024	12.08.2024
ISUBÜ	21.02.2024	27.02.2024	13.08.2024	19.08.2024

Denemeler gerçekleştirilmeden önce işletmelerdeki makineler incelenmiş ve bu makineler iki farklı grupta sınıflandırılmıştır. Günlük, haftalık veya aylık periyotlarda belirli bir zamanlar dahilinde veya belirli kez/tur sayılarında çalışan makineler düzenli makineler olarak ilk grupta sınıflandırılmıştır. Bunun yanında günlük çalışma seferleri sabit olsa da çalışma süreleri veya tükettikleri enerji açısından zaman, hayvan sayısı, süt miktarı, işçi performansı gibi pek çok faktörden dolayı değişkenlik gösteren makinalarda ikinci grupta sınıflandırılmışlardır (Çizelge 3.7). AKDÜ'de rezistans destekli güneş kolektörlü ve diğer işletmelerdeki elektrikli su ısıtıcıların tümü SIST kategorisinde değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.7. Ölçümü yapılan makina grupları

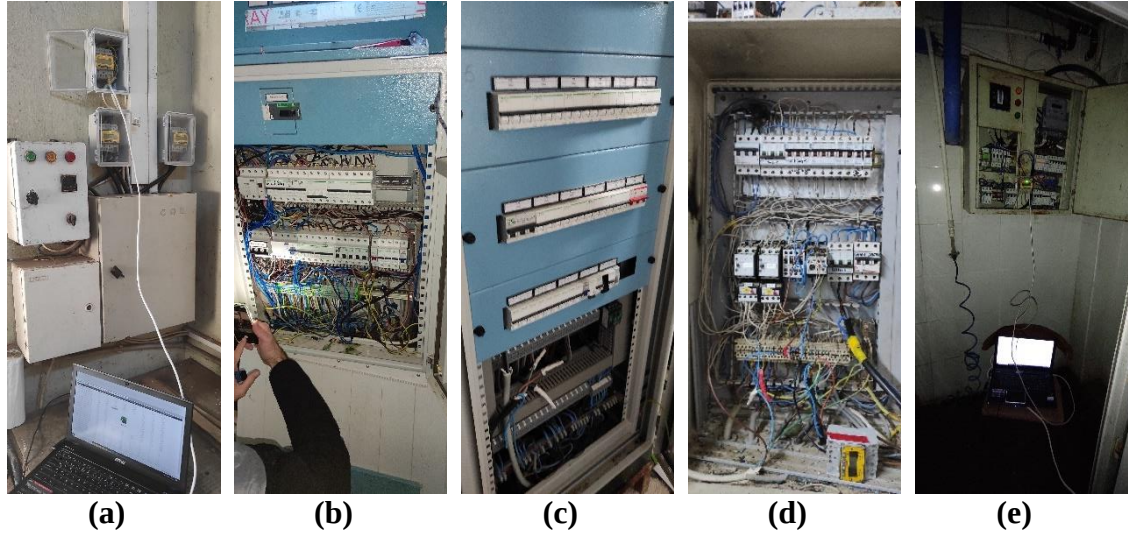
Düzenli (1 günlük/saatlik veya 1 periyotluk ölçümü yapılan) makineler	Düzensiz (Çalışma süreleri değişkenlere bağlı değişiklik gösteren) makineler
• Gübre sıyırıcı (GS)	• Süt sağım makinası (SSM)
• Gübre pompası (GP)	• Süt soğutma tankı (SST)
• Gübre karıştırıcı (GK)	• Su ısıtıcı (SIST)
• Gübre separatörü (GSP)	
• Hayvan serinletme fanı (HSF)	
• Hayvan kaşıma fırçası (HKF)	

Düzenli çalışan makinaların ölçümleri tüm işletme ve dönemlerde üçer tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.19). Yapılan incelemelerde eski olan işletmelerin veya revizyon görmemiş makinaların elektrik panolarının oldukça eski ve karmaşık olduğu görülmüştür. En düzenli ve sistemli kurulumların ISUBÜ işletmesinde gübre sıyrıcı hariç diğer gübre mekanizasyonu ekipmanlarında olduğu görülmüştür. Her bir makinanın elektrik panosu o sisteme ait en yakın uygun bir alanda konumlandırılırken, AKDÜ işletmesinde gübre sıyrıcıları ana merkezi pano üzerine ayrı bir kutu içerisinde montajının yapıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.19. İşletmelerde düzenli çalışan makinaların ölçümleri, **a)** AKDÜ, gübre sıyrıcı, pompası ve karıştırıcısı; **b)** MAKÜ, gübre separatörü, sıyrıcı ve pompası; **c)** ISUBÜ, gübre sıyrıcı, separatörü ve pompası

Düzensiz aralık veya periyotlarda çalışan ve ölçümleri her mevsimde birer hafta aralıklar ile gerçekleştirilen makinalar Şekil 3.20’de verilmiştir. AKDÜ işletmesinde bu kategoride yer alan SSM, SST ve SIST için alınan ölçümlerde elektrik panolarının vakum pompasının ve SST’nin bulunduğu odada uygun bir duvara montajlanmış olduğu görülmüştür. Pano içerisinde yeterli boş alan olmamasından dolayı iş sağlığı ve güvenliği açısından tehlike yaratmamak adına sayaçlar kilitli kutularda duvara monte edilerek, ilgili bağlantılar açıkta kablo bırakılmadan gerçekleştirilmiştir. MAKÜ işletmesinde ise düzensiz çalışan makinaların elektrik panolarının bulunduğu ayrı bir elektrik enerjisi kontrol odası yer almaktadır. Bu odada SSM ve SIST aynı, SST ayrı bir panoda yer almaktadır. Her iki panoda da sayaçların montajı kızaklı raylara yapılarak açıkta kablo ucu bırakılmadan bağlantılar gerçekleştirilmiştir. ISUBÜ işletmesinde SSM ve SIST vakum pompasının bulunduğu ayrı bir odada yer alırken, SST sağım odasında PVC kaplama ile çevrilmiş ayrı bir odada yer almaktadır. Panolar içi kablo karışıklığı sistemsiz bağlantılardan dolayı raylı kızaklar kullanılmadan sayaçlar ayrıca pano içerisinde uygun alanlara sabitlenmiştir.

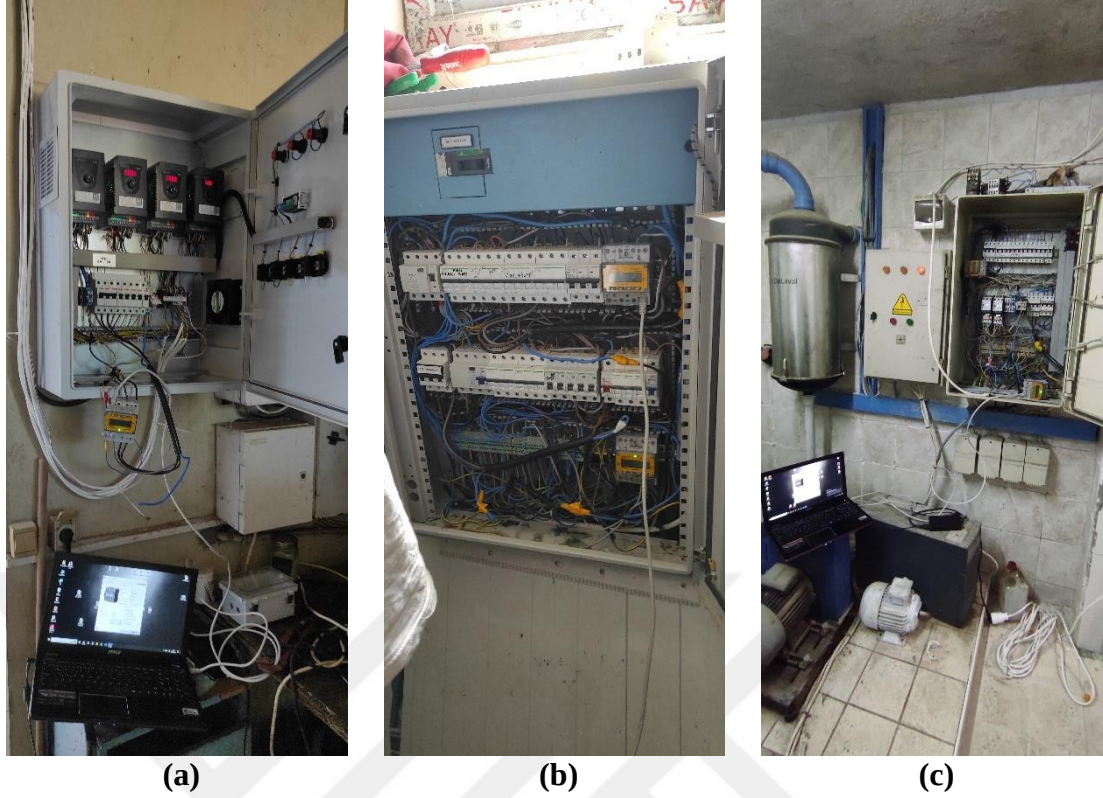


Şekil 3.20. Düzensiz periyotlarda çalışan makinaların enerji analizörü bağlantısı, **a)** AKDÜ işletmesi SSM, SST ve SIST bağlantısı; **b)** MAKÜ işletmesi SSM ve SIST bağlantısı; **c)** MAKÜ işletmesi SSM bağlantısı; **d)** ISUBÜ işletmesi SSM ve SIST bağlantısı; **e)** ISUBÜ işletmesi SST bağlantısı

Belirtilen tarihlerde gerçekleştirilen denemeler esnasında tesise giriş yapıp önce düzenli çalışan makinaların ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra cihazlardan veriler alınarak düzensiz çalışan makinaların ölçümleri için bağlantılar tamamlanmıştır. Bu bağlantı sonrası tesiste gerçekleşen yemleme, süt sağım, buzağı besleme, hayvan bakımı ve günlük diğer rutin işlerin tümüne gözlemci olarak eşlik edilmiş, çalışanların sabah tesise girdiği ilk andan akşam çıkış saatlerine kadar tüm aşamalar gözlemlenmiş ve yapılan iş/işlemler ile ilgili kayıtlar alınmıştır.

Her dakikada veri kaydı alınan cihazlarda büyük boyutlarda veriler oluştuğundan dolayı, düzensiz periyotlarda çalışan makinaların ölçümlerinin alındığı dönemde her gün cihaz üzerine alınan veriler taşınabilir bir bilgisayara aktarılmıştır. Kayıtlar bir ethernet/LAN kablosu ile bilgisayara aktarılırken, enerji ölçüm cihazları mevcut bağlantılarından ayrılmamış ve kayıt almaya devam etmiştir (Şekil 3.21). Ortalama bir sayaç için bir günlük verinin aktarılması yaklaşık 2 saat sürmektedir. Bağlantı sorunları yaşanan durumlarda bazı grup verilerinin cihaz tarafından bilgisayara aktarılmasında sorunlar yaşanmış, her veri aktarımı sonrası veriler kontrol edilmiş ve eksik aktarılan veriler cihaz bağlantısı sökülmeden tekrar aktararak doğrulama yapılmıştır.

Her işletmeye girildiğinde ölçümü yapılacak her makina/teçhizat önce çalıştırılmış ve sorunsuz çalıştığından emin olunduktan sonra ilgili makinanın elektrik şalterleri tespit edilmiştir. Makinanın ve ilgili makinanın elektrik panosunun tüm kablo bağlantıları ve pano yerleşim planları cihaz bağlantısı öncesi fotoğraflarla kayıt altına alınmıştır. Tüm bağlantılar sırasında iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilerek elektrik bağlantıları kesilmiş ve doğal kauçuktan üretilmiş 500 V düşük gerilime kadar koruyuculuğu olan elektrik eldiveni kullanılmıştır. Tüm ölçümler gerçekleştirildikten sonra cihazlar aynı titizlikle sökülmüş elektrik panosu eski haline getirilmiş, makinaların çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiş ve tesisteki ilgili görevliler tarafından sorunsuz çalışmanın sağlandığı onayı alındıktan sonra tesisten ayrılmıştır.

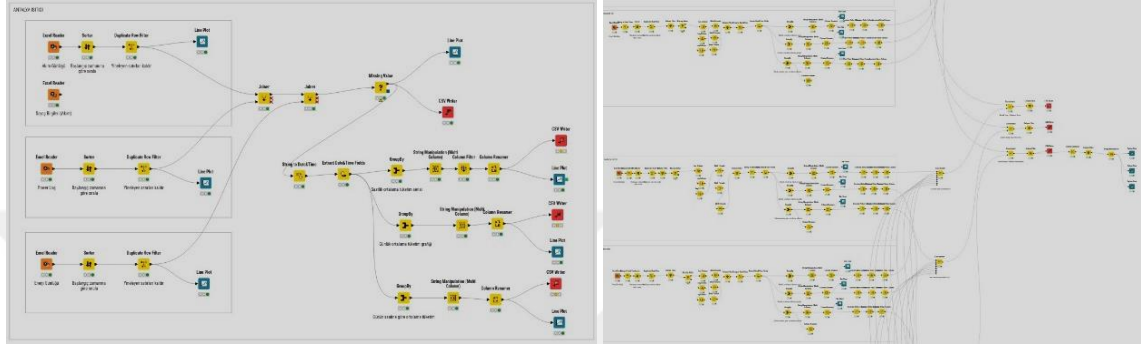


Şekil 3.21. Enerji analizörlerinden kayıtlı verilerin bilgisayara aktarılması, **a)** AKDÜ işletmesi HSF; **b)** MAKÜ işletmesi SIST; **c)** ISUBÜ işletmesi SSM

3.2.3. Veri analizi, raporlama ve entegrasyon

Enerji ve güç verileri, dakikada bir akım, gerilim, güç ve enerjiye dair verileri kaydeden ve kaydedilen bu verilerin bir arayüz aracılığı ile bilgisayara aktarılmasına imkan veren üç fazlı ENTES ES3-80LSE sayaçlar ile toplanmıştır. Sayaçlar kış ve yaz mevsiminde her işletmede birer kere olmak üzere makinaların beslendiği elektrik hatlarına bağlanmış ve birer hafta boyunca veri kaydedilmiştir. Aktarımı gerçekleştirilen ölçüm verilerinin düzenlenmesi ve ön işlemleri için KNIME analitik platformu kullanılmıştır. KNIME Analytics Platform, veri analitiği, makina öğrenimi ve iş zekası için kullanılan açık kaynaklı bir yazılımdır. Bu platform, görsel bir iş akışı temelli yaklaşımı ile kullanıcıların kod yazmadan karmaşık veri analizleri yapmasına olanak tanır. KNIME (Konstanz Information Miner), verilerin entegrasyonu, işlenmesi, analizi ve görselleştirilmesi için modüler düğümler (nodes) sunar. Kullanıcılar, sürükle-bırak yöntemiyle analiz iş akışlarını kolayca oluşturabilir, test edebilir ve optimize edebilirler. Program; veri temizleme, modelleme, istatistiksel analiz, makina öğrenimi algoritmaları, uygulama ve görselleştirme gibi geniş bir yelpazede işlevler sunar. KNIME, hem küçük veri kümeleriyle çalışan bireyler hem de büyük veri işlemleri gerçekleştiren şirketler için uygundur. Birçok farklı veri kaynağından (Excel dosyaları, veri tabanları, büyük veri platformları) veri çekebilir ve işleyebilir. Ayrıca, Python, R, SQL ve TensorFlow gibi dillerle entegrasyon sağlayarak esnek bir analiz ortamı sunar. KNIME, rahat kullanıma sahip arayüzü ve geniş altyapı desteği sayesinde hem akademik hem de ticari alanlarda yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

Enerji analizörü vasıtasıyla yapılan kayıtlar (MS Excel dosyası .xlsx) bilgisayar ortamına alındıktan sonra, KNIME programı ile bazı birleştirmeler ve veri ön işlemleri yapılmıştır. Veri ön işlemleri; çoklu dosyalar halinde aktarılan verilerin bir araya getirilmesi, mükerrer kayıtların silinmesi, varsa eksik veri alanlarının interpolasyon yöntemiyle doldurulması, analiz için kullanılması, planlanan veri alanlarının filtrelenmesi, günlük ve saatlik ölçüm serileri ile saatlik ortalama değerlerinin elde edilmesi için yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Çalışmada tüketilen aktif enerji ile azami anlık güç değerlerinden (Maksimum Toplam Aktif Enerji (W)) faydalanılmıştır (Şekil 3.22).



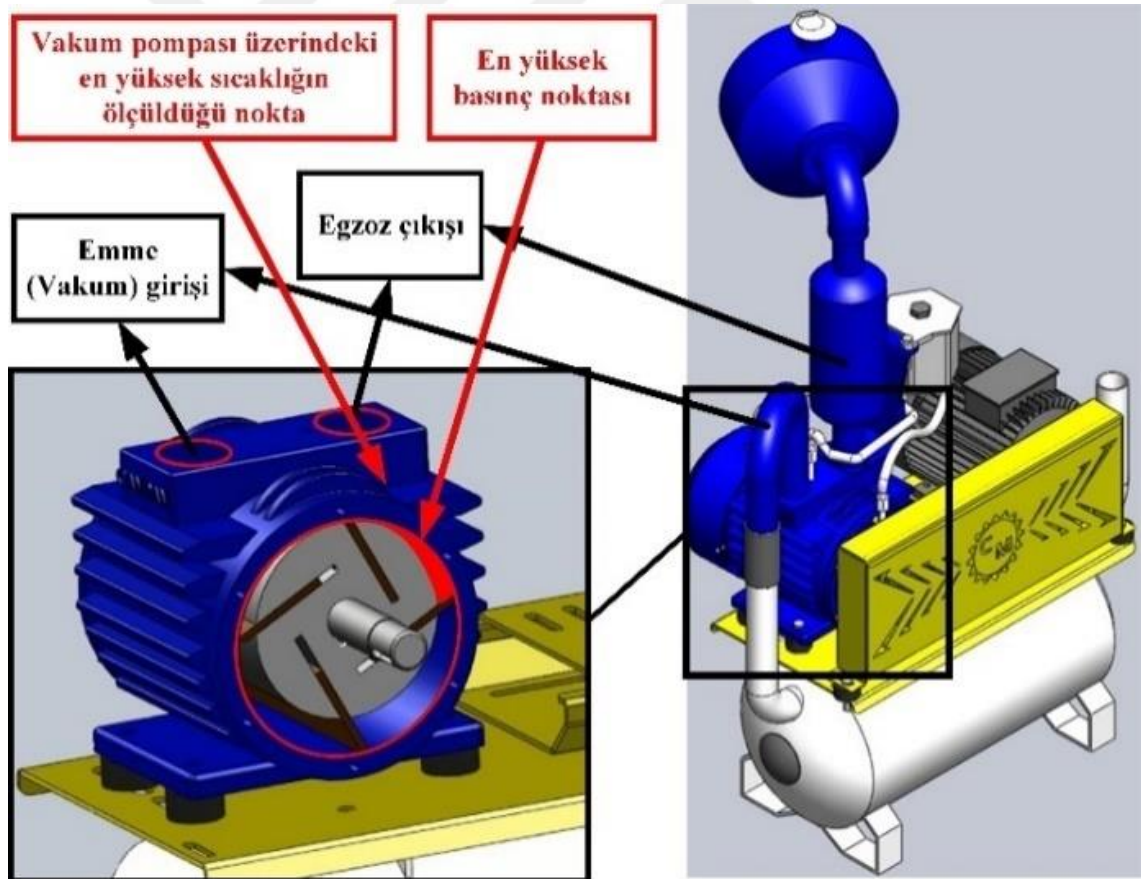
Şekil 3.22. KNIME Analytics veri çözümleme diyagramı

Verilerin hesaplanmasında günlük enerji tüketimleri için enerji günlüğü dosyasından içe aktarım aktif tüketim (Wh), içe aktarım indüktif tüketim (VARh) ve içe aktarım kapasitif tüketim (VARh) kullanılmıştır. Sayaç bu verileri endeks şeklinde toplayıp üzerine ekleyerek kaydettiği için her bir dakikanın verisi bir sonraki endeks bilgisinden bir önceki endeks bilgisinin çıkarılmasıyla bulunmuştur. Saatlik, günlük gibi değerler için bu dakikalık değerler saate ya da güne göre gruplandırılmıştır. Sayaç ters bağlanmış ise tüketim verileri “Dışa Aktarım” ile başlayan aynı grupta verilerden temin edilmiştir. Maksimum güç verileri için ise power log-maximum dosyasından maksimum toplam aktif enerji (W) verileri alınarak aynı işlemler gerçekleştirilmiştir. Düzensiz çalışan makinalarda birer hafta boyunca alınan kayıtların düzenli çalışan makinalar için 15 dakikalık periyotların yeterli olduğu makinaların rijit çalışma ortamına ulaştığı görülmüştür. Dönemler (kış-yaz), işletmeler (AKDÜ-MAKÜ-ISUBÜ) ve sağım zamanları (sabah-akşam) boyunca sağıma giren grupların sağım süreleri kayıt altına alınmış ve aralarındaki farklılıkların tespit edilebilmesi için varyans analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile değerlendirilmiştir. Varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testi SPSS (Sürüm 17; Chicago, IL, ABD) istatistiksel analiz programı kullanılarak yapılmıştır.

3.2.4. Yerinde gözlem ve incelemeler

Çalışma kapsamında denemeler süresince ilgili işletmelerde tüm ahır içi ve dışı işlemlerde görevliler ile yapılan çalışmalar yerinde incelenmiştir. Süt sağım işlemleri başladığı anda her bir grubun sağım süreleri, sağmal grupların sağım odasına giriş ve çıkış

süreleri takip edilerek belirlenmiştir. Ayrıca sağım başladığı andan itibaren SST üzerindeki sıcaklık ve ağırlık sensörlerinden alınan verilerin değişimi dakikalık olarak SST sistemi ayarlanan sıcaklık değerine gelip çalışmayı durduruncaya kadar takip edilmiştir. Burada çevre ortam sıcaklığı bir termometre ile, SST ağırlık ve sıcaklık değerleri ise tank ekranında verilen değerlerden elde edilerek kayıt altına alınmıştır. Vakum pompalarının, kayış kasnak ile hareket mekanizmasından dönüş hareketini aldığı nokta, vakum girişi, egzoz çıkışı ve arka kapağının olduğu noktalarda kızılötesi termometre ile sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler doğrultusunda vakum pompası içerisinde havanın en çok sıkıştığı bölüm olan emilen havanın sıkıştırılarak tahliye edildiği alan olan egzoz çıkışından en sıcak değerler elde edilmiştir (Şekil 3.23). Sağım süresince düzenli aralıklar ile tüm işletmelerde vakum pompasının en sıcak olduğu noktalardan sıcaklık ölçümleri alınmış ve değerlendirilmiştir. Sağım dışında yem hazırlama/dağıtma ve diğer ahır içi işlemler süresince çalışma süreleri kayıt altına alınmıştır. Sütün özgül ağırlığının 1.028-1.037 (Ünal ve Besler 2012) ve 1.036-1.042 (g/cm³) (Ocak vd. 2009) aralığında değiştiği bilindiğinden dolayı, işletmelerdeki SST'ları ağırlık sensörleri ile içerisindeki süt miktarını belirlediğinden çalışma boyunca süt miktarları kilogram olarak verilmiştir.



Şekil 3.23. Vakum pompası üzerinde yapılan sıcaklık ölçümleri

4. BULGULAR

4.1. Kış Dönemi Denemeleri

4.1.1. AKDÜ işletmesi

AKDÜ işletmesinde kış dönemi denemelerinde günlük işlerin başlamasına yönelik takipler yapılmış ve tespitler sırasıyla aktarılmıştır. Sabah yaklaşık 06:45'te tesise gelen sağımcı, kıyafet değişimi ve kişisel hazırlıklarını tamamlayıp, sağım odasına geçmektedir. Akşam sağımından sonra tamamlanan otomatik yıkama işleminden kalan suyun boşaltılması için yıkama hattına bağlı olan süt aktarma hortumunu çıkarmaktadır. Bu hortumu sağım başladığında aktarma grubundan gelecek olan sütün doğrudan SST'na aktarılması için SST'na bağlamaktadır. Aynı şekilde akşam sağımında kullanılan süt filtresi çıkarılmakta, yerine yeni ve temiz süt filtresi takılmaktadır. Pençe grubu yıkama başlıklarından çıkarılıp sağım için hazır hale getirilmektedir. Aktarma grubunda yıkama suyundan kalan su boşaltılmakta ve vakum pompası yaklaşık 07:00'da çalıştırılarak sağmal hayvanlar bekleme alanına alınmaya başlanmaktadır. 2x3 balık kılçığı sağım odasına sahip tesiste, toplam 6 sağmal hayvan sağım odasına sırayla alındıktan sonra kapılar kapatılmakta ve sağmal hayvanların memeleri DeLaval marka ıslak kağıt meme temizleme havlusu ile silinerek temizlenmektedir. Meme başlıkları takıldıktan sonra sağım işlemi başlamakta ve her bir grup sağım tamamlandıktan sonra sağım odasından çıkarılıp yerine yeni bir üçlü sağmal hayvan grubu sağıma alınmaktadır. Ortalama 54 sağmal hayvanın bulunduğu işletmede sağımcı platformunun her bir tarafında dokuz defa bu işlem gerçekleştirilerek sağım işlemi bitirilmektedir. Her bir grubun sağım işlemi tamamlandığında sağmal hayvanların memeleri dezenfeksiyon için nefes alabilen yüksek etkili koruyucu bir solüsyona daldırılarak koruma altına alınmaktadır. Sağım işlemi başladığında aynı zamanda otomatik gübre sıyırıcı sistemde çalıştırılmaktadır. Sağım esnasında süt verimi yüksek olan hayvanlar bilinmekte ve bu gruptaki sağmal hayvanlar sağılırken sağımcı tarafından süt soğutma tankına girmeden önce yaklaşık her buzağı için 3 litreye yakın süt buzağı biberonları ve kovalarına doldurularak buzağılara verilmektedir. Sağım işlemi tamamlanıp tüm sağmal hayvanlar sağım odasından ayrıldıktan sonra vakum pompası durdurulmakta ve sağım başlığı yıkama grubuna takılmaktadır. Süt filtresi çıkarılıp çöpe atıldıktan sonra aktarma grubunda kalan süt, aktarma deposuna su doldurularak sağımcının manuel olarak aktarma pompasını çalıştırması ile süt soğutma tankına aktarılmaktadır. Süt soğutma tankından alınan süt hortumu yıkama grubuna bağlanarak otomatik yıkama sistemi çalıştırılmaktadır. Otomatik yıkama sisteminde asit ve alkali uygulaması her bir sağımdan sonra değiştirilmektedir. Buzağılara verilen biberonlar ve kovalar yıkandıktan sonra, süt sağım odası, hayvanların bekleme alanı ve süt soğutma tankı/vakum pompasının bulunduğu alan basınçlı su ile temizlenmektedir. Buzağı kulübelerinin gübre temizliği yapıp, buzağı besleme yemi ve su kovaları doldurulmakta ve gübre sıyırıcıların gübre yoluna döktüğü gübreler basınçlı su kullanılarak gübre çukuruna iletilmektedir. Sağımcı bu işlemleri de tamamladıktan sonra ahır içinde yapılması gereken herhangi başka bir işlem yok ise kıyafetlerini değiştirip sabah sağımındaki işlerini tamamlayarak yaklaşık saat 10:00'da tesisten ayrılmaktadır (Şekil 4.1). Sabah sağımında sağımcının ortalama çalışma süresi 3 saat ile 3 saat 15 dakika arasında değişiklik göstermektedir. Otomatik yıkama sistemi çalışmaya başladığı anda önce sisteme sıcak su alınıp hat tamamen bu su ile yıkanarak temizlenmekte ve sonrasında tahliye edilmektedir. Yıkamanın ikinci aşamasında sıcak su ile birlikte alkali veya asit karışımı yıkama suyu tüm sağım sisteminde devridaim

ettirilerek dolaştırılmakta ve tahliye edilmektedir. Son aşamada ise soğuk su ile durulama işlemi gerçekleştirilmekte ve bu su da tahliye edilerek otomatik yıkama işlemi tamamlanmaktadır. Yıkama aşamasının her evresinde vakum pompası çalışarak sağım sisteminin yıkama hattından verilen suyu sağım yapar gibi çekip sütün temas ettiği her alanda devridaim etmesini sağlamaktadır.



Şekil 4.1. AKDÜ işletmesi sağım işleri, **a)** memelerin temizlenmesi ve sağım başlığının takılması; **b)** sağım sonrası koruyucu uygulama; **c)** buzağılara süt verilmesi; **d)** sağım sonrası temizlik; **e)** buzağı bakımı; **f)** gübre yolu temizliği

Sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez gerçekleştirilen sağım işleminde akşam sağımı için 16:45'te tesise girilmekte, sabah sağımındaki hazırlıklar aynı şekilde yapılmaktadır. Sağımcı, tüm işlemleri bitirdiğinde tesisten çıkış saati yaklaşık 19:00 olmaktadır. Akşam sağımında sağımcının çalışma süresi toplam 2 saat ile 2 saat 15 dakika arasında değişmektedir.

AKDÜ işletmesinde yem hazırlama işlemi her gün tesise saat 5:40'ta girilmesi ile başlamaktadır. Tesisteki sağımcı dışındaki diğer çalışan yem görevlisi 5 dakikalık hazırlanma süresinin ardından, sağmal olmayan hayvanların önünde bir önceki yemlemeden kalan tüketilmemiş yemleri sağmal hayvanların önüne iterek işe başlamaktadır. Yaklaşık 30 dakika süren bu işlemin ardından otomatik gübre sıyırıcılar çalıştırılmaktadır. Ardından 8 m³ kapasiteye sahip yem karma makinası traktör ile çalıştırılarak bir önceki gün hazırlanan yem dağıtılmaktadır. Yem dağıtma işleminde hazırlanan rasyon önce sağmal olmayan hayvanlara dağıtılmış, ardından içinde kalan yemin üzerine eklemek için silaj deposuna gidilerek 400 kg silaj dirgen kullanılarak yem görevlisi tarafından yem karma makinasının arka yükleyicisi ile yüklenmekte ve yonca samanı alınmak için farklı bir depoya gidilmektedir. Yaklaşık 10 dakika molanın ardından 07:25'te, 400 kg yonca samanı ve 150 kg buğday samanı eklenmeye başlanmakta, 08:45'te biten işlemin ardından 10 dakika mola verilip yem karma makinasının taban sacında oluşan deformasyondan kaynaklı yere dökülen yemler bir kürek yardımıyla tekrar yem karma makinasına doldurulmaktadır. Yaklaşık 15 dakika süren dökülen yemlerin toplanmasının ardından sağmal hayvanlar yemlenmek üzere harekete geçilmektedir. Sağmal hayvanlar yemlenmeden önce çeşitli toksin bağlayıcı vitamin ve protein içeren katkı yemleri yem karma makinasında hazırlanan karışıma eklenmektedir. Sağmal hayvanların yemleri dağıtıldıktan sonra buzağılara, buzağı başına 1 kg olacak şekilde buzağı başlangıç yemi verilmektedir. Yaklaşık 09:30'da 30 dakikalık bir kahvaltı molası

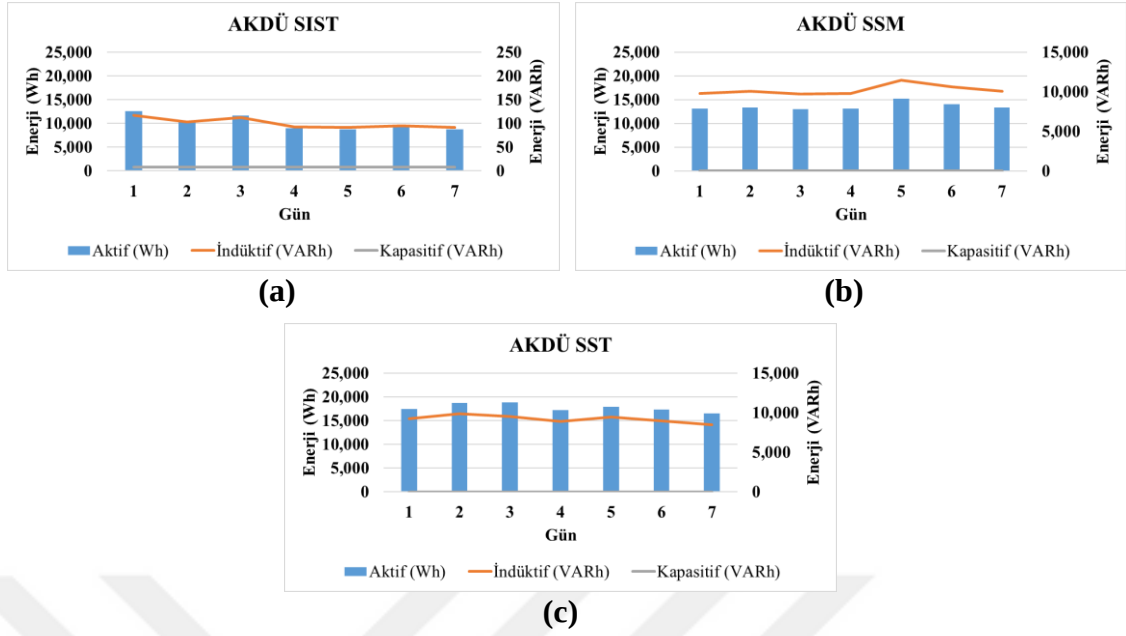
verilmekte ve saat 10:00'da ertesi günün yem hazırlıkları yapılmaya başlanmaktadır. 800 kg silaj, 50 kg yonca ve 150 kg saman eklenerek yem karma makinasında kıyma ve karıştırma işlemleri gerçekleştirilip sağmal olmayan hayvanların yemleri hazırlanmış ve bu işlem yaklaşık 12:00'da sona ermiştir. Yem işleri açısından sabah kısmı sona ermiş, görevli dinlenmek üzere bakıcı evine gitmiştir. Saat 15:00'da tekrar sahaya gelen yem görevlisi sağmal hayvan başına 2.5 kg olacak şekilde yemlik kilitlerinin önünde sabah verilmiş olan yemlerin üzerine manuel olarak süt yemi dağıtmaktadır. Ardından 3-6 aylık buzağılara, buzağı başlangıç ve büyütme yemi verilerek 16:00'da yem görevlisi tarafından günlük işler tamamlanmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. AKDÜ işletmesi, **a)** yem karmaya yem yüklenmesi; **b)** sağmal olmayan hayvanlara yem dağıtılması; **c)** sağmal hayvanlara yem dağıtılması; **d)** yem dağıtma sonrası yem yolu durumu; **e)** sağmal olmayan hayvan yemlemesi sonrası rasyona eklenen destek yemler

4.1.1.1. Düzensiz çalışan makinaların günlük enerji tüketimleri

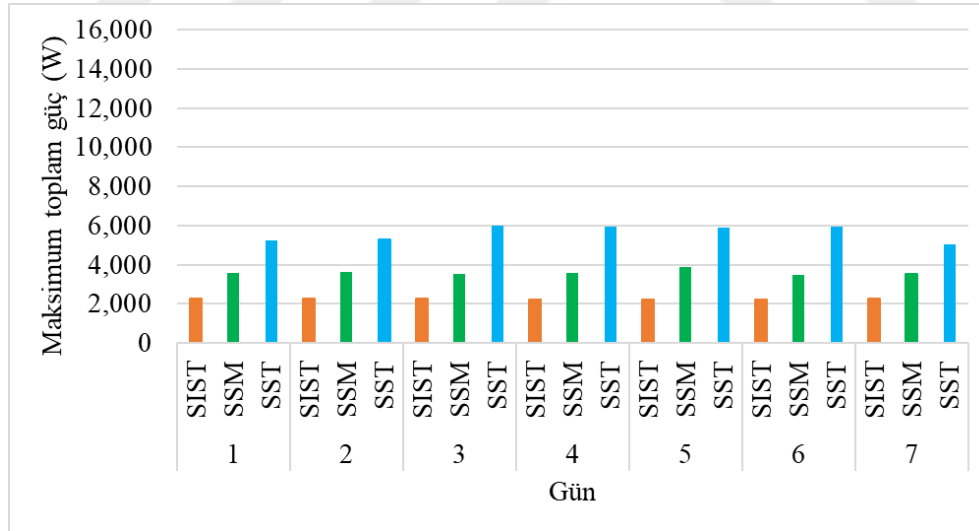
AKDÜ işletmesi kış döneminde düzensiz makinalar grubunda yer alan SIST, SSM ve SST günlük enerji tüketim verileri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda haftalık en düşük aktif enerji tüketimi gösteren makina SIST olurken, en yüksek değer toplamda SST'da görülmüştür. SIST ortalama 10,069 Wh haftalık aktif enerji tüketimi gösterirken, indüktif ve kapasitif tüketim yok denilebilecek kadar düşük seviyede kalmıştır. SIST için ise maksimum değer 12,565 Wh olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3a). SSM günlük enerji tüketimleri incelendiğinde, aktif ve indüktif tüketim arasında doğru orantılı bir değişim olduğu görülmektedir. Kapasitif tüketim yine yok denecek kadar az olduğu için net bir değer görülmemektedir. Kış dönemi haftalık verileri incelendiğinde, SSM ortalama aktif enerji tüketimi 13,588 Wh olarak görülürken, en yüksek değer 15,223 Wh olduğu belirlenmiştir. En yüksek aktif tüketimin olduğu gün indüktif değeri de en yüksek noktaya ulaşmış ve 11,462 VARh olarak belirlenmiştir. Ortalama indüktif tüketim ise 10,217 VARh olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3b). Düzensiz periyotlarda çalışan bu gruptaki son makina olan SST haftalık verileri incelendiğinde, aktif enerji tüketimi ile indüktif tüketim arasında doğru orantılı bir uyum olduğu görülmektedir. Ortalama aktif ve indüktif tüketim sırasıyla 17,698 Wh ve 9,192 VARh olarak belirlenmiştir. Maksimum tüketim değerleri ise aynı şekilde aktif ve indüktif olarak sırasıyla 18,775 Wh ve 9,876 VARh bulunmuştur. Kapasitif tüketim yok denecek kadar az olduğu için, Şekil 4.3c'de net olarak görülmemektedir.



Şekil 4.3. AKDÜ işletmesi kış dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST

4.1.1.2. Düzensiz çalışan makinaların günlük maksimum toplam gücü

AKDÜ işletmesi kış denemeleri boyunca yapılan ölçümlerden elde edilen verilere göre günlük maksimum toplam güç verileri incelenmiştir (Şekil 4.4).



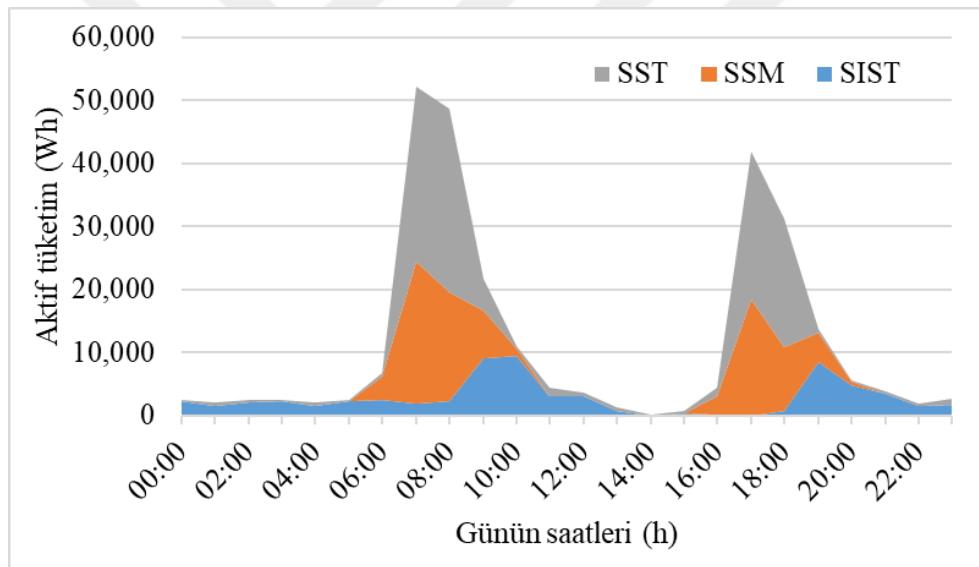
Şekil 4.4. AKDÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü

Bu veriler doğrultusunda en yüksek maksimum toplam gücün 5,998 W ile SST'da olduğu görülmektedir. Ortalamalar incelendiğinde ise en yüksekten en düşüğe doğru günlük maksimum toplam güç değerinin sırasıyla SST, SSM ve SIST makinalarında olduğu belirlenmiştir. Haftalık alınan ölçümlerde günler bazında bir inceleme yapıldığında herhangi bir değişim görülmemiştir. Ortalama günlük maksimum toplam

güç verileri incelendiğinde, SST, SSM ve SIST sırasıyla 2,239 W, 3,604 W ve 5,628 W olarak tespit edilmiştir. Kış dönemi denemelerinde 1 ve 7. günlerde süt, işleme tesisine diğer günlerden daha erken alındığı için SST toplam çalışma süresi azalmış ve doğal olarak toplam tüketimde diğer günlere göre bir azalma tespit edilmiştir.

4.1.1.3. Düzensiz çalışan makinaların saatlik enerji tüketim ortalamaları

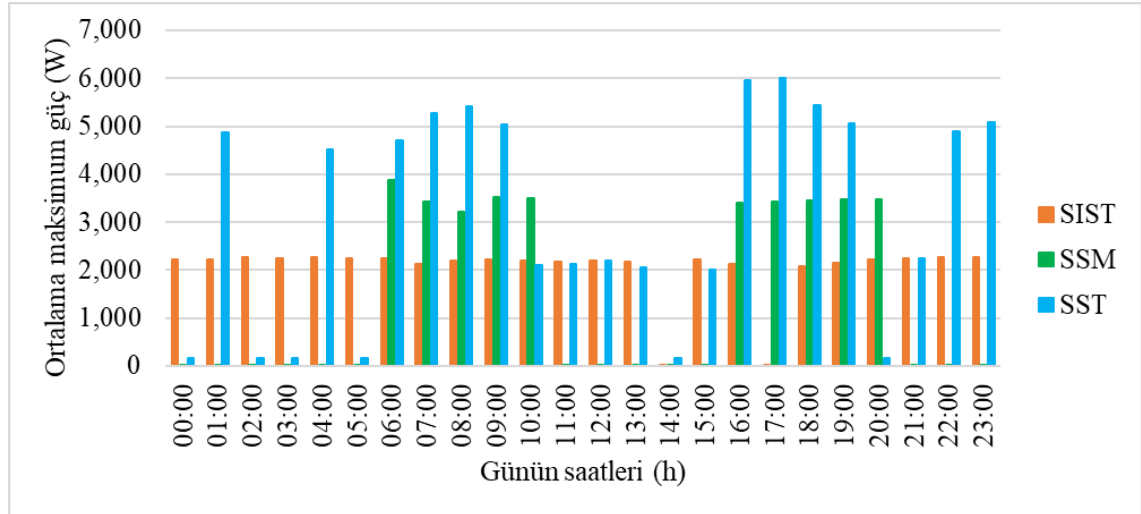
AKDÜ işletmesi kış dönemi denemelerinde aktif tüketim değerlerinin haftalık alınan verilerin ortalamaları gün bazında alınarak saatlik ortalama tüketim değerleri yığın grafiği olarak verilmiştir (Şekil 4.5). Bu durumda saat 13:00 ile 18:00 arasında SIST çalışmasının yok denebilecek kadar az olduğu görülmektedir. Genel olarak aktif çalışma kısımlarının ise sağımlı sonrası çevre temizliği aşamalarında olduğu açıktır. SSM ve SST'nin ise maksimum noktaya ulaştığı noktaların sabah 07:00 ve akşam 17:00'da olduğu tespit edilmiştir. Saatlik enerji tüketim ortalamalarının maksimum tepe noktalarına ulaştığı, bu saatlerde ise aktif enerji tüketimi sırasıyla 52,225 Wh ve 41,976 Wh olarak hesaplanmıştır. Tepe noktalarının yığın toplamında elde edilen tüketim değerlerinin sabah bölümünde %53.2'sini SST, %43.1'ini SSM ve %3.7'sini SIST, akşam bölümünde ise %43.9'unu SSM ve %56.1'ini SST oluşturmaktadır.



Şekil 4.5. AKDÜ işletmesi kış dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı

4.1.1.4. Düzensiz çalışan makinaların saatlik ortalama maksimum gücü

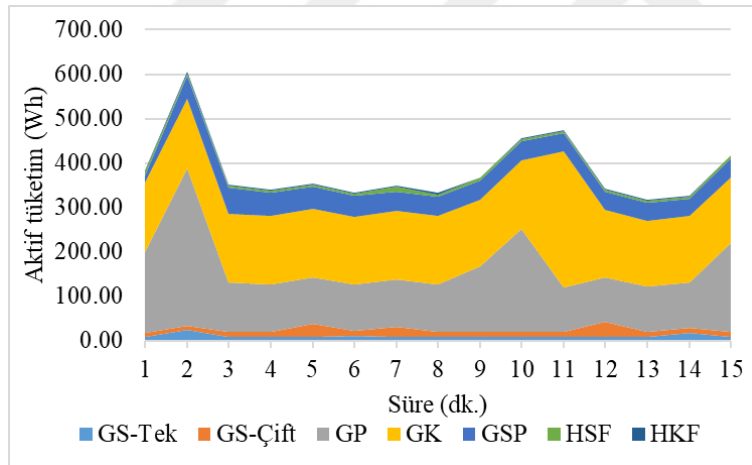
AKDÜ işletmesi kış denemelerinde elde edilen veriler doğrultusunda hafta boyunca alınan ölçümlerin saatlik ortalama maksimum güçleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar doğrultusunda SIST'da saat 15:00 dışında gün içinde doğrusal bir ilerleme görülürken, SSM ve SST'da farklılıklara rastlanmıştır. En yüksek ortalama maksimum güç 5,998 W ile saat 17:00'da SST'da görülmüştür. SST ağırlıklı olarak SSM ile benzer zamanlarda maksimum güç eğilimi gösterse de 22:00-23:00 saatleri arasında ve 04:00'da da artışlar tespit edilmiştir. Sırasıyla SIST ve SSM de ise en yüksek ortalama maksimum güçler saat 02:00'da 2,263 W ve saat 06:00'da 3,874 W olarak bulunmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. AKDÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü

4.1.1.5. Düzenli çalışan makinaların enerji tüketimi ve maksimum gücü

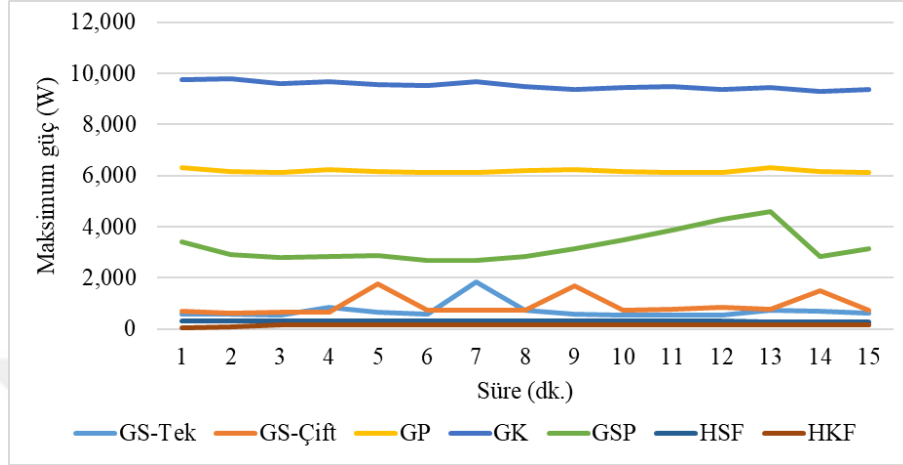
AKDÜ işletmesi kış döneminde düzenli çalışan makinalara ait yapılan ölçümler sonucu aktif enerji tüketimi Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. AKDÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri

Çalışma süresi boyunca özellikle kısmi yükselişler gösteren GP ile birlikte GK ve tek-çift kürekli GS içinde benzer durumlara rastlanmıştır. Çalıştığı süre boyunca alınan verilere göre GS-Tek (tek kürekli gübre sıyırıcı), GS-Çift (çift kürekli gübre sıyırıcı), GP, GK, GSP, HSF ve HKF için 15 dakikalık çalışma süresi boyunca sırasıyla bu makinalar içindeki ortalama dakikalık aktif enerji tüketim değerleri ve yüzdelik oranları 10.07 (%2.6), 14.13 (%3.7), 144.27 (%37.6), 163.33 (%42.6), 43.47 (%11.3), 5.40 (%1.4) ve 2.53 Wh (%0.7) olarak belirlenmiştir. Toplam bu makinaların aktif enerji tüketim ortalama değerleri ise 383.20 Wh olarak hesaplanmıştır. İçlerinde en yüksek tüketim gösteren iki makina ise GP ve GK olmuştur.

AKDÜ işletmesi kış dönemi düzenli çalışan makinalar grubunda yapılan enerji kayıtlarına göre maksimum güç değerleri Şekil 4.8’de verilmiştir. Bu incelemeye göre çalışma süresi boyunca kısmi sıçramalar ile makinalara ait tepe noktaları bulunmuştur. Bu değerler GS-Tek, GS-Çift, GP, GK, GSP, HSF ve HKF için sırasıyla 1,830.89, 1,742.53, 6,308.97, 9,781.05, 4,601.29, 306.36 ve 145.17 W olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.8. AKDÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF maksimum güç (W) değerleri

4.1.2. MAKÜ işletmesi

MAKÜ işletmesi sabah sağımı için 7:35’te 2 sağım görevlisi ve 1 kişi de sağmal hayvanların bekleme alanına yönlendirilmesi ve sağım odasına alınmasında yardımcı görevli olacak şekilde tesise giriş yapıp, kişisel hazırlıklarını tamamlamaktadır. Hazırlıkların ardından akşam sağımı sonrası tamamlanan otomatik yıkama süt borusu yıkama sisteminden alınarak içinde kalan yıkama suyu boşaltılıp hortumun ucu süt soğutma tankına bağlanmaktadır. Ayrıca süt filtresi değiştirilerek yenisi takıldıktan sonra saat 07:45’te vakum pompası çalıştırılmakta ve sağmallar bekleme alanına alınmaya başlanmaktadır. Akşam sağımı sonrası çamaşır makinasında yıkanıp kurutma makinasında kurutulan meme temizliği için kullanılan bezler sağım odasına giren ilk gruptan başlamak üzere tüm sağmalların meme temizliğinde kullanılmaktadır. El ile ön sağım yapıldıktan sonra hayvan ve meme sağlığında bir problem olmadığı anlaşıldığında, meme başlıkları takılarak masaj yapma ve otomatik başlık çıkarıcı özelliği bulunan elektronik pulsatörlerden sağım başlatılmaktadır. Tüm sağım başlıkları takıldıktan sonra sağım başlanmaktadır. Sağmalları bekleme alanına yönlendiren ve sağımda görevli olan toplam iki kişi, sağılan süt tanka girmeden önce yaklaşık 100 litreyi güğümlere alarak buzağı besleme makinasına götürmektedir. Bu sütün yarısı sabah diğer yarısı da buzağıları öğlen beslemek için kullanılmaktadır. Ortalama saat 09:00’da sağım sona erip vakum pompası durdurulmaktadır. Aktarma grubunda kalan süt üzerine su eklenerek borulardaki sütün süt soğutma tankına aktarılması için çalışanların belirlediği süre boyunca yapılmaktadır. Sistemde kalan sulu süt tahliye edildikten sonra süt borusu yıkama hattına bağlanıp süt filtresi atılarak sağım odası temizliği başlanmaktadır (Şekil 4.9). Ayrıca kullanılan meme temizleme bezleri tekrar çamaşır makinasında yıkamaya alınmaktadır. Tüm bu temizliğe dair işlemler devam ederken saat 09:20’de süt sağım makinası otomatik yıkama sistemi başlatılmaktadır. Buzağılara taşınan süt güğümlerinin

yıkaması ve çevre temizliğinin tamamlanması sonrası buzağların beslenmesi ile birlikte saat 09:45'te sağım işlemi ile ilgili çalışanların görevleri son bulmaktadır. Sağım görevlilerinin sabah sağımında ortalama çalışma süresi 2 saat olarak belirlenmiştir. Otomatik yıkama sistemi çalışmaya başladığı anda önce sisteme sıcak su alınıp hat tamamen bu su ile yıkanarak temizlenerek tahliye edilmektedir. Yıkamanın ikinci aşamasında sıcak su ile birlikte alkali veya asit karışımlı yıkama suyu, tüm sağım sisteminde devridaim ettirilerek dolaştırılıp tahliye edilmektedir. Son aşamada ise soğuk su ile durulama işlemi gerçekleştirildikten sonra tahliye edilerek otomatik yıkama tamamlanmaktadır. Her bir yıkama aşamasında vakum pompası çalışarak sağım sisteminin yıkama hattından verilen suyu sağım yapar gibi çekmesini sağlamaktadır.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 4.9. MAKÜ işletmesi sağım işleri, **a)** memelerin temizlenmesi, sağım başlığının takılması; **b)** sağım sonrası koruyucu uygulama; **c)** buzağlara mama hazırlanması ve bakımı; **d)** sağım odası temizliği; **e)** diğer temizlikler

Sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez gerçekleştirilen sağım işleminde, akşam sağımında 19:15'te tesise giriş yapan görevliler yaklaşık 1 saat 45 dakika çalışmanın ardından buzağların beslenmesi ile birlikte 21:00'da tesisten ayrılmaktadırlar.

MAKÜ işletmesinde sabah ve akşam olmak üzere her sağım sonrası yemleme yapılmaktadır. Bu işlemlerde yemlerin hazırlanması ve sabah yeminin dağıtılmasında 2 görevli bulunurken, akşam yeminin dağıtılmasında ek olarak bir kişi daha görevlendirilmiştir. Saat 07:30'da tesise giriş yapan yem görevlileri kişisel hazırlıklarını tamamladıktan sonra akşamdan kalan ve yem yoluna dağılmış olan yemleri iterek tekrar ineklerin önüne doğru yönlendirmektedirler. Saat 07:40'da traktör çalıştırılarak yem deposuna doğru harekete geçilip, kuyruk mili hareketi devreye alınarak traktör yüksek devirde çalışma halinde bırakılmaktadır. Saat 07:45'te tüm yem yüklemelerinde kullanılan kepçe çalıştırılarak 9 m³ kapasiteye sahip yatay tip yem karma makinası yüklenmeye başlamaktadır. 35 kg saman, 140 kg yonca, melas soya özel protein yemi ve bazı diğer toksik bağlayıcı ve vitaminler ile birlikte mısır silajı eklenmektedir. Bu karışımlar iyice kıyılıp karıştırıldıktan sonra yem karma makinasının üzerine bir miktar su ilave edilmektedir. Saat 08:05'te kepçe durdurularak yem hazırlama işlemi sona ermiş ve doğumu yakın olan gebe düveler ile birlikte sağmal hayvan grubuna bu yem dağıtılmıştır. Saat 08:15'te yem dağıtma işlemi bitip 3 dakikada etrafa dökülen yemler tekrar yem yoluna itilmiş ve yem karma tekrar yüklenmek üzere yem deposuna götürülüp

aynı başlangıç işlemleri tekrarlanmıştır. Saat 08:20’de traktör çalıştırılarak yem karma makinasının karıştırıcı ve kıyıcısı aktif hale getirilip, kepçe ile yükleme işlemleri başlamaktadır. Sağmal olmayan hayvanlar için 240 kg saman, 100 kg yonca, toksik bağlayıcı ve özel proteinlerin ardından, 625 kg mısır silajı eklenip kıyma - karıştırma işlemi devam ederken su eklemeye başlanmaktadır. Yaklaşık 235 litre su verildikten sonra 08:50’de yem hazırlama işlemi tamamlanıp, 5 dakika içerisinde de dağıtılıp ineklerin önlerine doğru itilmektedir. Tesiste sağmal hayvan dışında erkek dana bakımı ve manda yetiştiriciliği kısımları da ayrı bir bölümde bulunmaktadır ve bu hayvanlar için yaklaşık 30 dakikalık daha yem dağıtma işlemleri sürmektedir. Fakat sağmal hayvan bölümü sabah yeminin hazırlanması ve dağıtılmasının 1 saat 30 dakika sürdüğü söylenebilir. Bu işlerin ardından 30 dakikalık dinlenme ve kahvaltı molası verilmiş ve saat 10:00’da akşam yemi hazırlığı için traktör ve kepçe tekrar çalıştırılmıştır. 50 kg saman, 135 kg yonca ve sonrasında protein tozları soya ve sabah yeminde eklenen karışımlar eklenerek son olarak 790 kg mısır silajı eklenip, saat 10:20’de de traktör ve kepçe durdurulmaktadır. Akşam yemini dağıtmayla görevli olan kişi, karışımın nemini kaybetmemesi için su ekleme işlemini akşam dağıtımdan önce yapmakta ve bir süre daha karıştırdıktan sonra dağıtmaktadır. Saat 10:20’de yem görevlileri işlerini tamamlayıp 30 dakika molanın ardından sonraki gün ihtiyaç duyulacak yemlerin hazırlığını (çuval/balya açma, mısır silajı rulosu taşınması ve ölçülmesi gereken ürünlerin hazırlanması) gerçekleştirmektedirler. Yem görevlileri saat başı hayvanların yataklarının sıyrıcı yoluna kürenerek temizlenmesi ve diğer ahır içi işleri gerçekleştirmektedirler (Şekil 4.10).



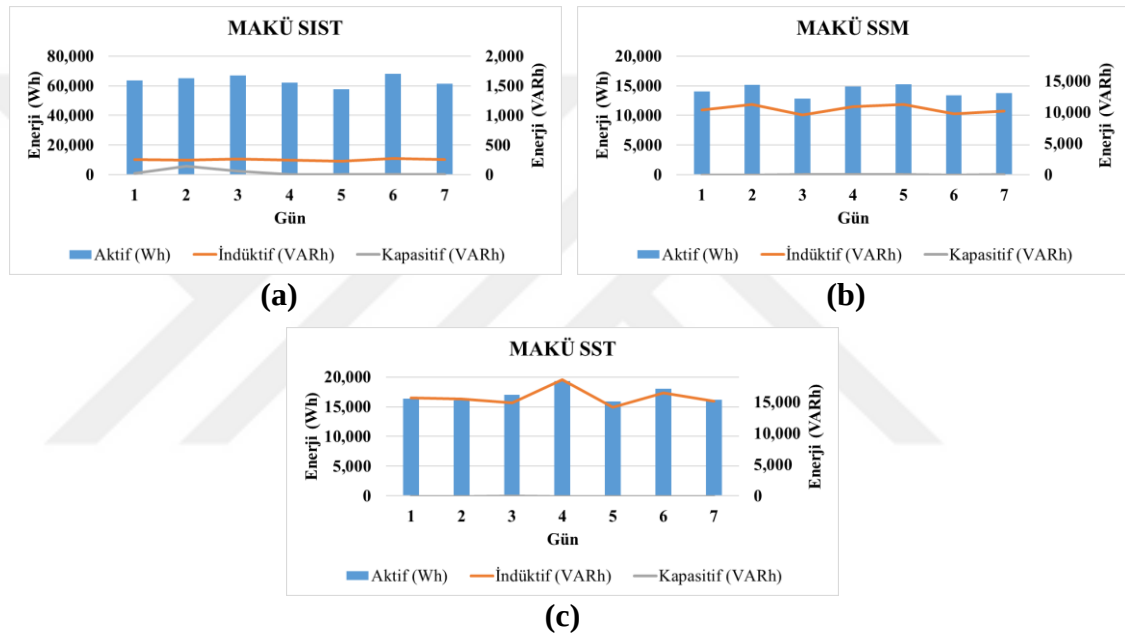
Şekil 4.10. MAKÜ işletmesi, **a)** yem balyalarının taşınması; **b)** balyaların taşımaya hazır hale getirilmesi; **c)** kaba yemlerin traktör ön yükleyici ile yüklenmesi; **d)** kesif yemlerin traktör ön yükleyici ile yüklenmesi; **e)** yem karmaya yem yüklenmesi ve karıştırılması; **f)** yem yolundan yemlerin dağıtılması

4.1.2.1. Düzensiz çalışan makinaların günlük enerji tüketimleri

MAKÜ işletmesi kış dönemi günlük enerji tüketimleri incelenmiştir. Bu incelemelerde SIST aktif enerji tüketimlerinin haftalık ortalaması 63,572 Wh, indüktif tüketim ise 253 VARh olarak tespit edilmiştir. Aktif tüketimlerin günlere göre farklılık göstermesine rağmen, indüktif tüketim daha sabit bir ilerleyiş göstermiştir. Maksimum aktif ve indüktif tüketim değerleri ise aynı günde sırasıyla 67,980 Wh ve 271 VARh olarak görülmüştür. Kapasitif tüketim ise genellikle sifıra yakın bir değerde ilerlerken, 2. gün denemelerinde 140 VARh değerine ulaşmıştır (Şekil 4.11a).

SSM değerleri incelendiğinde ise aktif ve indüktif tüketim değerleri arasında orantılı bir ilerleyiş görülmüştür. Aktif enerji tüketiminin haftalık bazda ortalaması ve maksimum değere ulaştığı nokta sırasıyla 14,174 ve 15,217 Wh olarak bulunmuştur. Aynı şekilde indüktif tüketim incelendiğinde ise ortalama 10,475 VARh ve maksimum 11,288 VARh değerlerine ulaşılmıştır. Kapasitif tüketim ise sıfıra yakın bir değer olarak kalmıştır (Şekil 4.11b).

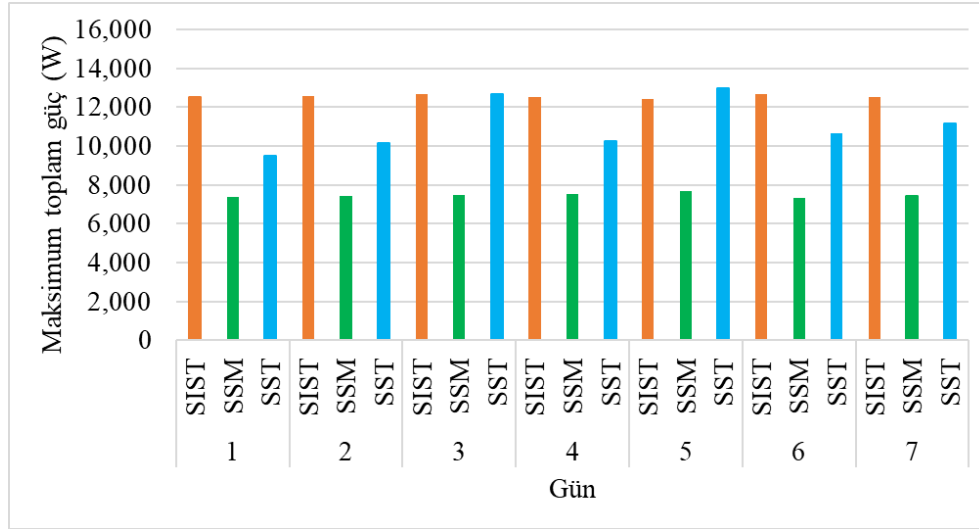
SST haftalık enerji tüketim değerleri incelendiğinde ise ortalama aktif ve indüktif enerji tüketimlerinin sırasıyla 16,948 Wh ve 15,755 VARh olduğu görülmüştür. Aynı makina için maksimum değerler incelendiğinde ise aktif enerji tüketiminin 19,322 Wh ve indüktif tüketimin yine aynı gün 18,578 VARh değerinde olduğu görülmüştür. Bu makinada da aktif ve indüktif tüketim değerleri birbiri ile orantılı bir şekilde artış ve azalış göstermiştir. Kapasitif tüketim ise yok denecek kadar azdır (Şekil 4.11c).



Şekil 4.11. MAKÜ işletmesi kış dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST

4.1.2.2. Düzensiz çalışan makinaların günlük maksimum toplam gücü

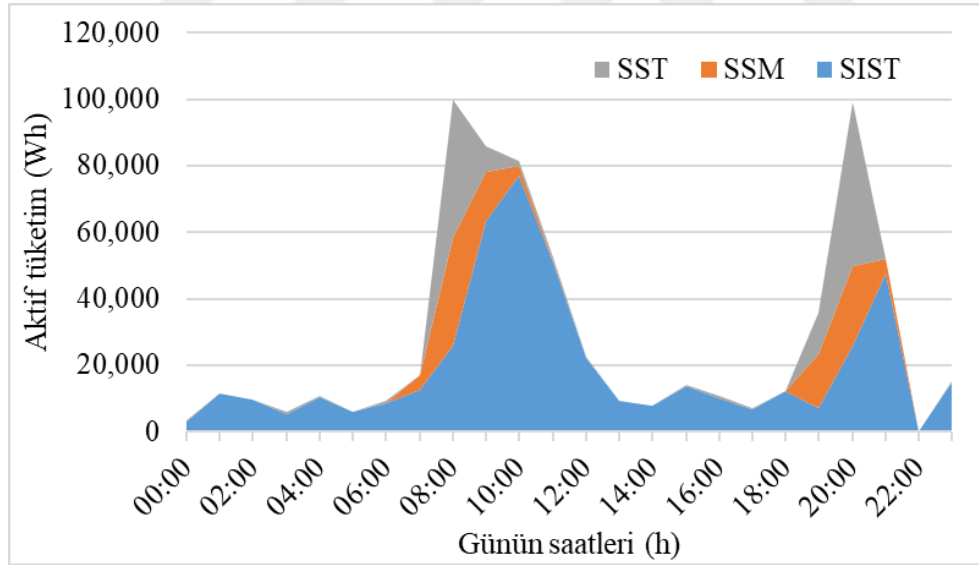
MAKÜ işletmesi kış dönemi denemelerinde yapılan ölçümler günlük maksimum toplam güç açısından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre SIST ve SST birbirine yakın değerler gösterirken, SSM bu iki enerji tüketen makineye göre daha düşük seviyede kalmıştır. En yüksek günlük maksimum toplam güç 12,952 W değeri ile SST olmuştur. Bunun yanında günlük maksimum toplam gücün makina bazında ortalamaları büyükten küçüğe doğru SIST, SST ve SSM sırasıyla 12,544 W, 11,042 W ve 7,463 W olarak hesaplanmıştır. SIST ve SSM’de günlük bazda belirgin farklılıklar görülmezken, SST’da hafta içerisinde bazı artış ve azalışlar görülmüştür (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. MAKÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü

4.1.2.3. Düzensiz çalışan makinaların saatlik enerji tüketim ortalamaları

MAKÜ işletmesi kış dönemi denemelerinde hafta boyunca alınan verilerden aktif tüketim değerlerinin ortalamaları saatlik baza indirgenmiştir (Şekil 4.13).



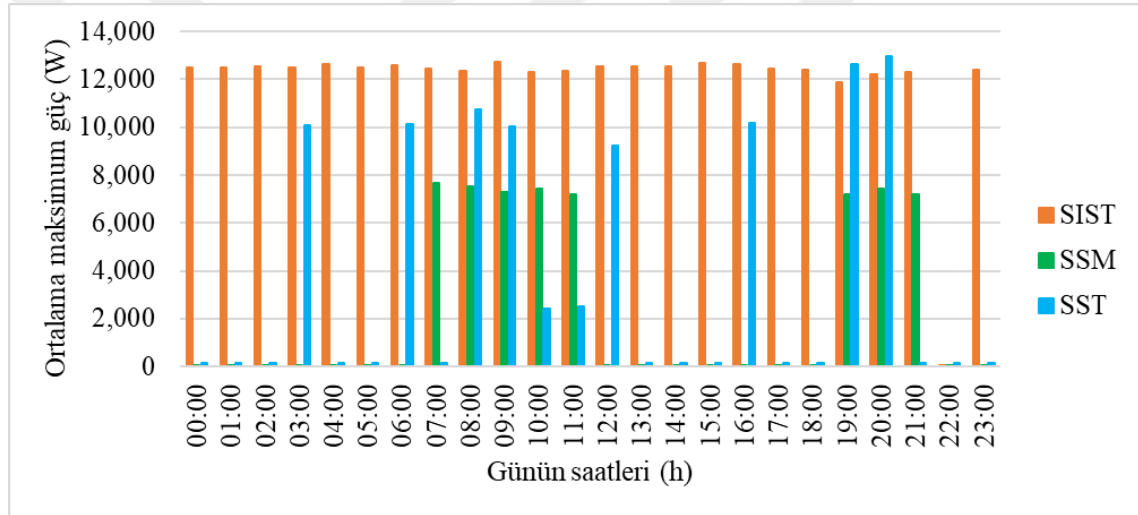
Şekil 4.13. MAKÜ işletmesi kış dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı

Ağırlıklı olarak tepe noktalarının 99,930 Wh ile sabah 08:00 ve 98,971 Wh ile akşam 20:00'da olduğu, akşamki tepe noktasının 19:00 sonrası yükselişe geçtiği görülmektedir. SIST'nın sadece 22:00'da tüketim göstermediği belirlenmiştir. SSM ve SST'nın ise sabah ve akşam tepe noktalarının olduğu zamanların öncesinde ve sonrasında sıfırdan farklı değerler kaydedilmiştir. Saatlik enerji tüketimlerinin hafta boyunca ortalamalarına bakıldığında sabahki tepe noktasında sırasıyla SIST, SSM ve SST'nın bu

yığın toplamında %25.9, %32.3 ve %41.8, akşamki tepe noktasında ise %26.0, %24.2 ve %49.8 paya sahip olduğu görülmektedir. En yüksek kaydedilen değerler ise sabah 41,767 Wh ve akşam 49,328 Wh ile SST'nin olmuştur.

4.1.2.4. Düzensiz çalışan makinaların saatlik ortalama maksimum gücü

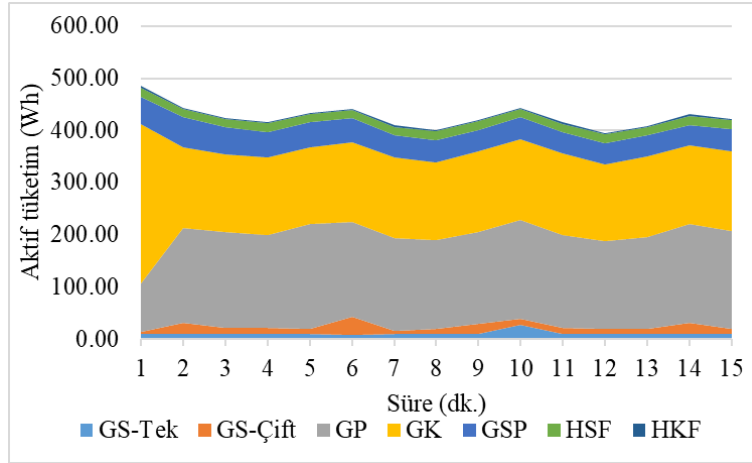
MAKÜ işletmesi kış denemelerinde elde edilen veriler doğrultusunda hafta boyunca elde edilen veriler saatlik bazda ortalamalar alınarak bir güne indirgenmiştir. Bu hesaplamalar doğrultusunda SIST'nın diğer makinalardan günün her saati daha yüksek bir ortalama maksimum güç değeri gösterdiği tespit edilmiştir. Bunların arasında ise en yüksek olanı saat 09:00'da 12,748 W değeridir. Sadece saat 19:00-20:00 arası SST 12,647-12,952 W değerleri ile SIST'nı geride bırakmıştır. Aynı zamanda bu değerler SST'nın gün içerisinde gösterdiği en yüksek değerlerdir. SST ağırlıklı olarak SSM ile benzer zamanlarda maksimum güç eğilimi gösterse de 12:00, 16:00 ve 03:00'da da bazı yükselişler tespit edilmiştir. SSM için kaydedilen en yüksek ortalama maksimum güç ise saat 07:00'da 7,689 W olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. MAKÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü

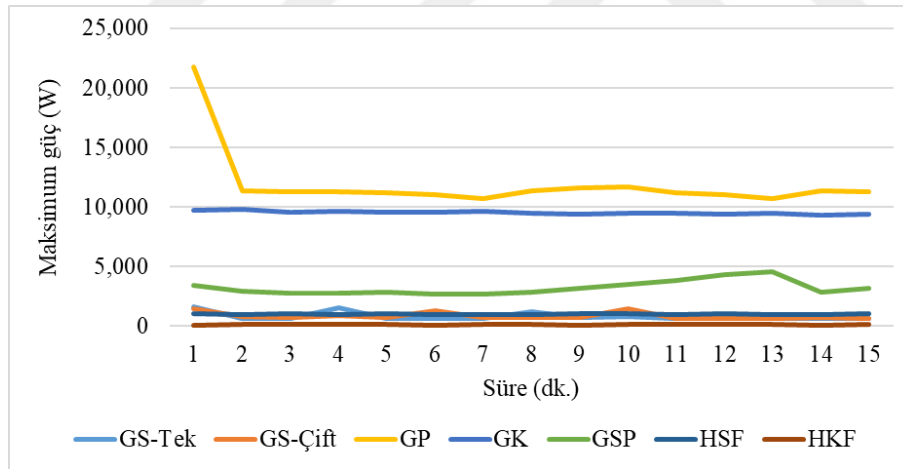
4.1.2.5. Düzenli çalışan makinaların enerji tüketimi ve maksimum gücü

MAKÜ işletmesi kış döneminde düzenli çalışan makinalar aktif enerji tüketimine göre GP çalıştığı ilk dakikadan sonra kısmi zorlanmalar yaşasa da bir miktar yükselip stabil bir durumda çalışma göstermiştir. GK ise ilk çalışma dakikasıdan sonra bir miktar daha düşük enerji tüketimi gösterse de kısmi yükselişler ile stabil çalışma pozisyonunu yakalamıştır. Yine GS-Tek ve GS-Çift içinde benzer şekilde aktif enerji tüketiminde dalgalanmalar görülmektedir. Çalıştığı süre boyunca alınan verilere göre GS-Tek (tek kürekli gübre sıyrıcı), GS-Çift (çift kürekli gübre sıyrıcı), GP, GK, GSP, HSF ve HKF için 15 dakikalık çalışma süresi boyunca sırasıyla ortalama dakikalık aktif enerji tüketim değerleri ve yüzdelik oranları 10.67 (%2.5), 13.53 (%3.2), 175.47 (%41.2), 162.27 (%38.1), 45.07 (%10.6), 16.40 (%3.9) ve 2.50 Wh (%0.6) olarak belirlenmiştir. Bu makinaların toplam aktif enerji tüketim ortalamaları ise 425.93 Wh olarak hesaplanmıştır. İçlerinde en yüksek tüketim gösteren iki makina ise GP ve GK olmuştur (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. MAKÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri

Düzenli çalışan makinalar grubunda yapılan enerji kayıtları incelenmiş ve buna göre MAKÜ işletmesi kış dönemi ölçümleri maksimum güç değerleri Şekil 4.16'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çalışma süresi boyunca kısmi yükselmeler ile makinalara ait tepe noktaları bulunmuştur. Bu değerler GS-Tek, GS-Çift, GP, GK, GSP, HSF ve HKF için sırasıyla 1,600.53, 1,482.21, 21,748.14, 9,763.13, 4,599.32, 1,060.52 ve 142.37 W olarak gerçekleşmiştir.

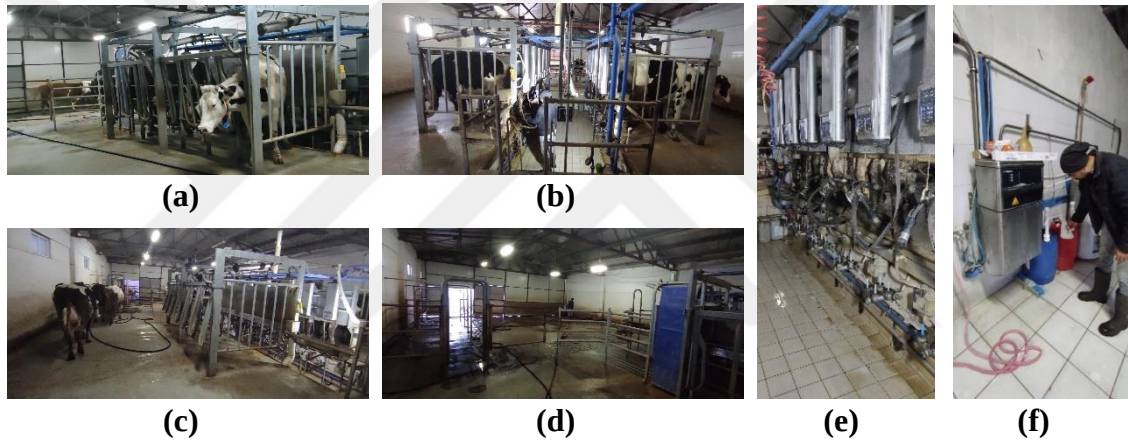


Şekil 4.16. MAKÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF maksimum güç (W) değerleri

4.1.3. ISUBÜ işletmesi

ISUBÜ işletmesinde, sabah 07:00'da tesise giriş yapılmakta, kişisel hazırlıklar tamamlandıktan sonra sağım odasına geçilmektedir. Akşam sağımından sonra yıkamanın ardından yıkama hattında kalan süt hortumunun içinde kalan yıkama suyu boşaltılıp 07:05'te süt soğutma tankına aktarılmaktadır. Süt filtresi değiştirilerek yenisi takılıp sağmal hayvanlar bekleme alanına alınmaya başlanmaktadır. Ahırda sağmal hayvan bölümü ile sağım odası bekleme alanı arasındaki mesafe uzak olduğu için bu işlem biraz

zaman almaktadır. Saat 07:15'te vakum pompası çalıştırılarak meme temizliği yapıldıktan sonra sağım başlamaktadır. Hemen ardından ilk süt tanka girdikten sonra buzağılar için biberonlara doldurulan sütler dağıtılmaktadır. Sağımı tamamlanan hayvanların memelerine koruyucu kaplama sıvısı püskürtülerek paralel tip hızlı çıkış sağım sistemine sahip olan tesisin çıkış kapıları açılarak hayvanların ahıra geri dönüşü sağlanmaktadır. Son grup sağmal hayvanlar da sağıldıktan sonra 07:40'ta vakum pompası durdurularak sağım tamamlanmaktadır. Aktarma grubunda kalan süt, soğutma tankına aktarılmakta ve ardından yine de borularda kalan süt ayrı bir kaba alınıp süzülerek süt soğutma tankına dökülmektedir. Süt soğutma tankında olan süt hortumu içinde kalan süt tanka aktarıldıktan sonra otomatik yıkama sistemine bağlanmaktadır. Sağım başlıkları yıkama grubuna takılıp asit veya alkali uygulama opsiyonlarına sahip olan sistemde otomatik dozaj kontrol düzeni olmadığı için manuel olarak istenilen miktarda yıkama sıvısı eklendikten sonra saat 07:47'de otomatik yıkama sistemi çalıştırılmaktadır. Saat 08:00'a kadar süt sağım odası, hayvan bekleme alanı ve süt soğutma tankının bulunduğu alanlar temizlenip sağım görevlisinin işleri yaklaşık 1 saatte tamamlanmaktadır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. ISUBÜ işletmesi sağım işleri, **a)** bekleme alanından sağmal hayvanların sağıma alınması; **b)** memelerin temizlenmesi, sağım başlığının takılması; **c)** sağım sonrası çıkış kapılarının açılması; **d)** sağım odası temizliği; **e)** otomatik başlık çıkarıcının çalışması; **f)** otomatik yıkama sisteminin başlatılması

Bu aşamadan sonra ahır içi diğer yapılması gereken işlemler yem görevlisi ile birlikte tamamlanmaktadır. Otomatik yıkama sistemi çalışmaya başladığı anda sisteme sıcak su alınıp hat tamamen bu su ile yıkanarak temizlenmekte ve tahliye edilmektedir. Yıkamanın ikinci aşamasında sıcak su ile alkali veya asit karışımlı yıkama suyu tüm sağım sisteminde devridaim ettirilerek tahliye edilmektedir. Son aşamada ise soğuk su ile durulama işlemi gerçekleştirilip bu su da tahliye edildikten sonra, otomatik yıkama işlemi tamamlanmaktadır. Her bir yıkama aşamasında vakum pompası çalışarak sağım sisteminin yıkama hattından verilen suyu sağım yapar gibi sütün temas ettiği tüm alanlarda dolaştırmaktadır.

Akşam sağımı için 18:00'da kişisel hazırlıklar tamamlandıktan sonra sağmal hayvanlar bekleme alanına alınmaya başlanmaktadır. Sağım öncesi diğer hazırlıklar sabah sağımıyla aynı şekilde gerçekleştirilip, saat 18:15'te vakum pompası çalışmakta ve

saat 18:20’de de sağımlı başlamaktadır. Saat 18:40’ta sağımlı sona erip buzağı beslemesi ve çevre temizliği ile 19:00’da sağımlı görevlileri işlerini tamamlayıp tesisten ayrılmaktadırlar.

ISUBÜ işletmesinde yem hazırlığı ve dağıtımı gibi işlerle ilgili görevli saat 07:00’da tesise giriş yapıp kişisel hazırlıklarını tamamladıktan sonra, 07:15’te sağmal olmayan hayvanlar için bir önceki gün hazırlanan yemi dağıtmaktadır. Dağıtma işleminin ardından farklı depolara gidilerek saman, silaj küspe ve toksik bağlayıcılar ile protein tozları eklenerek yemin iyice kıyılıp karıştırıldığından emin olunduktan sonra 08:10’da sağmal hayvanlar için hazırlanan yem dağıtılmaktadır. Tüm bu işlemlerde dirgen gibi el aletleri kullanılmakta veya yem karma makinasının arka yükleyicisi ile yükleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Yaklaşık 10 dakikalık molanın ardından ertesi gün sabah sağmal olmayan hayvanlara verilecek yem hazırlanmaya başlamaktadır. Bu işlemde ise saman ve yonca ağırlıklı yem materyalleri kullanılmıştır. Saat 09:00’da yem hazırlığı tamamlanmakta ve traktör durdurulmaktadır. Hayvan yataklarının temizlenmesi ve diğer ahır içi temizlikler 09:15’te tamamlanmaktadır. Gün boyunca belirli aralıklarla kontroller yapılarak ahır içi temizlik ve diğer ahır içi işler yapılmaya devam edilmektedir. (Şekil 4.18). Yem hazırlama ve dağıtma işlemi için yaklaşık 2 saat 15 dakika süre harcanmaktadır.



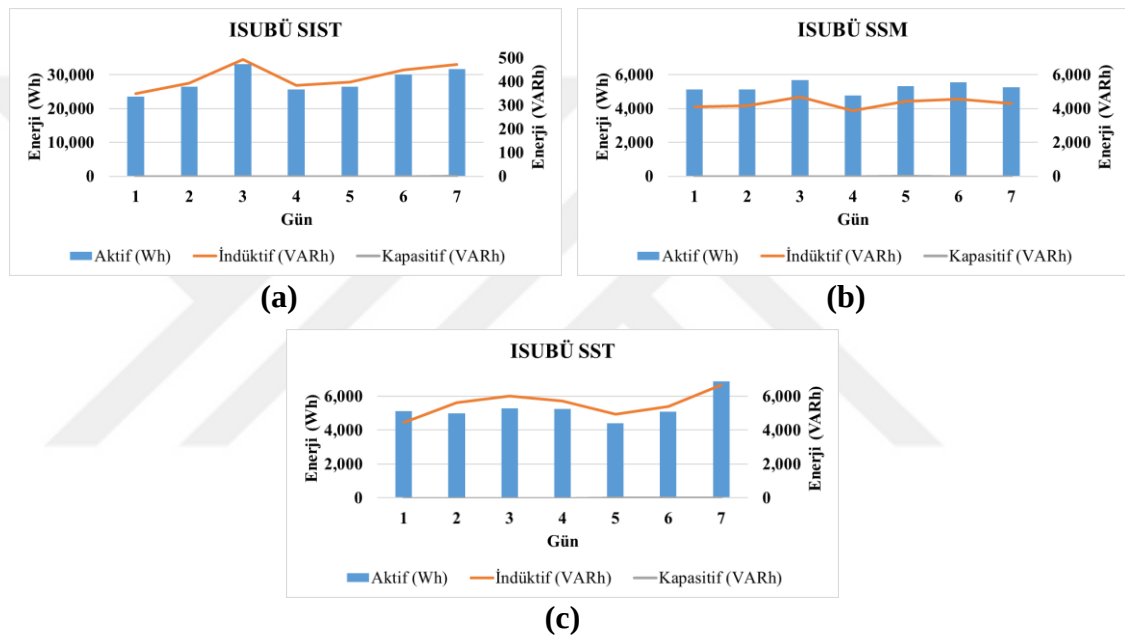
Şekil 4.18. ISUBÜ işletmesi, **a)** yem balyalarının taşınması; **b)** kesif yemlerin hazırlanması; **c)** yem karma arka yükleyici kullanımı; **d)** mısır silajı alımı; **e)** dirgen kullanarak elle yükleme; **f)** yem yolundan yemlerin dağıtılması

4.1.3.1. Düzensiz çalışan makinaların günlük enerji tüketimleri

ISUBÜ işletmesi kış dönemi günlük enerji tüketimlerinin hafta boyunca değişim grafikleri de gösterilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelere göre aktif enerji tüketimi ortalama 28,182 Wh olurken, maksimum değer 33,181 Wh olarak bulunmuştur. İndüktif enerji tüketiminin en yüksek olduğu gün ise aktif tüketimin en yüksek olduğu gün ile aynı olurken, bu değer 493 VARh olarak bulunmuştur. Ortalama indüktif tüketim değeri ise 420 VARh’dır. Kapasitif tüketim değeri sıfıra yakın olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.19a).

SSM enerji tüketim değerleri incelendiğinde aktif ve indüktif tüketim değerlerinin artış-azalış oranlarının birbiri ile tutarlı olduğu görülmüştür. Bunun yanında en yüksek aktif enerji tüketimi 5,668 Wh ve ortalama tüketim 5,254 Wh olarak bulunmuştur. İndüktif enerji tüketiminin en yüksek olduğu gün, aktif enerji tüketiminin en yüksek olduğu gün ile aynı olurken bu değer 4,672 VARh olarak bulunmuştur. Ortalama indüktif tüketim değeri ise 4,300 VARh olarak saptanmıştır. Kapasitif tüketimin sıfıra yakın olduğu görülmüştür (Şekil 4.19b).

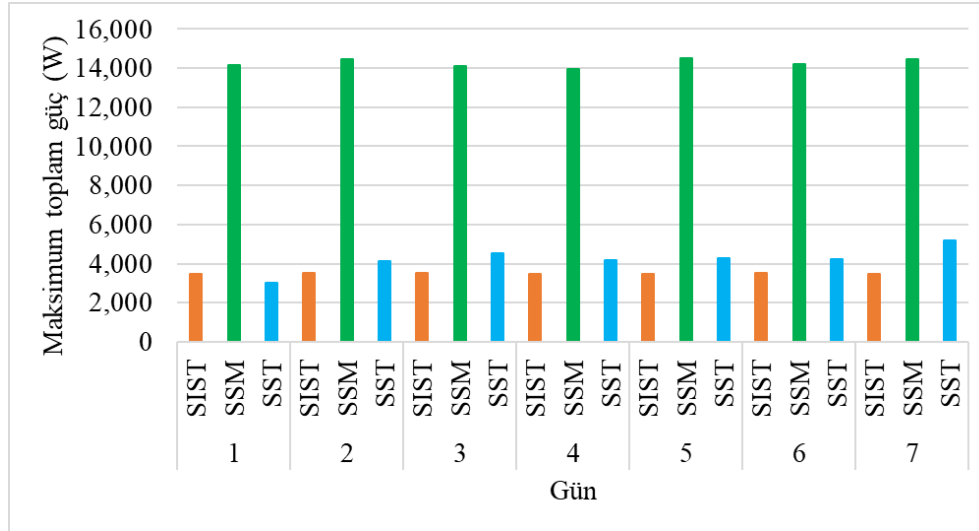
SST enerji verileri incelendiğinde aktif ve indüktif tüketim değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve orantılı bir şekilde artış ve azalış gösterdiği dikkat çekmiştir. Maksimum aktif ve indüktif enerji tüketimleri sırasıyla 6,864 Wh ve 6,672 VARh olarak bulunmuştur. Ortalama aktif ve indüktif enerji tüketimleri ise yine sırasıyla 5,279 Wh ve 5,541 VARh olarak tespit edilmiştir. Kapasitif tüketim sıfıra yakındır (Şekil 4.19c).



Şekil 4.19. ISUBÜ işletmesi kış dönemi günlük enerji tüketimleri **a) SIST; b) SSM; c) SST**

4.1.3.2. Düzensiz çalışan makinaların günlük maksimum toplam gücü

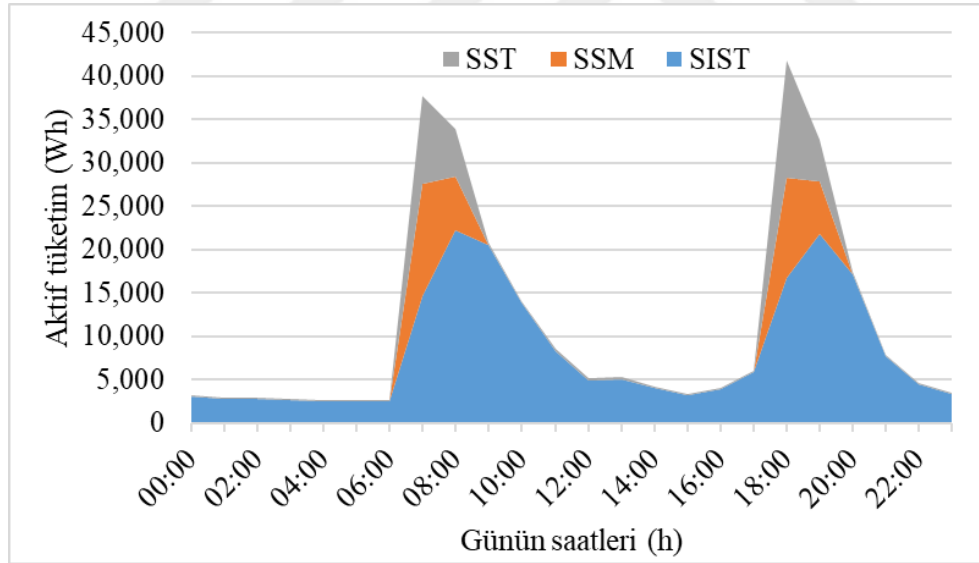
ISUBÜ işletmesi kış dönemi denemelerinde alınan veriler günlük maksimum toplam güç açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre SSM en yüksek değerler toplamını oluştururken, en yüksek değer 14,528 W olarak hesaplanmıştır. Bir günde SST, SIST'dan daha düşük değer göstermesine rağmen genel ortalama da SST, SIST'dan daha yüksek bir ortalama ya sahiptir. Sırasıyla günlük maksimum toplam güç ortalama ları sırasıyla SIST, SSM ve SST için 3,499 W, 14,260 W ve 4,223 W olarak hesaplanmıştır. SIST ve SSM'de günler bazında büyük farklılıklar görülmezken, SST'da günler bazında değişiklikler gözlenmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. ISUBÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü

4.1.3.3. Düzensiz çalışan makinaların saatlik enerji tüketim ortalamaları

ISUBÜ işletmesi kış dönemi denemelerinde aktif enerji tüketim değerleri haftanın ortalaması alınarak saatlik bazda bir güne indirgenmiştir (Şekil 4.21).



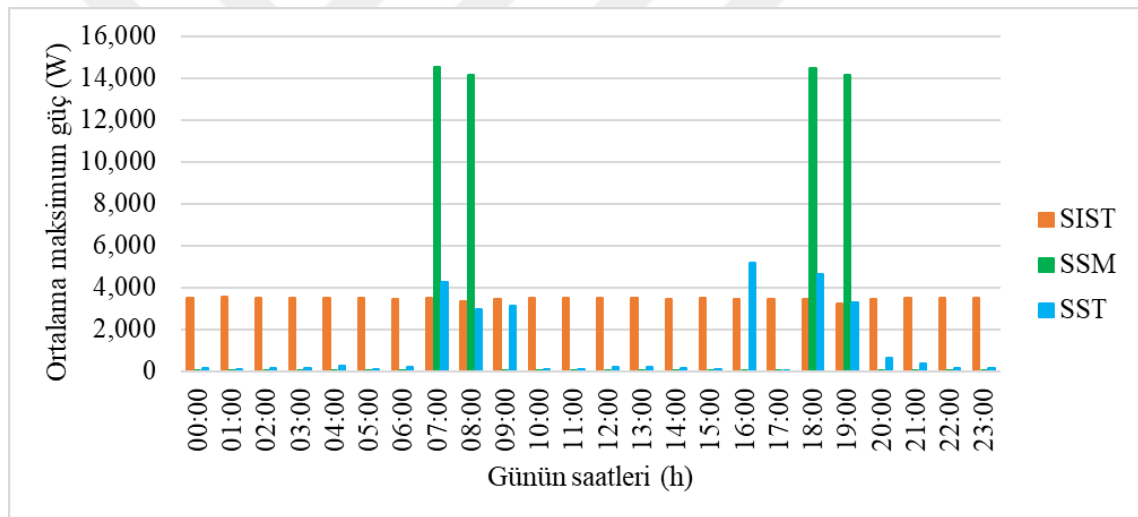
Şekil 4.21. ISUBÜ işletmesi kış dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı

Yapılan incelemelerde SIST'nın günün her saatinde aktif enerji tüketimi gerçekleştirdiği görülmektedir. Tepe noktalarının görüldüğü değerler sabah saat 07:00'da 37,743 Wh ve akşam saat 18:00'da 41,793 Wh olarak gerçekleşmiştir. İşletmede akşam tepe noktası verilerinin toplamı sabahkilere göre daha yüksektir. Sabah tepe noktası toplam aktif tüketimin 12,974 Wh ile %38.6'sını SIST, 12,974 Wh ile %34.4'ünü SSM ve 10,196 Wh ile %27.0'ını SST oluşturmaktadır. Akşam ise bu durum 16,806 Wh ile

SIST (%40.2), 11,539 Wh ile SSM (%27.6) ve 13,448 Wh ile SST (%32.2) olarak değişmektedir.

4.1.3.4. Düzensiz çalışan makinaların saatlik ortalama maksimum gücü

ISUBÜ işletmesi kış denemelerinde elde edilen veriler ortalama maksimum güç açısından günlerin ortalaması alınarak 24 saatlik bir grafik elde edilmiştir (Şekil 4.22). Bu veriler doğrultusunda SIST'nın günün her saatinde benzer değerler gösterdiği belirlenmiştir. SIST için en yüksek ortalama maksimum güç değeri saat 01:00'da 3,518 W olarak görülmektedir. SSM'nın günde iki kez devreye girdiği gözlenmektedir. Bu süreler 07:00-08:00 arası ve 18:00-19:00 arası iken, sırasıyla bu sürelerde ortalama maksimum güç değerleri 14,528 W, 14,127 W ve 14,456 W, 14,133 W olarak hesaplanmıştır. SST ile SSM çalışma süreleri birbiri ile örtüşürken, farklı olarak SST saat 16:00'da ve SSM'nın durmasından sonra saat 09:00'da da tüketim göstermiştir. En yüksek SST değeri ise saat 16:00'da 5,164 W ortalama maksimum güç değeri görülmüştür. SST'nın belirtilen tepe noktaları dışında da 1-2 W aralığında ortalama maksimum güç değerleri gün boyunca takip edilebilmektedir. Bu değerler SST boş ve aktif olarak soğutma yapılmazken elde edilmiştir.

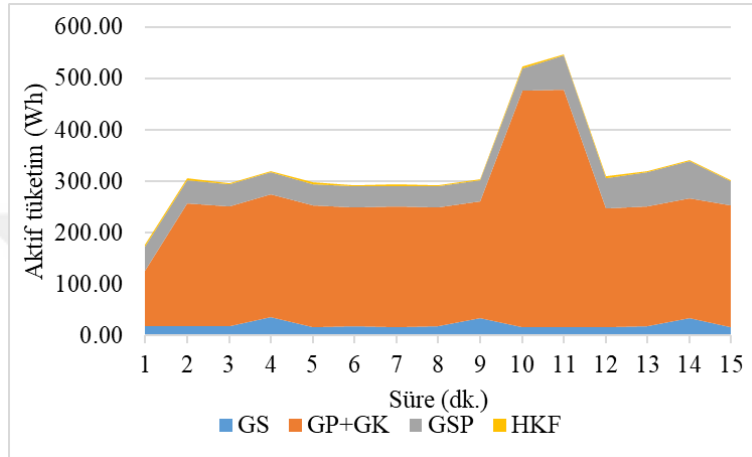


Şekil 4.22. ISUBÜ işletmesi kış dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü

4.1.3.5. Düzenli çalışan makinaların enerji tüketimi ve maksimum gücü

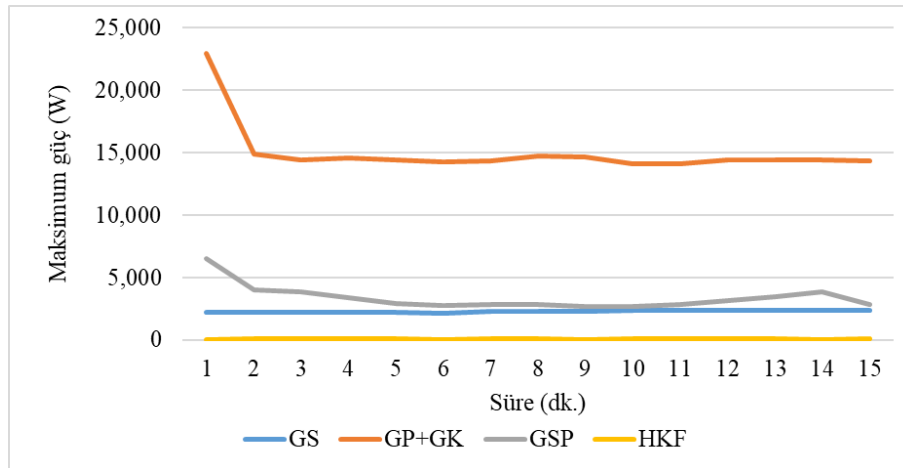
ISUBÜ işletmesi kış döneminde düzenli çalışan makinalara ait yapılan ölçümler sonucu aktif enerji tüketimi Şekil 4.23'de verilmiştir. Bu işletmede diğerlerinden farklı olarak GS ayrı kontrol üniteleri ile değil, tek bir hidrolik pompa vasıtasıyla kontrol edilmesinden dolayı GS değeri olarak verilmiştir. Aynı şekilde GP ile GK farklı iki makina değil karıştırıcı özelliği bulunan bir gübre pompasından oluştuğu için, bu değerler GP+GK olarak verilmiştir. Değerlere göre GP+GK çalıştığı ilk dakikadan sonra kısmi zorlanmalar yaşasa da bir miktar yükselip stabil bir çalışma göstermiştir. Fakat belirli aralıklarda tepe noktalarına çıkış yaptığı da görülmektedir. Eş zamanlı çalışan GP+GK ve GSP bir uyum ile çalışmak zorundadır ve GP+GK zorlanması sonucu aktif tüketimdeki artışın 1 dakika sonra GSP'de benzer bir tüketim artışına sebep olduğu görülmektedir.

GS’de çalışma süresi boyunca kısmi olarak aktif enerji tüketiminde yükselişler görülmüş olup, bu değerler dışında stabil çalışma pozisyonu gösterdiği söylenebilir. İşletmede HSF bulunmadığı için bu makina için herhangi bir ölçüm yapılamamıştır. Çalıştığı süre boyunca alınan verilere göre GS, GP+GK, GSP ve HKF için 15 dakikalık çalışma süresinde bu makineler içindeki ortalama dakikalık aktif enerji tüketim değerleri ve yüzdelik oranları sırasıyla, 20.87 (%6.4), 255.87 (%77.9), 49.00 (%14.9), 2.53 Wh (%0.8) olarak belirlenmiştir. Toplam bu makinelerin aktif enerji tüketim ortalamaları ise 328.27 Wh olarak hesaplanmıştır. İçlerinde en yüksek tüketim gösteren makina ise GP+GK olmuştur.



Şekil 4.23. ISUBÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP+GK, GSP ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri

ISUBÜ işletmesi kış dönemi maksimum güç değerleri Şekil 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.24. ISUBÜ işletmesi kış dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP+GK, GSP ve HKF maksimum güç (W) değerleri

Bu incelemeye göre çalışma süresi boyunca kısmi yükselmeler ile makinalara ait tepe noktaları bulunmuştur. Bu değerler GS, GP+GK, GSP ve HKF için sırasıyla 2,408.09, 22,965.06, 6,541.55 ve 141.08 W olarak bulunmuştur.

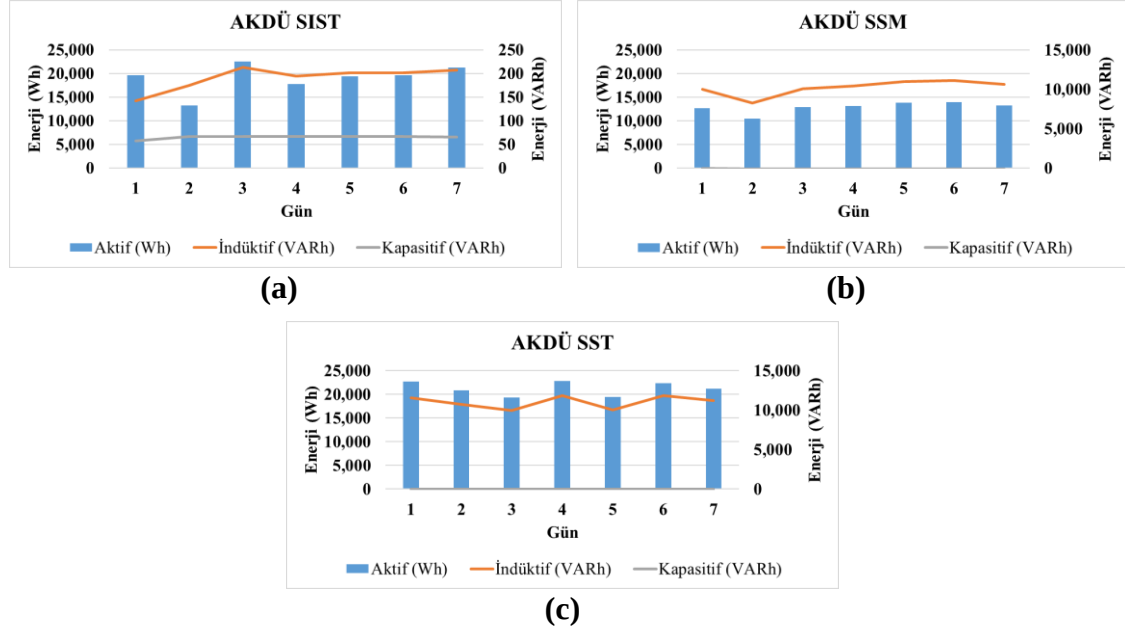
4.2. Yaz Dönemi Denemeleri

4.2.1. AKDÜ işletmesi

AKDÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinde 06:45'te tesise giriş yapılmakta ve sağmal hayvanlar bekleme alanına alındıktan sonra, SSM ile ilgili gerekli ayarlamalar yapıp 06:55'te vakum pompası çalıştırılmaktadır. Yaklaşık 90 dakika süren sağım sonrası 08:30'da vakum pompası durdurulmaktadır. Kış dönemi sağım işlemlerinde gerçekleştirilen aşamalar yerine getirildikten sonra, ortalama 2 saat 15 dakika çalışan sağım görevlisi saat 09:00'da tesisten ayrılmaktadır. Akşam sağımında ise görevlilerin tesise girişi saat 17:15 iken, sağım 17:30'da başlamakta ve 90 dakikalık sağım süresinin ardından 19:00'da işlemin tamamlandığı ve saat 19:20'de tesisten ayrıldıkları görülmüştür. Yem hazırlama ve dağıtma işlemlerinde ise herhangi bir değişiklik bulunmamıştır.

4.2.1.1. Düzensiz çalışan makinaların günlük enerji tüketimleri

AKDÜ işletmesi yaz dönemi günlük enerji tüketim verilerine göre SIST'da aktif enerji tüketimi ile indüktif tüketim arasında doğrusal ilişkinin olmadığı görülmüştür (Şekil 4.25). Aktif enerji tüketim değerleri haftalık bazda incelendiğinde ortalama değerleri 19,042 Wh, maksimum da ise 22,513 Wh olmuştur. İndüktif tüketimde ise ortalama 190 VARh, maksimum ise aktif enerjinin en yüksek olduğu gün 207 VARh değeri belirlenmiştir. Kapasitif tüketim ortalama 65, maksimum ise 67 VARh olarak bulunmuştur (Şekil 4.25a).



Şekil 4.25. AKDÜ işletmesi yaz dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST

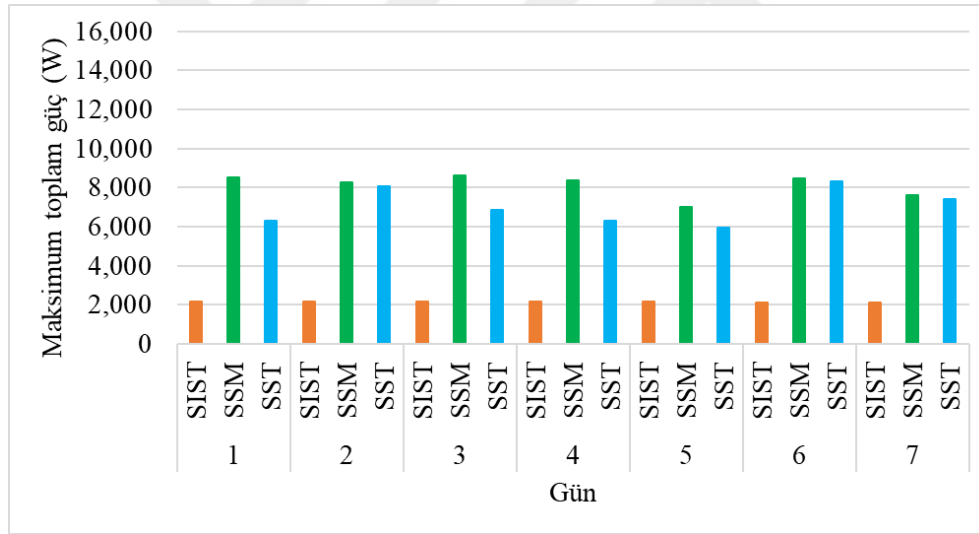
SSM günlük enerji tüketim değerleri incelendiğinde ortalama aktif enerji tüketimi 12,901 Wh olurken, maksimum 13,931 Wh'dir. İndüktif tüketim ise ortalama ve maksimum değerler sırasıyla 10,231 VARh ve 11,151 VARh olmuştur. Aktif ve indüktif

tüketimler arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kapasitif tüketim ise sıfıra yakın olarak bulunmuştur (Şekil 4.25b).

SST verilerinde aktif ve indüktif tüketim değerleri birbiri ile doğrusal orantıda artış veya azalış göstermektedir. Ortalama aktif ve indüktif tüketim değerleri sırasıyla 21,253 Wh ve 11,031 VARh bulunmuştur. Maksimum tüketim değerleri ise aktif ve indüktif enerji tüketimleri ile aynı gün ve sırasıyla 22,856 Wh ve 11,879 VARh olarak görülmüştür. Kapasitif tüketim sıfır olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.25c).

4.2.1.2. Düzensiz çalışan makinaların günlük maksimum toplam gücü

AKDÜ işletmesi yaz dönemi denemeleri günlük maksimum toplam güç açısından değerlendirilmiştir. En yüksek değer 8,632 W ile SSM'de görülürken, genel olarak ortalamalarda da en yüksek değer SSM'ne aittir. SSM ve SST'de günlere göre kısmi değişiklikler görülürken, SIST günler bazında birbirine yakın değerler göstermiştir. Ortalama günlük maksimum toplam güç değerleri SIST, SSM ve SST için sırasıyla, 2,159 W, 8,119 W ve 7,020 W olarak ölçülmüştür. Yapılan haftalık ölçümlerin 3 gününde SSM ve SST günlük maksimum toplam güç değerlerinin birbirine yakın olduğu görülürken, geriye kalan diğer 4 günde SSM'nin daha yüksek olduğu farklılıklar belirlenmiştir (Şekil 4.26).

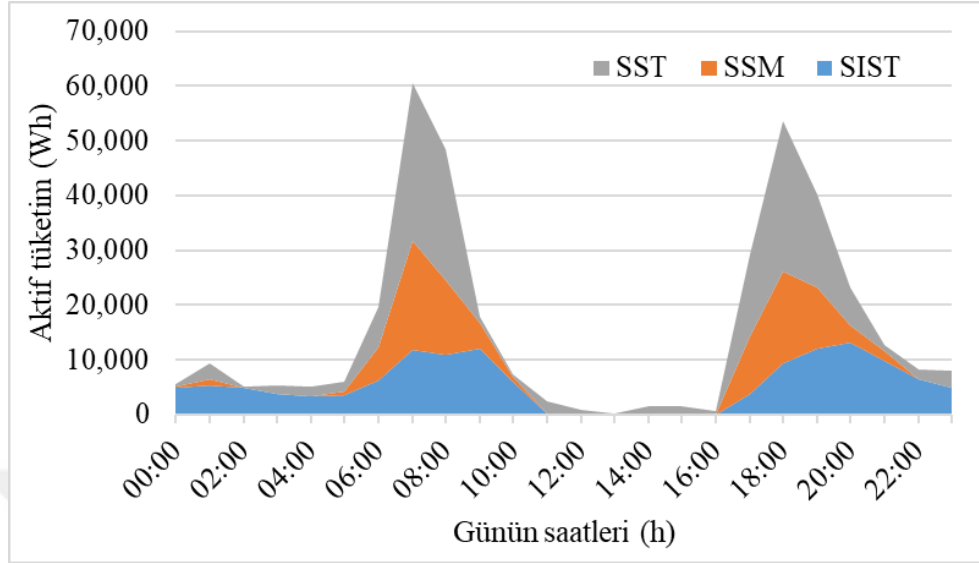


Şekil 4.26. AKDÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü

4.2.1.3. Düzensiz çalışan makinaların saatlik enerji tüketim ortalamaları

AKDÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinde hafta boyunca alınan verilerden aktif tüketim değerlerinin ortalamaları saatlik baza indirgenmiştir. Saat 11:00 ile 16:00 arasında SIST'nda aktif enerji tüketimi görülmemiştir. Ağırlıklı olarak tepe noktalarının 60,507 Wh ile sabah 07:00 ve 53,675 Wh ile akşam 18:00'de olduğu, sabah ve akşam tepe noktalarının sırasıyla 05:00 ve 16:00 sonrası yükselişe geçtiği görülmektedir. Saatlik enerji tüketimlerinin hafta boyunca ortalamalarına bakıldığında, sabah tepe noktasında sırasıyla SIST, SSM ve SST'nin bu yığın toplamında %19.7, %32.8 ve %47.6, akşam tepe noktasında ise %17.2, %31.5 ve %51.2 paya sahip olduğu görülmektedir. En yüksek

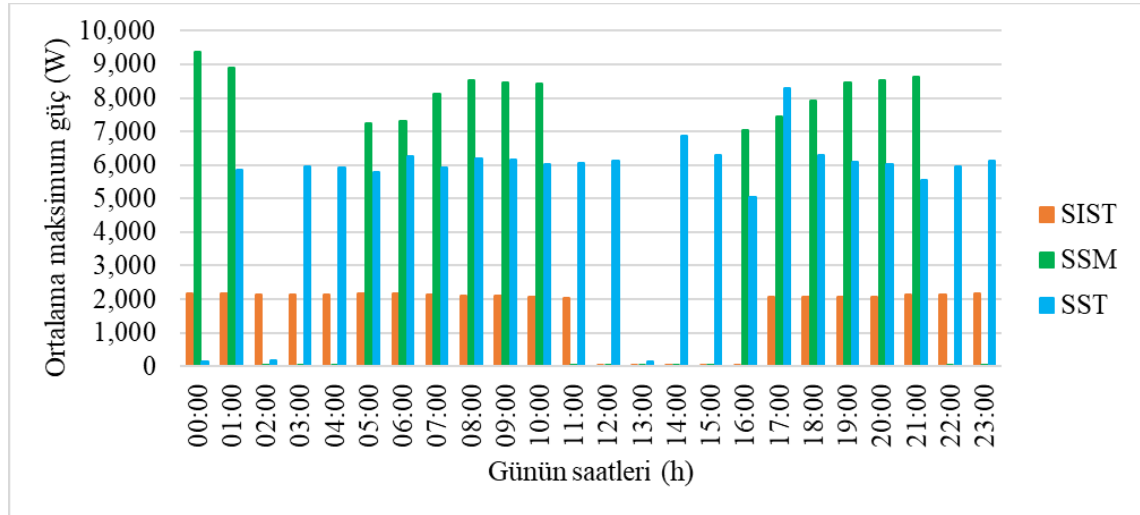
kaydedilen değerler ise sabah 60,507 Wh ve akşam 53,675 Wh ile SST'nın olmuştur. Gün boyunca kısmi olarak SST'nın ara ara çalıştığı söylenebilir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. AKDÜ işletmesi yaz dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı

4.2.1.4. Düzensiz çalışan makinaların saatlik ortalama maksimum gücü

AKDÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinde hafta boyunca toplanan verilerin ortalamaları alınarak saatlik bazda bir güne indirgenmiştir (Şekil 4.28).



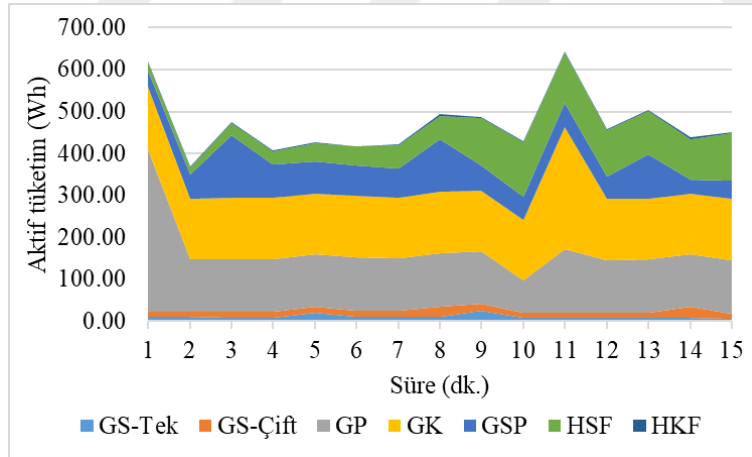
Şekil 4.28. AKDÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü

Bu hesaplamalar doğrultusunda SIST'nın saat 12:00 ve 16:00 arası dışında birbirine yakın ortalama maksimum güç değerleri gösterdiği görülürken, en yüksek değer ise saat 23:00'da 2,182 W olarak belirlenmiştir. Saat 00:00, 02:00 ve 13:00 dışında günün her saatinde ortalama maksimum güç değeri gösteren SST, en yüksek değerine ise saat

17:00'da 8,296 W ile ulaşmıştır. SSM ise çalıştığı süreler boyunca diğer makinalar arasında en yüksek değerleri göstermiştir. En yüksek ortalama maksimum güç değerine ise 9,379 W ile saat 00:00'da ulaşmıştır.

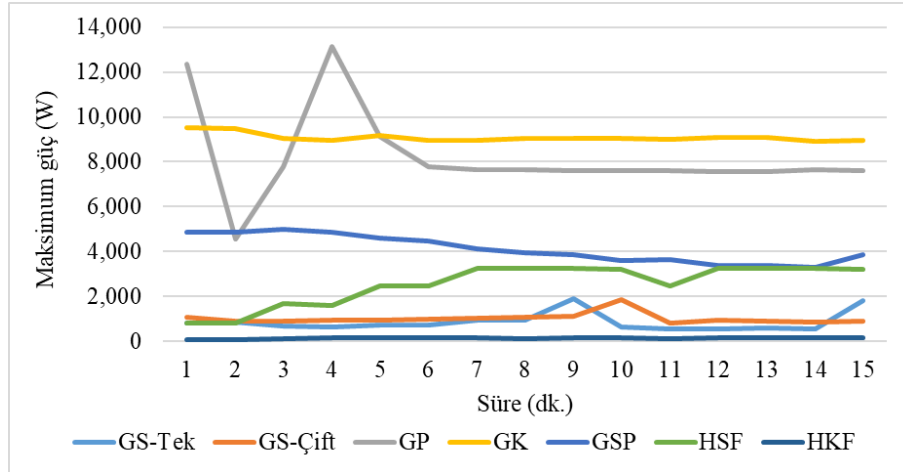
4.2.1.5. Düzenli çalışan makinelerin enerji tüketimi ve maksimum gücü

AKDÜ işletmesi yaz döneminde düzenli çalışan makinalara ait yapılan ölçümler sonucu aktif enerji tüketim grafiği Şekil 4.29'da verilmiştir. Yaz döneminde kış döneminden farklı olarak HSF değiştirilmiş ve vantilatör tipten, helikopter ahır tavan fanına geçiş yapılmıştır. GP başlangıçta yüksek aktif enerji tüketimi ile çalışmaya başlarken, daha sonra stabil pozisyona geçmiştir. GK ise çalışma süresince kısmi artışlar gösterse de ortalamada standart bir tüketim göstermiştir. HSF'nin süreye bağlı artış gösterme sebebi ise işletmede bulunan 4 adet helikopter tavan fanının kademeli olarak çalıştırılmasıdır. Çalışmanın 12. dakikasından sonra fanların tümü çalıştırılmış ve kayıtlar bu şekilde alınmıştır. Bu makinanın ortalama tüketimi hesaplanırken, 4 fanın aynı anda çalıştığı değerler dikkate alınmıştır. Tek ve çift kürekli GS için kısmi olarak tüketimde bazı yükselişler göze çarpmaktadır. Çalıştığı süre boyunca alınan verilere göre GS-Tek (tek kürekli gübre sıyırıcı), GS-Çift (çift kürekli gübre sıyırıcı), GP, GK, GSP, HSF ve HKF için 15 dakikalık çalışma süresi boyunca sırasıyla bu makineler içindeki ortalama dakikalık aktif enerji tüketim değerleri ve yüzdelik oranları, 10.87 (%2.1), 15.13 (%3.0), 141.80 (%27.8), 155.27 (%30.5), 71.27 (%14.0), 112.71 (%22.1) ve 2.51 Wh (%0.5) olarak belirlenmiştir. Bu makinelerin toplam aktif enerji tüketim ortalamaları ise 509.58 Wh olarak hesaplanmıştır. İçlerinde en yüksek tüketim gösteren makina ise GK ve GP olmuştur.



Şekil 4.29. AKDÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri

AKDÜ işletmesi yaz dönemi denemeleri boyunca düzenli çalışan makineler grubunda yapılan enerji kayıtları incelenmiş ve maksimum güç değerleri Şekil 4.30'da verilmiştir. Buna göre çalışma süresi boyunca kısmi yükselmeler ile makinalara ait tepe noktaları bulunmuştur. Bu değerler GS-Tek, GS-Çift, GP, GK, GSP, HSF ve HKF için sırasıyla 1,912.84, 1,852.78, 13,154.08, 9,534.83, 4,999.25, 3,272.98 ve 144.53 W olarak saptanmıştır.



Şekil 4.30. AKDÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF maksimum güç (W) değerleri

4.2.2. MAKÜ işletmesi

MAKÜ işletmesinde 07:50'de tesise giriş yapıp kış dönemi denemelerindeki hazırlıklar yapıldıktan sonra 08:05'te vakum pompası çalıştırılarak sağıma başlanmakta ve 60 dakikalık sağım süresinin ardından 09:05'te vakum pompası durdurularak sağım işlemi sona ermektedir. Çevre temizliği ve diğer işlerin ardından 09:30'da sağım görevlilerinin işleri tamamlanmış ve tesisten ayrılmışlardır. Akşam sağımında ise 19:45'te tesise gelen sağım görevlileri 19:55'te sağıma başlamışlar ve yine 60 dakika sonra ortalama 21:00'da sağım işlemi sona ermiştir. Kış dönemi denemelerinde gerçekleştirilen diğer işlerin ardından 21:30'da tesisten ayrılmışlardır.

Yem hazırlama ve dağıtma işlemlerinde rasyondan farklı olarak yaz döneminde herhangi bir uygulamaya rastlanmamıştır. Kış döneminde olduğu gibi sabah ve akşam sağımı sıralarında günde iki kez yem hazırlama ve dağıtma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

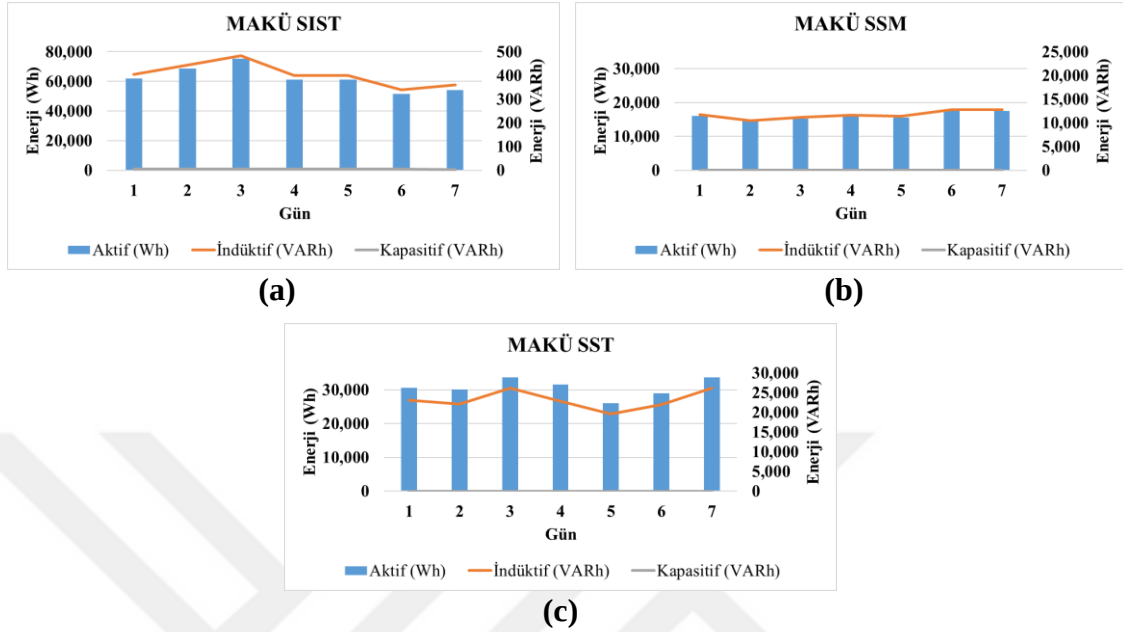
4.2.2.1. Düzensiz çalışan makinaların günlük enerji tüketimleri

MAKÜ işletmesi yaz dönemi denemeleri günlük enerji tüketimleri incelenmiş ve ortalama aktif enerji tüketimi SIST'da 62,033 Wh, maksimum değer ise 75,346 Wh olarak bulunmuştur. İndüktif tüketimde ise ortalama değer 405 VARh, maksimum değer ise aktif değer en yüksek olduğu gün ile aynı gün olup 484 VARh olarak bulunmuştur. Aktif ve indüktif tüketim değerleri arasında günlere bağlı olarak doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Kapasitif tüketim ise sıfıra yakın olarak görülmüştür (Şekil 4.31a).

SSM verileri incelendiğinde en yüksek aktif enerji tüketimi yaz döneminde 17,453 Wh ve ortalama değer 16,029 Wh olarak bulunmuştur. Aktif ve indüktif tüketim değerleri arasında doğrusal bir ilişki vardır ve maksimum indüktif tüketim 12,796 VARh, ortalama ise 11,707 VARh'dir. Kapasitif tüketimde herhangi bir değer kaydı yapılmamıştır (Şekil 4.31b).

SST değerlerinde ise ortalama aktif tüketim 30,655 Wh olurken, maksimum değer 33,665 Wh olarak kaydedilmiştir. Aktif ve indüktif tüketimler arasında doğrusal bir ilişki

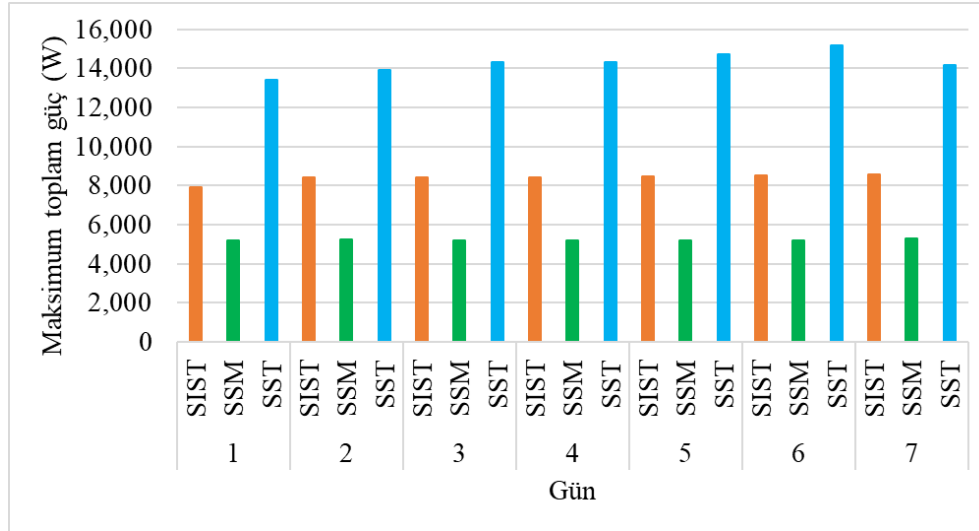
bulunmaktadır ve en yüksek indüktif tüketim değeri 26,213 VARh olarak en yüksek aktif tüketimin olduğu gün kaydedilmiştir. Ortalama indüktif tüketim değeri ise 23,133 VARh olarak görülmüştür. Kapasitif tüketim değeri sıfır olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.31c).



Şekil 4.31. MAKÜ işletmesi yaz dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST

4.2.2.2. Düzensiz çalışan makinaların günlük maksimum toplam gücü

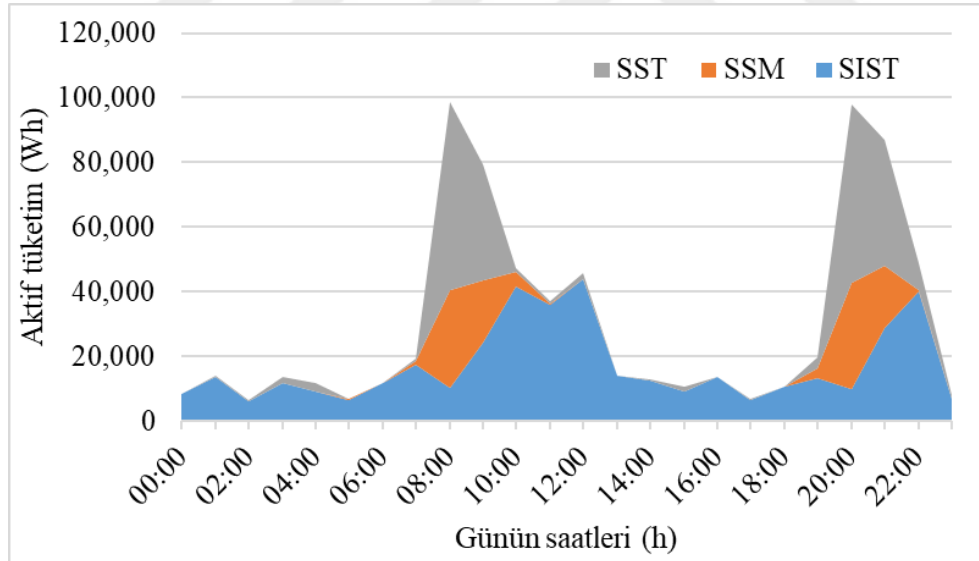
MAKÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinde alınan veriler, günlük maksimum toplam güç açısından değerlendirilmiştir. Bu verilere göre SST'nın belirgin olarak diğer iki makineye göre yüksek farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Günler bazında kendi içerisinde farklılıklar gösterse de genel olarak her gün en yüksek değer SST'da tespit edilmiştir. Küçük artış ve azalışlar olsa da SIST ve SSM'da da birbiri ile sıralamayı değiştirecek bir farklılık oluşmamıştır. En yüksek maksimum toplam güç 15,189 W ile SST'da görülmüştür. Günlük maksimum toplam güç ortalamaları makinalar bazında değerlendirildiğinde sırasıyla SIST, SSM ve SST için 8,389 W, 5,215 W ve 14,288 W değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. MAKÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü

4.2.2.3. Düzensiz çalışan makinaların saatlik enerji tüketim ortalamaları

MAKÜ işletmesi kış dönemi denemelerinde aktif enerji tüketim değerleri haftanın ortalaması alınarak saatlik bazda bir güne indirgenmiştir (Şekil 4.33).



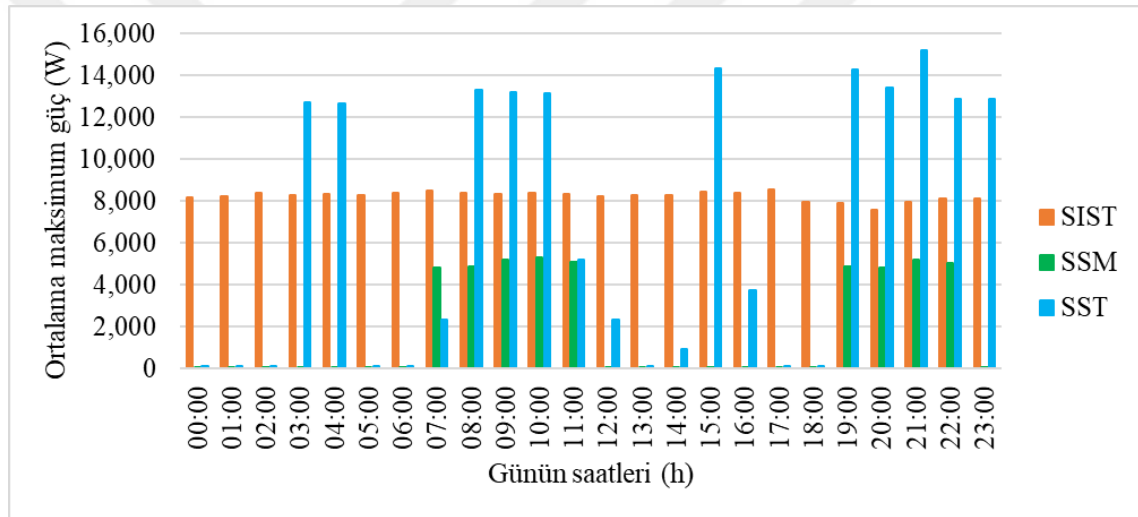
Şekil 4.33. MAKÜ işletmesi yaz dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı

Yapılan incelemelerde SIST'nın günün her saatinde aktif enerji tüketimi gerçekleştirdiği görülmektedir. Tepe noktalarının görüldüğü değerler sabah saat 08:00'da 98,509 Wh ve akşam saat 20:00'da 97,739 Wh olarak gerçekleşmiştir. Sabah ve akşam en yüksek tepe noktalarında SIST ve SSM kendi içlerinde maksimum değerlerinde değildir. İşletmede akşam tepe noktası verileri toplamın sabahkilere yakın değerlerde olduğu söylenebilir. Sabah tepe noktası toplam aktif tüketiminin 10,151 Wh ile

%10.3'ünü SIST, 30,164 Wh ile %30.6'sını SSM ve 58,194 Wh ile %59.1'ini SST oluşturmaktadır. Akşam ise bu durum 10,036 Wh ile SIST (%10.3), 32,541 Wh ile SSM (%33.3) ve 55,162 Wh ile SST (%56.4) olarak değişmektedir.

4.2.2.4. Düzensiz çalışan makinaların saatlik ortalama maksimum gücü

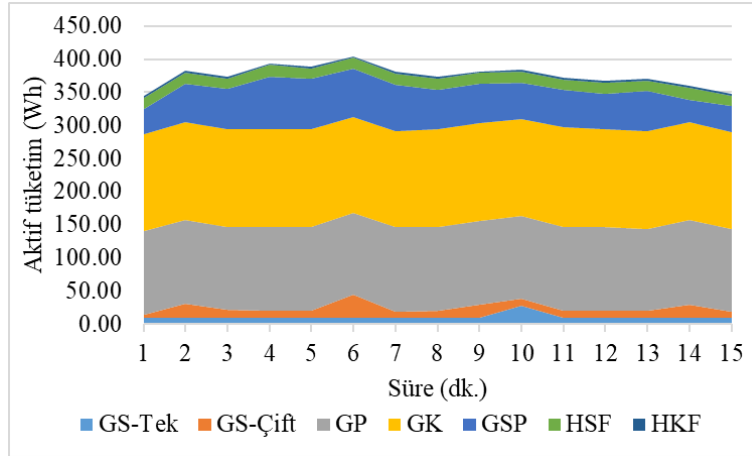
MAKÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinden elde edilen veriler ortalama maksimum güç açısından günlerin ortalaması alınarak 24 saatlik bir grafik elde edilmiştir (Şekil 4.34). Bu veriler doğrultusunda SIST'nın 01:00-02:00 arası, 08:00 ve 16:00 saatleri dışında günün her saatinde benzer değerler göstermiştir. SIST için en yüksek ortalama maksimum güç değeri saat 17:00'da 8,568 W olarak görülmektedir. SSM'nın günde iki kez devreye girdiği saptanmıştır. Bu süreler 07:00-11:00 ve 19:00-22:00 arası iken, bu süreler boyunca en yüksek değer 5,287 W ile saat 10:00'da tespit edilmiştir. SST ile SSM çalışma süreleri birbiri ile örtüşürken, farklı olarak SST saat 03:00-04:00 arası, 12:00, 14:00-16:00 arası ve 23:00'da ortalama maksimum güç değerleri bulunmuştur. SST en yüksek ortalama maksimum güç değerini ise 15,189 W ile saat 21:00'da göstermiştir.



Şekil 4.34. MAKÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü

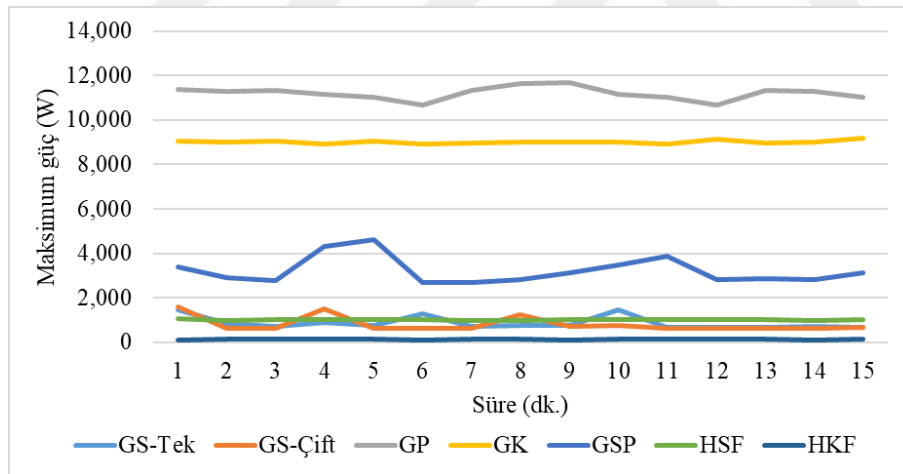
4.2.2.5. Düzenli çalışan makinaların enerji tüketimi ve maksimum gücü

MAKÜ işletmesi yaz döneminde düzenli çalışan makinalara ait yapılan ölçümler sonucu aktif enerji tüketim grafiği Şekil 4.35'de verilmiştir. Çalışma süresi boyunca aktif tüketimdeki tepe noktalarının oluşumunda en büyük rolü GS'ların oynadığı görülmektedir. Bunun dışındaki diğer makinalar çoğunlukla stabil bir tüketim değeri göstermişlerdir. Çalıştığı süre boyunca alınan verilere göre GS-Tek (tek kürekli gübre sıyrıcı), GS-Çift (çift kürekli gübre sıyrıcı), GP, GK, GSP, HSF ve HKF için 15 dakikalık çalışma süresi boyunca sırasıyla bu makinalar içindeki ortalama dakikalık aktif enerji tüketim değerleri ve yüzdelik oranları, 10.80 (%2.9), 13.73 (%3.7), 125.87 (%33.6), 147.40 (%39.3), 58.00 (%15.5), 16.29 (%4.3) ve 2.53 Wh (%0.7) olarak belirlenmiştir. Toplam bu makinaların aktif enerji tüketim ortalamaları ise 374.29 Wh olarak hesaplanmıştır. İçlerinde en yüksek tüketim gösteren makina ise GK ve GP olmuştur.



Şekil 4.35. MAKÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri

MAKÜ işletmesi yaz dönemi denemeleri boyunca düzenli çalışan makinalar grubunda yapılan enerji kayıtları incelenmiş ve buna göre maksimum güç değerleri Şekil 4.36'da verilmiştir. Bu incelemeye göre çalışma süresi boyunca kısmi yükselmeler ile makinalara ait tepe noktaları bulunmuştur. Bu değerler GS-Tek, GS-Çift, GP, GK, GSP, HSF ve HKF için sırasıyla 1,482.21, 1,600.53, 11,688.85, 9,182.65, 4,608.45, 1,055.73 ve 146.89 W olarak saptanmıştır.



Şekil 4.36. MAKÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF maksimum güç (W) değerleri

4.2.3. ISUBÜ işletmesi

ISUBÜ işletmesinde yaz dönemi denemelerinde 06:50'de tesise giriş yapılırken, 10 dakikalık bir hazırlık sürecinin ardından toplam 25 dakikalık bir sağım işlemi gerçekleştirilip 07:25'te vakum pompası durdurularak sağım sona ermektedir. Kış dönemi denemelerinde olduğu gibi çevre temizliği ve diğer işlemlerin ardından 07:45'te sağım görevlisinin işleri tamamlanmaktadır. Yem hazırlama ve dağıtma işlemi ile ilgili kış dönemine göre herhangi bir farklılık bulunmamaktadır. Akşam sağımı için 17:45'te

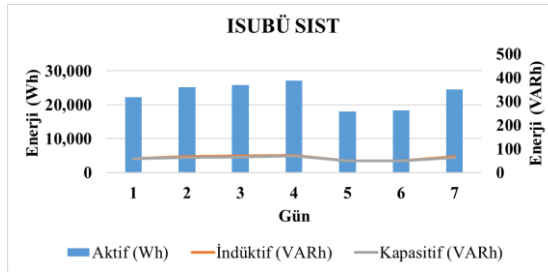
tesise giriş yapılırken, 18:00'da sağım başlamış ve ardından 25 dakikalık sürenin sonunda 18:25'te sağım bitmiştir. Sağım sonrası yaklaşık 15 dakikada tesiste diğer işler çalışanlar tarafından tamamlanmış ve akşam sağımı bitmiştir.

4.2.3.1. Düzensiz çalışan makinaların günlük enerji tüketimleri

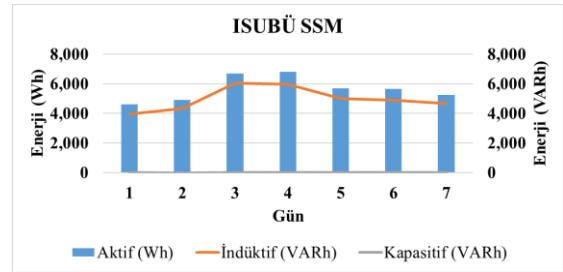
ISUBÜ işletmesi yaz dönemi günlük enerji tüketim verileri incelenmiş ve SIST maksimum aktif enerji tüketimi 27,182 Wh, ortalama ise 23,058 Wh olarak bulunmuştur. Aktif ve indüktif tüketimler arasında kısmi bir doğrusal orantı belirlenmiştir. Bunun yanında indüktif ve kapasitif tüketimin neredeyse her gün aynı denilebilecek kadar birbirine yakın olduğu görülmüştür. İndüktif ve kapasitif tüketimlerin sırasıyla maksimum ve ortalama değerleri 74 Wh, 63 Wh ve 70 VARh, 60 VARh olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.37a).

SSM incelendiğinde ortalama aktif enerji tüketimi 5,666 Wh iken, maksimum değer 6,808 Wh olarak görülmüştür. Aktif ve indüktif tüketimler arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır ve maksimum indüktif tüketim 6,028 VARh olarak gerçekleşmiştir. Ortalama indüktif tüketim ise 4,978 VARh olup, aktif tüketimle birbirine yakın değerlerden oluşmaktadır. Kapasitif tüketim değerinin sıfıra yakın olduğu görülmüştür (Şekil 4.37b).

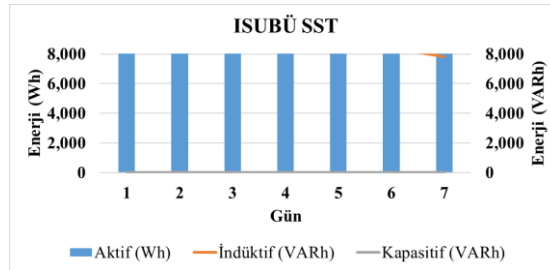
SST verileri incelenmiş, maksimum ve ortalama aktif enerji tüketimleri sırasıyla 10,323 Wh ve 9,234 Wh olarak hesaplanmıştır. Aktif ve indüktif tüketimler arasında doğrusal bir ilişki bulunurken, aynı zamanda bu iki değer birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Sırasıyla maksimum ve ortalama indüktif tüketim değerleri 9,826 ve 8,750 VARh olarak bulunmuştur. Kapasitif tüketim değeri sıfıra yakındır (Şekil 4.37c).



(a)



(b)

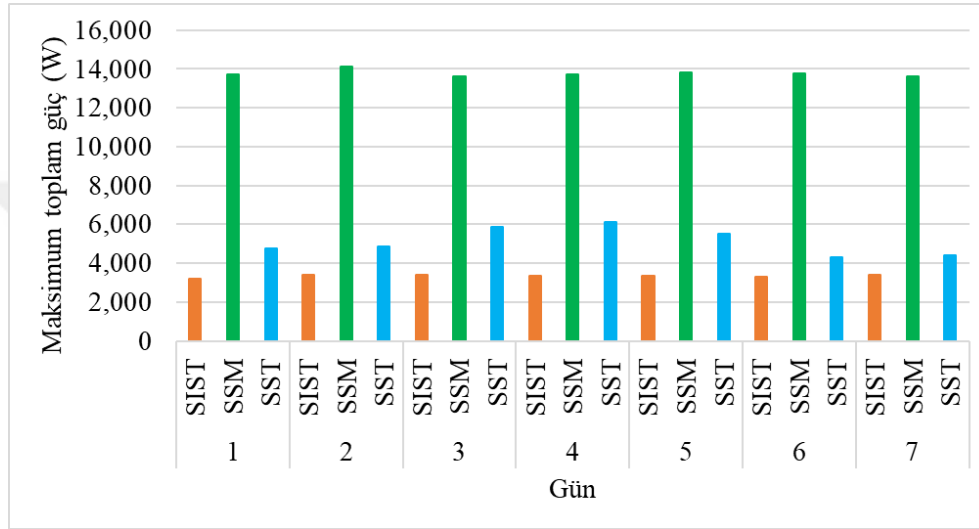


(c)

Şekil 4.37. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi günlük enerji tüketimleri a) SIST; b) SSM; c) SST

4.2.3.2. Düzensiz çalışan makinaların günlük maksimum toplam gücü

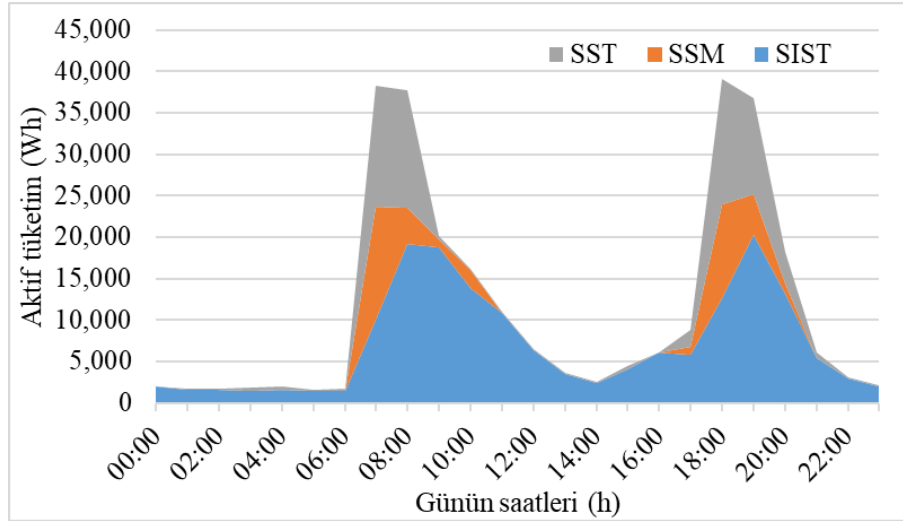
ISUBÜ işletmesi verileri günlük maksimum toplam güç değerleri açısından incelenmiştir. Buna göre SSM'nin diğer düzensiz çalışan makinalar arasında büyük bir farkla önde olduğu görülmektedir. En yüksek günlük maksimum toplam güç 14,101 W değeri ile SSM'da saptanmıştır. SIST ve SSM'da belirgin farklılıklar görülmezken, SST günler bazında artış ve azalışlar olmuştur. SIST, SSM ve SST için günlük maksimum toplam güç ortalamaları sırasıyla 3,343 W, 13,773 W ve 5,123 W olarak hesaplanmıştır. SST'nin en düşük bulunduğu değer bile SIST değerlerinin tümünden daha yüksektir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST günlük maksimum toplam gücü

4.2.3.3. Düzensiz çalışan makinaların saatlik enerji tüketim ortalamaları

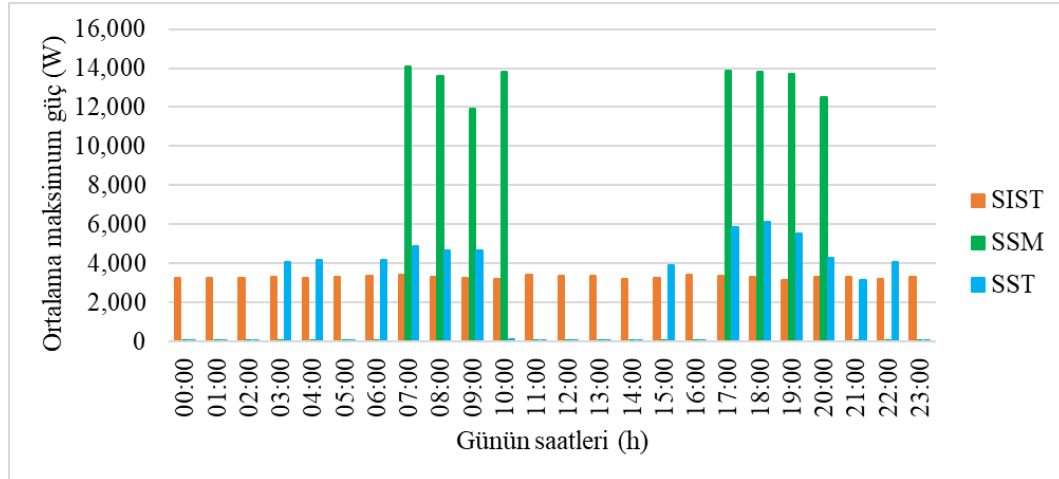
ISUBÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinde aktif tüketim değerlerinin haftalık alınan verilerin ortalamaları gün bazında alınarak saatlik ortalama tüketim değerleri yığın grafiği olarak incelenmiştir. Bu duruma göre saat 23:00 ile 06:00 arası SIST, en düşük tüketim değerlerini göstermiştir. Tepe noktalarının görüldüğü değerler sabah saat 07:00'da 38,319 Wh ve akşam saat 18:00'da 39,084 Wh olarak gerçekleşmiştir. İşletmede akşam tepe noktası verileri toplamının sabahkilere yakın değerlerde olduğu söylenebilir. Sabah tepe noktası toplam aktif tüketiminin 9,990 Wh ile %26.1'ini SIST, 13,731 Wh ile %35.8'ini SSM ve 14,598 Wh ile %38.1'ini SST oluşturmaktadır. Akşam ise bu durum 12,686 Wh ile SIST (%32.5), 11,201 Wh ile SSM (%28.7) ve 15,197 Wh ile SST (%38.9) olarak değişmektedir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi SST, SSM ve SIST saatlik enerji tüketim ortalamaları toplamı

4.2.3.4. Düzensiz çalışan makinaların saatlik ortalama maksimum gücü

ISUBÜ işletmesi yaz dönemi ortalama maksimum güç verileri 24 saate indirgenmiştir. En yüksek değer SIST için 3,420 W ile saat 16:00'dadır. SSM 07:00-10:00 ve 17:00-20:00 saatleri arasında ortalama maksimum güç değerleri gösterirken, bu değerler arasında en yüksek olanı 14,101 W ile saat 07:00'da meydana gelmiştir. En yüksek SST değeri ise saat 18:00'da 6,117 W olarak hesaplanmıştır. SSM ile SST çalışma süreleri birbiri ile örtüşürken, SST bu zamanlar dışında ayrıca 03:00-04:00 ve 21:00-22:00 saatlerinde de hareketlilik göstermiştir (Şekil 4.40).

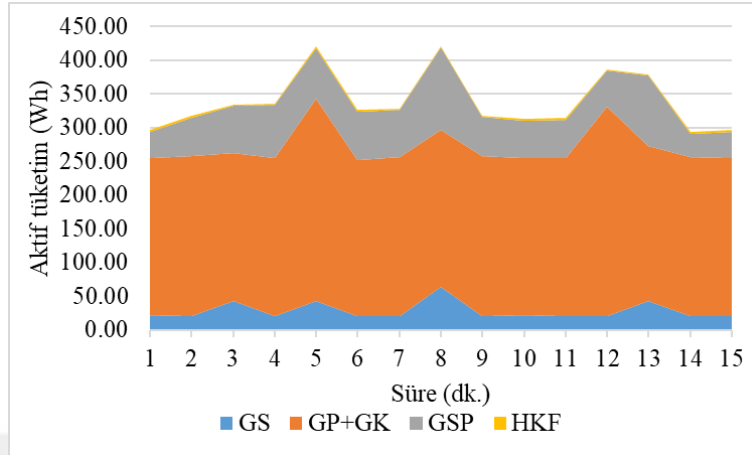


Şekil 4.40. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi SIST, SSM ve SST saatlik ortalama maksimum gücü

4.2.3.5. Düzenli çalışan makinaların enerji tüketimi ve maksimum gücü

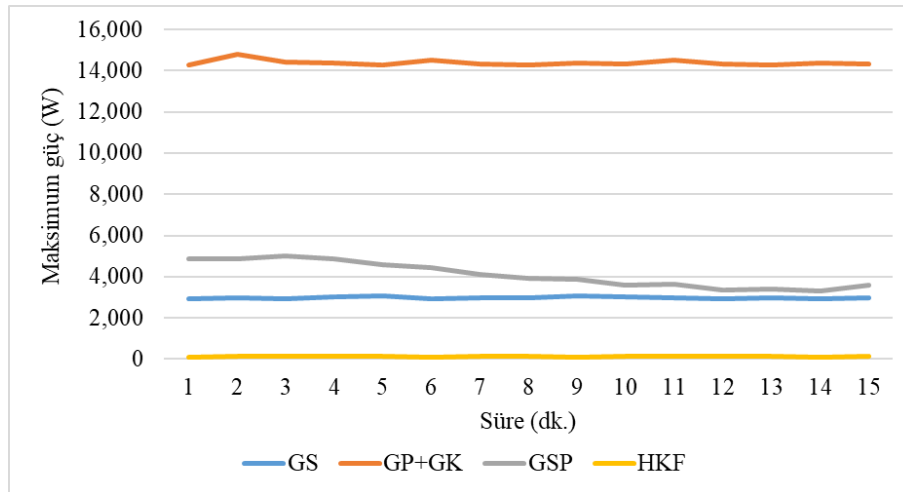
ISUBÜ işletmesi yaz döneminde GS, GP+GK, GSP ve HKF için 15 dakikalık çalışma süresi boyunca ortalama dakikalık aktif enerji tüketim değerleri ve yüzdelik

oranları, 28.13 (%8.3), 242.07 (%71.5), 65.80 (%19.4) ve 2.47 Wh (%0.7) olarak belirlenmiştir. Toplam bu makinaların aktif enerji tüketim ortalamaları ise 374.29 Wh olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP+GK, GSP ve HKF aktif tüketim (Wh) değerleri

ISUBÜ işletmesi yaz dönemi denemeleri boyunca düzenli çalışan makinalar grubunda yapılan enerji kayıtları incelenmiş ve bu doğrultuda maksimum güç değerleri Şekil 4.42’de verilmiştir. Bu incelemeye göre çalışma süresi boyunca kısmi yükselmeler ile makinalara ait tepe noktaları bulunmuştur. Bu değerler GS, GP+GK, GSP ve HKF için sırasıyla 3,061.70, 14,776.12, 4,999.25 ve 138.56 W olarak saptanmıştır.



Şekil 4.42. ISUBÜ işletmesi yaz dönemi çalışma süresi boyunca GS, GP+GK, GSP ve HKF maksimum güç (W) değerleri

4.3. İşletmelerin Süt Verimleri ve Sağım Süreleri

Denemeler boyunca kış ve yaz dönemleri, sabah ve akşam sağımlarında işletmelerdeki süt sağım görevlilerinin çalışma başlangıç, bitiş ve toplam çalışma süreleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Denemeler boyunca süt sağım görevlilerinin çalışma süreleri

İşletmeler	Yapılan iş	Kış dönemi denemeleri başlangıç saati / geçen süre (dk.)		Yaz dönemi denemeleri başlangıç saati / geçen süre (dk.)	
		Sabah Sağımı	Akşam Sağımı	Sabah Sağımı	Akşam Sağımı
AKDÜ	Tesise giriş	06:45 / 15	16:45 / 15	06:45 / 15	17:15 / 15
	Sağım başlangıç	07:00 / 100	17:00 / 100	07:00 / 90	17:30 / 90
	Sağım bitiş	08:40 / 5	18:40 / 10	08:30 / 10	19:00 / 10
	Temizlik	08:45 / 30	18:50 / 5	08:40 / 10	19:10 / 5
	Diğer işler	09:15 / 45	18:55 / 5	08:50 / 10	19:15 / 5
	Tesisten çıkış	10:00 / -	19:00 / -	09:00 / -	19:20 / -
MAKÜ	Tesise giriş	07:35 / 10	19:15 / 15	07:50 / 15	19:45 / 10
	Sağım başlangıç	07:45 / 75	19:30 / 70	08:05 / 60	19:55 / 65
	Sağım bitiş	09:00 / 20	20:40 / 10	09:05 / 10	21:00 / 10
	Temizlik	09:20 / 10	20:50 / 10	09:15 / 10	21:10 / 10
	Diğer işler	09:30 / 15	20:55 / 5	09:25 / 5	21:20 / 10
	Tesisten çıkış	09:45 / -	21:00 / -	09:30 / -	21:30 / -
ISUBÜ	Tesise giriş	07:00 / 15	18:00 / 20	06:50 / 10	17:45 / 15
	Sağım başlangıç	07:15 / 25	18:20 / 20	07:00 / 25	18:00 / 25
	Sağım bitiş	07:40 / 10	18:40 / 10	07:25 / 10	18:25 / 5
	Temizlik	07:50 / 10	18:50 / 5	07:35 / 5	18:30 / 5
	Diğer işler	07:55 / 5	18:55 / 5	07:40 / 5	18:35 / 5
	Tesisten çıkış	08:00 / -	19:00 / -	07:45 / -	18:40 / -

Farklı dönem (kış ve yaz), işletme (AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ) ve sağım zamanında (sabah ve akşam) yapılan süt sağım işlemlerinde her bir grupta sağım odasına giren ve sağımı tamamlandıktan sonra çıkış yapan sağmal hayvanlar sağımda geçirdikleri süreler kayıt altına alınmıştır. Bu sağım sürelerinin dönem, işletme, sağım zamanı, dönem*işletme, dönem*sağım zamanı, işletme*sağım zamanı ve dönem*işletme*sağım zamanı interaksyonları için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, sadece işletme ve dönem*işletme interaksyonundaki sağım süresi farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Sağım süreleri (dakika) varyans analiz tablosu

	SD	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	Pr > F
Dönem	1	12.000	12.000	2.265	0.134
İşletme	2	161.707	80.853	15.262	0.0001
Sağım zamanı	1	3.187	3.187	0.602	0.439
Dönem*İşletme	2	42.797	21.398	4.039	0.019
Dönem*Sağım zamanı	1	8.418	8.418	1.589	0.209
İşletme*Sağım zamanı	2	11.596	5.798	1.094	0.337
Dönem*İşletme*Sağım zamanı	2	26.537	13.268	2.505	0.084

İşletmeler arası farklılıklar incelendiğinde ortalama 10.34 dakika ile AKDÜ işletmesi bir sağmal grubunun en hızlı sağımın tamamlandığı işletme olmuştur. MAKÜ ve ISUBÜ işletmeleri ise sırasıyla 12.36 ve 11.80 dakika ortalama ile istatistiki olarak diğer grupta yer almış ve AKDÜ işletmesine göre daha uzun sağım süresine sahip olmuşlardır. Dönem*işletme interaksyonu incelendiğinde, 12.53 dakika ortalama ile MAKÜ kış dönemi en uzun sağım süresine sahip olurken, 9.46 dakika ortalama ile AKDÜ kış dönemi en kısa sağım süresine sahiptir. Bunun yanında MAKÜ-yaz (12.19 dk.), ISUBÜ-kış (11.67 dk.) ve ISUBÜ-yaz (11.92 dk.) denemelerindeki sağım süreleri de en uzun sağım süresi grubunda yer almaktadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Dönem, işletme ve sağım zamanlarına ait süt sağım süreleri (dakika)

	Kış (dk.)		Yaz (dk.)		İşletme ortalama (dk.)	Dönem*İşletme Ortalama	
	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam		Kış (dk.)	Yaz (dk.)
AKDÜ	10.37±0.39	8.56±0.54	10.75±0.57	11.67±0.66	10.34 ^b ±0.27	9.46 ^c ±0.33	11.21 ^b ±0.44
MAKÜ	12.18±0.57	12.87±0.57	12.13±0.42	12.25±0.36	12.36 ^a ±0.25	12.53 ^a ±0.407	12.19 ^{ab} ±0.28
ISUBÜ	12.22±0.77	11.11±0.76	12.17±0.94	11.67±0.77	11.80 ^a ±0.41	11.67 ^{ab} ±0.54	11.92 ^{ab} ±0.61
Dönem ortalama	11.22±0.25		11.77±0.26				

Dönemlere, işletmelere ve sağım zamanlarına göre sağılan büyükbaş hayvan sayısı (baş), süt miktarı (kg) ve hayvan başına ortalama süt verimleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Her iki dönemde ve sağım zamanında en yüksek süt verimine MAKÜ işletmesinde ulaşılmıştır. Sağım zamanına göre bakıldığında en yüksek ortalama MAKÜ işletmesi yaz dönemi sabah sağımında 14.78 kg, en düşük ise AKDÜ işletmesi yaz dönemi akşam sağımında 8.44 kg’dır. Genel ortalama ise en yüksek değere MAKÜ işletmesi kış döneminde günlük 29.31 kg ile ulaşılmıştır.

Çizelge 4.4. Dönem, işletme ve sağım zamanlarına ait sağılan hayvan sayısı, sağılan süt ve süt verimleri

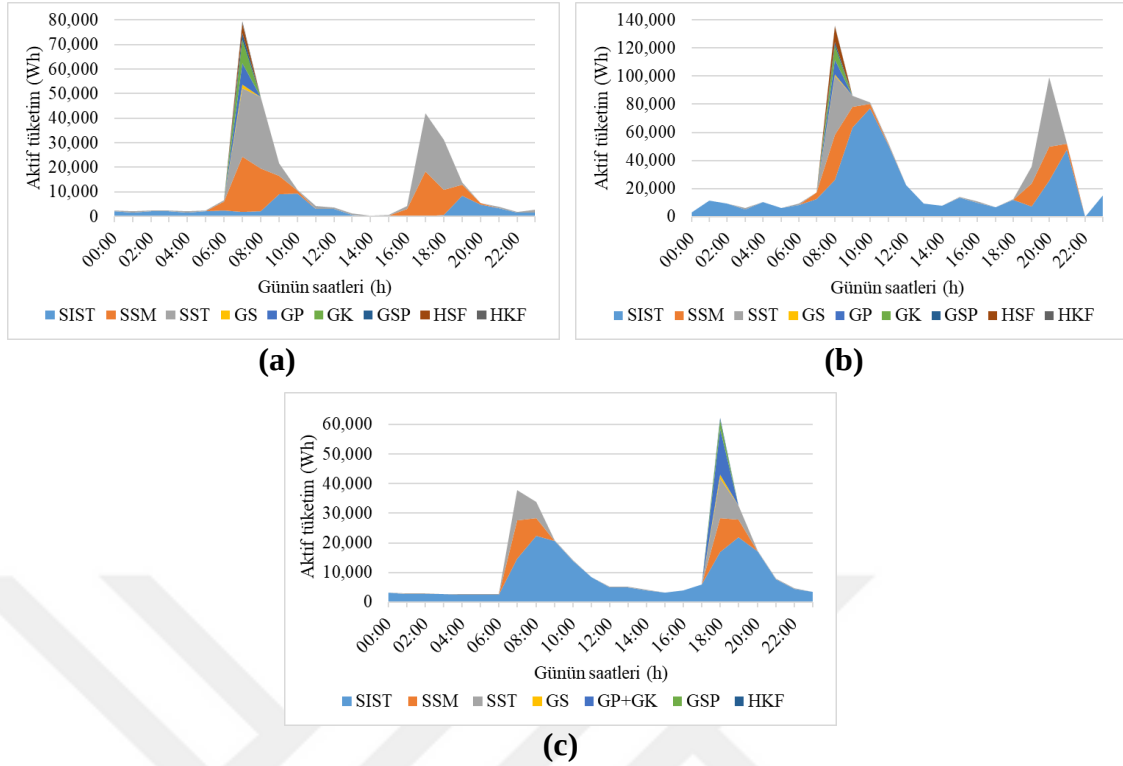
İşletme	Gün	Kış dönemi							Yaz dönemi						
		Sabah Sağımı			Akşam Sağımı			Ort. toplam verim (kg/gün)	Sabah Sağımı			Akşam Sağımı			Ort. toplam verim (kg/gün)
		Sağmal (baş)	Süt (kg)	Ort. verim (kg)	Sağmal (baş)	Süt (kg)	Ort. verim (kg)		Sağmal (baş)	Süt (kg)	Ort. verim (kg)	Sağmal (baş)	Süt (kg)	Ort. verim (kg)	
AKDÜ	1	54	650	12.04	54	460	8.52	20.56	43	460	10.70	43	380	8.84	19.54
	2	54	748	13.85	53	530	10.00	23.85	43	465	10.81	43	370	8.60	19.41
	3	53	680	12.83	53	490	9.25	22.08	43	460	10.70	43	345	8.02	18.72
	4	53	705	13.30	53	485	9.15	22.45	43	460	10.70	43	355	8.26	18.96
	5	53	725	13.68	53	490	9.25	22.93	44	470	10.68	44	360	8.18	18.86
	6	53	744	14.04	53	495	9.34	23.38	44	480	10.91	44	370	8.41	19.32
	7	53	710	13.40	53	487	9.19	22.59	44	465	10.57	44	385	8.75	19.32
MAKÜ	1	45	650	14.44	45	620	13.78	28.22	56	830	14.82	56	786	14.04	28.86
	2	45	660	14.67	43	626	14.56	29.23	56	840	15.00	56	778	13.89	28.89
	3	43	680	15.81	43	635	14.77	30.58	55	783	14.24	55	790	14.36	28.60
	4	44	596	13.55	44	625	14.20	27.75	55	830	15.09	55	790	14.36	29.45
	5	44	589	13.39	44	660	15.00	28.39	55	825	15.00	55	785	14.27	29.27
	6	44	699	15.89	44	645	14.66	30.55	55	820	14.91	55	780	14.18	29.09
	7	44	690	15.68	44	650	14.77	30.45	56	840	15.00	56	790	14.11	29.11
ISUBÜ	1	18	205	11.39	18	155	8.61	20.00	16	213	13.31	16	168	10.50	23.81
	2	18	200	11.11	18	160	8.89	20.00	16	195	12.19	16	172	10.75	22.94
	3	18	190	10.56	18	155	8.61	19.17	16	206	12.88	16	148	9.25	22.13
	4	18	189	10.50	18	160	8.89	19.39	16	201	12.56	16	156	9.75	22.31
	5	18	200	11.11	18	155	8.61	19.72	16	185	11.56	16	176	11.00	22.56
	6	18	195	10.83	18	150	8.33	19.16	16	199	12.44	16	161	10.06	22.50
	7	18	185	10.28	18	165	9.17	19.45	16	184	11.50	16	166	10.38	21.88

4.4. İşletmelerin Maksimum Aktif Enerji Tüketim Durumları

AKDÜ işletmesi kış dönemi denemelerinde düzensiz ve düzenli çalışan makinaların yapılan ölçümleri incelenmiştir. Düzensiz çalışan SIST, SSM ve SST'nin çalışma saatlerine göre aktif enerji tüketimi grafiğinde maksimum noktaya ulaştığı saate, düzenli çalışan makinalar GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF'nin 1 saatlik aktif enerji tüketim değerleri eklenerek işletmenin maksimum aktif enerji tüketimi elde edilmiştir. Tek ve çift kürekli gübre sıyırıcıların enerji tüketim değerleri toplanarak, hesaplamalarda birleşik tek bir değer olarak GS kullanılmıştır. İşletmedeki 12 adet hayvan serinletme fanının aynı anda çalıştığı düşünülerek HSF değerleri toplanmıştır. Son olarak 6 adet hayvan kaşıma fırçasının aynı anda çalıştığı düşünülmüştür. Bu durumda maksimum tüketim anında işletmede toplam 79,541 Wh aktif enerji tüketimi görülmüştür. Toplam tüketimin maksimum olduğu durumda makina başına düşen yüzdelik tüketimler SIST, SSM, SST, GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF için sırasıyla %2.4, %28.3, %34.9, %1.8, %10.9, %12.3, %3.3, %4.9 ve %1.1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.43a).

MAKÜ işletmesi kış dönemi denemeleri için hesaplamalar yapılmış, tek ve çift kürekli gübre sıyırıcı için toplamda tek bir GS değeri verilmiştir. Ayrıca MAKÜ işletmesinde bulunan 11 adet HSF ve 6 adet HKF olarak hesaplanmıştır. Bu duruma göre MAKÜ'de düzensiz çalışan makinaların maksimum aktif enerji tüketimi gösterdiği saatte düzenli çalışan makinaların tüketimleri eklendiğinde, toplam 136,086 Wh tüketim söz konusudur. Bu toplamın makinalar bazında dağılımı incelendiğinde SIST, SSM, SST, GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF için sırasıyla %19.0, %23.7, %30.7, %1.1, %7.7, %7.2, %2.0, %8.0 ve %0.7 değerleri bulunmuştur (Şekil 4.43b).

ISUBÜ işletmesi kış dönemi denemeleri için benzer durum incelendiğinde, düzensiz çalışan SIST, SSM ve SST'nin en yüksek aktif enerji tüketimini gösterdiği zamanın akşam sağıımı ile örtüştüğü görülmektedir. Bundan dolayı düzenli çalışan makinaların saatlik ortalama aktif enerji tüketim değerleri akşam sağıımı zamanı olan saat 18:00'a eklenerek maksimum aktif enerji tüketimi senaryosu hesaplanmıştır. Bu hesaplama göre düzensiz ve düzenli tüm makinaların aynı anda çalıştığı ve bu çalışmanın saat 18:00'da gerçekleştiği düşünülürse, ISUBÜ işletmesinde saatlik maksimum toplam aktif enerji tüketimi 62,249 Wh olarak hesaplanmıştır. Toplam aktif enerji tüketiminin makinalar bazında tüketim değerleri yüzdesel olarak incelenecek olursa, SIST, SSM, SST, GS (hidrolik sistem ile hareket mekanizmasına sahip olduğu için tüm kürekler aynı merkezden güç almaktadır), GP+GK (gübre pompası ve gübre karıştırıcı ile birlikte çalışan ve aynı anda tek bir noktadan güç tüketen bir makinedir), GSP ve HKF (6 adet hayvan kaşıma fırçası) için sırasıyla %27.0, %18.5, %21.6, %2.0, %24.7, %4.7 ve %1.5 değerleri ortaya çıkmıştır (Şekil 4.43c).

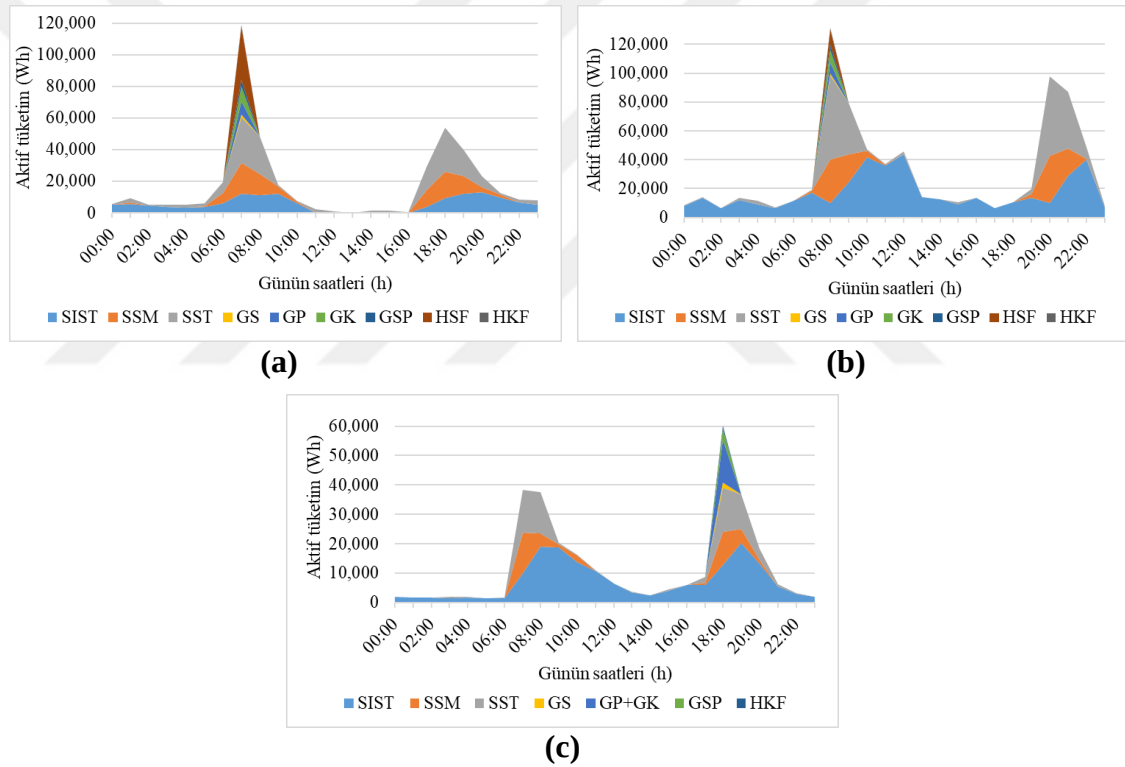


Şekil 4.43. Kış dönemi denemeleri maksimum aktif enerji tüketimi **a) AKDÜ; b) MAKÜ; c) ISUBÜ**

AKDÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinde düzensiz çalışan (SIST, SSM ve SST) makinaların bir günde saatlik ortalama aktif enerji tüketimlerinin maksimuma ulaştığı saate, düzenli çalışan (GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF) makinaların 15 dakikalık tüketim değerleri saatlik bazda hesaplanmış ve eklenmiştir. Maksimum tüketime ulaştığı bu nokta yaz dönem denemeleri AKDÜ işletmesi için saat 07:00 ve değeri 118,741 Wh olarak belirlenmiştir. Makinalar bazında yüzdesel olarak incelendiğinde SIST, SSM, SST, GS (tek ve çift kürekli gübre sıyırıcı tüketim değerleri toplanarak elde edilmiştir), GP, GK, GSP, HSF (işletmeye yaz döneminde kazandırılan 4 adet helikopter tavan fanı tüketim değerleri toplanarak elde edilmiştir) ve HKF (işletmedeki 6 adet hayvan kaşıma fırçası için elde edilmiştir) makinaları için sırasıyla %10.0, %16.7, %24.2, %1.3, %7.2, %7.8, %3.6, %28.4 ve %0.8 değerlerine ulaşmıştır (Şekil 4.44a).

MAKÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinde düzenli ve düzensiz çalışan makinalar için aynı işlem gerçekleştirilmiştir. Bu durumda işletmede maksimum tüketimin gerçekleştiği saatin sabah sağımlı esnasında saat 08:00'da olduğu görülmüştür. Düzensiz çalışan makinaların toplam aktif tüketiminin üzerine düzenli çalışan makinaların değerleri eklendiğinde, işletmede saatlik maksimum aktif enerji tüketimi 131,518 Wh olarak hesaplanmıştır. Belirtilen saat ve toplam tüketim değerinin makinalar bazında dağılımı incelendiğinde SIST, SSM, SST, GS, GP, GK, GSP, HSF (11 adet hayvan serinletme fanı için elde edilmiş değer) ve HKF (6 adet hayvan kaşıma fırçası için elde edilmiş değer) için sırasıyla %7.7, %22.9, %44.2, %1.1, %5.7, %6.7, %2.6, %8.2 ve %0.7 sonuçlarına ulaşılmıştır (Şekil 4.44b).

ISUBÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinde tüm makinaların aktif enerji tüketimleri incelenmiş ve düzensiz çalışan SIST, SSM ve SST'nın günlük ortalama değerinin akşam sağımlı olan saat 18:00'da maksimum tüketime ulaştığı görülmüştür. Bu duruma göre düzenli çalışan işletmedeki diğer makinaların saatlik tüketim değerleri hesaplanmış ve grafikte saat 18:00'a eklenerek işletmenin maksimum aktif enerji tüketimi durumunda makinalar bazında tüketimin yüzdesel dağılımı belirlenmiştir. İşletmede HSF olmadığı için bu makina ait değerler bulunmamaktadır. Ayrıca GS hidrolik sistemle tek güç çıkış noktasından hareketini aldığı için, aktif tüketim değerleri tek bir noktadan ölçülmüştür. Bunun yanında da GP ve GK birlikte çalışan, diğer işletmelerdeki benzer makinalara göre farklılık gösteren bir makina olduğu için tek bir ölçüm yapılarak her iki işlemi temsil ettiği bilinmelidir. Belirtilen saatte tüm makinaların toplam tüketim değerleri eklendiğinde 60,132 Wh maksimum aktif enerji tüketim değerine ulaşılmaktadır. Bu değere göre SIST, SSM, SST, GS, GP+GK, GSP ve HKF makinaları için tüketim değerinin yüzdesel dağılımı sırasıyla %21.1, %18.6, %25.3, %2.8, %24.2, %6.6 ve %1.5'dir (Şekil 4.44c).



Şekil 4.44. Yaz dönemi denemeleri maksimum aktif enerji tüketimi a) AKDÜ; b) MAKÜ; c) ISUBÜ

4.5. İşletmelerin Birim Enerji Tüketimleri

Kış ve yaz dönemlerinde gerçekleştirilen denemeler boyunca günlük sağılan hayvan sayısı (baş) ve elde edilen süt miktarı (kg) yerinde gözlem ve inceleme çalışmalarında kayıt altına alınmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda işletmelerde çalışan makinaların günlük enerji tüketimleri kayıt altına alınan sağmal hayvan ve süt miktarı karşılaştırılarak, sağılan bir hayvan (kWh/baş) ve elde edilen 1 kg süt (kWh/kg) başına birim enerji tüketimleri elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Her iki dönem için de SIST,

SSM ve SST için günlük tüketim değerleri kullanılmıştır. Kış döneminde hiçbir işletmeye HSF enerji tüketim değeri eklenmemiştir. İşletmelerde yer alan diğer tüm düzenli çalışan makinaların günlük 30 dakika boyunca çalıştığı senaryo ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Yaz dönemi denemelerinde HSF, AKDÜ işletmesinde en az günlük 12 saat, MAKÜ işletmesinde 7 saat çalıştırılmaktadır. Bu süreler dışında diğer tüm düzenli çalışan makinalar aynı şekilde 30 dakika çalışır vaziyette senaryo kurgulanarak hesaplamalar tamamlanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre sağmal başına birim enerji tüketimi 3.51 kWh/baş ile en yüksek MAKÜ işletmesi yaz döneminde, 0.99 kWh/baş ile en düşük AKDÜ işletmesi kış döneminde çıkmıştır. En yüksek sağılan süt başına birim enerji tüketimi 0.176 kWh/kg ile AKDÜ işletmesi yaz döneminde, en düşük ise 0.044 ile AKDÜ işletmesi kış döneminde görülmüştür.

AKDÜ işletmesi kış döneminde günlük ortalama süt verimi 22.5 kg/baş değerinden, yaklaşık %17'lik bir düşüş ile yaz döneminde 19.2 kg/baş değerine düşmüştür. Bu değer MAKÜ işletmesi için kış döneminde 29.2, yaz döneminde ise 29.1 kg/baş olarak hesaplanmış ve dönemler arasında büyük bir farklılık görülmemiştir. ISUBÜ işletmesinde kış döneminde 19.6 kg/baş olan verim, yaz döneminde %15'lik bir artış göstererek 22.6 kg/baş değerine ulaşmıştır. AKDÜ işletmesinde yaz döneminde ortaya çıkan bu düşüş işletmenin konumu itibari ile yaz dönemi ortalama gündüz hava sıcaklıklarının 45°C civarlarında olması ile açıklanabilir. Süt verimini etkileyen birçok faktörün var olmasının yanı sıra çevre ortam sıcaklığı sağmal hayvanlarda stres gibi olumsuz durumların yaşanmasına sebep olabilmekte, süt veriminin düşüşünü de doğrudan etkilemektedir. ISUBÜ işletmesinde ise yaz döneminde günlük süt veriminde 3 kg/baş artış olması, sağmal hayvan sayısının diğer işletmelere göre daha az olması ve kuruya ayrılan veya sağılmaya başlanan hayvanların değişiklik göstermesi ile doğrudan değişebilmektedir. İşletmenin hem sağmal hayvan sayısının hem de günlük sağılan süt miktarının düşük olması bu değişiklik ile doğrudan ilişkilidir.

Çizelge 4.5. İşletmelerin dönemlere göre günlük, sağmal hayvan ve sağılan süt başına birim enerji tüketimleri

İşletme	Gün	Kış dönemi						Yaz dönemi					
		Sağmal (baş)	Süt (kg)	Verim (kg/baş)	Enerji tüketimi			Sağmal (baş)	Süt (kg)	Verim (kg/baş)	Enerji tüketimi		
					Günlük (kWh/gün)	Sağmal başına (kWh/baş)	Süt başına (kWh/kg)				Günlük (kWh/gün)	Sağmal başına (kWh/baş)	Süt başına (kWh/kg)
AKDÜ	1	54	1,110	20.56	54.39	1.01	0.049	43	840	19.53	148.01	3.44	0.176
	2	54	1,278	23.67	53.91	1.00	0.042	43	835	19.42	137.53	3.20	0.165
	3	53	1,170	22.08	54.78	1.03	0.047	43	805	18.72	147.87	3.44	0.184
	4	53	1,190	22.45	50.69	0.96	0.043	43	815	18.95	146.82	3.41	0.180
	5	53	1,215	22.92	53.17	1.00	0.044	44	830	18.86	145.72	3.31	0.176
	6	53	1,239	23.38	51.95	0.98	0.042	44	850	19.32	148.97	3.39	0.175
	7	53	1,197	22.58	49.92	0.94	0.042	44	850	19.32	148.87	3.38	0.175
	Ort.	53.3	1,200	22.51	52.69	0.99	0.044	43.4	832	19.17	146.26	3.37	0.176
MAKÜ	1	45	1,270	28.22	106.19	2.36	0.084	56	1,616	28.86	194.71	3.48	0.120
	2	45	1,286	28.58	108.59	2.41	0.084	56	1,618	28.89	199.35	3.56	0.123
	3	43	1,315	30.58	109.06	2.54	0.083	55	1,573	28.60	210.19	3.82	0.134
	4	44	1,221	27.75	108.62	2.47	0.089	55	1,620	29.45	194.68	3.54	0.120
	5	44	1,249	28.39	101.09	2.30	0.081	55	1,610	29.27	188.81	3.43	0.117
	6	44	1,344	30.55	111.67	2.54	0.083	55	1,600	29.09	183.87	3.34	0.115
	7	44	1,340	30.45	103.64	2.36	0.077	56	1,630	29.11	191.34	3.42	0.117
	Ort.	44.1	1,289	29.23	106.98	2.42	0.083	55.4	1,610	29.06	194.71	3.51	0.121
ISUBÜ	1	18	360	20.00	43.61	2.42	0.121	16	381	23.81	46.77	2.92	0.123
	2	18	360	20.00	46.43	2.58	0.129	16	367	22.94	49.70	3.11	0.135
	3	18	345	19.17	53.97	3.00	0.156	16	354	22.13	52.99	3.31	0.150
	4	18	349	19.39	45.59	2.53	0.131	16	357	22.31	53.37	3.34	0.149
	5	18	355	19.72	46.11	2.56	0.130	16	361	22.56	42.66	2.67	0.118
	6	18	345	19.17	50.53	2.81	0.146	16	360	22.50	42.98	2.69	0.119
	7	18	350	19.44	53.69	2.98	0.153	16	350	21.88	48.31	3.02	0.138
	Ort.	18.0	352	19.56	48.56	2.70	0.138	16.0	361	22.56	48.11	3.01	0.133

İşletmelerde dönemlere göre çalışan düzensiz ve düzenli makinaların aktif enerji tüketim değerlerinin günlük ortalamaları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Düzensiz çalışan makinaların bu değerleri hesaplanırken SIST, SSM ve SST makinalarının günlük aktif enerji tüketimlerinin ortalamaları alınmıştır. Düzenli çalışan makinalar (GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF) için ise 30 dakika çalışma koşulları varsayılmıştır. Tek ve çift kürekli iki adet GS sistemi bulunan işletmelerde toplam tüketim kullanılmıştır. HSF ve HKF gibi birden fazla makinanın bulunduğu işletmelerde 1 adet makina tüketim değeri işletmedeki aktif olarak çalışan makina sayısı ile çarpılarak elde edilmiştir. Yaz dönemi düzensiz çalışan makinaların kış dönemi verilerine göre AKDÜ ve MAKÜ işletmelerinde daha yüksek aktif enerji tüketimi göstermesi SST'nın ortam sıcaklığından doğrudan etkilenmesi ve daha yüksek tüketim değerleri göstermesi ile doğrudan ilişkilidir.

Çizelge 4.6. Düzensiz ve düzenli çalışan makinaları dönemler ve işletmelere göre günlük ortalama aktif enerji tüketimi (kWh)

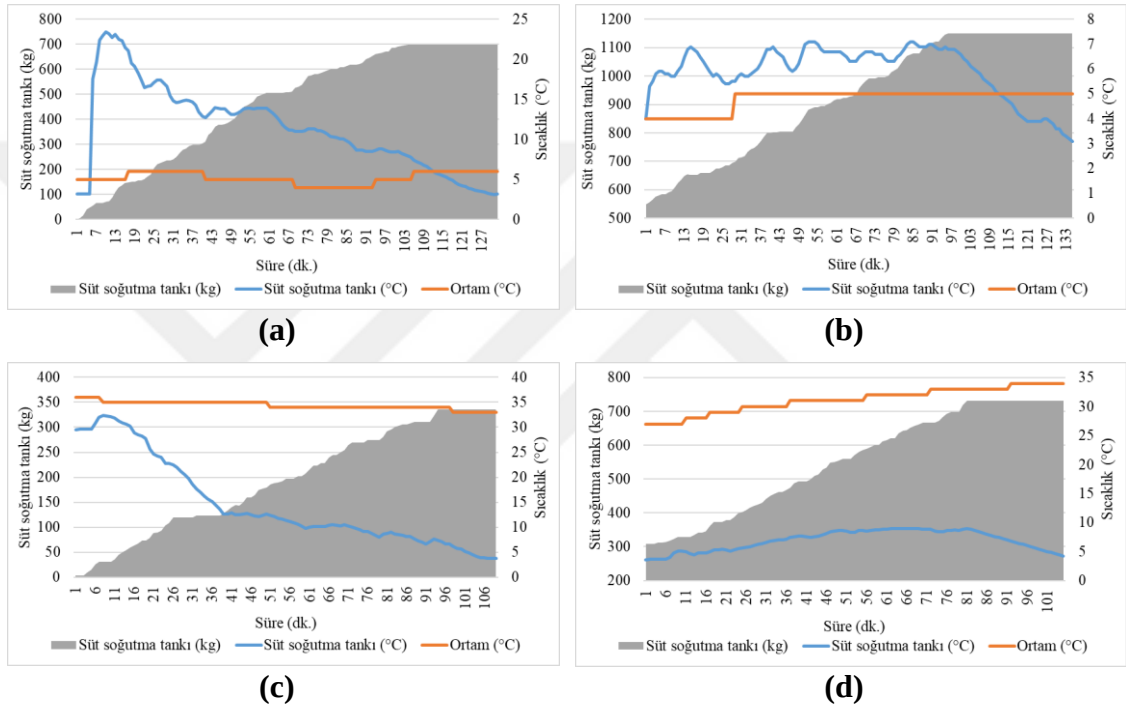
İşletmeler	Kış dönemi denemeleri çalışan makinalar (kWh)		Yaz dönemi denemeleri çalışan makinalar (kWh)	
	Düzensiz	Düzenli	Düzensiz	Düzenli
AKDÜ	41.35	11.33	53.20	93.06
MAKÜ	94.69	12.29	108.72	85.99
ISUBÜ	38.72	9.85	37.96	10.15

4.6. İşletmelerin SST Sıcaklık Değerinin Süt Girişine Bağlı Değişimi

Dönem (kış ve yaz), işletme (AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ) ve sağım zamanına (sabah ve akşam) göre yerinde gözlem ve inceleme çalışmaları sürdürülmüş, bu doğrultuda SST boş ve yarı dolu olması durumuna göre SST anlık süt miktarı (kg), SST anlık süt sıcaklığı (°C) ve anlık ortam sıcaklığı (°C) değerleri sağım süresi boyunca takip edilmiştir. Yapılan ölçümlerde tüm işletmelerde SST'na süt aktarımında kullanılan süt borusundan sağılan sütün çıkış sıcaklığı 34-36°C aralığında ölçülmüştür. SST çalışma durumuna göre içerisinde süt olup olmadığı gibi parametrelerin toplam aktif tüketime etki edeceği düşünülmüş ve tank içerisindeki süt miktarı (kg) ve anlık sıcaklık (°C) değişimleri değerleri kayıt altına alınmıştır.

AKDÜ işletmesi kış ve yaz dönemlerinde SST boş ve yarı dolu iken veriler Şekil 4.45'de verilmiştir. Kış dönemi denemelerinde SST boş iken başlayan sağım sonrası tanka giren süt sıcaklığı, ilk dakikalarda 20°C'nin üzerine çıkmıştır. Ortam sıcaklığı ortalama 5°C civarlarında seyrederken, sağım sonunda 700 kg sütün tanka girişi yapıldığı görülmektedir. Bu süre boyunca kademeli olarak aktarma pompasından SST'na süt girişi olmaktadır ve her süt girişi tankta bulunan süt sıcaklığında kısmi artışlara sebep olmuştur. Aktarma pompası tekrar dolup tanka süt aktarıncaya kadar SST sütü belirli bir sıcaklığa tekrar düşürmektedir (Şekil 4.45a). Kış dönemi denemelerinde SST yarı dolu iken alınan verilerde ortam sıcaklığının 4-5°C civarlarında olduğu söylenebilir. Sağım başlangıcında tankta 500 kg üzerinde süt bulunurken, sağım sonunda süt miktarı 1,100 kg üzerine çıkmıştır. Sağım başlangıcında 4°C'de olan tanktaki süt sıcaklığı maksimum 7°C civarlarına yükselirken, sağım süresi boyunca tanka süt girişi olduğu zamanlarda anlık sıcaklık artışları görülmüştür (Şekil 4.45b).

Yaz dönemi ve SST boş iken alınan kayıtlara göre ortam sıcaklığı 35°C civarlarında seyretmektedir. Sağım sonunda toplam 350 kg'a yakın süt tanka giriş yaparken, ilk süt giriş sıcaklığı ile birlikte tanktaki süt sıcaklığı 33°C'ye kadar yükseliş göstermiştir. Sağım süresi boyunca anlık süt giriş miktarının yüksek olduğu bölümlerde tanktaki süt sıcaklığında artışlar görülmektedir (Şekil 4.45c). Yaz dönemi ve SST yarı dolu iken sağım yapıldığında SST'da 300 kg civarında süt bulunurken tanktaki süt sıcaklığı 4-5°C civarındadır. Sağım sonunda 700 kg üzerinde süt depolanırken, bu süreç çerçevesinde tanktaki süt sıcaklığı en yüksek 10°C değerine yaklaşmıştır. Sağım başlangıcında ortam sıcaklığı 26°C iken sağım süresi boyunca artış göstererek sağım sonunda 34°C'ye kadar yükselmiştir. Sağım boyunca tank süt girişine bağlı olarak tanktaki süt sıcaklığında minimal artışlar görülmüştür (Şekil 4.45d).



Şekil 4.45. AKDÜ işletmesi; **(a)** kış dönemi boş SST, **(b)** kış dönemi yarı dolu SST, **(c)** yaz dönemi boş SST, **(d)** yaz dönemi yarı dolu SST

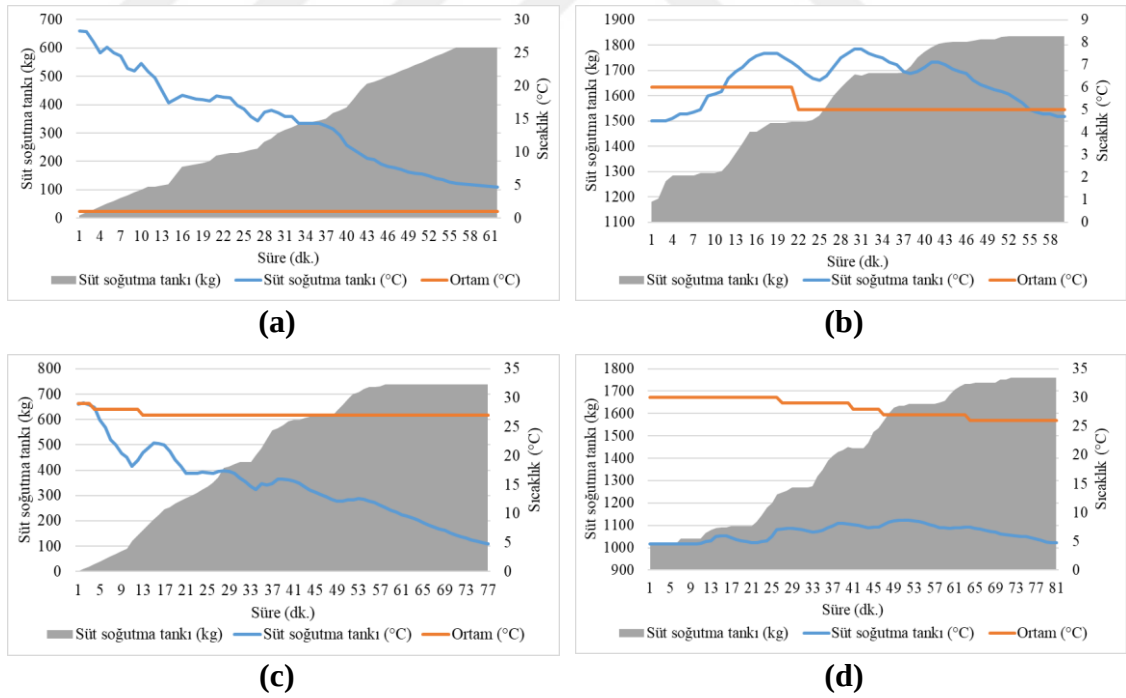
MAKÜ işletmesi kış ve yaz dönemlerinde SST boş ve yarı dolu iken elde edilen veriler Şekil 4.46'de verilmiştir. Kış dönemi denemelerinde SST boş iken ortam sıcaklığı 1°C olarak ölçülmüştür. Sağım başlangıcında tanka giren süt sıcaklığı 28°C'dir. Sağım sonunda SST'da toplam 600 kg süt depolanırken, 40. dakikadan sonra tanktaki süt sıcaklığı tam anlamıyla düşüş eğilimine geçmiştir. Fakat sağım süresi boyunca kısmi olarak anlık tanka yoğun miktarda süt girişi olduğunda ani sıcaklık yükselişleri gözlenmiştir. Özellikle 9-15. dakikalar arasında tanka süt girişi azalan bir artış gösterirken, süt sıcaklığı 23°C civarlarından 17°C'ye kadar düşmüştür. Tanka giren süt miktarının anlık olarak yükselen bir ivme gösterdiği durumlarda tanktaki süt sıcaklığı da artış göstermiştir (Şekil 4.46a).

Kış dönemi denemelerinde SST yarı dolu iken yapılan incelemelerde ortam sıcaklığı 5-6°C değerleri arasında seyretmiştir. Sağım başlangıcında tankta yaklaşık 4°C sıcaklıkta ve 1,100 kg'dan fazla süt bulunurken, sağım 1,800 kg'ı aşan süt miktarı ile

tamamlanmıştır. Sağım süresi boyunca SST giren süt miktarında 3-13-26-39. dakikalarda artan bir ivme görülmektedir. Bu artışın yansımaları tankta bulunan süt sıcaklığı değerinde de anlık olarak eşleşmektedir. Sağım süresi boyunca tanktaki süt sıcaklığı maksimum 8°C'ye ulaşmış, zaman zaman inişli çıkışlı bir yol izlemiş ve sonuç olarak sağım sonunda süt sıcaklığı yine 4°C'ye düşürülmüştür (Şekil 4.46b).

Yaz dönemi denemeleri SST boş iken yapılan ölçümlerde çevre sıcaklığı 26°C civarlarında seyretmiştir. Sağım başlangıcında SST'na giren süt 28°C civarlarından kademeli olarak sağım süresi boyunca kısmi dalgalanmalar ile olsa da düşüş göstermiştir. Özellikle 10. dakika sonrası tanka giriş yapan süt, tanktaki sütün sıcaklığını 17°C'den 23°C'ye kadar yükseltmiştir. Fakat kısa süreli yükselişin ardından süt sıcaklığı düşmüştür. Yaklaşık 55. dakikadan sonra tankta 700 kg üzerinde süt depolanmış, sağım sona ermesine rağmen, tanktaki süt sıcaklığının 4°C'ye ulaşması SST'nın 20 dakika daha çalışmasıyla elde edilmiştir (Şekil 4.46c).

Yaz dönemi denemeleri SST yarı dolu iken yapılan ölçümlerde ortam sıcaklığının 28°C civarlarında olduğu söylenebilir. Sağım başlangıcında 4°C tanktaki süt kısmi yükselmeler ile sağım süresi boyunca maksimum 10°C civarlarına yükselmiş ve 63. dakikadan sonra düşüş eğilimine girerek 80. dakika sonunda istenilen sıcaklığa ulaşmıştır. Sağım başlangıcında 1,000 kg civarlarında olan tanktaki süt miktarı 12-22-34-46-61. dakikalarda artan ivmeyle süt girişi sonrası sağım 1,750 kg civarındaki süt miktarı ile son bulmuştur. Bu dakikalardaki artışlar anlık olarak tanktaki süt sıcaklığında artış dalgalanmalarına sebep olmuştur (Şekil 4.46d).

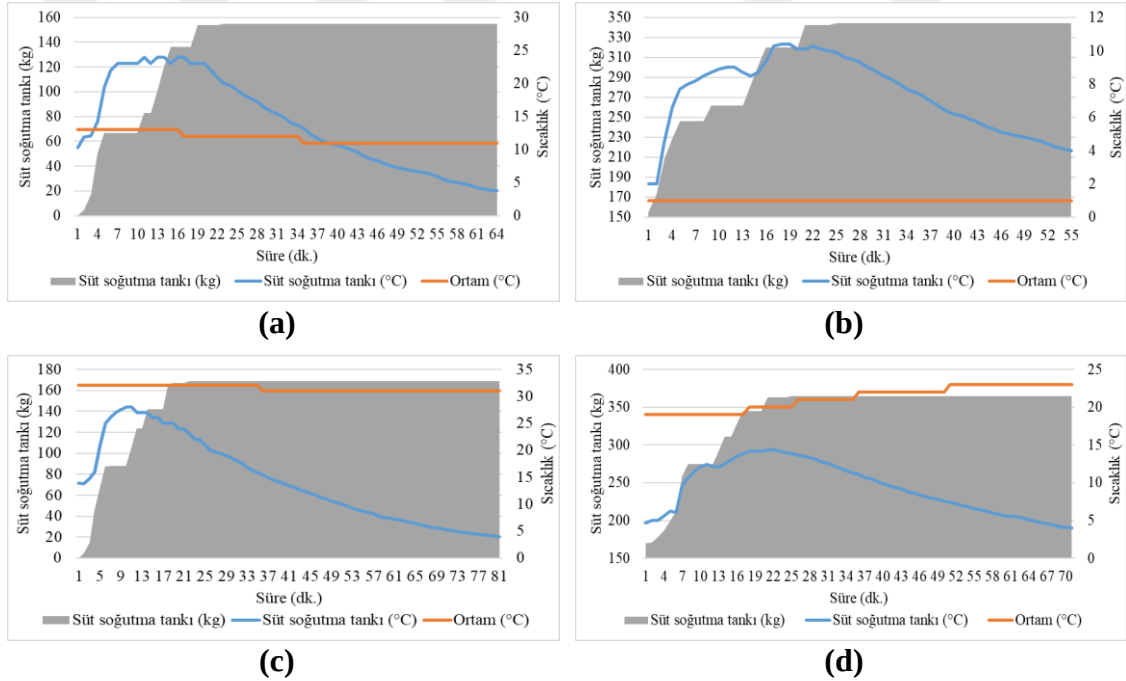


Şekil 4.46. MAKÜ işletmesi; **(a)** kış dönemi boş SST, **(b)** kış dönemi yarı dolu SST, **(c)** yaz dönemi boş SST, **(d)** yaz dönemi yarı dolu SST

ISUBÜ işletmesi kış ve yaz dönemlerinde SST boş ve yarı dolu iken elde edilen veriler Şekil 4.47'de verilmiştir. Kış dönemi denemelerinde SST boş iken ortam sıcaklığı 11°C dolaylarında seyretmiştir. Sağım sonunda 160 kg civarında bir süt SST'da depolanırken, sağım yaklaşık 20. dakikada son bulmuştur. SST'nın içerideki sütün sıcaklığını 4°C'ye düşürmesi 80. dakikada gerçekleşmiştir. Sağım süresi boyunca 4-10-12-18. dakikalarda tanka anlık yoğun bir süt girişi olmuştur. Bu durum tanktaki sütün sıcaklığında dalgalanmalara sebep olmuştur. Sağım süresi boyunca tanktaki süt sıcaklığı maksimum 25°C'ye kadar yükselmiştir (Şekil 4.47a).

Kış dönemi denemelerinde SST yarı dolu iken yapılan ölçümlerde ortam sıcaklığı 1°C olarak kaydedilmiştir. Sağım başlangıcında SST'da bulunan süt miktarı 150 kg iken, sağım sonunda bu değer 340 kg civarlarına ulaşmıştır. Sağım süresi boyunca 5-9-13-21. dakikalarda tanka giriş yapan süt miktarında artışlar görülmüştür. Özellikle 16. dakikada azalış eğilimine doğru dönen süt sıcaklığı, anlık süt girişi sonrası artış eğilimine geçmiştir. Sağım süresi boyunca tanktaki süt sıcaklığı maksimum 10°C'ye yükselmiştir. Sağım 23. dakikada bitmesine rağmen, tanktaki süt sıcaklığının istenilen seviyeye ulaşması sağımın bitişi sonrası yaklaşık 30 dakika daha sürmüştür (Şekil 4.47b).

Yaz dönemi denemelerinde SST boşken alınan ölçümlerde ortam sıcaklığının 30-31°C civarlarında seyrettiği görülmüştür. Tanka ilk süt girişinin ardından SST'da bulunan süt sıcaklığı 28°C ile maksimum seviyesine ulaşmıştır. Yaklaşık 25. dakikada son bulan sağım süresi boyunca tankta bulunan süt sıcaklığında artış dalgalanmaları görülmekte olup, bu dakikadan sonra sıcaklık azalış eğilimi göstermiş ve kayıtların 80. dakikasında istenilen süt sıcaklığı değerine ulaşmıştır. Sağım sonunda tanktaki süt miktarı 165 kg civarındadır (Şekil 4.47c).

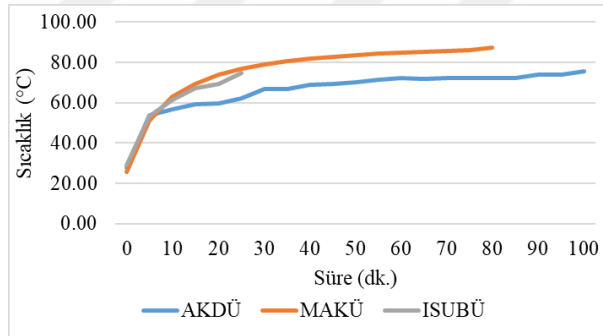


Şekil 4.47. ISUBÜ işletmesi; (a) kış dönemi boş SST, (b) kış dönemi yarı dolu SST, (c) yaz dönemi boş SST, (d) yaz dönemi yarı dolu SST

Yaz dönemi denemelerinde SST yarı dolu iken alınan kayıtlarda ortam sıcaklığı 19-23°C arasında değişiklik göstermektedir. Sağım başlangıcında SST’da 150 kg üzerinde süt bulunurken sağım sonunda 360 kg civarına ulaşmıştır. Sağım süresi boyunca süt girişine bağlı olarak SST’da bulunan süt sıcaklığı kısmi artış dalgalanmaları göstermiş maksimum 14°C’ye ulaşmıştır. Yaklaşık 20. dakikada son bulan sağım sonrası süt soğutma tankında düzenli olarak azalış eğrisi gösteren süt sıcaklığı, yaklaşık 50 dakika sonra istenilen değere ulaşmıştır (Şekil 4.47d).

4.7. İşletmelerin Vakum Pompası Sıcaklık Değişimi

Sağım süresi boyunca 5 dakikada bir alınan sıcaklık ölçüm değerleri Şekil 4.48’de verilmiştir. Vakum pompasının en sıcak bölgesi olan egzoz çıkışından yapılan ölçümler sağım boyunca devam etmiştir. En kısa çalışma süresine sahip olan ISUBÜ işletmesi vakum pompasının çalışma süresi maksimum 25 dakikadır. AKDÜ ve MAKÜ işletmelerinde sırasıyla 100 ve 80 dakika (sağımın devam ettiği/vakum pompasının çalıştığı süre) boyunca ölçümler yapılmış, verilerin değerlendirilmesi üç işletme için sadece ilk 25 dakikalık periyotta yapılabilmektedir. Bu duruma göre en düşük vakum pompası sıcaklığına AKDÜ sahip olurken, bunu ISUBÜ ve MAKÜ takip etmiştir. İlk 80 dakikalık çalışma periyodu incelenecek olursa AKDÜ işletmesi yine MAKÜ işletmesinden daha düşük sıcaklık değerleri göstermiştir. Vakum pompası egzoz sıcaklığının artış göstermesi ve 90°C’nin üzerine çıkması, rotor ve paletlerde sürtünmenin arttığı anlamına gelmektedir. Bu durum ise elektrik motorunun zorlanmasına ve dolayısıyla aktif enerji tüketiminde yükselmelere sebep olacaktır. Bu yüzden vakum pompası egzoz çıkış sıcaklıklarının ölçülmesi bu makinanın tüketim değerlerinin yorumlanmasında önem arz etmektedir.

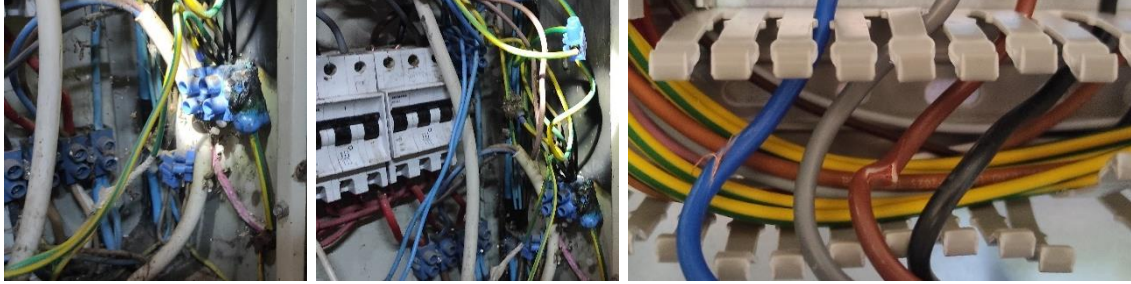


Şekil 4.48. Sağım süresi boyunca işletmelere göre vakum pompalarının sıcaklık değişimleri

4.8. Denemelerde Karşılaşılan İşletmelere Ait Sorunlar

Denemeler süresi boyunca yerinde gözlem ve incelemeler, enerji analizörü montajı, veri alımı ve makinaların çalışması esnasında yapılan işlemlerde makinaların düzenli çalışmasını engelleyici, ileride sorunlar yaratabilecek aksaklıklar ve bazı elektrik enerjisi kontrol mekanizmalarında problemlere rastlanmıştır. Bu problemler aşağıda listelenmiştir. Mekanik anlamda karşılaşılan problemler aktif elektrik enerjisi tüketimini doğrudan etkileyebilecek kriterlerdir. Özellikle GS takımları ve zeminde zorlanarak ilerlemesi elektrik motorunda anlık yüksek tüketimlere yol açabileceğinden aktif tüketimleri doğrudan etkilemektedir.

AKDÜ işletmesinde SIST, SSM ve SST'nın elektrik enerjisi kontrol panosunda daha önce bir yangın çıktığı ve bu yangından dolayı bazı klemenslerin eridiği ve kabloların birbiri ile temas halinde olduğu, bazı kabloların uçlarının açıkta kaldığı görülmüştür (Şekil 4.49). Bu problemler sistemin çalışmasını engellemeyecek ve elektrik enerjisi açısından tekrar aynı durumların yaşanmamasını sağlayacak şekilde onarılmış, denemeler sonrası sistem sağlıklı bir şekilde çalışır olarak teslim edilmiştir.



Şekil 4.49. AKDÜ işletmesi elektrik panoları sorunları

AKDÜ işletmesinde gübre yolunun sonunda gübre çukuruna geçiş için kullanılan gübre kanalının eğimi yeterli seviyede olmadığından dolayı, gübre sıyrıcının sıyırdığı gübreler kanalda birikme yapmaktadır. Bu durum ancak bir çalışanın basınçlı su kullanarak kanalı temizleyip gübreyi gübre çukuruna yönlendirmesi ile çözülebilmektedir. Her gübre sıyırma işleminden sonra karşılaşılan bu durum çalışanların fazladan 20 dakika boyunca bu işle uğraşmasına sebep olurken, çevre temizliği için harcanan su miktarında da büyük bir artışa sebep olmaktadır.

AKDÜ işletmesinde kullanılan zincirli tip gübre sıyrıcının zincirinde yaklaşık 30 cm kadar bir uzama mevcuttur. Bu uzama gübre sıyrıcı küreklerinin raydan çıkarak yan gitmesine ve sıyırma işlemini verimsiz gerçekleştirmesine sebep olmaktadır. Bunun yanında bu uzamadan dolayı gübre sıyrıcı küreklerin ilerleme yolunda takılmalar ve zorlanmalar yaşadığı durumlarda, zincirdeki boşluktan dolayı ani fırlamalara ve sıçramalara sebep olmaktadır. Bu durum gübre sıyrıcı kulesinde sisteme hareket veren elektrik motorunda dengesiz zorlanmalara sebep olduğu gibi, sistemin mekanik aksamına da zarar vermektedir. Yine zincirdeki bolluk yüzünden hareket mekanizmasına bağlı dişli makaranın dişlerinin aşınmasına sebep olurken, bu durum sistemin zorlandığı durumlarda makaranın kaymalar yaşamasına yol açmaktadır (Şekil 4.50). Ek olarak ahır içerisinde kalan dönüş makaraları gübre sıyrıcı yolunun tam sonunda değil, durakların sonundan döndürüldüğü için yolun başında gübre sıyrıcı küreklerin çalışmadığı bir alan kalmakta ve bu alan her sağımla sonrası işçiler tarafından temizlenmektedir.



Şekil 4.50. AKDÜ gübre sıyırıcı zinciri

Sağım sonrası SSM'nin otomatik yıkama sistemine sahip olduğu tüm işletmelerde bu aşama takip edilmiş, yıkama süreleri kayıt altına alınmıştır. AKDÜ işletmesindeki otomatik yıkama işleminin diğer işletmelere göre çok uzun sürdüğü fark edilince, sistemin çalışması daha detaylı kontrol edilmiş, ön yıkama, yıkama ve durulama aşamaları incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda otomatik yıkama tankına sıcak su alınıp tank dolduktan sonra yıkamanın 2. aşamasının gerçekleşmesi durumunda sürenin normalden çok uzun olduğu belirlenmiştir. Detaylı incelemeler sonucu yıkama tankına sıcak su girişini sağlayan selenoid valfin arızalı olduğu, su girişini tam olarak açamadığı için tank dolum süresinin uzadığı ve otomatik yıkama süresinin de normalden daha uzun sürdüğü belirlenmiştir. Bu durum tanktaki su sıcaklığının kaybolmasına, dolayısıyla daha sıcak bir su ile yıkama yapılması gerekirken bekleme süresinden dolayı soğuyan suyla yıkamanın gerçekleştirilmesine sebep olmaktadır. Sütün temas ettiği her bölgede gerçekleştirilen yıkamada istenilen sıcaklıkta bir su kullanılmaması, tortulaşp katman oluşturabilecek yağlı süt kalıntılarının tam anlamıyla temizlenmemesine yol açabileceği gibi, temiz bir yıkama işleminin yapılamayacağından dolayı içerisinde istenmeyen bakteri ve kontaminasyon oluşumlarına sebep olabilir.

AKDÜ işletmesi kış denemelerinde vakum göstergesinin istenen değerler arasında olmadığı fark edilmiştir. Regülatör üzerinden yapılan ayarlama sonrası vakum değeri 48 kPa'a yükseltilmiştir. Ayarlama sonrası sağım görevlilerinden meme başlıklarının memeyi daha iyi kavradığı ve sağımın daha kaliteli olduğuna dair geri dönüşler alınmıştır.

MAKÜ işletmesinde düzenli çalışan makineler grubunda yer alan GP için yapılan ölçümler esnasında GP panosu ve makina arasında bulunan bağlantı kablosunun boşa değil, makinanın kabloyu gübre çukuruna doğru asıldığı ve gergin bir şekilde durduğu fark edilmiştir. Normal şartlar altında bir vinç yardımıyla gübre çukuruna indirilen GP'nın tüm ağırlığının bu vinç üzerinde olması, bağlantı kablosunun sadece elektrik enerjisi iletiminde kullanılması gerekirken, vinçteki çelik halatın gergin değil gevşek, bağlantı kablosunun da gevşek değil gergin olduğu görülmüştür. Bu durum uzun vadede kabloda kopmalara, kısa devrelere hatta GP elektrik motorunun yanmasına sebebiyet verebilir.

MAKÜ işletmesi gübre sıyırıcı yolunda ineklerin kayıp düşmesini önlemek amacıyla kauçuk örtü malzemesi kullanılmıştır. Bu örtü zamanla bazı bölgelerde bombeler yaparak çıkıntılar oluşturup deforme olmuştur. GS'nın çalışması esnasında

küreklerin bu bölgelere takılarak zorlanmalar yaşadığı, ayrıca düz olmayan bir zeminde sıyırma işlemi gerçekleştirdiği için gübrenin tam anlamıyla temizlenemediği görülmüştür. Bu zorlanmalar sistemde elektrik motorunun zorlanmasına sebep olacağı için enerji tüketiminde ve maksimum güç grafiğinde dalgalanmalara sebep olup elektrik motorunun ömrünü azaltabilir. AKDÜ işletmesinde olduğu gibi gübre sıyırıcı küreklerin yolun sonunda değil durakların sonundan dönüş gerçekleştirmesinden dolayı, sıyırma işlemi yapılmayan temizlenemeyen alanlar işçiler tarafından sıyırıcı kürekler ile temizlenmektedir. Ayrıca gübre sıyırıcı sistemi elektrik motorunun bulunduğu bölümde makinanın mekanik performansı açısından çalışması incelenirken, kurumuş gübre kalıntılarının olduğu bölüme sigara izmariti atıldığı ve kuru gübrenin yanmaya başladığı tespit edilmiştir. Bu küçük alev büyümeden söndürülmüş ve çalışanlara gübrenin yanabilen bir materyal olduğu konusunda bilgi verilip uyarılmıştır.

Sağmal hayvanlarda rastlanan meme körelmesi durumunu yaşayan MAKÜ işletmesinde bir ineğin sağımına eşlik edilmiş ve 4 meme başlığına sahip sağım grubundan 1 meme başlığının boşta bırakılarak sağım işleminin gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu durumda boşta kalan meme başlığı ayrıca kontrol edilemediğinden dolayı, açıktaki alandan süt hattına doğrudan bir girişe müsaade etmektedir. Sağım esnasındaki ineğin hareketlerine bağlı olarak boşta kalan bu başlık ineğe ve sağım odasındaki herhangi bir yere temas etmesi durumunda süt hattına kontaminasyona sebep olabilir. Bu tip durumlar için pençe grubunda boşta kalan meme başlığı için bir tıpa kullanılması hem hijyen hem de vakum kaçağının önüne geçilmesi açısından daha verimli bir çözüm olacaktır.

MAKÜ işletmesinde süt sağım sisteminde bulunan otomatik başlık çıkarıcı sistemin çekme asılma iplerinin boylarının çok uzun olduğu tespit edilmiştir. Bu durum vakumun kesilmesi sonrası çıkan sağım başlığının askıya alınmadan önce yere veya temiz olmayan bölgelere temas etmesine sebep olmaktadır. Bu iplerin boylarının kısaltılması sağım başlıklarının herhangi bir yere temas etmeden askıya alınmasını sağlayacağı için meme sağlığı ve sütte oluşabilecek herhangi bir kontaminasyonun önüne geçecektir.

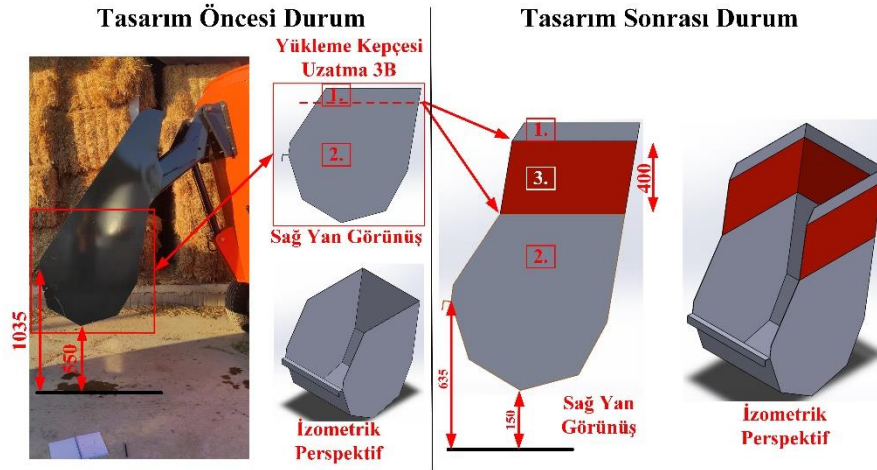
ISUBÜ işletmesi öncelikle bu 3 işletme arasında kuruluş tarihi açısından en eski olan işletme olduğundan, elektrik panoları açısından en eski ve en zayıf sisteme sahip olduğu görülmüştür. Özellikle SIST gibi yüksek ve sürekli bir enerji akışının olduğu makinaların bağlantısında kullanılan kabloların çok ince olduğundan dolayı yalıtım kaplamaları olmasına rağmen, aşırı ısınıp birbirine temas eden kabloların yalıtımlarının eriyip iki kablonun birbirine kaydığı görülmüştür. Ayrıca yine bu panolar içerisinde AKDÜ işletmesinde olduğu gibi birden fazla kez yangın çıktığı ve kendiliğinden söndüğü tespit edilmiştir. Pano düzeni açısından en karmaşık yapıya sahip olan bu işletmede, şalterlerin kablo bağlantı klemenslerinde oksitlenmeler olduğu ve bu durumda olası kaçaklara ve kısa devreler sonucu yangınlara yol açabileceği belirlenmiştir. Denemeler süresi boyunca enerji analizlerinin yapıldığı panolardaki bu tip sorunlar, sistemin çalışmasında problem oluşturmayacak şekilde iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat edilerek onarılmıştır. Ayrıca SST'nın bağlı bulunduğu panoda bazı kemirgenlerin bulunduğu ve kabloların büyük oranda tahrip olduğu tespit edilmiş bu kablolar yenileri ile değiştirilmiştir (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. ISUBÜ SIST, SSM ve SST elektrik panoları sorunları

ISUBÜ işletmesinde kullanılan hidrolik sisteme sahip GS çalışmaları incelenmiş ve git-gel hareketleri yaparak ilerleyen ve geri dönüş yapan küreklerde mekanik sorunlar ve takılmalar olduğu görülmüştür. Bu durum sıyırma işleminin gereğinden fazla uzun sürmesine, daha fazla enerji tüketimine ve verimsiz bir gübre sıyırma işlemine sebep olmaktadır.

AKDÜ işletmesinde yem karma makinasının taban sacında oluşmuş deformasyondan dolayı hem işçilik süreleri uzamakta hem de karıştırılıp kıyılan yemler transfer sürecinde dökülmektedir. Ayrıca işletmede yem görevlisi sayısının yetersizliğinden dolayı yem hazırlama işlemleri oldukça uzamaktadır. Tesise alınan yeni yem karma makinasının bazı tasarımsal problemleri olduğu yem görevlisi ve diğer uzmanlar tarafından tespit edilmiş ve tasarımın değiştirilip sorunların giderilmesine yönelik desteklerde bulunulmuştur. İşletmeye yeni alınan dikey tip arkasında yükleyici kepçesi bulunan yem karma makinasının kepçesi tamamen en alt noktadayken, en alt noktanın yerden yüksekliği 550 mm, görevlinin yem yükleyebilmesi için olan yükleme açıklığının ise 1,035 mm olduğu belirlenmiştir. Tasarım sonrası 1 ve 2 parça olmak üzere kepçe kesik çizgili bölümden kesilip 3 numaralı 400 mm yüksekliğe sahip parça araya eklenirse son durumda yerden yüksekliğin 150 mm, yükleme açıklığının ise 635 mm olacağı ilgililere iletilmiş ve üretici firma ile gerçekleştirilen görüşmeler sonrasında gerekli değişikliklerin yapılması sağlanmıştır (Şekil 4.52). Ayrıca eklenecek parçanın kaynak işlemiyle veya cıvata bağlantısı yapılmasına göre tasarımın değişiklik göstereceği, malzeme et kalınlığının 3 mm ve ST-37 olarak alınması durumunda tahmini eklenecek parçanın ağırlığının 20 kg civarında olacağı, malzemenin cinsine ve et kalınlığına göre bu durumun değişiklik gösterebileceği belirtilmiştir.



Şekil 4.52. AKDÜ yem karma makinası tasarım geliştirmeleri

Tüm işletmelerde sağım bittiği anda vakum pompasının hemen durdurulmadığı anlık çevre temizliğine daha çok önem verildiği görülmüştür. Bu durum sağım bitmiş olmasına rağmen vakum pompasının gereksiz çalışması sonucu enerji israfına yol açmaktadır. Halbuki sağımcı platformunda vakum pompasını durdurmak için herhangi bir buton yer alırsa ülkemizdeki tüm işletmelerde büyük enerji tasarruflarının oluşacağı ön görülmektedir.

İşletmeler arasında sağım sonrası aktarma grubunda kalan sütün ayrı bir kaba alınarak süt soğutma tankına aktarıldığı tek işletme ISUBÜ'dür. Diğer işletmelerde aktarma tankının içerisine su doldurarak manuel olarak düğmeye basılıp aktarma pompası çalıştırılıp tankın dibinde kalan sütün süt soğutma tankına aktarılması sağlanıyor. Bu durum tanka su karışmasına sebep olacağından dolayı olası kontaminasyon riskini oldukça yükseltmektedir.

5. TARTIŞMA

Yapılan çalışma kapsamında dönemler (kış ve yaz), işletmeler (AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ) ve kullanılan makinalar (SIST, SSM, SST, GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF) kendi aralarında aktif enerji tüketimleri açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda günlük ve saatlik tüketim ortalamalarından faydalanılmıştır. Bazı karşılaştırmalarda düzensiz (SIST, SSM ve SST) ve düzenli çalışan (GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF) makinalar kendi içinde değerlendirilmiştir. SST sıcaklık (°C) ve ağırlık (kg) değişimleri incelenmiş, aktif enerji tüketiminde farklılıkların oluşmasına sebep olacak herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Günlük bazda bazı işletmelerdeki SST tüketimlerinin daha düşük çıkması ise o gün işletmeden tanktaki sütün alınması ve tankın normal günlerin dışında daha kısa sürede çalışması ile açıklanabilir (Şekil 4.45; Şekil 4.46; Şekil 4.47).

5.1. Dönemlerin İşletmelerde Karşılaştırılması

AKDÜ işletmesi kış ve yaz dönemi denemeleri düzensiz çalışan makinalar için saatlik aktif enerji tüketimi ortalamaları karşılaştırıldığında, her iki dönemde de sabah sağımlarında akşam sağımlarına göre daha fazla tüketim olduğu görülmektedir. SSM günlük enerji tüketim değerleri kış döneminde 13,588 Wh olarak hesaplanırken, bu değer yaz döneminde de büyük bir değişiklik göstermeyerek ortalama 12,901 Wh olarak hesaplanmıştır. Fakat SST için kış dönemi günlük aktif tüketim ortalaması 17,698 Wh olurken, yaz döneminde bu değer yaklaşık %20 artış göstererek ortalama 21,253 Wh olmuştur. Bulgular, soğutucuların enerji tüketim değerlerinin ortam sıcaklığı ile doğrudan ilişkili olduğunu belirten Chaomuang vd. (2019) ile uyumludur. SIST için dönemler arası farklılık değerlendirildiğinde yaz döneminde kış dönemine göre yaklaşık %89 gibi büyük bir farklılık görülmüştür. Diğer işletmelerin benzer dönemleri göz önüne alındığında, yaz dönemlerinde belirli oranlarda hava sıcaklığına bağlı düşüşler görülürken AKDÜ işletmesinde tam tersine yaz döneminde büyük oranda bir artış görülmüştür. Yapılan incelemeler sonrası otomatik yıkama sisteminin sıcak su girişini sağlayan selenoid valf arızasının sisteme sıcak su sağlayan ısıtıcının daha uzun süre çalışmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. Süt üretiminde enerji tüketimleri ve tasarruf imkanları konusunda yapılan bir çalışmada çiftliklerde %10'a kadar enerji tasarrufu sağlanabileceği ve bu potansiyelin tasarruf oranı açısından büyük bir paya sahip olduğu belirtilmiştir (Rajaniemi vd. 2015). Ayrıca enerji tasarrufunun sağlanabilmesi için öncelikle işletme sahiplerinin enerjiyi ölçme ve enerji tüketimlerini takip etme araçlarına sahip olmaları gerektiği vurgulanmıştır. Bunun yanında makinaların ayarlamaları ve bakımlarının da düzenli olarak gerçekleştirilmesinin enerji tüketimi üzerinde büyük etkisinin olduğu belirtilmiştir.

AKDÜ işletmesinde düzenli çalışan makinalar kendi içinde incelendiğinde GS, GP, GK ve HKF için büyük değişiklikler görülmezken, GSP ve HSF'da farklılıklar tespit edilmiştir. Yaz döneminde hava sıcaklığının artmasıyla gübre deposunda bekleyen gübrenin nem içeriğinin kış dönemine göre daha düşük olması kaçınılmazdır. GSP'nün çalışmasında daha yüksek aktif enerji tüketiminin olması nem içeriğiyle ilişkilendirilebilir. Yapılan lisansüstü bir çalışmada farklı gübre separatör helezonları farklı nem içeriklerindeki gübreler ile test edilmiş ve aktif enerji tüketimleri incelenmiştir. Nem içeriğinin düşük olmasının GSP'nün enerji tüketiminde artış oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır (Bahadır 2024). Ayrıca işletmede değiştirilen HSF, yaz dönemi aktif enerji tüketimi değerlerinde büyük farklılıklara sebep olmuştur. Kış döneminde 12 adet

vanilatör tip HSF'nın bir tanesi 324 Wh ortalama tüketime sahip olurken, 4 adet helikopter tip tavan fanının yaklaşık 5.2 kat artış göstererek bir tanesinin 1,691 Wh aktif enerji tüketimi gösterdiği belirlenmiştir.

MAKÜ işletmesi kış ve yaz dönemi denemeleri için düzenli ve düzensiz çalışan makinaların günlük aktif enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır. SIST günlük ortalama aktif enerji tüketimi kış döneminde yaz dönemine göre 1,539 Wh daha fazladır. SSM için yaz dönemi denemelerinde ortalama günlük 1,233 Wh daha fazla aktif tüketim gerçekleştirdiği söylenebilir. Bu durum MAKÜ işletmesinin yaz döneminde kış dönemine göre fazladan 10 sağmal hayvana daha sahip olmasıyla doğrudan ilişkilidir. Hayvan sayının artışı sağım süresini uzatacağından dolayı toplam tüketimi de doğrudan etkilemiştir. SST tüketimleri incelendiğinde kış döneminde 16,948 Wh ortalama aktif enerji tüketimi görülürken, bu değerin yaz dönemi denemelerinde günlük ortalama 23,133 Wh'e ulaştığı tespit edilmiştir. Ortalamadaki bu fark 6,185 Wh olurken, SST için yaz döneminde kış dönemine göre yaklaşık %25 oranında günlük ortalama aktif enerji tüketiminin arttığı söylenebilir. MAKÜ işletmesinin bulunduğu konum için kış döneminde günlük ortalama hava sıcaklıkları 0-5°C, yaz dönemi için 23-36°C arasında değişiklik göstermiştir. Bu sıcaklık farklarının yaz döneminde SST'da daha fazla aktif enerji tüketiminin görülmesine sebep olduğu düşünülmektedir. MAKÜ işletmesi düzenli çalışan makinaların ölçümlerinde dönemler arası belirgin bir farklılık görülmemiştir. Bunun yanında GP kış döneminde ortalama 10,528 Wh aktif tüketim gösterirken, yaz döneminde 7,552 Wh olarak belirlenmiştir. Kış döneminde daha düzenli bir periyotta gübre çukurunun dolması beklenmeden açık araziye aktarılan gübre nemini kaybetmeden pompalanırken, yaz döneminde bir biyogaz tesisiyle gübrenin transferi konusunda anlaşılmıştır. Bu anlaşmadan dolayı gübre çukurunun boşaltılması periyodu uzamış, gübre nemini daha fazla kaybetmiş ve pompalama işlemi yaz döneminde daha yüksek aktif enerji tüketimleri ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda gübre neminin gübre mekanizasyonunda kullanılan makinalarda aktif enerji tüketiminde etkin bir rol oynadığı görülmüştür (Hörndahl 2008; Bahadır 2024).

ISUBÜ işletmesi kış ve yaz dönemi denemeleri günlük ortalama aktif enerji tüketimi açısından karşılaştırılmıştır. SIST için kış ve yaz dönemi denemelerine bakıldığında kış döneminde 28,182 Wh olarak belirlenen günlük ortalama aktif tüketim, yaz döneminde 23,058 Wh olarak belirlenmiştir. Kış döneminde ISUBÜ işletmesi konumunda ölçülen ortalama günlük hava sıcaklığı değerleri -2 ile 13°C, yaz döneminde ise 17 ile 35°C arasında değişiklik göstermiştir. Bu sıcaklık farklılıklarının kış döneminde SIST için daha fazla aktif enerji tüketimine sebep olduğu söylenebilir. Bu artış iki dönem arasında 5,123 Wh olurken, oransal olarak yaklaşık %22'dir. SSM için dönemler arası farklılık değerlendirildiğinde, kış döneminin %0.5 (276 Wh) fark ile yaz döneminden daha yüksek olduğu görülmektedir. Sağılan hayvan sayısında iki dönem açısından büyük bir farklılık görülmezken, tüketim değerleri arasında da önemli bir fark olmadığı söylenebilir. SST için dönemler arası farklılık incelendiğinde, yaz döneminde kış dönemine göre 3,208 Wh ile %58 daha fazla aktif elektrik enerjisi tüketildiği belirlenmiştir. Dönemler arası farklılıklara bakıldığında en büyük fark ISUBÜ işletmesi SST'da görülmüştür. Bu SST'nın diğer işletmelerdekilere göre daha düşük bir soğutma sınıfına sahip olduğu bilinmektedir ve tüketim değerlerindeki bu farklılık verimsizlik ve kapasitesinin diğer işletmelerdekilere göre daha düşük olması ile açıklanabilir. Süt sığırcılığı işletmelerinde aktif enerji tüketimini oluşturan kalemlerin en büyüklerinin

SIST, SSM ve SST olduğunu belirten bir çalışmada bu makinaların tüketim değerlerine göre farklı sistemlerde tüketim senaryoları oluşturulmuştur. Bu çalışmanın sonucunda en yüksek yatırım getirisinin, sütün depolama tankına girmeden önce suyla 15°C'ye kadar ön soğutulmasıyla doğrudan genleşmeli süt soğutma sisteminin kullanıldığı, suyun elektrikli ve mümkünse güneş enerjisi destekli bir ısıtıcıyla ısıtılması ve sağım sisteminde standart vakum pompası kontrolünün kullanılmasıyla elde edildiği belirtilmiştir (Upton vd. 2015).

ISUBÜ işletmesinde düzenli çalışan makinalar dönemler bazında incelendiğinde ortalama tüketimde büyük bir farklılık görülmemiştir. Fakat GP+GK için kış dönemi aktif tüketim değerleri anlık yükselişleri seyrek ve 2-4 dakika boyunca sürecek şekilde görülürken, yaz döneminde daha sık ve 1-2 dakika boyunca süren şekilde görülmüştür. Kış dönemindeki yükselişler dakikalık periyotta 200 Wh'e kadar çıkarken, yaz döneminde bu yükselişler 50 Wh'e kadar çıkmıştır.

Bazı sabit süt sağım tesislerinde kullanılan vakum pompalarının kurulu elektrik gücünün incelendiği bir çalışmada, Türkiye'de tarımsal kalkınma destekleriyle kurulmuş 289 işletme incelenmiştir. Bu işletmelerde kullanılan vakum pompalarının ürettikleri debinin %311'e varan bir fazlalığının bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre fazladan enerji tüketimine sebep olacak bu hava debisinin, değişken devirli vakum pompası kullanımı ile önüne geçilebileceği ve böylelikle yıllık 300 MW enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmüştür (Akbaş vd. 2018). Yapılan bir başka çalışmada değişken devirli vakum pompası kullanımının günlük %37 aktif enerji tüketiminde tasarrufa yarayabileceğinden bahsedilmiştir. Değişken devirli vakum pompası kullanımı öncesi günlük tüketimin 88.6 kWh olduğu belirtilmiştir (Keskin 2019).

5.2. İşletmelerin Dönemlerde Karşılaştırılması

Kış döneminde denemeleri gerçekleştirilen AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmeleri düzensiz çalışan makinaların (SIST, SSM ve SST) aktif enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır. Kış dönemi denemelerinde SIST karşılaştırılırsa, en düşük aktif enerji tüketiminin 10,069 Wh ile AKDÜ işletmesinde olduğu söylenebilir. ISUBÜ işletmesinde bu değer 28,182 Wh olurken, MAKÜ işletmesi 63,572 Wh ile en yüksek tüketimi yapmıştır. Bu durum AKDÜ işletmesinde ısıtıcı için güneş enerjisi destekli bir sistem kullanılmasıyla açıklanabilir. MAKÜ işletmesinde çevre temizliğinin de sıcak su ile yapılması bu işletmede SIST için tüketimin en yüksek değerlere çıkmasıyla örtüşmektedir. Diğer işletmelerde sağım odası ve çevre temizliğinde sıcak su kullanılmamaktadır.

SSM için en düşük tüketim değerini ISUBÜ işletmesi göstermiştir. Diğer işletmelerin sağmal hayvan sayısı ISUBÜ işletmesine göre yaklaşık 2.5 kat daha fazladır. Aktif enerji tüketiminde SSM'nin bu işletme için en düşük kalmasının sebebi sağım süresiyle ve dolayısıyla sağmal hayvan sayısı ile doğrudan ilişkilidir. SSM açısından en yüksek tüketim MAKÜ işletmesinde görülürken, AKDÜ ile aralarında önemli bir fark yoktur. ISUBÜ işletmesindeki tüketime göre bu iki işletmede tıpkı sağmal sayısında olduğu gibi yaklaşık 2.5 kat bir farklılık belirlenmiştir. AKDÜ (17,698 Wh) ve MAKÜ (16,948 Wh) işletmesinde SST açısından günlük aktif enerji tüketim ortalamaları birbirine yakın olmuştur. Fakat MAKÜ işletmesinin sağmal sayısının az olmasına rağmen süt veriminin daha yüksek olması birim enerji tüketimleri açısından karşılaştırılacak

olursa daha düşük kalmıştır. ISUBÜ işletmesinde ise diğer işletmelerin 3 katından daha az bir günlük aktif enerji tüketimi tespit edilmiştir. Bu farklılık ISUBÜ işletmesinin hem kapasite hem de soğutulması gereken süt miktarı açısından diğer iki işletmeye göre daha düşük seviyede kalmasından dolayıdır. Fakat kesin bir yargıya varabilmek için elde edilen süt başına birim enerji tüketimleri incelenmelidir.

Düzenli çalışan makinaların kış dönemindeki çalışmaları değerlendirildiğinde, GS açısından üç işletmenin arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. ISUBÜ işletmesinde diğerlerinden farklı olarak hidrolik sisteme sahip bir GS olsa da enerji tüketimleri açısından bir fark olmadığı söylenebilir. AKDÜ ve MAKÜ işletmelerinde GP ve GK ayrı ayrı makinalar olarak çalışırken, ISUBÜ işletmesinde hem karıştırma hem de pompalama işlemini aynı sistem üzerinden gerçekleştiren bir makina bulunmaktadır. Dolayısıyla AKDÜ ve MAKÜ işletmelerinde bulunan GP ve GK'nın aktif enerji tüketimlerinin toplamı, ISUBÜ işletmesindeki GP+GK ile karşılaştırılmıştır. Gübre karıştırma ve pompalama işlemleri için AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinde sırasıyla 18,456 Wh, 20,264 Wh ve 15,352 Wh aktif tüketim hesaplanmıştır. ISUBÜ işletmesindeki bu kombine makina sayesinde, bu işlem AKDÜ işletmesine göre %20, MAKÜ işletmesine göre %32 daha az aktif enerji tüketimi ile yapılmaktadır. Kış döneminde AKDÜ işletmesinde vantilatör tip HSF bulunurken, MAKÜ işletmesinde tavana asılır tip daha yüksek hava debisine sahip HSF kullanılmaktadır. Bu farklılık MAKÜ işletmesinde AKDÜ'ne göre HSF için 3 kat daha fazla aktif enerji tüketilmesine sebep olmuştur. Diğer düzenli çalışan makinalar açısından önemli bir farklılık görülmemiştir. Kış döneminde işletmelerde düzenli çalışan makinaların aktif enerji tüketim değerleri toplamı en yüksekten en düşüğe doğru sıralanırsa MAKÜ, AKDÜ ve ISUBÜ sıralaması olur. Çiftlik tipi süt soğutma tanklarının performans değerlerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada 32°C ortam sıcaklığında SST sıcaklığı ilk sağımda 36 ve son sağımda 12°C olduğu durumlar için enerji tüketimlerini sırasıyla 5.3 ve 6.2 kWh olarak bulmuşlardır (Günhan vd. 2006). İrlanda, Moorepark'ta 21 hafta sürecek şekilde gerçekleştirilen bir çalışmada su ısıtılmasında, süt soğutma sisteminde, hava kompresöründe, vakum pompasında ve sağım robotunda, bir litre süt başına tüketilen aktif enerjiler hesaplanmıştır sırasıyla 37.1-14.8-14.7-11.0-2.9 Wh/kg bulunmuştur (Upton vd. 2011).

Yaz dönemi denemelerinde düzensiz çalışan makinalar incelendiğinde ilk olarak SIST için en yüksek aktif tüketim gösteren işletme, 62,033 Wh günlük ortalama ile MAKÜ olmuştur. Ardından 23,058 ile ISUBÜ ve 19,042 Wh ile AKDÜ gelmektedir. MAKÜ işletmesinin yaz döneminde de diğerlerine göre daha yüksek olmasının sebebi tüm temizlik işlemlerinin sıcak su ile gerçekleştirilmesidir. SSM yaz dönemi denemelerinde işletmeler bazında değerlendirilmiş, AKDÜ ve MAKÜ işletmeleri arasında büyük bir farklılık görülmezken, ISUBÜ işletmesinin bu iki işletmeye göre %50'den daha fazla oranda daha düşük aktif tüketim gösterdiği belirlenmiştir. SST yaz dönemi denemeleri günlük ortalama aktif enerji tüketimi AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinde sırasıyla 21,253 Wh, 30,655 Wh ve 8,750 Wh olarak hesaplanmıştır. Kış döneminde fark az olsa da AKDÜ işletmesi tüketimi daha yüksekken, yaz dönemi denemelerinde MAKÜ işletmesinin ortalama günlük tüketimi AKDÜ işletmesinden %44 daha fazladır. Bu durum günlük sağılan süt miktarı ile doğrudan ilişkilendirilebilir. AKDÜ işletmesinde yaz döneminde kış dönemine göre günlük sağılan süt miktarı yaklaşık 1/3 azalırken, günlük ortalama enerji tüketimi %20 artış göstermiştir. MAKÜ

işletmesinde günlük sağılan süt ortalaması %25 artış gösterirken, günlük ortalama enerji tüketimi %80 artmıştır. MAKÜ işletmesindeki bu büyük artışın sebebi hem sağılan süt miktarının kış dönemine göre artması hem de yaz mevsiminde günlük hava sıcaklığının kış dönemine göre daha yüksek olmasıdır. AKDÜ işletmesinin de enerji artışında benzer bir yükseliş beklenebilirdi, fakat günlük sağılan süt miktarındaki düşüş bu artışın daha az kalmasına sebep olmuştur.

Yaz dönemi düzenli çalışan makineler incelendiğinde, ilk olarak AKDÜ işletmesinde helikopter tip ahır tavan fanı ile değiştirilen HSF dikkat çekmektedir. Kış döneminde HSF için AKDÜ, MAKÜ'den 3 kat daha az tüketim gösterirken, yaz döneminde yaklaşık 2 kat fazla aktif enerji tüketmiştir. AKDÜ işletmesi kendi içinde eski HSF ile karşılaştırılırsa bu artış tam 5.2 kat olmuştur. Toplam tüketimdeki sıralamada en yüksek değeri AKDÜ alırken, sırasıyla bunu MAKÜ ve ISUBÜ takip etmiştir. ISUBÜ işletmesinde kombine olarak çalışan GP+GK yaz döneminde de bu makinelerin ayrı ayrı çalıştığı diğer işletmelere göre daha az aktif tüketim gerçekleştirmiştir. Yaz döneminde GP+GK işlemleri için ISUBÜ (15,524 Wh) işletmesinde, AKDÜ (17,824 Wh) işletmesine göre %23, MAKÜ (16,396 Wh) işletmesine göre %13 daha az tüketim kaydedilmiştir.

5.3. Makinaların İşletmeler ve Dönemlerde Karşılaştırılması

Makinaların işletmeler ve dönemlerden bağımsız olarak her dönemde ve işletmede çalışan aynı makineler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda aktif enerji tüketim verileri kullanılmıştır. Dönem ve işletmeler arasında en yüksek aktif enerji tüketimi gösteren SIST, 63,572 Wh ortalama günlük tüketim ile MAKÜ işletmesi kış dönemi denemeleri olmuştur. SSM ve SST için ise sırasıyla en yüksek tüketimler 14,174 Wh ile MAKÜ kış dönemi ve 30,655 Wh günlük ortalama tüketim ile MAKÜ işletmesi yaz dönemi olmuştur.

Düzenli çalışan makineler için bu karşılaştırma ortalama 1 dakikada tüketilen aktif enerji değerleri ile yapılmıştır. Tek ve çift kürekli olarak çalışan GS'lar için karşılaştırma bu makinelerin tüketim değerlerinin toplanmasıyla elde edilmiştir. En büyük dakikalık ortalama aktif tüketim gösteren işletme 28.13 Wh ile ISUBÜ yaz dönemi olmuştur. Aynı makina kış döneminde 20.87 Wh tüketim gösterirken, yaz dönemi değerinin yaklaşık %40 artış göstermesinin sebebi hidrolik sisteme sahip olan makinanın kış dönemine göre daha büyük çalışma ve takılma sorunlarına sahip olması olarak açıklanabilir. Bu zorlanmalar makinanın ortalama tüketimindeki artışlara sebep olmaktadır. Makinaların mekanik açıdan bakımlarının ihmal edilmesi mekanizasyon açısından performansı düşürürken elektrik enerjisi tüketimi açısından da artışlara sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalarda makinelerin düzenli bakım ve kontrollerinin enerji tüketim değerlerinde doğrudan ilişkili olduğu, bakımların geciktirilmesi ve arızalı makinelerin daha yüksek aktif enerji tüketimleri gösterdiği bulunmuştur (Xu and Cao 2014; Xia vd. 2021).

İşletmelerdeki GP karşılaştırmasında, ISUBÜ işletmesinde farklı bir durum bulunmaktadır. Bu işletmede gübreyi karıştırma ve pompalama işlemini aynı anda yapan bir makina bulunmaktadır. Dolayısıyla GP ve GK için AKDÜ ve MAKÜ işletmeleri karşılaştırılmış, bu işletmelerdeki iki makinanın dakikalık ortalama tüketim değerlerinin toplamı ile de ISUBÜ işletmesinde bulunan GP+GK makinasının tüketim değerleri

kıyaslanmıştır. GP için en yüksek dakikalık ortalama tüketim 175.47 Wh ile MAKÜ işletmesi kış döneminde görülmüştür. GK için ise 163.33 Wh ile en yüksek tüketim kış dönemi AKDÜ işletmesindedir. AKDÜ ve MAKÜ işletmelerindeki GP ve GK tüketim değerleri toplamı en yüksek MAKÜ kış döneminde 337.73 Wh bulunmuştur. Bunun yanında ISUBÜ işletmesinde bu işlemleri tek bir makina ile gerçekleştiren GP+GK'nın en yüksek tüketim değeri 242.07 Wh'dir. ISUBÜ işletmesindeki değerin en yüksek tüketim olmasına rağmen bu işi ayrı ayrı makinalar ile gerçekleştiren işletmelerin en düşük tüketim gösterenden (MAKÜ işletmesi yaz dönemi denemeleri 273.27) %12 daha düşük tüketim göstermiştir. En yüksek tüketim gösteren işletme ve dönem ile karşılaştırılırsa bu oran yaklaşık %40'a yaklaşmaktadır. Dolayısıyla GP+GK'nın tek bir makina olarak kullanılması, ayrı ayrı kullanılmasına göre her ihtimalde tasarruf sağlamaktadır. Bu makina için gübrenin karıştırılması ve pompalanması konusundaki performans ve etkinlik değerleri bu işi ayrı ayrı yapan makinalar ile karşılaştırılabilir. Fakat enerji tüketimi açısından kesinlikle daha avantajlıdır. GSP açısından işletmeler ve dönemlerde büyük bir farklılık görülmemiştir.

ISUBÜ işletmesinde HSF bulunmadığı için bu makina kapsamında karşılaştırmalar sadece AKDÜ ve MAKÜ işletmeleri kış ve yaz dönemlerinde yapılmıştır. Öncelikle belirtmek gerekir ki AKDÜ işletmesinde kış ve yaz dönemi denemeleri arasında HSF'ları vantilatörden helikopter ahır tavan fanı ile değiştirilmiştir. Bu durum sadece HSF bazında değil, toplam tüketimde de büyük artışlara sebep olmuştur. MAKÜ işletmesinde denemeler boyunca HSF'ları için herhangi bir değişiklik olmamıştır. AKDÜ işletmesindeki bu değişiklik işletmenin kış döneminden yaz dönemine göre dakikalık ortalama tüketimde 2 kat daha fazla aktif tüketim göstermesine sebep olmuştur. Karşılaştırmaya göre en yüksek ortalama dakikalık tüketim 162.86 Wh ile MAKÜ işletmesi yaz dönemi denemelerinde görülmüştür. AKDÜ işletmesi yaz döneminde ise bu durum 112.71 Wh ile sonuçlanmıştır. İşletmelerdeki HKF'ları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir.

En düşük aktif enerji tüketim değerlerinin birçoğuna ISUBÜ işletmesi sahip olurken, işletmede HSF bulunmaması, sağmal hayvan sayısının ve sağılan süt miktarının diğer işletmelere göre daha düşük kalması bu durumun en temel sebeplerindendir.

İşletmelerdeki her dönem için SIST, SSM ve SST makinalarının günlük ortalama aktif tüketim toplamalarının makinalar arasındaki yüzdesel dağılımı incelenmiştir. Bu incelemeye göre elde edilen veriler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Güneş kolektörü ile desteklenmiş bir SIST sahip olan AKDÜ işletmesinin yaz döneminde, kış dönemine göre toplam tüketimdeki payının %24'den %35'e yükselmesi dikkat çekmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda SIST için kullanılan rezistansın arızalı olduğu ve suyun istenilen sıcaklığa gelmiş olmasına rağmen ısıtma yapmaya ve dolayısıyla aktif enerji tüketmeye devam ettiği tespit edilmiştir. Yaz döneminde SIST ve SST tüketimindeki artış yüzünden yüzdesel olarak SSM'de büyük bir farklılık görülmemiştir. SST yaz döneminde günlük ortalama tüketimde artış göstermesine rağmen, SIST değerinin kış dönemine göre daha fazla artış göstermesinden dolayı yüzdesel olarak dönemler arasında büyük bir değişiklik izlenmemiştir.

MAKÜ işletmesinde farklı dönemlerde beklendiği gibi bir sonuç elde edilmiş kış döneminde SIST tüketim değerleri daha yüksek oranda toplam tüketimde yer tutarken, SST yaz döneminde daha büyük oranlarda toplam tüketimde pay sahibi olmuştur. SSM için MAKÜ işletmesinde dönemler arasında büyük bir farklılık olduğu söylenemez.

ISUBÜ işletmesinde de SSM'nın toplam tüketimdeki oranında büyük bir farklılık görülmezken, yaz döneminde çevre ortam sıcaklığına bağlı olarak beklendiği gibi SST'de yaklaşık %10'luk bir artış görülmüştür. Bu artışa bağlı olarak da SIST'nın yaz dönemindeki toplam tüketim içindeki payı kış dönemine göre yaklaşık %12'lik bir düşüş belirlenmiştir.

Çizelge 5.1. İşletmelerin dönemlere göre SIST, SSM ve SST makinalarındaki toplam günlük ortalama tüketimlerinin yüzdelik dağılımı

İşletmeler	Kış dönemi (%)			Yaz Dönemi (%)		
	SIST	SSM	SST	SIST	SSM	SST
AKDÜ	24.3	32.9	42.8	35.8	24.3	40.0
MAKÜ	67.1	15.0	17.9	57.1	14.7	28.2
ISUBÜ	72.8	13.6	13.6	60.7	14.9	24.3

5.4. İşletmelerin Birim Enerji Tüketimlerinin Karşılaştırılması

Her ne kadar makina başına tüketim değerleri verilmiş olsa da, literatürde yapılan çalışmalarla mevcut çalışmanın mukayese edilebilmesi için bir birim süt ve sağılan hayvan başına tüketilen enerji miktarının hesaplanması sıklıkla karşılaşılan bir yöntemdir (Shine vd. 2020).

AKDÜ işletmesi dönemler arası birim enerji tüketimleri incelendiğinde, günlük ortalama enerji tüketimi yaz döneminde kış dönemine göre yaklaşık 3 kat artarak 146.26 kWh değerine ulaşmıştır. Aynı şekilde yaz döneminde sağılan hayvan başına ve elde edilen süt miktarı başına enerji tüketimleri sırasıyla 3.37 kWh/baş ve 0.176 kWh/kg değerlerine ulaşarak 3 kattan daha fazla yükselmiştir. Bu durumun en önemli sebeplerinden bir tanesi AKDÜ işletmesinde gün içerisinde uzun süreler çalışmakta olan HSF enerji tüketimleridir. Bu makina bireysel bazda enerji tüketimi yüksek bir makina olmasının yanında, uzun süre çalışmasıyla birlikte birim enerji tüketimlerinde yükselişlere sebep olmaktadır. Ayrıca yaz döneminde AKDÜ işletmesinde günlük sağılan ortalama süt miktarının kış dönemine göre yaklaşık 1/3 azalmış olması, birim süt başına tüketilen aktif enerji miktarının artmasına sebep olmuştur.

MAKÜ işletmesinde yaz döneminde kış dönemine göre %82'lik bir artış olmuş ve günlük ortalama aktif enerji tüketimi 194.71 kWh değerine ulaşmıştır. Bu değer işletmeler ve dönemler arasında en yüksek olmasına rağmen, bu dönemde elde edilen süt miktarı için birim enerji tüketimi hesaplandığında, diğer işletmelerden daha düşük bir değer ortaya çıkmaktadır. MAKÜ işletmesinde kış döneminde sağmal başına ve elde edilen süt miktarı başına harcanan enerji sırasıyla 2.42 kWh/baş ve 0.083 kWh/kg olarak hesaplanmıştır. Bu değerler yaz döneminde %45'lik bir artış göstererek sırasıyla 3.51 kWh/baş ve 0.121 kWh/kg olmuştur.

ISUBÜ işletmesinde HSF bulunmadığı için diğer işletmelerde olduğu gibi yaz dönemi günlük ortalama aktif enerji tüketiminde bir artış olmamış, aksine değişim gerçekleşmemiş denilebilecek kadar bir fark oluşmuştur. Bu işletmede kış döneminde 45.56 kWh, yaz döneminde 48.11 kWh günlük ortalama aktif enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Kış döneminde elde edilen süt miktarı başına birim enerji tüketimi 0.138 kWh/kg değeriyle en yüksek işletme ISUBÜ olmuştur. Yaz döneminde de bu değer büyük bir değişim göstermemiş ve 0.133 kWh/kg olarak kalmıştır. Fakat AKDÜ işletmesindeki HSF etkisinden dolayı yaz döneminde en yüksek değer AKDÜ işletmesinde görülmüştür. ISUBÜ işletmesinde kış döneminde 2.7, yaz döneminde ise 3.01 kWh/baş sağılan hayvan başına tüketilen enerji miktarı olarak bulunmuştur.

Farklı ülkelerde ve bu çalışmadaki incelenen büyükbaş süt sığırı yetiştiriciliği işletmelerindeki toplam aktif elektrik enerjisi tüketimine yönelik yapılan çalışmalara ait değerler Çizelge 5.2’de, SIST, SSM ve SST makinalarında 1 kg süte karşılık harcanan aktif enerji tüketimleri (kWh/kg) Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.2’ye göre AKDÜ işletmesi kış döneminde diğer ülkelerdeki tüketim değerlerinin tümünden daha düşük olurken, MAKÜ işletmesi ise İran’da gerçekleştirilen çalışma dışında tüm ülkelerden daha düşük birim enerji tüketim değeri göstermiştir. ISUBÜ işletmesi kış dönemi denemeleri ise sadece Danimarka, Finlandiya, Hollanda, İspanya, İsveç ve Yeni Zelanda’da elde edilen değerlerden daha düşük kalmıştır.

Yaz dönemi denemelerinde ise AKDÜ ve MAKÜ işletmelerindeki HSF etkisi sebebiyle bu sıralamalar değişmiştir. AKDÜ işletmesi kış dönemi İran, İtalya, İrlanda, Belçika, Almanya, İspanya ve Danimarka’dan daha yüksek tüketim değeri göstermiştir. MAKÜ işletmesi AKDÜ’den farklı olarak İspanya ve Danimarka dışındakilerden daha yüksektir. ISUBÜ ise AKDÜ’den farklı olarak sadece İspanya dışındaki ülkelerden daha yüksektir. Genel olarak incelenecek olursa çalışma boyunca gerçekleştirilen denemelerde elde edilen 1 kg süt elde edilmesi için harcanan birim enerjilerde AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmeleri Finlandiya, İsveç, Yeni Zelanda ve Hollanda ülkelerinden daha düşük tüketim değerleri görülmüştür.

Kış ve yaz olmak üzere iki farklı dönemde gerçekleştirilen çalışma sonucunda literatürde yer alan diğer ülkelere ait veriler ile karşılaştırmaların yapılabilmesi için dönemlerin ortalaması alınarak Çizelge 5.2’de birim süt başına enerji tüketimi (kWh/kg) değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre Türkiye’de İran, İtalya, İrlanda ve Belçika’dan daha verimsiz bir şekilde süt elde edilirken, İspanya, Danimarka, Finlandiya, İsveç, Yeni Zelanda ve Hollanda gibi birçok gelişmiş Avrupa ülkesine göre daha iyi olduğu söylenebilir.

Duman (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, üç büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılan işletme belirlenmiş Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında her ay birer işletmede olacak şekilde SSM ve SST makinalarında enerji tüketimleri kayıt altına alınmıştır. Sonuçlara göre işletmelerin sağmal hayvan başına ve 1 kg sağılan süt başına elektrik enerjisi tüketim değerleri A işletmesinde 0.046 kWh/kg ve 1.26 kWh/baş, B işletmesinde 0.075 kWh/kg ve 1.563 kWh/baş ve C işletmesinde 0.159 kWh/kg ve 2.624 kWh/baş olarak bulunmuştur. Mevcut AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmeleri denemeleri göz önüne alındığında, Türkiye’de gerçekleştirilen bu çalışma ile elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.2. Farklı ülkelerdeki süt sığırcılığı işletmelerinin bir kilogram süt eldesi için harcadığı elektrik enerjisi tüketimi yıllık ortalaması (kWh/kg)

Ülke	Enerji tüketimi (kWh/kg)	Kaynak
İran	0.07	Sefeedpari vd. 2014; Sefeedpari vd. 2015
İtalya	0.07	Todde vd. 2018a; Todde vd. 2018b
İrlanda	0.08	Upton vd. 2013
Belçika	0.09	Meul vd. 2007
Türkiye	0.10	MAKÜ (2024)
Türkiye	0.11	AKDÜ (2024)
Almanya	0.11	Kraatz 2012
Türkiye	0.14	ISUBÜ (2024)
İspanya	0.16	Hospido vd. 2003
Danimarka	0.18	Refsgaard vd. 1998
Finlandiya	0.19	Mikkola and Ahokas 2009
İsveç	0.20	Cederberg and Flysjö 2004
Yeni Zelanda	0.32	Hartman and Sims 2006
Hollanda	0.35	Thomassen vd. 2008

SIST, SSM ve SST açısından 1 kg süt elde edilmesi için harcanan birim enerji tüketimlerinin değerlendirildiği literatürdeki çalışmalar AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinin dönemler ortalaması ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.3). Çalışma kapsamındaki işletmelerin tümünde SIST değerleri, diğer ülkelere göre daha yüksektir. SSM için ise çalışmanın en düşük değeri olan MAKÜ'den sadece İrlanda ve İtalya'daki değerler daha düşüktür. SST'da ise çalışmanın en düşük tüketimine sahip MAKÜ işletmesi bile sadece Amerika, Finlandiya ve İsveç ülkelerindeki SST tüketim değerlerinden daha düşük kalmıştır. Bu durum ülkemizde özellikle ısıtma ve soğutma sistemlerinde verimsiz bir kullanım olduğunun göstergesidir.

Çizelge 5.3. Farklı ve ülkelerdeki çalışmaların SIST, SSM ve SST makinalarında birim süt için elektrik enerjisi tüketimleri yıllık ortalaması (kWh/kg)

Ülke	SIST (kWh/kg)	SSM (kWh/kg)	SST (kWh/kg)	Toplam (kWh/kg)	Kaynak
İtalya	-	0.011	-	0.011	Calcante vd. 2016
İtalya	0.003	0.008	0.010	0.021	Murgia vd. 2013
İrlanda	0.008	0.007	0.011	0.026	Shine vd. 2018
İrlanda	0.010	0.008	0.013	0.030	Upton vd. 2013
İrlanda	0.004	0.020	0.011	0.035	Shortall vd. 2018
İtalya	0.011	0.017	0.014	0.042	Todde vd. 2018
İsveç	0.005	0.023	0.017	0.045	Hörndahl 2008
Finlandiya	0.016	0.012	0.022	0.050	Rajaniemi vd. 2017
Türkiye	0.016	0.014	0.021	0.051	AKDÜ (2024)
Amerika	0.014	0.023	0.021	0.057	Edens vd. 2003
Türkiye	0.044	0.011	0.016	0.071	MAKÜ (2024)
Türkiye	0.072	0.016	0.021	0.109	ISUBÜ (2024)

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada Batı Akdeniz Bölgesinde yer alan AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ büyükbaş süt sığırcılığı işletmelerinde kış ve yaz dönemlerinde birer hafta boyunca enerji tüketim ve farklı parametreler üzerine ölçümler yapılmıştır. Enerji tüketim değerleri, düzensiz çalışan makinalar (SIST, SSM ve SST) için birer hafta boyunca gerçekleştirilirken, düzenli çalışan makinalar (GS, GP, GK, GSP, HSF ve HKF) için ise bir kez/tur/periyot tamamlanıncaya kadar gerçekleştirilmiştir. Enerji tüketim değerlerinin kaydına yönelik işlemlerin tümü dakikalık olarak gerçekleştirilmiştir. İşlemlerdeki birer hafta boyunca gerçekleştirilen ölçümler esnasında ahır içi tüm sağıım, yemleme ve bakım işlerinde çalışanlara eşlik edilmiş, işçilik süreleri ve yapılan işlemler kayıt altına alınmıştır.

Sağıım esnasında sağıım odasına giren ve sağıım başlangıcından bitişine kadar o grupta yer alan sağmal hayvanların sağıım süreleri ölçülmüş, işletmeler arası bu sürelerin farklılıkları istatistiki analiz ile değerlendirilmiştir. SST'na giriş yapan süt miktarı (kg), SST içindeki süt sıcaklığı (°C) ve ortam sıcaklığı (°C) sağıım süresi boyunca her dakika kayıt altına alınmıştır. Bu verilerden SST içinde bulunan sütün zamana bağlı sıcaklık ve ağırlık değişim grafikleri elde edilmiştir. Vakum pompasının çalışma süresi boyunca her 5 dakikada bir pompanın en sıcak bölgesi olan egzoz çıkış noktasında sıcaklık (°C) ölçümleri yapılmış, çalışma farklılıkları açısından işletmelerin değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen aktif enerji tüketim verileri, günlük sağmal hayvan sayısı ve sağılan süt miktarı çeşitli hesaplamalara tabi tutulmuştur. Bu hesaplamalar doğrultusunda farklı dönemlerdeki işletmelerin sağılan hayvan ve elde edilen süt miktarı başına birim enerji tüketimleri bulunmuştur.

Bu çalışmada, işletmeler ve dönemler arasında aynı makinaların enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır. En yüksek aktif enerji tüketimi, SIST için MAKÜ işletmesinde kış döneminde 63,572 Wh, SSM için 14,174 Wh, SST için ise yaz döneminde 30,655 Wh olarak belirlenmiştir. Düzenli çalışan makinalarda, ISUBÜ yaz döneminde 28.13 Wh ile en yüksek dakikalık tüketim GS için kaydedilmiş, bu durum makinanın hidrolik sistemindeki sorunlara bağlanmıştır. Makinaların düzenli bakımının ihmal edilmesi enerji tüketiminde artışa neden olduğu gibi mekanik performansı da olumsuz etkilemektedir.

GP ve GK makinaları için ISUBÜ işletmesindeki GP+GK birleşik makinası, diğer işletmelerdeki ayrı makinalarla karşılaştırılmıştır. GP+GK'nın enerji tüketimi, en düşük ayrı makinaların tüketiminden %12, en yüksek tüketimden ise %40 daha az bulunmuştur, bu da birleşik sistemin enerji açısından daha avantajlı olduğunu göstermektedir. GSP için işletmeler ve dönemler arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

HSF karşılaştırmalarında, AKDÜ işletmesinde kış ve yaz dönemleri arasında vantilatör tipinden helikopter tip ahır tavan fanına geçiş yapılmış, bu değişiklik toplam enerji tüketimini iki kat artırmıştır. En yüksek HSF tüketimi 162.86 Wh ile MAKÜ yaz döneminde kaydedilmiştir. HKF'lar arasında ise önemli bir fark gözlenmemiştir.

ISUBÜ işletmesi genelde en düşük enerji tüketimine sahip olmuştur. Bu durum, işletmede HSF bulunmaması ve sağmal hayvan sayısı ile süt miktarının diğer işletmelere göre düşük olmasından kaynaklanmıştır.

Araştırma bulguları, büyükbaş hayvancılık işletmelerinde enerji tüketiminin büyük ölçüde su ısıtıcılar, süt sağım makinaları ve süt soğutma sistemlerinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra, yeni geliştirilen hayvan serinletme fanlarının enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olduğu belirlenmiştir. Kış dönemi denemelerinde günlük enerji tüketimi (kWh), sağmal hayvan başına enerji tüketimi (kWh/baş) ve sağılan süt başına enerji tüketimi (kWh/kg) değerleri AKDÜ işletmesinde sırasıyla 52.69 kWh, 0.99 kWh/baş ve 0.044 kWh/kg; MAKÜ işletmesinde 106.98 kWh, 2.42 kWh/baş ve 0.083 kWh/kg; ISUBÜ işletmesinde ise 48.56 kWh, 2.70 kWh/baş ve 0.138 kWh/kg olarak ölçülmüştür. Kış döneminde AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinde süt verimleri sırasıyla 22.51, 29.23 ve 19.56 kg/baş, yaz döneminde ise aynı sırayla 19.17, 29.06 ve 22.56 kg/baş değerleri elde edilmiştir.

Yaz dönemi denemelerinde ise bu değerler AKDÜ işletmesinde 146.26 kWh, 3.37 kWh/baş ve 0.176 kWh/kg; MAKÜ işletmesinde 194.71 kWh, 3.51 kWh/baş ve 0.121 kWh/kg; ISUBÜ işletmesinde 48.11 kWh, 3.01 kWh/baş ve 0.133 kWh/kg olarak kaydedilmiştir. Birim süt başına tüketilen aktif enerji açısından, kış döneminde en düşük ve yaz döneminde en yüksek AKDÜ işletmesinde görülmüştür. İşletmeler arasında en düzenli ve çalışma gruplarına göre yeterince personeli olan işletmenin MAKÜ olduğu, en yetersiz ve el işçiliğinin fazla kullanıldığı ise AKDÜ olarak görülmektedir.

AKDÜ işletmesinde kış dönemine göre değiştirilerek yaz döneminde farklı kullanılan HSF'ları 2 kat daha fazla aktif enerji tüketmektedir. Bu makinaların özellikle yaz mevsiminde uzun süre çalıştığı düşünüldüğünde, işletmenin toplam tüketiminde büyük bir paya sahip olduğuna dikkat çekilmektedir.

SST sıcaklık ve ağırlık değişimleri incelendiğinde, tank içerisinde soğutulmuş bir halde süt bulunması sağım başladığında tanka anlık giriş yapan sütün, boş olan tanktaki durumuna göre daha hızlı soğumasını ve dolayısıyla daha az enerji tüketimini sağlamaktadır. Bu durum enerji tüketimini azaltsa da tank içerisinde sürekli bir süt olması bozulma ve kontaminasyonlara sebep olacağından dolayı çok mümkün görünmemektedir. Tank kapasitesi ve soğutma sınıfı gibi kriterlerin sütün soğutulma süresini doğrudan etkilediği tespit edilmiştir.

AKDÜ işletmesinde SIST'nın diğer işletmelere göre saatlik enerji tüketim ortalamalarından farklı olarak SST ve SSM'nin çalışmasından yaklaşık 2 saat sonra devreye girdiği görülmüştür. Bu durum AKDÜ işletmesinde sağım süresinin diğer işletmelere göre daha uzun sürmesi ve sağım sonrası yapılan çevre temizliğinde SIST deposunda hazır halde bulunan sıcak suyun kullanılarak tüketilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Depodaki su tüketildikten sonra sisteme giriş yapan yeni soğuk suyun rezistans vasıtasıyla ısıtılmasından dolayı SIST enerji tüketiminin yükselmeye başladığı an SSM ve SST'dan yaklaşık 2 saat sonra gerçekleşmiştir.

MAKÜ işletmesinde kış döneminde 0.083 kWh/kg olan tüketilen aktif enerji, yaz döneminde %46'lık bir artış göstererek 0.121 kWh/kg değerine ulaşmıştır. HSF'nın yaz döneminde çalışması bu artışın en büyük sebeplerinden birisi olurken, aynı şekilde yaz döneminde ortam sıcaklığına bağlı olarak SST çalışma süresinde belirgin artışlar görülmüştür. Bu sebeple kış döneminden farklı olarak yaz döneminde birim tüketimde artışlar olmuştur.

Elde edilen süt miktarı başına tüketilen enerji açısından işletmeler incelendiğinde kış döneminde 0.138 kWh/kg ile ISUBÜ yaz döneminde ise 0.176 kWh/kg ile AKDÜ işletmeleri en verimsiz işletmeler olarak görülmektedir. En verimli işletmeler ise kış döneminde 0.044 kWh/kg ile AKDÜ, yaz döneminde ise 0.121 kWh/kg ile MAKÜ işletmeleri olmuştur. Dönemler arası bu farklılıkların makinaların çevre havası sıcaklıklarından etkilendiği ve buna bağlı olarak kullanılan HSF'nın tüketim değerlerinin toplam tüketimi büyük oranda etkilediği ortaya çıkmıştır.

SIST, SSM ve SST günlük ortalama aktif tüketim değerleri incelendiğinde, SSM'nın bu makinaların toplam tüketimleri arasında yüzdesel olarak dönemlere bağlı değişmediği görülmektedir. Bu durumda SSM'nın ortam sıcaklığına bağlı olarak toplam enerji tüketiminin değişmediği sonucuna ulaşılabilir. Vakum pompalarının çalıştığı çevre havasının sıcaklığına bağlı olarak enerji tüketiminde artış veya azalış yaşamadığı, bu durumun toplam tüketimde aktif bir role sahip olmadığı söylenebilir.

SIST, SSM ve SST için birim süt üretimine karşılık tüketilen aktif enerji değerleri incelendiğinde, SSM için diğer ülkelerdeki yapılan çalışmalara yakın veya daha verimli olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Ancak SIST ve SST gibi ısıtma ve soğutma sistemlerinde diğer ülkelerdeki makinalara göre verimsiz bir üretime sahip olduğu ve buradaki tüketimlerin toplam tüketimi etkilemesinden dolayı genel olarak birim süt elde edilmesinde tüketilen enerji açısından ülkemizin daha verimsiz olduğu söylenebilir. Büyükbaş süt sığırı yetiştiriciliği işletmelerinde ısıtma ve soğutma sistemlerinin verimlerini artırmaya ve makinaların işlevlerinin değiştirilmeden veya daha da iyileştirilerek toplam tüketimlerinin düşürülmesine yönelik çalışmalar yapılmasının önem taşıdığı görülmektedir. Ayrıca SIST ve SST gibi ısıtma ve soğutma işlemleri gerçekleştiren makinaların çevre havası sıcaklıklarından ve içinde soğuk halde bulunan süt miktarından doğrudan etkilendiği görülmektedir.

Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) göz önüne alınacak olursa, genel potansiyel görünümü ve aylık ortalama global radyasyon dağılımı Batı Akdeniz Bölgesinde yer alan üç işletme içinde ülke ortalamasının üzerindedir. İncelenen üç işletmenin ahır çatıları güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için elverişlidir. Hatta yem depolarının çatıları da düşünülürse, bu işletmelerin güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak elde edecekleri elektrik enerjisinin depolanarak kullanılması birim süt elde edilmesinde kullanılan elektrik enerjisini azaltma yönünde büyük katkılar sağlayacaktır.

Büyükbaş süt sığırcılığı işletmelerinde ortaya çıkan gübrenin yönetilmesi en büyük problemlerden birisidir. Bu işletmelerde kurulacak bir biyogaz tesisi ile gübrenin bir sorun olmaktan çıkıp elektrik enerjisi üretiminde kullanılmak üzere talep gören bir ürün haline gelmesi kaçınılmazdır. Bu durum işletme içerisinde büyük bir sorunu ortadan kaldıracağı gibi, elde edilen elektrik enerjisi işletme içerisinde kullanılabilir ve birim süt eldesindeki toplam enerji tüketimini düşüreceğinden dolayı işletmenin karlılığını artıracaktır. Ayrıca biyogaz tesisindeki işlemlerden sonra ortaya çıkan ürünün bitkisel üretimde kullanılabilecek bir gübre olması da işletme için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik edici unsurlardan bir tanesidir.

Denemeler boyunca tüm işletmelerde yapılan yerinde gözlem ve inceleme çalışmalarında sağım esnasında son grupta sağım için yer alan hayvanların sağım odasını tam olarak doldurmadığı ve vakum pompasının bu süre zarfında da yine tam kapasitede çalıştığı tespit edilmiştir. Yine sağım gruplarının değişiminde yeni grupların sağım odasına girmesi süresince vakum pompası tam kapasite çalışmaya devam etmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda da görülmektedir ki bu durum bir inverter yardımıyla vakum pompasının değişken devirli olarak kullanılabilmesi ve elektronik bir vakum basıncı ölçümü ile değişen vakum ihtiyacına göre ayarlanabilmektedir. İşletmelerde gerçekleştirilecek bu sistem ile vakumun gerekli olmadığı veya daha düşük kapasitede gerekli olduğu durumlarda daha düşük enerji tüketimlerinin elde edilmesi mümkündür. Ayrıca sağımın sona ermesine rağmen sağım görevlilerinin vakum pompasını durdurmadan önce çevre temizliği işlemlerine başladığı görülmüştür. Genel olarak vakum pompasının çalıştırıldığı ve sağımın başlatıldığı kumanda kontrol panoları genellikle SST'nın bulunduğu sağım odası dışında ayrı bir alana konumlandırılmaktadır. Bu durumda çalışanlar sağım odasındaki işlemleri tamamlamadan genellikle oradan ayrılmayı tercih etmemiş ve bu durumda gerek olmamasına rağmen vakum pompaları her sağım sonrası 5-10 dakika arası fazladan çalışmaya devam etmiştir. Sağımcı platformundaki aktarma grubu panoları ile birlikte vakum pompasının kapatılıp açılabilmesi bir sistem geliştirilmesi, her sağım sonrası vakum pompalarının gereksiz çalışmasının önüne geçecektir.

HSF'nın genellikle bir sıcaklık sensörüne bağlı olarak çalıştığı veya durduğu tespit edilmiştir. Geliştirilecek bir sistem ve inverter vasıtasıyla bu fanların kademeli olarak çalıştırılması, devirlerinin çevre havası sıcaklığına bağlı değişkenlik gösterecek şekilde ayarlanması büyük bir enerji tasarrufuna yol açacaktır. Ayrıca yine gübre mekanizasyonunda özellikle gübre pompaları ve gübre karıştırıcıların bir inverter yardımıyla kademeli olarak çalışması anlık maksimum güç değerlerinde düşüşlere yol açacak ve kademeli yükselme ile enerji tasarrufları meydana gelecektir.

İncelenen 3 işletmede de SIST, SSM ve SST için indüktif ve kapasitif tüketimlerde düzensizliklere rastlanmıştır. Bu düzensizlikler enerji tüketiminde verimsizliklere sebep olmaktadır. Sistemlerde kullanılabilecek kapasitörler ile bu tüketim değerlerinin daha dengeli hale getirilmesi enerji verimliliğini artıracaktır.

Barınaklarda yer alan mekanizasyon sistemlerinde bahsedilen problemlerin iyileştirilmesi, tamir/bakım/onarım işlemlerinin yerinde ve zamanında gerçekleştirilmesi, makinaların düzenli çalışmasını ve dolayısıyla daha verimli bir enerji tüketimi sağlayacaktır.

Yapılan tavsiye ve öneriler doğrultusunda elde edilen süt miktarında bir değişiklik görülmeyeceği, hayvanların yaşam kalitesini etkileyecek herhangi bir olumsuzluğa rastlanmayacağı ve toplam tüketilen aktif enerjide düşüşler elde edileceği öngörülmektedir. Bu durum işletmelerin birim süt elde edilmesinde tüketilen aktif enerji miktarını doğrudan etkileyeceğinden işletmelerin verimliliğini artıracaktır.

7. KAYNAKLAR

- Akar Çıkrıkçı, C. 2019. Türkiye’de robotik sağım sistemiyle çalışan işletmelerin sürü yönetim performans değerlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 13-18 s.
- Akbaş, T., Çetin, M. ve Hacıyusufoğlu, A.F. 2018. Bazı sabit süt sağım tesislerinde kullanılan vakum pompalarının kurulu elektrik gücünün incelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 14: 294-301.
- Akdeniz, M. ve Kılıçkan, A. 2018. Küçük ölçekli işletmeler için elektrikli kendi yürür yem karma ve dağıtma makinesinin bilgisayar destekli tasarımı. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (2): 17-23.
- Aksoy, A., Terin, M. ve Keskin, A. 2012. Türkiye süt sığırcılığında ıslah ve destekleme politikalarının bölgesel etkileri üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43 (1): 59-64.
- Akyol, N. 2013. Sıvı hayvan gübresinin pamuk tarımında üst gübre olarak kullanılabilirliği ve uygun doz araştırması. Yüksek Lisans tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 7-11 s.
- Altuntaş, E. 2016. Türkiye ‘nin tarımsal mekanizasyon düzeyinin coğrafik bölgeler açısından değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4 (12): 1157-1164.
- Anonim 1: <https://www.tdiosb.com/tdiosb-haritasi/> [Son erişim 01.01.2025]
- Anonim 10: <https://www.ent.es.com.tr/es3-80lse/> [Son erişim 01.01.2025]
- Anonim 2: <https://www.lely.com/tr/cozumler/sagim/astronaut-a5/> [Son erişim 01.01.2025]
- Anonim 3: <https://celikkaleli.com/urunlerimiz/> [Son erişim 01.01.2025]
- Anonim 4: <https://www.met-farm.com/suru-yonetim-yazilimi/> [Son erişim 01.01.2025]
- Anonim 5: <https://fimaks.com/yem-karma-makineleri/> [Son erişim 01.01.2025]
- Anonim 6: <https://www.lely.com/solutions/feeding/juno/> [Son erişim 01.01.2025]
- Anonim 7: <https://milknroll.com/tr/> [Son erişim 01.01.2025]
- Anonim 8: <https://e-y-s.com/tr/urunler-sektorler/> [Son erişim 01.01.2025]
- Anonim 9: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorelere-gore-toplam-seragazi-emisyonlari-i-101864> [Son erişim 01.01.2025]
- Apaydın, E. 2010. Malkara bölgesinde uygulanan süt sağım ve soğutma mekanizasyon zincirleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 30-36 s.
- Appleman, R.D. and Micke, C.F. 1973. Relationships of milking systems to adequacy of milking. *Journal of Dairy Science*, 56 (11): 1450-1458.
- Arslan, M. 2016. Antalya sahil koşullarında silajlık sorgum yetiştiriciliğinde organik gübrelemenin etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 9 (2): 1-5.

- Atasever, S. ve Erdem, H. 2008. Süt sığırlarında mastitis ile sütün elektriksel iletkenliği arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 23 (2): 131-136.
- Atılğan, A., Erkan, M., Saltuk, B. ve Alagöz, T. 2006. Akdeniz Bölgesindeki hayvancılık işletmelerinde gübrenin yarattığı çevre kirliliği. *Ekoloji*, 15 (58): 1-7.
- Ayık, M. 1983. Süt inekçiliği işletmelerinde elektrik enerjisi gereksinimi. *MPM-Verimlilik*, 4: 15-34.
- Bahadır, M. 2024. Vidalı pres tipi ahır gübresi separatörlerinde helezon aşınmalarının belirlenmesi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 69-78 s.
- Bahtiyar, K. 2014. Kırsal kalkınma uygulamaları üzerine bir değerlendirme: TKDK (Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu) örneği. *Sosyal ekonomik araştırmalar dergisi*, 14 (28): 306-324.
- Bailey, J.A., Gordon, R., Burton, D. and Yiridoe, E.K. 2008. Energy conservation on Nova Scotia farms: Baseline energy data. *Energy*, 33 (7): 1144-1154.
- Barkema, H.W., Schukken, Y.H. and Zadoks, R.N. 2006. Invited review: The role of cow, pathogen, and treatment regimen in the therapeutic success of bovine *Staphylococcus aureus* mastitis. *Journal of dairy science*, 89 (6): 1877-1895.
- Başaran, A., Yılmaz, T., Azgın, Ş.T. ve Çivi, C. 2021. Comparison of drinking milk production with conventional and novel inductive heating in pasteurization in terms of energetic, exergetic, economic and environmental aspects. *Journal of Cleaner Production*, 317: 128280.
- Bava, L., Zucali, M., Sandrucci, A., Brasca, M., Vanoni, L., Zanini, L. and Tamburini, A. 2011. Effect of cleaning procedure and hygienic condition of milking equipment on bacterial count of bulk tank milk. *Journal of dairy research*, 78 (2): 211-219.
- Besier, J., Lind, O. and Bruckmaier, R.M. 2016. Dynamics of teat-end vacuum during machine milking: types, causes and impacts on teat condition and udder health—a literature review. *Journal of Applied Animal Research*, 44 (1): 263-272.
- Bhoj, S., Dhatarwal, P., Harini, K.R., Thakur, R., Bhardwaj, S., Tarafdar, A., Pandey, H.O., Gaur, G.K. and Singh, M. 2024. Mechanization of livestock farms. In: Tarafdar, A., Pandey, A., Gaur, G.K., Singh, M. and Pandey, H.O. (Ed.), *Engineering Applications in Livestock Production*. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, pp. 207-242.
- Bijl, R., Kooistra, S.R. and Hogeveen, H. 2007. The profitability of automatic milking on Dutch dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 90 (1): 239-248.
- Bollen, M. H. J., and Hassan, F. 2011. Integration of distributed generation in the power system. John Wiley & Sons, 141-365 s.
- Boyacı, S., Akyüz, A. ve Kükürtcü, M. 2011. Büyükbaş hayvan barınaklarında gübrenin yarattığı çevre kirliliği ve çözüm olanakları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1): 49-55.
- Boyar, İ. ve Ertekin, C. 2023. Büyükbaş hayvan yetiştiriciliği işletmelerinin enerji kullanımlarının ve bazı mekanizasyon özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27 (2): 228-238.

- Boz, M., Çarman, K. ve Özbek, O., 2010. Çiftlik gübresi dağıtma makinalarında bazı yapısal ve işletme özelliklerinin iş kalitesine etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24 (2): 40-44.
- Braun, S., Ilberg, V., Blum, U. and Langowski, H.C. 2020. Nanosilver in dairy applications–antimicrobial effects on *Streptococcus thermophilus* and chemical interactions. *International Journal of Dairy Technology*, 73 (2): 376-383.
- Britt, J.H., Cushman, R.A., Dechow, C.D., Dobson, H., Humblot, P., Hutjens, M.F., Jones, G.A., Mitloehner, F.M., Ruegg, P.L., Sheldon, I.M. and Stevenson, J.S. 2021. Perspective on high-performing dairy cows and herds. *Animal*, 15: 100298.
- Bulut, A. 2023. Türkiye’de enerji ve malzeme verimliliği konusunda gerçekleştirilen çalışmalar araştırma raporu. https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/edk/enerji_son_surum.pdf [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Burgers, E.E.A., Kok, A., Goselink, R.M.A., Hogeveen, H., Kemp, B. and Van Knegsel, A.T.M. 2021. Fertility and milk production on commercial dairy farms with customized lactation lengths. *Journal of dairy science*, 104 (1): 443-458.
- Burkholder, J., Libra, B., Weyer, P., Heathcote, S., Kolpin, D., Thorne, P.S. and Wichman, M. 2007. Impacts of waste from concentrated animal feeding operations on water quality. *Environmental health perspectives*, 115 (2): 308-312.
- Burton, C.H. 2007. The potential contribution of separation technologies to the management of livestock manure. *Livestock Science*, 112 (3): 208-216.
- Butler, D., Holloway, L. and Bear, C. 2012. The impact of technological change in dairy farming: robotic milking systems and the changing role of the stockperson. *Journal of the Royal Agricultural Society of England*, 173 (622), 1.
- Büyüktaş, K., Atılğan, A. ve Tezcan, A. 2016. Tarımsal üretim yapıları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 101, Ders Kitabı, Isparta, 99-206 s.
- Caja, G., Castro-Costa, A. and Knight, C.H. 2016. Engineering to support wellbeing of dairy animals. *Journal of Dairy Research*, 83 (2), 136-147.
- Calcante, A., Tangorra, F.M. and Oberti, R. 2016. Analysis of electric energy consumption of automatic milking systems in different configurations and operative conditions. *Journal of Dairy Science*, 99 (5): 4043-4047.
- Campana, P.E., Li, H. and Yan, J. 2013. Dynamic modelling of a PV pumping system with special consideration on water demand. *Applied energy*, 112: 635-645.
- Capper, J.L., Cady, R.A. and Bauman, D.E. 2009. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of animal science*, 87 (6): 2160-2167.
- Castro, A., Pereira, J.M., Amiama, C. and Bueno, J. 2012. Estimating efficiency in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 95 (2): 929-936.

- Cederberg, C. and Flysjo, A. 2004. Life cycle inventory of 23 dairy farms in South-Western Sweden. https://pdfs.semanticscholar.org/b930/2a75bd2a17e4398ca3c880927b7924d66911.pdf?_ga=2.226958749.1090255613.1575905885-2041938671.1575905885 [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Čėsna, J., Medvedskyi, O., Golub, G. and Kukharets, S. 2017. The estimation of the structural elements of conductivity of the vacuum system of a portable milking machine. Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development, pp. 237-242, 23-24 November, Aleksandras Stulginskis University, Lithuanian.
- Chaomuang, N., Flick, D., Denis, A. and Laguerre, O. 2019. Influence of operating conditions on the temperature performance of a closed refrigerated display cabinet. *International Journal of Refrigeration*, 103: 32-41.
- Chiumenti, A., Da Borso, F., Pezzuolo, A., Sartori, L. and Chiumenti, R. 2018. Ammonia and greenhouse gas emissions from slatted dairy barn floors cleaned by robotic scrapers. *Research in Agricultural Engineering*, 64 (1): 26-33.
- Cicek, H., Cevger, Y. and Tandoğan, M. 2008. Socio-economic factors affecting the level of adoption of innovations in dairy cattle enterprises. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 55 (3): 183-187.
- Claesson, O. 1978. Modern aspects of milk production with special reference to the milking machine. *Bulletin, International Dairy Federation*, 108: 10-16.
- Conte, G., Ciampolini, R., Cassandro, M., Lasagna, E., Calamari, L., Bernabucci, U. and Abeni, F. 2018. Feeding and nutrition management of heat-stressed dairy ruminants. *Italian Journal of Animal Science*, 17 (3): 604-620.
- Cook, N.B., Bennett, T.B. and Nordlund, K.V. 2004. Effect of free stall surface on daily activity patterns in dairy cows with relevance to lameness prevalence. *Journal of dairy science*, 87 (9): 2912-2922.
- Çak, M. ve Yavuz, E. 2023. Türkiye’de tarım sektörüne yönelik vergisel kolaylıkların sosyo-ekonomik açıdan incelenmesi ve gıda güvenesi bağlamında değerlendirilmesi. *Maliye Çalışmaları Dergisi*, (69): 49-69.
- Çobanoğlu, F., Cankurt, M., Tunalioglu, R., Yılmaz, H.İ. ve Nalbantoğlu, A. 2017. Kırsal kalkınma yatırımlarının desteklenmesi programının etkisinin değerlendirilmesi: Bursa ili örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (1): 16-27.
- De Koning, C.J.A.M. 2010. Automatic milking—common practice on dairy farms. The First North American Conference on Precision Dairy Management, pp. 1-16, 2-5 March, Toronto, Canada.
- De Souza, J., Prom, C.M. and Lock, A.L. 2021. Altering the ratio of dietary palmitic and oleic acids affects nutrient digestibility, metabolism, and energy balance during the immediate postpartum in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104 (3): 2910-2923.
- De Vries, A., Kaylegian, K.E. and Dahl, G.E. 2020. Milk Symposium review: Improving the productivity, quality, and safety of milk in Rwanda and Nepal. *Journal of dairy science*, 103 (11): 9758-9773.

- Dekebo, D. and Kebede, I.A. 2023. Review on dairy cattle production in Ethiopia. *Mathews Journal of Veterinary Science*, 7 (4): 1-17.
- Demir, C., Gönülol, E. ve Ülger, P. 2012. Merkezi köy süt sağım tesislerinin uygulanabilirliği. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8 (1): 13-18.
- Demirbaş, A. 2001. Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey. *Energy conversion and Management*, 42 (10): 1239-1258.
- Demircan, V., Ekinici, K. and Keener, H.M. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. *Energy Conversion and Management*, 47 (13-14): 1761-1769.
- DeVries, T.J., Von Keyserlingk, M.A.G. and Weary, D.M. 2004. Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 87 (5): 1432-1438.
- Dew, J.J., Jack, M.W., Stephenson, J. and Walton, S. 2021. Reducing electricity demand peaks on large-scale dairy farms. *Sustainable Production and Consumption*, 25: 248-258.
- Dimov, D., Marinov, I. and Penev, T. 2020. Risk working conditions in dairy cattle farming-a review. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26: 72-77.
- Doğan, A. 2009. Ekonomik gelişme sürecine tarımın katkısı: Türkiye örneği. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9 (17): 365-392.
- Duman, A. 2014. Süt sağım mekanizasyonunda enerji maliyetlerinin ve enerji verimliliğini etkileyen unsurların saptanması üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 1-18 s.
- Duman, A., Gönülol, E., Ülger, P. and Demir, C. 2013. Determination of dairy cattle farm energy utilization index in Turkey. 5. International Conference of Energy Efficiency & Agricultural Engineering, ss.1-5, 5-7 September, Angel Kanchev University, Ruse, Bulgaria.
- Eastwood, C.R., Jago, J.G., Edwards, J.P. and Burke, J.K. 2015. Getting the most out of advanced farm management technologies: roles of technology suppliers and dairy industry organisations in supporting precision dairy farmers. *Animal Production Science*, 56 (10): 1752-1760.
- Eckelkamp, E.A. 2019. Invited review: current state of wearable precision dairy technologies in disease detection. *Applied Animal Science*, 35 (2): 209-220.
- Edens, W.C., Pordesimo, L.O., Wilhelm, L.R. and Burns, R.T. 2003. Energy use analysis of major milking center components at a dairy experiment station. *Applied Engineering in agriculture*, 19 (6): 711-716.
- EI, 2023. Energy Institute. Statistical Review of World Energy Report 2023. <https://www.energyinst.org/statistical-review> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Ekmekyapar, T. 2001. Tarımsal Yapılar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları: 204, Ders Kitabı, Erzurum, 1-80 s.

- Eren, Z. 2012. Kırsal alanda yaşayan bireylerin rüzgâr enerji santralleri hakkındaki düşünceleri: Hatay İli örneği. Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 1-22 s.
- Erkan, M. 2005. Mersin yöresindeki büyükbaş hayvancılık tesislerinin mevcut durumu ve bu tesislerde ortaya çıkan atıkların yarattığı çevre kirliliği üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 50-56 s.
- FAO, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural production statistics. [https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/agricultural-production-statistics-\(2000-2022\)/en](https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/agricultural-production-statistics-(2000-2022)/en) [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- FAO, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- FAO, 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical yearbook world food and agriculture 2023. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6e04f2b4-82fc-4740-8cd5-9b66f5335239/content> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- FAO, 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical yearbook world food and agriculture 2024. <https://openknowledge.fao.org/items/dd3c0623-484c-4ef9-90aa-e91e2b44219f> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Fernandes, J.N., Hemsworth, P.H., Coleman, G.J. and Tilbrook, A.J. 2021. Costs and benefits of improving farm animal welfare. *Agriculture*, 11 (104), 1-14.
- Ferreira, F.J., Fong, J.A. and de Almeida, A.T. 2010. Ecoanalysis of variable-speed drives for flow regulation in pumping systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58 (6): 2117-2125.
- Finneran, E., Crosson, P., O'kiely, P., Shalloo, L., Forristal, D. and Wallace, M. 2012. Stochastic simulation of the cost of home-produced feeds for ruminant livestock systems. *The Journal of Agricultural Science*, 150 (1): 123-139.
- Fogsgaard, K.K., Bennedsgaard, T.W. and Herskin, M.S. 2015. Behavioral changes in freestall-housed dairy cows with naturally occurring clinical mastitis. *Journal of dairy science*, 98 (3): 1730-1738.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D.P.M. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478 (7369): 337-342.
- Fregonesi, J.A., Tucker, C.B. and Weary, D.M. 2007. Overstocking reduces lying time in dairy cows. *Journal of dairy science*, 90 (7): 3349-3354.
- Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C., Cullen, B., Tongson, E., Chauhan, S.S. and Dunshea, F.R. 2020. Artificial intelligence applied to a robotic dairy farm to model milk productivity and quality based on cow data and daily environmental parameters. *Sensors*, 20 (10): 2975.

- Garnsworthy, P.C., Saunders, N. and Goodman, J.R. 2024. Evaluation of a novel palm-free fat supplement to reduce the carbon footprint of diets for dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 116012: 1-11.
- Gerber, P.J., Hristov, A.N., Henderson, B., Makkar, H., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A.T., Yang, W.Z., Tricarico, J.M., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J. and Oosting, S. 2013. Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal*, 7 (s2): 220-234.
- Getachew, T., Haile, A., Tibbo, M., Sharma, A.K., Sölkner, J. and Wurzinger, M. 2010. Herd management and breeding practices of sheep owners in a mixed crop-livestock and a pastoral system of Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (8): 685-691.
- Globin, A., Nesmiyan, A., Krasnov, I., Scherbakov, A., Vanzha, V. and Akhtyamova, L. 2024. Improving the operation process of a vane type vacuum pump for milking machines. E3S Web of Conferences, X International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024), (Vol. 548, p. 01025), 12 July, EDP Sciences Online.
- Glover, J. D. D., and Sarma, M. S. 2001. Power system analysis and design. Brooks/Cole Publishing Company, US, 1-150 s.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, J., Thomas, S.M. and Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327 (5967): 812-818.
- Goliński, P., Sobolewska, P., Stefańska, B. and Golińska, B. 2022. Virtual fencing technology for cattle management in the pasture feeding system—a review. *Agriculture*, 13 (1): 91.
- Göksu, E. 2012. Bezelye (*Pisum Sativum* L.)’de kimyasal, organik ve mikrobiyal gübrelemenin verim ve verim özelliklerine etkileri. Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 26 s.
- Gönüloğlu, E. 1998. Trakya bölgesinde kullanılan sağım makinalarının sağım performanslarının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi üzerinde bir araştırma. Doktora tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 58-69 s.
- Gönüloğlu, E. ve Aktaş, T. 2011. Süt sığırcılığında elektrik enerjisi maliyetini düşürme yolları. Hayvancılık grubu bölge bilgi alışveriş toplantısı bildirileri, ss. 1, 26-29 Nisan, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Balıkesir.
- Griffiths, M.W. 2009. Microbiologically safe foods. In: Heredia, N., Wesley, I. and García, S. (Ed.), Part III: Food safety issues and the microbiology of milk and dairy products, John Wiley & Sons, Inc. pp 147-167.
- Grönroos, J., Seppälä, J., Voutilainen, P., Seuri, P. and Koikkalainen, K. 2006. Energy use in conventional and organic milk and rye bread production in Finland. *Agriculture, ecosystems & environment*, 117 (2-3): 109-118.
- Grundulis, A.O. and Moskvina, G.A. 1988. Theoretical substantiation of the efficient utilization of biological heat in the process of milking and cooling milk on farms and complexes. *Trudy Latvijskoj Sel'skokhozyajstvennoj*, 251: 75-90.

- Günhan, T., Demir, V. ve Bilgen, H. 2006. Çiftlik tipi süt soğutma tanklarının performans değerlerinin deneysel olarak belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2 (4): 369-379.
- Güven, O. ve Yavuz, F. 2020. Büyükbaş hayvancılık sektöründe üretici profili ve işletme yapısı: TRA2 Bölgesi örneği. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9 (1): 81-92.
- Güzel, M. 2016. Kahramanmaraş ili süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal ve mekanizasyon özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 24 s.
- Hansen, N.P., Kristensen, T., Johansen, M., Wiking, L., Poulsen, N.A., Hellwing, A.L.F., Foldager, L., Jensen, S.K., Larsen, L.B. and Weisbjerg, M.R. 2022. Effects on feed intake, milk production, and methane emission in dairy cows fed silage or fresh grass with concentrate or fresh grass harvested at early or late maturity stage without concentrate. *Journal of Dairy Science*, 105 (10): 8036-8053.
- Harner, J.P. and Smith, J.F. 2008. Low-profile cross-ventilated freestall facilities—A 2 year summary. Proceeding of the 2008 High Plains Dairy Conference. Albuquerque: High Plains Dairy Conference, pp. 65-78, 31 July, Online.
- Hartman, K. and Sims, R.E. 2006. Saving energy on the dairy farm makes good sense. In Proceedings of the 4th Dairy3 Conference held at Hamilton New Zealand. Centre for Professional Development and Conferences, Massey University, Palmerston North, New Zealand, pp. 11-22.
- Hayırlı, A. 2024. Süt Sığırcılığında Yemleme Yönetimi. <https://www.tarimorman.gov.tr/HAYGEM/Belgeler/Hayvanc%C4%B1%C4%B1k/B%C3%BCy%C3%BCkba%C5%9F%20Hayvanc%C4%B1%C4%B1k/S%C3%BCt%20S%C4%B1%C4%9F%C4%B1rc%C4%B1%C4%B1%C4%9F%C4%B1nda%20Yemleme%20Y%C3%B6netimi.pdf> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Hecker, E. and Laub, A. 1953. ABC des Maschinenmelkens. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 56.
- Heikkilä, A.M., Vanninen, L. and Manninen, E. 2010. Economics of small-scale dairy farms having robotic milking. Proceedings of the First North American Conference on precision dairy management, pp. 1-2, 2-5 March, Toronto, Canada.
- Herrero, M. and Thornton, P.K. 2013. Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (52): 20878-20881.
- Hogan, C., Kinsella, J., O'Brien, B., Markey, A. and Beecher, M. 2022. Estimating the effect of different work practices and technologies on labor efficiency within pasture-based dairy systems. *Journal of Dairy Science*, 105 (6): 5109-5123.
- Hogeveen, H., Ouweltjes, W. C.J.A.M., De Koning, C.J.A.M. and Stelwagen, K. 2001. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Livestock production science*, 72 (1-2): 157-167.
- Hospido, A., Moreira, M.T. and Feijoo, G. 2003. Simplified life cycle assessment of Galician milk production. *International Dairy Journal*, 13 (10): 783-796.

- Höhendinger, M., Krieg, H.J., Dietrich, R., Rauscher, S., Hartung, C., Stumpfenhausen, J. and Bernhardt, H. 2023. Requirements and economic implications of integrating a PV-Plant-Based energy system in the dairy production process. *AgriEngineering*, 5 (4): 2196-2215.
- Hörndahl, T. 2008. Energy use in farm buildings. Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science, Alnarp, 5-38 s.
- Hulsen, J. 2005. Cow signals: a practical guide for dairy farm management. Roodbont Publishers, Netherlands, 96 p.
- IEA, 2023. International Energy Agency. World Energy Outlook 2023. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- IEEE PES. 2023. Understanding reactive power and power factor correction. <https://www.ieee-pes.org> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- IPCC, 2007. Climate change 2007. The physical science basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.slvwd.com/sites/g/files/vyhlif1176/f/uploads/item_10b_4.pdf [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Işık, E. ve Ünal, H. 2003. Yerli yapım süt sağma makinasının performans değerlerinin saptanması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (1): 79-93.
- İçöz, Y. 2004. Bursa ili süt sığırcılık işletmelerinde karlılık ve verimlilik analizi. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü 2004 Raporu. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/Yay%C4%B1n%20Ar%C5%9Fivi/1997-2005%20Yay%C4%B1n%20Ar%C5%9Fivi/Yay%C4%B1nNo116.pdf> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Jacobs, J.A. and Siegford, J.M. 2012. Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of dairy science*, 95 (5): 2227-2247.
- Jiang, B., Tang, W., Cui, L. and Deng, X. 2023. Precision livestock farming research: a global scientometric review. *Animals*, 13 (13): 2096.
- Johansen, M., Prestløkken, E., Giagnoni, G., Maigaard, M., Wang, M., Lund, P. and Weisbjerg, M.R. 2024. Effect of dairy cows' yield index on the effect of enteric methane reducing dietary treatments. Proceedings of the 12th Nordic Feed Science Conference, pp. 35-37, 18-19 June, Swedish University, Uppsala, Sweden.
- Jorgensen, M.W., Adams-Progar, A., De Passille, A.M., Rushen, J., Godden, S.M., Chester-Jones, H. and Endres, M.I. 2017. Factors associated with dairy calf health in automated feeding systems in the Upper Midwest United States. *Journal of Dairy Science*, 100 (7): 5675-5686.
- Jurkovich, V., Hejel, P. and Kovács, L. 2024. A review of the effects of stress on dairy cattle behaviour. *Animals*, 14 (14): 2038.

- Kanzler, M., Böhm, C., Domin, T. and Freese, D. 2021. Energy balance and greenhouse gas emissions in an agroforestry system-a case study from Eastern Germany. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 45 (6): 868-891.
- Kara, H., ve Eroğlu, A. 2018. Tam sayılı doğrusal programlama metodu ile entansif hayvancılık işletmesinin kapasite planlaması: Konya (Ereğli) örneği. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33 (2): 31-46.
- Karadoğan, T., Özer, H. ve Oral, E. 1997. Çiftlik gübresi ve mineral gübrelemenin patates yumrusunun direncine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (2): 227-234.
- Kaya, A. 2019. Karaman ili süt sığırcılık işletmelerinin yapısal ve mekanizasyon özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 26-84 s.
- Keskin, K. 2019. Süt sağım sistemlerinde değişken devirli vakum pompasının kullanılması ile elde edilen kazanımların belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 22-28 s.
- Khatri, S. 2021. Performance evaluation of portable milking machine on machine economy, milk yield, milking time, and milk constituents of Nepalese cattle. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 23 (4): 78-90.
- Kılavuz, E. ve Erdem, İ. 2019. Dünyada tarım 4.0 uygulamaları ve Türk tarımının dönüşümü. *Social Sciences*, 14 (4): 133-157.
- Kishev, M.A. and Ulimbashev, M.B. 2011. Reduction of energy consumption during milk cooling. *Russian Agricultural Sciences*, 37 (2): 185-187.
- Komako, T.A., Townsend, A.K., Jiya, I.N. and Gouws, R. 2021. Smart cooling system for milk transportation in rural areas. IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), pp. 1-6, 21-24 April, Online.
- Korkmaz, K. 2007. Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi. *Alatarım dergisi*, 6 (2): 43-49.
- Kraatz, S. 2012. Energy intensity in livestock operations—Modeling of dairy farming systems in Germany. *Agricultural Systems*, 110: 90-106.
- Krohn, C.C., Foldager, J. and Mogensen, L. 1999. Long-term effect of colostrum feeding methods on behaviour in female dairy calves. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 49 (1): 57-64.
- Kudělka, J., Fryč, J., Kukla, R., Konrád, Z. and Ševčík, J. 2012. Controls operation of vacuum pump of the milking machine by frequency converter. MendelNet 2012: proceedings of International Ph. D. Students Conference, pp. 1101-1107, 21-22 November, Mendel University, Brno, Czech Republic.
- Kuraloğlu, H. 1998. Bursa iline bağlı mustafakemalpaşa ve karacabey ilçelerinde sağımda mekanizasyon uygulamaları. Yüksek Lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 48-50 s.
- Kuş, E. ve Yıldırım, Y. 2010. Katı ahır gübresi dağıtma makinaları genel özellikleri. 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, ss. 22-23, 22-23 Eylül, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.

- Lérias, J.R., Hernández-Castellano, L.E., Suárez-Trujillo, A., Castro, N., Pourlis, A. and Almeida, A.M. 2014. The mammary gland in small ruminants: major morphological and functional events underlying milk production—a review. *Journal of Dairy Research*, 81 (3): 304-318.
- Lessire, F., Moula, N., Hornick, J.L. and Dufrasne, I. 2020. Systematic review and meta-analysis: Identification of factors influencing milking frequency of cows in automatic milking systems combined with grazing. *Animals*, 10 (5): 913.
- Ludington, D. and Eric, J. 2003. Dairy Farm Energy Audit Summary. Ithaca, NY: DLTech. <https://www.nyserda.ny.gov/-/media/Project/Nyserda/Files/Publications/Research/Energy-Audit-Reports/dairy-farm-energy.pdf> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Majeed, Y., Khan, M.U., Waseem, M., Zahid, U., Mahmood, F., Majeed, F., Sultan, M. and Raza, A. 2023. Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. *Energy Reports*, 10: 344-359.
- Mc Geough, E.J., Little, S.M., Janzen, H.H., McAllister, T.A., McGinn, S.M. and Beauchemin, K.A. 2012. Life-cycle assessment of greenhouse gas emissions from dairy production in Eastern Canada: A case study. *Journal of Dairy Science*, 95 (9): 5164-5175.
- Medrano-Galarza, C., LeBlanc, S.J., DeVries, T.J., Jones-Bitton, A., Rushen, J., de Passillé, A.M. and Haley, D.B. 2017. A survey of dairy calf management practices among farms using manual and automated milk feeding systems in Canada. *Journal of dairy science*, 100 (8): 6872-6884.
- Memmedova, N. 2012. Süt sığırlarında mastitisin bazı yapay zeka yöntemleri kullanılarak erken dönemde tespiti. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 16-53 s.
- Meul, M., Nevens, F., Reheul, D. and Hofman, G. 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119 (1-2): 135-144.
- Mhundwa, R., Simon, M. and Tangwe, S. 2017. Comparative analysis of the coefficient of performance of an on-farm direct expansion bulk milk cooler. International Conference on the Industrial and Commercial Use of Energy (ICUE), pp. 1-7, 15-16 August, Online.
- Mikkola, H.J. and Ahokas, J. 2009. Energy ratios in Finnish agricultural production. *Agric. Food Sci.*, 18: 332–346.
- Minoofar, A., Gholami, A., Eslami, S., Hajizadeh, A., Gholami, A., Zandi, M., Ameri, M. and Kazem, H.A. 2023. Renewable energy system opportunities: A sustainable solution toward cleaner production and reducing carbon footprint of large-scale dairy farms. *Energy Conversion and Management*, 293: 117554.
- Moons, C.P.H., Sonck, B. and Tuytens, F.A.M. 2014. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. *Livestock Science*, 159: 87-101.
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C. and Gerber, P. 2017. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global food security*, 14: 1-8.

- Mukhopadhyay, S.C., Gooneratne, C.P., Gupta, G.S. and Demidenko, S.N. 2006. A low-cost sensing system for quality monitoring of dairy products. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 55 (4): 1331-1338.
- Mulla, D.J. 2013. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems engineering*, 114 (4): 358-371.
- Mundan, D., Selçuk, H., Orçin, K., Karakafa, E. ve Akdağ, F. 2014. Modern süt sığırı işletmelerinde robotlu sağım sistemlerinin ekonomik açıdan değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 3 (1): 42-48.
- Murgia, L., Todde, G., Caria, M. and Pazzona, A. 2013. A partial life cycle assessment approach to evaluate the energy intensity and related greenhouse gas emission in dairy farms. *Journal of Agricultural Engineering*, 44 (2): 186-190.
- Murgia, L., Caria, M. and Pazzona, A. 2008. Energy Use and Management in Dairy Farms. International Conference: Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems, pp. 1-7, 15-17 September, Ragusa, Italy.
- Murphy, M.D., Upton, J. and O'Mahony, M.J. 2013. Rapid milk cooling control with varying water and energy consumption. *Biosystems engineering*, 116 (1): 15-22.
- Nalbant, M. 1982. Süt sığırcılığında süt sağımının mekanizasyon olanakları üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 1-15 s.
- Nyokabi, S., Luning, P.A., de Boer, I.J., Korir, L., Muunda, E., Bebe, B.O., Lindahl, J., Bett, B. and Oosting, S.J. 2021. Milk quality and hygiene: Knowledge, attitudes and practices of smallholder dairy farmers in central Kenya. *Food Control*, 130: 108303.
- Ocak, E., Bingöl, M. ve Gökdağ, Ö. 2009. Van yöresinde yetiştirilen Nordus koyunlarının süt bileşimi ve süt verim özellikleri. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 19 (2): 85-89.
- Onurbaşı Avcıoğlu, A. 2024. Tarımsal üretimde enerji yönetimi. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/94802/mod_resource/content/0/ENE_RJİ%20YÖNETİMİ%2012.pdf [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Orhan, N. ve Şahin, S. 2022. Bir besi çiftliğinde güneş enerji sisteminin uygulanması ve ekonomik analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9 (1): 33-40.
- Osteras, O., Hogeveen, H., Singh, D.K. and Leslie, K.E. 2005. Economic consequences of mastitis. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 394: 2-25.
- Overton, T.R. and Waldron, M.R. 2004. Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *Journal of dairy science*, 87: E105-E119.
- Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable energy*, 29 (1): 39-51.
- Örs, A. ve Oğuz, C. 2016. Süt sağım robotları, satın almaya değer mi. XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, ss. 1-5, 25-27 Mayıs, Isparta.
- Özbek, O. 2011. Sıvı ahır gübresi dağıtma makinalarında farklı uygulayıcıların azot kaybı ve mısır verimine etkisi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 38-75 s.

- Özbek, O. ve Konak, M. 2009. Çarpma plakalı şerbet dağıtma makinalarında bazı yapısal ve işletme özelliklerinin dağılım düzgünlüğüne etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 23 (48): 51-56.
- Özbek, O. ve Konak, M. 2017. Sıvı ahır gübresi dağıtma makinalarında farklı uygulayıcıların azot kaybına etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture & Food Sciences/Selcuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31 (1): 1-10.
- Özer, A.S. 2014. Seyyar süt sağım makinasının gömülü sistem ile otomasyonu. Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 17-24 s.
- Özkan, G. ve Güleriyüz, M. 2016. Bazı organik gübre uygulamaları ile kimyasal gübre uygulamasının çilekte (*Fragaria x ananassa* L.) meyvelerin kimyasal içerikleri üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47 (2): 77-83.
- Özkul, G. ve Bozkurt, A.A. 2020. TKDK desteklerinin bölgesel kalkınmaya ve firma büyüme performansına etkisi: Isparta örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (3): 676-698.
- Öztürk, H.H., Küçükerdem, H.K., Mutlu, N., Gözübüyük, Z. ve Atay, Ü. 2018. Tarımsal Üretimde enerji kullanımı ve çevresel etkiler için sürdürülebilirlik göstergeleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14 (3): 199-204.
- Özüduruk, H. 2014. Süt sağım robotu tasarım ve imalatı. Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 7-8 s.
- Paris, B., Vadorou, F., Tyris, D., Balafoutis, A.T., Vaiopoulos, K., Kyriakarakos, G., Manolakos, D. and Papadakis, G. 2022. Energy use in the EU livestock sector: A review recommending energy efficiency measures and renewable energy sources adoption. *Applied Sciences*, 12 (4): 2142.
- Pavkin, D.Y., Shilin, D.V., Nikitin, E.A. and Kiryushin, I.A. 2021. Designing and simulating the control process of a feed pusher robot used on a dairy farm. *Applied Sciences*, 11 (22): 10665.
- Pazzona, A., Murgia, L., Zanini, L., Capasso, M. and Reinemann, D.J. 2003. Dry tests of vacuum stability in milking machines with conventional regulators and adjustable speed vacuum pump controllers. ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers, 033013.
- Peebles, R.W., Reinemann, D.J. and Straub, R.J. 1994. Analysis of milking center energy use. *Applied engineering in agriculture*, 10 (6): 831-839.
- Pelletier, N., Audsley, E., Brodt, S., Garnett, T., Henriksson, P., Kendall, A., Klaas Jan Kramer, K.J., Murphy, D., Nemecek, T. and Troell, M. 2011. Energy intensity of agriculture and food systems. *Annual review of environment and resources*, 36 (1): 223-246.
- Petersen, W.E. 1950. Dairy science, its principles and practice. J. B. Lippincott Company: Chicago, USA, 695 p.
- Philipp, M., Schumm, G., Heck, P., Schlosser, F., Peesel, R.H., Walmsley, T.G. and Atkins, M.J. 2018. Increasing energy efficiency of milk product batch sterilisation. *Energy*, 164: 995-1010.

- Pingali, P. 2007. Agricultural mechanization: adoption patterns and economic impact. *Handbook of agricultural economics*, 3: 2779-2805.
- Polat, H.E., İnce, M.A., Ahatoğlu, Ö. ve Karakaş, H. 2012. Ankara ilindeki yoğun hayvancılık alanlarında uygun gübre depolama koşullarının belirlenmesi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 25 (2): 103-109.
- Pretty, J., Benton, T.G., Bharucha, Z.P., Dicks, L.V., Flora, C.B., Godfray, H.C.J., Goulson, D., Hartley, S., Lampkin, N., Morris, C., Pierzynski, G., Prasad, P.V.V., Reganold, J., Rockström, J., Smith, P., Thorne, P. and Wratten, S. 2018. Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1 (8): 441-446.
- Prikryl, M., Maloun, J., Klima, J. 2010. The possibility of Reduction of Milking Energy Consumption. *Trends in Agricultural Engineering*, 4: 505-509.
- Pyörälä, S. 2002. New strategies to prevent mastitis. *Reproduction in domestic animals*, 37 (4): 211-216.
- Rajaniemi, M., Jokiniemi, T., Alakukku, L. and Ahokas, J. 2017. Electric energy consumption of milking process on some Finnish dairy farms. *Agricultural and Food Science*, 26 (3): 160-172.
- Rajaniemi, M., Turunen, M. and Ahokas, J. 2015. Direct energy consumption and saving possibilities in milk production. *Agronomy Research*, 13 (1): 261-268.
- Refsgaard, K., Halberg, N. and Kristensen, E.S. 1998. Energy utilization in crop and dairy production in organic and conventional livestock production systems. *Agricultural systems*, 57 (4): 599-630.
- Reinemann, D.J., Van Den Borne, B.H.P., Hogeveen, H., Wiedemann, M. and Paulrud, C.O. 2021. Effects of flow-controlled vacuum on milking performance and teat condition in a rotary milking parlor. *Journal of Dairy Science*, 104 (6): 6820-6831.
- Reinemann, D.J., Wolters, G.M.V.H., Billon, P., Lind, O. and Rasmussen, M.D. 2003. Review of practices for cleaning and sanitation of milking machines. Bulletin-International Dairy Federation, pp. 3-18, 24 March, Belgium.
- Robinson, P.H. and McQueen, R.E. 1994. Influence of supplemental protein source and feeding frequency on rumen fermentation and performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77 (5): 1340-1353.
- Rodenburg, J. 2017. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science*, 100 (9): 7729-7738.
- Roşca, R., Cârlescu, P., Țenu, I. and Chirilă, C.T. 2013. Preliminary researches regarding the use of a VFD controller for the vacuum pump of the mechanical milking machine. *Lucrari Științifice-Seria Zootehnie (University of Agricultural Sciences and Veterinary Iasi)*, 59: 292-298.
- Rutten, C.J., Velthuis, A.G.J., Steeneveld, W. and Hogeveen, H. 2013. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of dairy science*, 96 (4): 1928-1952.

- Sandars, D.L., Audsley, E., Canete, C., Cumby, T.R., Scotford, I.M. and Williams, A.G. 2003. Environmental benefits of livestock manure management practices and technology by life cycle assessment. *Biosystems Engineering*, 84 (3): 267-281.
- Sanford, S.A. 2003. Milking system air consumption when using a variable speed vacuum pump. ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers, 033014.
- Seçer, S. 2019. Süt sağım tesisleri ile ilgili 1983, 1996 ve 2007 yıllarına ait ISO standartlarının karşılaştırılması. Yüksek Lisans tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, 132-133 s.
- Sefeedpari, P., Rafiee, S., Akram, A. and Komleh, S.H.P. 2014. Modeling output energy based on fossil fuels and electricity energy consumption on dairy farms of Iran: Application of adaptive neural-fuzzy inference system technique. *Computers and electronics in agriculture*, 109: 80-85.
- Sefeedpari, P., Rafiee, S., Akram, A., Chau KwokWing, C.K. and Komleh, S.H.P. 2015. Modeling Energy Use in Dairy Cattle Farms by Applying Multi-Layered Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (MLANFIS). *Int. J. Dairy Sci.*, 10: 173–185.
- Semerci, A., ve Çelik, A. D. 2017. Süt sığırcılığı işletmelerinde sermaye yapısı: Hatay ili örneği. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 34 (3): 201-209.
- Shine, P., Scully, T., Upton, J., Shalloo, L. and Murphy, M.D. 2018. Electricity & direct water consumption on Irish pasture based dairy farms: A statistical analysis. *Applied Energy*, 210: 529-537.
- Shine, P., Upton, J., Sefeedpari, P. and Murphy, M.D. 2020. Energy consumption on dairy farms: A review of monitoring, prediction modelling, and analyses. *Energies*, 13 (5): 1288.
- Shortall, J., O'Brien, B., Sleator, R.D. and Upton, J. 2018. Daily and seasonal trends of electricity and water use on pasture-based automatic milking dairy farms. *Journal of dairy science*, 101 (2): 1565-1578.
- Sidney, S., Prabakaran, R., Kim, S.C. and Dhasan, M.L. 2022. A novel solar-powered milk cooling refrigeration unit with cold thermal energy storage for rural application. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (11): 16346-16370.
- Simitzis, P., Tzanidakis, C., Tzamalouskas, O. and Sossidou, E. 2021. Contribution of Precision Livestock Farming systems to the improvement of welfare status and productivity of dairy animals. *Dairy*, 3 (1): 12-28.
- Simões Filho, L.M., Lopes, M.A., Brito, S.C., Rossi, G., Conti, L. and Barbari, M. 2020. Robotic milking of dairy cows: a review. *Semina: Ciências Agrárias*, 41 (6): 2833-2850.
- Singh, A.K., Bhakat, C., Ghosh, M.K., Dutta, T.K. 2021. Technologies used at advanced dairy farms for optimizing the performance of dairy animals: A review. *Spanish journal of agricultural research*, 19 (4): 6.
- Singh, G. 2000. Energy conservation through efficient mechanized farming. *Agricultural Engineering Today*, 24 (2): 35-50.

- Sinnott, A.M., Kennedy, E. and Bokkers, E.A. 2021. The effects of manual and automated milk feeding methods on group-housed calf health, behaviour, growth and labour. *Livestock Science*, 244: 104343.
- Smith, J.F., Harner, J.P., de Haro Marti, M., Sheffield, R., Zulovich, J., Pohl, S., Fulhage, C., Nicoli, D., Hetchler, B., Jacobson, L., Dhuyvetter, K. and Brouk, M. J. 2007. Comprehensive evaluation of a low-profile cross-ventilated freestall barn. Proc: 2007 Western Dairy Management Conference, p. 1-21, 7-9 March, ABD.
- Smith, P., Haberl, H., Popp, A., Erb, K.H., Lauk, C., Harper, R., Tubiello, F.N., de Siqueira Pinto, A., Jafari, M., Sohi, S., Masera, O., Böttcher, H., Berndes, G., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Mbow, C., Ravindranath, N.H., Rice, C.W., Abad, C.R., Romanovskaya, A., Sperling, F., Herrero, M., House, J.I. and Rose, S. 2013. How much land-based greenhouse gas mitigation can be achieved without compromising food security and environmental goals?. *Global change biology*, 19 (8): 2285-2302.
- Sørensen, L.P., Bjerring, M. and Løvendahl, P. 2016. Monitoring individual cow udder health in automated milking systems using online somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*, 99 (1): 608-620.
- Spörndly, E. and Wredle, E. 2005. Automatic milking and grazing—Effects of location of drinking water on water intake, milk yield, and cow behavior. *Journal of dairy science*, 88 (5): 1711-1722.
- Steeneveld, W., Tauer, L.W., Hogeveen, H. and Lansink, A.O. 2012. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. *Journal of dairy science*, 95 (12): 7391-7398.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. and Haan, C.D. 2006. Livestock's long shadow: Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=1B9LQQkm_qMC&oi=fnd&pg=PR16&dq=Steinfeld,+H.,+Gerber,+P.,+Wassenaar,+T.,+Castel,+V.,+Rosales,+M.+and+Haan,+C.D.+2006.+Livestock%E2%80%99s+long+shadow:+Environmental+issues+and+options.+Food+and+Agriculture+Organization+of+the+United+Nations.+390+s.+&ots=LQX_kY8LqN&sig=GUYU5aeRiLjsBiuNTm9hfwg13Js&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Stočas, M., Vaněk, J., Šilerová, E., Kánská, E. and Ulman, M. 2020. Life science 4.0—data platform. Agrarian Perspectives XXIX. Trends and Challenges of Agrarian Sector, Proceedings of the 29th International Scientific Conference, pp. 357-361, 16-17 September, Prague, Czech Republic
- Stygar, A.H., Gómez, Y., Berteselli, G.V., Dalla Costa, E., Canali, E., Niemi, J.K., Llonch, P. and Pastell, M. 2021. A systematic review on commercially available and validated sensor technologies for welfare assessment of dairy cattle. *Frontiers in veterinary science*, 8: 634338.
- Şensoy, H. 2014. Tarımsal faaliyetler standardı ve vergi usul kanununa göre büyükbaş hayvan işletmelerinde amortisman hesaplaması ve karşılaştırılması. Yüksek Lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 11-42 s.

- Tandoğan, M. 2006. Afyonkarahisar ili süt sığırcılığı işletmelerinde karlılık analizi ile işletmelerde karşılaşılan üretim ve pazarlama sorunları. Yüksek Lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 1-21 s.
- Tangolar, S., Özdemir, G., Gürsöz, S., Çakır, A. ve Tangolar, S.G. 2007. Bazı organik gübre uygulamalarının asmanın (*Vitis vinifera* L. Çiloreş) fenolojik gelişmesi ile salkım, tane ve şıra özellikleri üzerine etkisi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 20 (2): 319-325.
- Thoma, G., Popp, J., Nutter, D., Shonnard, D., Ulrich, R., Matlock, M., Kim, D.S., Neiderman, Z., Kemper, N., East, C. and Adom, F. 2013. Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008. *International Dairy Journal*, 31: 3-14.
- Thomas, C.V., DeLorenzo, M.A. and Bray, D.R. 1996. A network simulation model of large herringbone and parallel milking parlors. *Journal of dairy science*, 79 (11): 1960-1971.
- Thomassen, M.A., van Calster, K.J., Smits, M.C., Iepema, G.L. and de Boer, I.J. 2008. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural systems*, 96 (1-3): 95-107.
- Thornton, P.K. 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1554): 2853-2867.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. and Befort, B.L. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the national academy of sciences*, 108 (50): 20260-20264.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418 (6898): 671-677.
- Todde, G., Murgia, L., Caria, M. and Pazzona, A. 2018a. A comprehensive energy analysis and related carbon footprint of dairy farms, part 1: Direct energy requirements. *Energies*, 11 (2): 451.
- Todde, G., Murgia, L., Caria, M. and Pazzona, A. 2018b. A comprehensive energy analysis and related carbon footprint of dairy farms, Part 2: Investigation and modeling of indirect energy requirements. *Energies*, 11 (2): 463.
- Toma, L., March, M., Stott, A.W. and Roberts, D.J. 2013. Environmental efficiency of alternative dairy systems: A productive efficiency approach. *Journal of Dairy Science*, 96(11), 7014-7031.
- Tongwane, M. I., Moeletsi, M. E. 2018. A review of greenhouse gas emissions from the agriculture sector in Africa. *Agricultural Systems*, 166: 124-134.
- Toraman, M.C. 2004. Ahır gübresinin savurmasız harman makinesi ile parçalanması olanakları. Yüksek Lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 18-25 s.
- Torgut, E., Annayev, S., Türkekul, B. ve Kart, M.Ç.Ö. 2019. Türkiye’de uygulanmakta olan hayvancılık desteklemelerinin süt sığırcılığı yapan işletmelere etkisi: İzmir ili örneği. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (1): 29-45.
- Toruk, F. ve Ülger, P. 2001. Hayvancılık İşletmelerinde Gübre Mekanizasyonunun Mevcut Durumunun Saptanması. *Tarımsal Mekanizasyon*, 20: 13-15.

- Tucker, C.B., Weary, D.M. and Fraser, D. 2005. Influence of neck-rail placement on free-stall preference, use, and cleanliness. *Journal of Dairy Science*, 88 (8): 2730-2737.
- TÜİK, 2021a. Türkiye İstatistik Kurumu Tarım İstatistikleri Raporu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- TÜİK, 2021b. Türkiye İstatistik Kurumu Hayvancılık İstatistikleri Raporu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-Haziran-2021-37208%20> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- TÜİK, 2024a. Türkiye İstatistik Kurumu Bölgesel İstatistikler Raporu <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do?durum=acKapa&menuNo=191&altMenuGoster=1&secilenDegiskenListesi=> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- TÜİK, 2024b. Türkiye İstatistik Kurumu Enerji İstatistikleri Raporu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Cevre-ve-Enerji-103> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Türkyılmaz, M.K. 2005. Süt sığırcılık işletmelerinde sağım robotu kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 61-65.
- Uğuz, S. 2017. Küçük ölçekli süt sığırcılık işletmelerinin toplu büyük işletmeler biçiminde modellenmesine yönelik bir araştırma. Yüksek Lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2-12 s.
- Upton, J., Humphreys, J., Koerkamp, P.G., French, P., Dillon, P. and De Boer, I.J. 2013. Energy demand on dairy farms in Ireland. *Journal of dairy science*, 96 (10): 6489-6498.
- Upton, J., Murphy, M., De Boer, I.J.M., Koerkamp, P.G., Berentsen, P.B.M. and Shalloo, L. 2015. Investment appraisal of technology innovations on dairy farm electricity consumption. *Journal of dairy science*, 98 (2): 898-909.
- Upton, J., Murphy, M., French, P. and Dillon, P. 2010. Dairy farm energy consumption. Dairying: Entering a decade of opportunity. Teagasc National Dairy Conference, pp. 87-97, 17-18 November, France.
- Upton, J., O’Riordan, G., O’Brien, B. and Fitzgerald, S. 2011. Energy consumption of an automatic milking system. *Moorepark Research Report*, 11: 44-45.
- Uwizeye, A., Gerber, P.J., Schulte, R.P. and de Boer, I.J. 2016. A comprehensive framework to assess the sustainability of nutrient use in global livestock supply chains. *Journal of cleaner production*, 129: 647-658.
- Uygur, A.M. 2015. İzmir ili süt sığırcılığının mevcut durumu ve geliştirilmesi üzerine bir araştırma. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 4-10 s.
- Üçer, E. 2008. Örnek süt sığırcılığı işletmelerindeki süt sağım mekanizasyonunda işgücü gereksinimleri ve maliyetlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 1-18 s.

- Ünal, H., Erdoğan, H., Gürcan, S., Satioğlu, S. ve Özgür, F. 2017. Sıvı gübre dağıtma makinasının farklı çalışma hızlarındaki işletme özelliklerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31 (1): 49-60.
- Ünal, H., Özgür, F., Bilgin, A.S. and Ural, Ş. 2018. Alçak ve yüksek süt hatlı sağım sistemlerinde çalışma vakumu ve süt debisi değişimlerinin meme başı ucu vakum basıncına etkisi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14 (3): 163-169.
- Ünal, H., Ural, Ş. ve Bayat, H. 2019. Süt sağım makinası vakum pompalarında farklı vakum basınçlarının bazı parametre değerlerine etkilerinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8 (1): 51-58.
- Ünal, R.N. ve Besler, H.T. 2008. Beslenmede sütün önemi. *T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı*. 24-31 s.
- Van Doorn, A. and Jongeneel, R. 2020. Exploring the possibilities for implementation of the Dutch Biodiversity Monitor for farming in the CAP after 2022. Wageningen Environmental Research Publications, Holland, 1-24 s.
- Van Horn, H.H., Wilkie, A.C., Powers, W.J. and Nordstedt, R.A. 1994. Components of dairy manure management systems. *Journal of dairy science*, 77 (7): 2008-2030.
- Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P. and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—a review. *Field Crops Research*, 143: 4-17.
- Van Wagenberg, C.P., de Haas, Y., Hogeveen, H., Van Krimpen, M.M., Meuwissen, M.P., van Middelaar, C.E. and Rodenburg, T.B. 2017. Animal Board Invited Review: Comparing conventional and organic livestock production systems on different aspects of sustainability. *Animal*, 11 (10): 1839-1851.
- Vural, H. ve Fidan, H. 2007. Türkiye'de hayvansal üretim ve hayvancılık işletmelerinin özellikleri. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13 (1 ve 2): 49-59.
- Wagenaar, J.P.T.M. and Langhout, J. 2007. Practical implications of increasing 'natural living' through suckling systems in organic dairy calf rearing. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 54 (4): 375-386.
- Waiblinger, S., Menke, C. and Coleman, G. 2002. The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows. *Applied animal behaviour science*, 79 (3): 195-219.
- Wang, J., Li, W., Haq, S.U. and Shahbaz, P. 2023. Adoption of renewable energy technology on farms for sustainable and efficient production: exploring the role of entrepreneurial orientation, farmer perception and government policies. *Sustainability*, 15 (7): 5611.
- WEC, 2022. World Energy Council (2022), Global Energy Scenarios 2040. <https://www.worldenergy.org/transition-toolkit/world-energy-scenarios> [Son erişim tarihi: 30.11.2024].
- Xia, T., Shi, G., Si, G., Du, S. and Xi, L. 2021. Energy-oriented joint optimization of machine maintenance and tool replacement in sustainable manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 59: 261-271.

- Xu, W. And Cao, L. 2014. Energy efficiency analysis of machine tools with periodic maintenance. *International Journal of Production Research*, 52 (18): 5273-5285.
- Yan, M.J., Humphreys, J. and Holden, N.M. 2013. Life cycle assessment of milk production from commercial dairy farms: the influence of management tactics. *Journal of dairy science*, 96 (7): 4112-4124.
- Yercan, M. ve Kınıklı, F. 2018. Tarımsal kooperatiflerde ortakların yönetime katılımını etkileyen faktörlerin analizi üzerine bir araştırma: İzmir ili sütçülük kooperatifleri örneği. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 24 (2): 159-173.
- Yığmatepe, V.K. 2017. Sultansuyu tarım işletmesi süt sığırcılığı faaliyetlerinde girdi ve maliyetlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 16-26 s.
- Yılmaz, C. 2017. Düşey tamburlu ahır gübresi dağıtma makinasının aydın ilinde örnek bir tarımsal işletmede kullanımına ilişkin sorunlar ve çözüm önerileri. Yüksek Lisans tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 37-41 s.
- Yılmaz, İ., Özalp, A. ve Aydoğmuş, F. 2010. Antalya ili bodur elma üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi: Elmalı ilçesi örneği. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 23 (2): 93-97.
- Yumak, H., Toraman, M.C. ve Uçar, T. 2006. Çiftlik gübresinin savurmasız harman makinası ile parçalanması olanakları. *Tarımsal Mekanizasyon*, 23: 6-8.
- Yüzbaşıoğlu, R. 2022. Büyükbaş hayvancılık işletmelerinin mevcut durumu, teknik ve ekonomik yapısı, sorunları ve çözüm önerileri üzerine bir araştırma (Tokat İli Merkez İlçe Örneği). *Ziraat Mühendisliği*, (375): 4-17.
- Zehner, N., Niederhauser, J.J., Schick, M. and Umstatter, C. 2019. Development and validation of a predictive model for calving time based on sensor measurements of ingestive behavior in dairy cows. *Computers and electronics in agriculture*, 161: 62-71.

ÖZGEÇMİŞ

İsmail BOYAR

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2018-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2013-2017	Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta
Lisans 2009-2013	Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Isparta

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi 2019-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya
Üretim / Ar-Ge / Ür-Ge Mühendisi 2018-2019	Çelikkaleli Veterinerlik Hayvancılık Tarım, Tarım Makinaları Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.
Araştırma Görevlisi 2017-2018	Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Ozsan Kilic, T., **Boyar, I.**, Gungor, K. K., Torun, M., Perendeci, N. A., Ertekin, C., & Onus, A. N. (2023). Improvement of hot air dried bitter gourd (*Momordica charantia* L.) product quality: Optimization of drying and blanching process by experimental design. *Agriculture*, 13(9), 1849. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091849>
- 2- Ozsan Kilic, T., **Boyar, I.**, Dincer, C., Ertekin, C., & Onus, A. N. (2023). Effects of Different Osmotic Pre-Treatments on the Drying Characteristics, Modeling and Physicochemical Properties of *Momordica charantia* L. Slices. *Agriculture*, 13(10), 1887. <https://doi.org/10.3390/agriculture13101887>
- 3- **Boyar, I.**, Ozsan, T., Ertekin, C., & Onus, A. N. (2023). Some physical properties of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) seeds and kernels. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 7(2), 244-252. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.2.1>
- 4- Hazar, D., **Boyar, I.**, Dincer, C., & Ertekin, C. (2023). Investigation of color and bioactive compounds of different colors from pansy (*Viola× wittrockiana* Gams.) dried in hot air dryer. *Horticulturae*, 9(2), 186. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020186>
- 5- **Boyar, I.**, Kovacı, T., Dikmen, E., & Şahin, A. Ş. (2022). Using Gene Expression Programming (GEP) for Modelling the Drying Characteristics of Onion Slices (*Allium Cepa*). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(5), 1134-1145. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.946866>
- 6- Akman, H. E., **Boyar, I.**, Gozlekci, S., Saracoglu, O., & Ertekin, C. (2022). Effects of convective drying of quince fruit (*Cydonia oblonga*) on color, antioxidant activity and phenolic compounds under various fruit juice dipping pre-treatments. *Agriculture*, 12(8), 1224. <https://doi.org/10.3390/agriculture12081224>
- 7- Ertekin, C., Akman, H. E., & **Boyar, İ.** (2020). Türkiye’de tarım makinaları ve teknolojileri alanında yapılan tübitak projelerinin incelenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 7(13), 274-284. <https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.365>

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- **Boyar, İ.**, & Ertekin, C. (2023). Büyükbaş hayvan yetiştiriciliği işletmelerinin enerji kullanımlarının ve bazı mekanizasyon özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(2), 228-238. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1256968>
- 2- Şahin, A., **Boyar, İ.**, Torun, M., Çağlayan, N., & Ertekin, C. (2022). Kırmızı Kivırcık Yaprak Salatanın Farklı LED Işık Kaynaklarındaki Gelişim Parametrelerinin İncelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(1), 9-24.

3- Ertekin, C., Akman, H. E., & **Boyar, İ.** (2021). Türkiye’de Tarımsal Mekanizasyona Bir Bakış. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(3), 786-798. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.872793>

4- **Boyar, İ.**, Çelik, H. K., & Yılmaz, D. (2020). Özel tasarım bir gübre sıyırıcı küreğinin yapısal ve işlevsel elemanlarında sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 137-143. <https://doi.org/10.33202/comuagri.665124>

5- **Boyar, İ.**, Ertekin, C., & Ekinci, K. (2020). Domates kurutmada üretim basamaklarının ve mekanizasyon taleplerinin incelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 16(1), 23-31.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- **Boyar, İ.**, Güngör, K. K., Akman, H. E., Torun, M., Yıldırım, I., Tozlu, İ., & Ertekin, C. (2022). Kurutulmuş Mandalina ve Portakal Dilimlerinin Depolanması Üzerine Bir Araştırma. 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Bilecik, Türkiye, (Özet Bildiri) 07-09 Eylül 2022.

2- **Boyar, İ.**, Comart, A., & Ertekin, C., (2022). Süt Sığırcılığı İşletmesinde Sağım Teknikleri ve Enerji Kullanımı: Antalya İli Elmalı İlçesi Örneği. 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi (ss.185-195). Bilecik, Türkiye, (Kitap Bölümü) 07-09 Eylül 2022.

3- Şahin, A., **Boyar, İ.**, Torun, M., Çağlayan, N., & Ertekin, C., (2021). Marul Bitkisinin Farklı LED Işık Kaynaklarındaki Gelişim Parametrelerinin İncelenmesi. 33. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi (ss.7). Isparta, Türkiye, 01-03 Ekim 2021.

4- Ertekin, C., Tozlu, İ., **Boyar, İ.**, & Akman, H. E., (2021). Farklı Mandalina Türlerinde, Farklı Ön İşlemlerin Kuruma Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi. 33. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi (ss.6). Isparta, Türkiye, 01-03 Ekim 2021.

5- **Boyar, İ.**, & Ertekin, C., (2021). Bazı Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliği İşletmelerinin Enerji Kullanımlarının ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. 33. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi (ss.8). Isparta, Türkiye, 01-03 Ekim 2021.

6- **Boyar, İ.**, Çelik, H. K., & Yılmaz, D., (2019). Özel Tasarım Bir Gübre Sıyırıcı Küreğinin Yapısal ve İşlevsel Elemanlarında Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Gerilme Analizi. 32. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi (ss.113). Çanakkale, Türkiye, 04-06 Eylül 2019.

7- **Boyar, İ.** (2015). Investigation of Dried Tomato Sector and Drying Process in Turkey. Sixth International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 3511507)

8- Dikmen, E. & **Boyar, İ.** (2015). Investigation Of Drying Characteristics Of Sultana Grape In Low Temperature Conditions. IV. Synergy - International Conferences – Engineering, Agriculture and Green Industry Innovation (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 3511496)

9- Dikmen, E., **Boyar, İ.** & Akdeniz, R.C. (2014). Dried Tomato Production And Mechanization In Turkey. 18th World Congress of CIGR (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 3511488)

Yazılan uluslararası kitaplarda editörlük

1- Kurutma Sözlüğü (2024), Nobel Akademik Yayıncılık, Editör: Ertekin, C. & **Boyar, İ.**, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 480, ISBN:978-625-427-923-2, Türkçe (Bilimsel Kitap) (Yayın No: 9369421)

Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar veya kitaplardaki bölümler

1- Kurutma Sözlüğü, Bölüm adı:(Z) (2024)., **Boyar, İ.**, Nobel Akademik Yayıncılık, Editör: Ertekin, C. & Boyar, İ., Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 480, ISBN:978-625-427-923-2, Türkçe (Bilimsel Kitap) (Yayın No: 9369421)

2- Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Üzerine Güncel Araştırmalar, Bölüm adı:(Tarım Makinacılarının Science Citation Index (SCI+Expanded), Patent Ve Tübitak Projeleri Performansı) (2024)., Ertekin, C., Ekinci, K. & **Boyar, İ.**, IKSAD Publishing House, Editör: Özgünaltay Ertuğrul, G. & Ertuğrul, Ö., Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 212, ISBN:978-625-367-981-1, Türkçe (Bilimsel Kitap) (Yayın No: 9369659)

3- Science Research Associates & Strategic Research Academic Publishing (Sürdürülebilirlik Temelli Ziraat ve Ormancılık Alanına Yönelik Stratejik Araştırmalar), Bölüm adı: (Türkiye'de Büyükbaş Hayvancılığın Mekanizasyon Açısından Durumu) (2023)., **Boyar, İ.** & Ertekin, C., SRA Academic Publishing, Editör: Salih Khudhur Mohammed, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 89, ISBN:978-625-6750-20-3, Türkçe (Bilimsel Kitap) (Yayın No: 8799493)

4- Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Üzerine Güncel Araştırmalar II, Bölüm adı:(Süt Sığırcılığı İşletmesinde Sağım Teknikleri Ve Enerji Kullanımı: Antalya İli Elmalı İlçesi Örneği) (2022)., Comart, A., **Boyar, İ.** & Ertekin, C. Akademisyen Kitabevi, Editör: Sayıncı Bahadır, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 211, ISBN:978-625-8125-00-9, Türkçe (Bilimsel Kitap) (Yayın No: 8181845)

5- Tarım Makinaları Çözümlü Problemleri, Bölüm adı: (Birimler, Simgeler ve Boyutsuz Sayılar) (2022)., **Boyar, İ.**, Comart, A. & Külcü, R., Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Editör: Can ERTEKİN, Adem COMART, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 446, ISBN:978-625-417-141-3, Türkçe (Ders Kitabı) (Yayın No: 7695711)

PROJELERDE YAPTIĞI GÖREVLER

1- TÜBİTAK-2209-A "Soğanın Rafli Tip Kurutucuda Düşük Sıcaklık Değerlerinde Bazı Kuruma Parametrelerinin Belirlenmesi ve Ekonomik Analizi", TÜBİTAK PROJESİ, Yürütücü, **İsmail BOYAR**, 01/06/2012 - 01/06/2013 (ULUSAL)

2- TÜBİTAK-1001-112O092 "Görüntü İşleme İle Kontrollü Kondenzasyonlu Isparta Gülü Kurutma Sisteminin Geliştirilmesi", TÜBİTAK PROJESİ, Bursiyer, **İsmail BOYAR**, 01/06/2012 - 01/06/2015 (ULUSAL)

3- 0447.TGSD.2015 “Otomatik Domates Dilimleme ve Serme Sisteminin Geliştirilmesi”, Sanayi Bakanlığı (TEKNO-GİRİŞİM) PROJESİ, Yürütücü, **İsmail BOYAR**, 06/06/2014 - 07/06/2015 (ULUSAL)

4- SDÜ BAP-4180-Sİ-14 “Kurutmalık Domates Üretiminde Teknoloji Düzeyinin ve Mekanizasyon Beklentilerinin Belirlenmesi”, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı: **İsmail BOYAR**, 01/09/2014 - 31/12/2017 (ULUSAL)

5- Örtüaltında Yetiştirilen Domates Bitkisel Artıklarının Denge Nem İçeriklerinin Belirlenmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Yürütücü: Can ERTEKİN, Araştırmacı: Nuri ÇAĞLAYAN, Araştırmacı: **İsmail BOYAR**, 29/11/2021 - 30/11/2023 (ULUSAL)

6- Budama Artıklarının Biyokütle Enerji Santrallerinde Ham Madde Olarak Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması, -Tübitak 1001, Yürütücü: Murad ÇANAKCI, Araştırmacı: Mehmet TOPAKCI, Araştırmacı: Davut KARAYEL, Araştırmacı: Murat VAROL, Bursiyer: **İsmail BOYAR**, 15/03/2022 (Devam Ediyor) (ULUSAL)

7- Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Güç Gereksinimi ve Enerji Tüketiminin Belirlenmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Yürütücü: Can ERTEKİN, Araştırmacı: **İsmail BOYAR**, 07/11/2023 (Devam Ediyor) (ULUSAL)

ÖDÜLLER

1- Süleyman Demirel Üniversitesi, Öğrenci Proje Yarışması, 1.'lik ödülü, “Süt Sağım Başlıklarının Isıtılarak Verimde Artış Sağlanması” 2012.

2- Antalya Sanayici ve İş Adamları Derneği (ANSİAD), İş Fikri Proje Yarışması, 2.'lik ödülü, “Domates Kesme, Kurutma, Sergi Alanına Serme ve İlaçlama Makinası Projesi” 2014.