Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 31 (3), 633-646
Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences, 31 (3), 633-646
https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd
e-ISSN: 2667-7733

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Süt sağım makinalarının çalışma süresince aktif/pasif durumlarının belirlenmesi: Türkiye'de Batı Akdeniz bölgesi örneği

Determining the active/passive status of milking machines during operation: the case of the Western Mediterranean region in Türkiye

İsmail BOYAR[1], Can ERTEKİN[1]

[1]*Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Konyaaltı, Antalya.*

ARTICLE INFO

Article history:
Recieved / Geliş : 28.01.2026
Accepted / Kabul: 11.05.2026

Anahtar Kelimeler:
Süt Sağım Makinası
Tarımda Enerji Kullanımı
Hayvancılıkta Mekanizasyon

Keywords:
Milking Machine
Energy Use in Agriculture
Mechanization in Livestock

Corresponding author/Sorumlu yazar:
İsmail BOYAR
ismailboyar@akdeniz.edu.tr

Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz.
© Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

ÖZET

Bu çalışmada, kış ve yaz dönemlerinde Akdeniz (AKDÜ), Burdur Mehmet Akif Ersoy (MAKÜ) ve Isparta Uygulamalı Bilimler (ISUBÜ) Üniversitelerinin büyükbaş süt sığırı yetiştiriciliği işletmelerinde bir hafta boyunca hergün sabah ve akşam sağım sürecinin başlangıcından tamamlanmasına kadar geçen tüm süreçte yerinde gözlem ve inceleme çalışmalarıyla, süt sağım makinalarının (SSM) sağım süreleri ve enerji tüketim değerleri saptanmış ve analiz edilmiştir. Elde edilen bu veriler ile farklı işletmelerde sağmal sayısının ve sağımcı rolünün, süt sağım makinalarının aktif ve boşta (pasif) çalıştığı zamanlara etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Kış döneminde işletmeler arasında en yüksek toplam sağım süresinin %40'ını pasif zamanda geçiren AKDÜ işletmesi olurken, yaz döneminde %46 ile ISUBÜ işletmesi olmuştur. Sabah sağımlarında ISUBÜ işletmesi yine %46 ile en yüksek pasif zamana sahip olurken akşam sağımlarında ise %39 ile AKDÜ işletmesi bu kriterde değerlendirilmiştir. Her iki dönem ve hem sabah hem akşam sağımı göz önüne alındığında 98 dakika ile en uzun sağım süresi AKDÜ işletmesinde bulunmuş ve bu işletmede ortalama %36 pasif geçen vakum pompası çalışma süresine rastlanmıştır. Bu çalışma süresinde her bir sağımda ortalama 1.84 kWh pasif kullanımda enerji tüketilmiştir. Değişken devirli vakum pompalarının kullanılmasının bu durumun önüne geçeceği düşünülse de, buradaki pasif tüketimlerin çoğunlukla sağım sırasında değil, sağım başında ve sonunda gerçekleştiği görülmüştür.

ABSTRACT

In this study, morning and evening milking sessions over one week in the winter and summer periods were recorded through on-site observation and inspection in the dairy cattle businesses of Akdeniz University (AKDU), Burdur Mehmet Akif Ersoy University (MAKU), and Isparta University of Applied Sciences (ISUBU). In addition, the energy consumption of the milking machines (MMA) was simultaneously recorded. Energy consumption throughout the milking process, from the beginning to the completion, was recorded and analyzed. Using this data, researchers investigated whether the number of milking cows and the role of milkers in different farms had an effect on the active and idle operation times of milking machines. In the winter period, AKDU exhibited the highest proportion of passive milking duration, with 40% of the total milking time spent in passive mode, whereas in the summer period this value was highest at ISUBU, reaching 46%. During morning milkings, ISUBU again showed the highest passive time at 46%, while in evening milkings, AKDU had the highest value at 39%. Considering both periods and both morning and evening sessions, the longest total milking duration was observed at AKDU with 98 minutes, and the vacuum pump operated in passive mode for an average of 36% of this time. During this passive operation, an average of 1.84 kWh of energy was consumed per milking. Although the use of variable-speed vacuum pumps is expected to mitigate this issue, the findings indicate that most passive consumption occurs not during milking, but rather at the beginning and end of the process.

Cite/Atıf Boyar, İ., & Ertekin, C. (2026). Süt sağım makinalarının çalışma süresince aktif/pasif durumlarının belirlenmesi: Türkiye'de Batı Akdeniz bölgesi örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 31*(3), 633-646. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1873590

GİRİŞ

Günümüzde enerji verimliliği pek çok alanda gündemde olsa da, tarım ve hayvancılık alanında yapılan çalışmalar enerji verimliliğinin hangi alanda, hangi konularda ve nasıl yapılacağı konusunda halâ belirsizliğini sürdürmektedir. Bunun başlıca sebeplerinden birisi de tarımsal ve hayvansal üretimde enerji tüketimlerinin zamana, mekâna veya diğer değişkenlere göre nasıl farklılık gösterdiğinin verilere dayalı bir tablosunun olmamasıdır.

TEDAŞ'ın sektörlere göre elektrik tüketim verilerinde 2017 yılına ait Türkiye'de tarımsal sulamada kullanılan elektrik enerjisi miktarı 6 049 407 MWh olarak belirtilmiş; bu tüketimin toplam elektrik tüketimi içindeki payı %2.4 olarak hesaplanmıştır. Aynı yıl tarımsal sulama abone sayısı 634 589 adet olup, toplam aboneler içerisindeki payı %1.5'e karşılık gelmektedir (TEDAŞ, 2017). Ancak söz konusu verilerde hayvancılık faaliyetlerine özgü bir elektrik tüketimi bilgisi yer almamıştır. Bununla birlikte, tarımsal işletmelerde içsel mekanizasyona bağlı enerji tüketimlerine ilişkin bazı yerel düzeyde araştırmalar yapılmıştır. Kasap (1985), sığırcılık, seracılık ve tavukçuluğu kapsayan içsel tarım mekanizasyonunun, dışsal tarım mekanizasyonuna kıyasla oldukça geri bir düzeyde olduğunu bildirmiştir. İçsel ve dışsal tarım kesimlerinin yapısal farklılıkları nedeniyle kullanılan enerji türlerinin de değişkenlik gösterdiği ifade edilmektedir. Dışsal tarımda birincil enerji kaynağı olarak ağırlıklı biçimde petrol kullanılırken, içsel tarım faaliyetlerinde elektrik enerjisi daha fazla tercih edilmektedir. Son yıllarda içsel tarım mekanizasyonunun geliştirilmesine yönelik çalışmaların hız kazandığı, bu kapsamda içsel tarımın temel enerji kaynağı olan elektrik enerjisinin kullanım alanları için enerji üretim ve tüketimine yönelik planlamalara önem verildiği görülmektedir. Tarım sektörü içinde, konutlar haricinde elektrik enerjisinin en yoğun kullanıldığı alanın hayvancılık, özellikle de süt sığırcılığı olduğu belirtilmektedir. Türkiye'de yeni başlatılan ve giderek yaygınlaşan süt sığırcılığı mekanizasyonunda güç ve enerji gereksinimlerinin doğru biçimde belirlenmesinin, gelecekte enerji üretimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında büyük önem taşıyacağı vurgulanmaktadır.

Türkiye'de süt sığırcılığı sektörü, son kırk yıl içerisinde belirgin yapısal dönüşümler ve ilerlemeler yaşamıştır. Bir üretim alanı olarak süt sığırcılığı, her ne kadar yeterli seviyede olmasa da, dönemsel olarak çeşitli tarım politikası araçlarıyla desteklenmiştir. Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde süt sektörü öncelikli alanlardan biri olarak kabul edilmektedir (Çukur ve ark., 2009). Bu bağlamda, süt sığırcılığı sektöründe geçmişten günümüze gerçekleşen gelişmelerin incelenmesi ve değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Süt sığırcılığı işletmelerinde enerji kullanımı ve üretimi konusunda işletmelerin alternatif ve verimli yol haritalarını belirlemeleri, rekabet gücü açısından çok önemli bir faktördür. Türkiye'de tarımsal elektrik enerjisi tüketimi açısından, özellikle hayvancılık faaliyetlerine yönelik enerji kullanımıyla ilgili kapsamlı bir istatistiksel veri bulunmamaktadır. TÜİK kayıtları incelendiğinde de hayvancılık sektöründe elektrik enerjisi tüketimi ve talep yönetimine ilişkin yapılmış çalışmalara rastlanmamıştır (Bilgili & Aybek, 2019).

Yapılan literatür taramalarında hayvancılıkta mekanizasyon konusunda; hayvan refahı değerlendirmeleri (Kaygısız ve ark., 2024), çiftlik gübresi yönetimi ve çevreye etkileri (Atılgan ve ark., 2006; Boyacı ve ark., 2011; Polat ve ark., 2012; Toruk & Ülger, 2001), çiftlik gübresinin bitkiler üzerinde ki verim etkileri (Arslan, 2016; Göksu, 2012; Karadoğan ve ark., 1997; Özbek, 2011; Özkan & Güleryüz, 2016; Tangolar ve ark., 2007), çiftlik gübresini taşıma ve dağıtma makinaları (Boz ve ark., 2010; Kuş & Yıldırım, 2010; Özbek & Konak, 2009; Özbek & Konak, 2017; Toraman ,2004; Ünal ve ark., 2017; Yılmaz, 2017; Yumak ve ark., 2006), büyükbaş süt sığırcılığı işletmeleri mekanizasyon düzeyi (Erkan, 2005; Güzel, 2016; Kaya, 2019; Kuraloğlu, 1998; Uygur, 2015; Üçer, 2008; Yığmatepe, 2017), süt sağım mekanizasyonu (Apaydın, 2010; Işık & Ünal, 2003; Seçer, 2019), süt sağım mekanizasyonu ve akıllı tarım teknolojileri (Akar Çıkrıkçı, 2019; Atasever & Erdem, 2008; Memmedova, 2012; Mundan ve ark., 2014; Örs & Oğuz, 2016; Özer, 2014; Özüduruk, 2014; Türkyılmaz, 2005), süt sağım odası ve sağım makinaları (Akbaş ve ark., 2018; Duman, 2014; Keskin, 2019; Ünal ve ark., 2019), büyükbaş süt sığırı yetiştiriciliği işletmelerinde mekanizasyon göstergeleri ve enerji kullanımı (Boyar, 2025; Boyar & Ertekin, 2023; Boyar & Yumak, 2000; Güzel & Aybek, 2017; Nalbant & Ülger, 2010) konularında pek çok çalışmaya rastlanmıştır. Fakat içsel tarımda enerji kullanımına yönelik çok fazla çalışmaya

rastlanmamıştır. Var olan çalışmalar ise süt sağım makinalarında vakum pompalarının enerji tüketimi ve değişken devirli vakum pompası kullanımının üzerine yoğunlaşmıştır (Akbaş ve ark., 2018; Keskin, 2019; Ünal ve ark., 2019). Ayrıca büyükbaş süt sığırı yetiştiriciliği işletmelerinde sağım süresini etkileyen etmenler, konularında yapılan araştırmalar incelendiğinde, süt verimi (Rajaniemi ve ark., 2017; Yakan, 2012), sağım grupları öncesi ve sonrası işlemler (Gençoğlan, 2017), sürü büyüklüğü ve sağımhane tipi (Öztürk, 2003), sağım görevlisi sayısı (Boyar, 2025) ve hayvan ırkı (Kaygısız, 2023) gibi etmenlerin belirleyici olduğu bulunmuştur.

Bu çalışmada Türkiye'de Batı Akdeniz Bölgesinde yer alan Akdeniz Üniversitesi (AKDÜ), Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi (MAKÜ) ve Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ) büyükbaş süt sığırcılığı işletmelerinde, iki farklı dönemde (Kış, Şubat-2024 ve Yaz, Ağustos-2024), iki farklı sağım zamanında (Sabah ve Akşam), her işletmede ve her dönemde birer hafta süren denemeler, yerinde gözlem ve inceleme çalışmaları yapılmış aynı zamanda da vakum pompasına ait enerji tüketimi değerleri ölçülmüştür. Vakum pompasının çalışması esnasında sağımın yapıldığı (aktif) ve yapılmadığı (pasif) dönemler kaydedilerek karşılaştırmalı incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucu olarak, farklı sağmal hayvan sayısına sahip farklı işletmelerdeki sağım görevlilerinin ve diğer etkenlerin vakum pompasının çalışma süresi boyunca aktif olarak iş yaptığı ve boşta çalıştığı durumların ortaya konulması hedeflenmiştir. Literatürde sıklıkla yer alan değişken devirli vakum pompasının bu soruna çözüm olacağı önerisinin hangi oranda fayda sağlayacağı tartışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma Batı Akdeniz Bölgesinde yer alan Akdeniz (AKDÜ), Burdur Mehmet Akif Ersoy (MAKÜ) ve Isparta Uygulamalı Bilimler (ISUBÜ) Üniversitelerine ait büyükbaş süt sığırı yetiştiriciliği işletmelerinde 2024 yılında kış (Şubat) ve yaz (Ağustos) dönemlerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelerin gerçekleştirildiği dönemlerde işletmelere ait sağmal ve toplam hayvan varlığı Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerine ait hayvan varlığı
Table 1. Number of animals belonging to AKDU, MAKÜ and ISUBÜ businesses

İşletmeler	Kış dönemi		Yaz dönemi		Kapasite (baş) (Buzağı hariç)
	Sağmal (baş)	Toplam (baş)	Sağmal (baş)	Toplam (baş)	
AKDÜ	54	120	44	115	130
MAKÜ	45	88	56	117	130
ISUBÜ	18	65	16	80	180

Çalışmada kış ve yaz dönemlerinde üç farklı işletmede sabah ve akşam sağımlarında birer hafta süreyle denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu işletmelerde süt sağım makinalarına (SSM) ENTES marka ES3-80LSE model enerji sayacı bağlanmış ve çalışma süresince tüm tüketimler Wh olarak kayıt altına alınmıştır. Denemeler sona erdiğinde cihaza uyumlu "LogReader" isimli program arayüzü vasıtasıyla veriler bir bilgisayara ethernet kablosu ile aktarılmıştır. Sabah ve akşam sağımı boyunca elde edilen veriler, Microsoft 365 Office programında tablo ve grafiklere dönüştürülerek yorumlanmıştır.

AKDÜ işletmesi 2x3 balıkkılçığı tip, MAKÜ işletmesi 2x6 balıkkılçığı tip ve ISUBÜ işletmesi 2x6 paralel hızlı çıkış tip sağım sistemine sahiptir. AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinin vakum pompalarının güç etiket değerleri sırasıyla 5.5, 5.5 ve 4.0 kW'dır. AKDÜ ve MAKÜ işletmelerinde birer adet paletli tip vakum pompası bulunurken, ISUBÜ işletmesinde bir adet blower tip vakum pompası bulunmaktadır. Tüm işletmelerde 50 litrelik birer adet yedek vakum deposu yer almaktadır. İşletmelerin tümünde süt 50 mm çapında 304L krom malzemeden üretilmiş borular ile süt hattı alttan olacak şekilde taşınmaktadır. Vakum hattı ise PVC malzemeden üretilmiş 63 mm çapında borulardan

oluşmaktadır. İşletmelerin süt hattı uzunluğu AKDÜ ve ISUBÜ'de 4.8, MAKÜ'de 5.5 m'dir. Tüm işletmelerin anma vakum basıncı 48 kPa değerinde çalışma süresi boyunca sabit kalmıştır.

Denemeler süresince AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinde sağım görevlilerinin işletmeye geldiği andan görevlerini tamamlayıp işletmeden ayrıldıkları zamana kadar geçen tüm işlemler süreleri ile birlikte kayıt altına alınmıştır. Çalışmanın kapsam alanına giren SSM enerji tüketimleri için vakum pompasının çalıştığı andan durduğu ana kadar geçen süreler detaylandırılmıştır. Bu kapsamda sağım odasına giren her bir grup sağmal hayvanın sağım süreleri ve giriş/çıkışlarda geçen süreler belirlenmiştir. Meme başlıklarının hayvanlara takıldığı ve sağımın başladığı andan bitişine kadar geçen süre aktif zaman olarak değerlendirilmiştir. Vakum pompasının çalıştırılması ile tüketim değerleri kayıt altına alınmaya başlamış ve sağımın yapılmadığı her an pasif zaman olarak değerlendirilmiştir. Pasif zamanın içersine sağım başlangıcı ve sonundaki sağımın yapılmadığı sürelerin yanında sağım gruplarının değişimi sırasında meydana gelen kayıplar da eklenmiştir. Her üç işletme için kış/yaz dönemleri ve bu dönemlerdeki sabah/akşam sağımları grafikleri verilerek yorumlanmıştır. Vakum pompasının çalışmaya başladığı andan durduğu ana kadar geçen süreden bu süreler çıkarıldığında pasif zamanlar elde edilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırmanın yapıldığı üç işletmenin ölçüm ve analiz sonuçları sırasıyla verilmiştir.

AKDÜ işletmesi

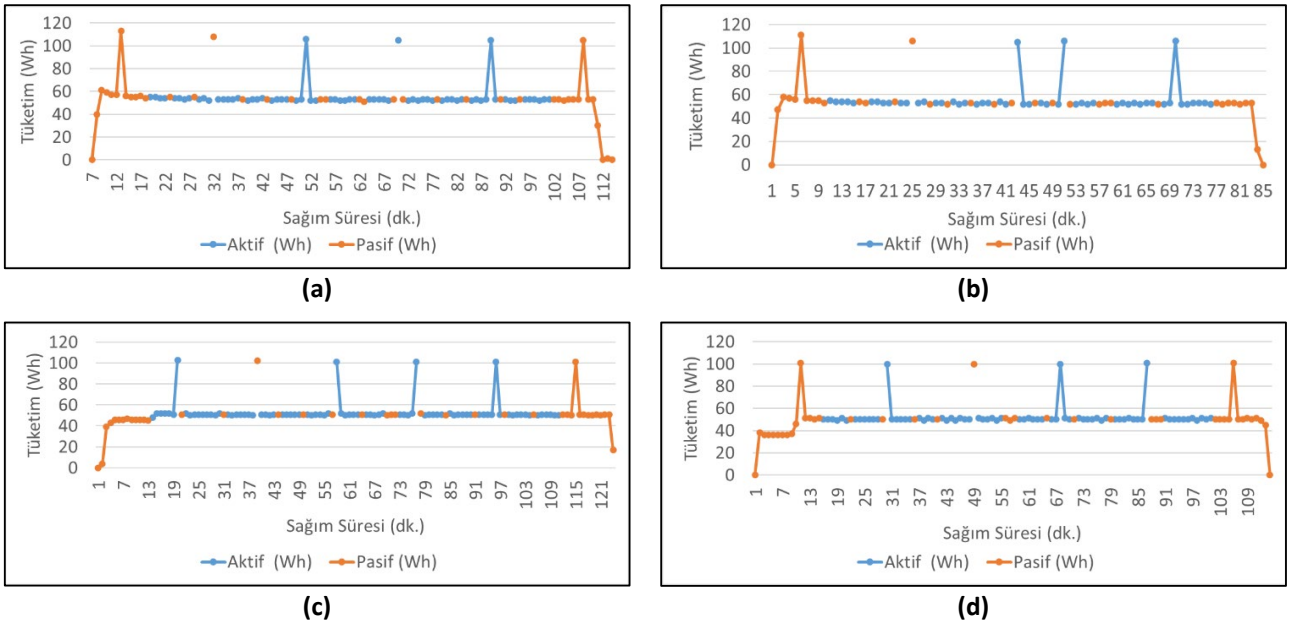
AKDÜ işletmesinde genel olarak sağım süresince vakum pompasının aktif ve pasif çalışma dönemlerine ait enerji tüketimlerinin belirli bir düzeyde seyrettiği görülmüştür. Sağım sistemi genel olarak, sağım başında ve sonunda yüksek pasif enerji tüketimi göstermiş, sağımın orta bölümünde ise hem aktif hem pasif tüketim sabit ve düşük bir düzeyde ilerlemiştir. Bu durum sağım süreçlerinin yapısal karakteristiği olan "hazırlık–sağım–başlık çıkarma" döngüsüyle uyumludur (Şekil 1).

AKDÜ işletmesinde kış-sabah sağımında, sağım başlangıcında pasif modda belirgin bir enerji tüketim artışı gözlenmiştir. Sağımın devam eden bölümünde ise aktif tüketim dengeli seyretmiş, yalnızca sağım gruplarının değiştiği anlarda kısa süreli enerji sıçramaları yaşanmıştır. Pasif tüketim ise genel olarak aktif tüketimin üzerinde gerçekleşmiş ve sağım sonunda tekrar keskin bir düşüş göstermiştir. Bu durum, işletmede sağım sürecinde bekleme sürelerinin yüksek olabileceğine işaret etmektedir (Şekil 1a). İşletmenin kış-akşam sağımında ise aktif tüketimdeki ani yükselişlerin (piklerin) sayıca fazla ve belirgin olduğu görülmüştür (Şekil 1b). Bu durum, sağım sırasında grup değişimlerinin daha sık yapılmasına veya sağım düzeninin daha hareketli olmasına bağlanabilir.

AKDÜ işletmesinde yaz-sabah sağımında, diğerlerine kıyasla sağımın başlangıcında pasif enerji tüketiminin daha düşükten başlayıp kısa sürede sabit bir seviyeye ulaştığı görülmüştür (Şekil 1c). Aktif enerji tüketimi yine belirli aralıklarla yükselmiş, ancak Şekil 1b'ye kıyasla bu yükselişler daha dengeli ve sayı olarak daha az olmuştur. Bu dönemde sağım akışının daha düzenli olduğu ve sağım grupları arasındaki geçişlerin daha düzenli yürütüldüğü değerlendirilmiştir. Sağım sonunda pasif tüketimdeki yükseliş yine sağım tamamen sona ermesine rağmen vakum pompasının çalışmaya devam etmesinden kaynaklanmıştır. İşletmedeki yaz-akşam sağımında ise aktif tüketim genel olarak diğerleri ile benzer bir düzeyde olmasına karşın, pasif enerji tüketimi sağımın orta bölümünde diğerlerine göre daha uzun süre sabit kalmaktadır (Şekil 1d). Aktif moddaki enerji sıçramaları düzenli aralıklarla gerçekleşmekte olup, bu durum sağım düzeninin periyodik bir akışla yürütüldüğünü göstermiştir. Sağım sonunda pasif tüketimin uzun süre devam etmesi ve ardından son bulması yine sağım sonundaki boşta vakum pompası çalışmasından kaynaklanmıştır.

AKDÜ işletmesinin yaz ve kış dönemlerine ait sabah ve akşam sağımları değerlendirildiğinde, pasif enerji tüketimi çoğu zaman aktif tüketimin üzerinde seyretmeiştir. Sağım başı ve sonlarında pasif tüketimdeki ani yükseliş ve

düşüşler, makinenin yük altında olmadığında bile enerji harcadığını göstermiştir. Pasif tüketim sürelerinin uzunluğu, enerji verimliliği açısından iyileştirmeye açık kritik bir noktadır.



Şekil 1. AKDÜ işletmesi denemeleri SSM enerji tüketimi a) kış sabah, b) kış akşam, c) yaz sabah, d) yaz akşam

Figure 1. AKDU business trials SSM energy consumption a) winter morning, b) winter evening, c) summer morning, d) summer evening

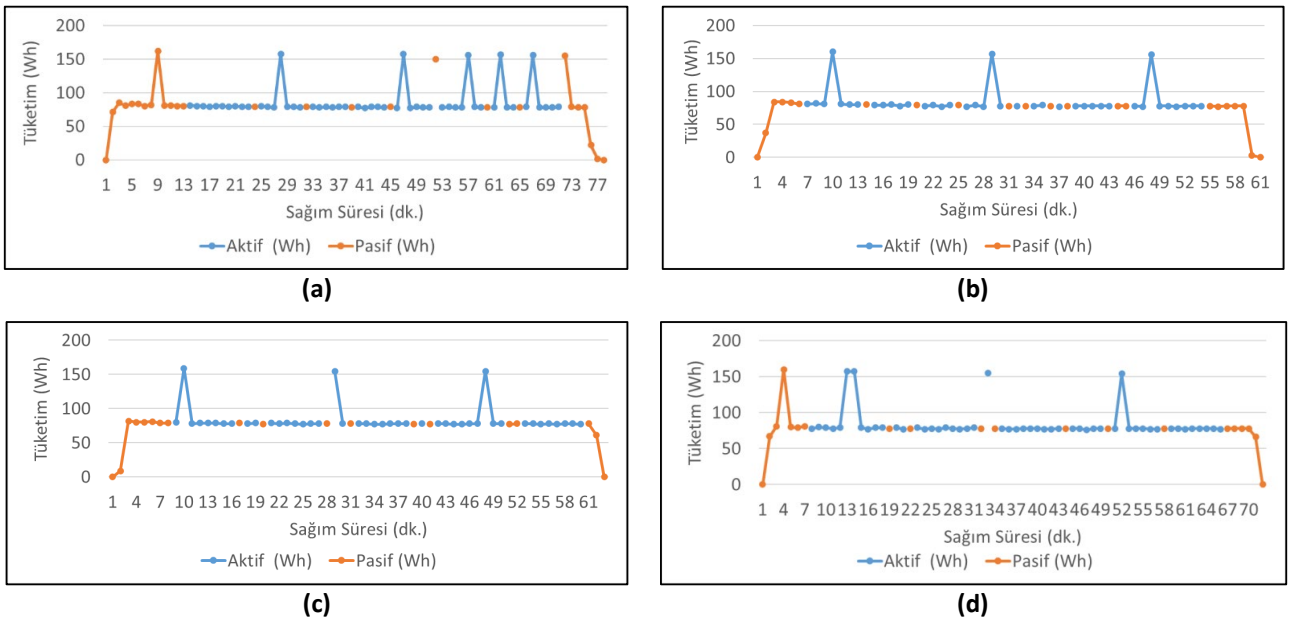
MAKÜ işletmesi

Burdur Mehmet Akif Üniversitesi işletmesinde kış-sabah sağımında, aktif enerji tüketimi, sağımın büyük bölümünde yaklaşık 75–85 Wh aralığında gerçekleşmiş olup, sağım grubu değişimlerinde 150–160 Wh seviyelerine ulaşan aktif enerji tüketimleri saptanmıştır (Şekil 2a). Bu yükselişlere, sağım başlıklarının takılması-çıkarılması, grup değişimi veya kısa süreli yüklenme artışları sebep olmuştur. Pasif enerji tüketimi ise başlangıçta düşük olup sağımın ilk dakikalarında hızlı bir artışla 80–90 Wh seviyelerine yükselmiştir. Bu durum, vakum pompasının yük altında olmamasına rağmen sistemin çalışma esnasında daha fazla enerji tükettiğini göstermiştir. Sağımın sonunda hem aktif hem de pasif değerlerde hızlı bir düşüş görülmesi sağım sürecinin tamamlandığını ve ekipmanın boşta çalışma süresinin sona erdiğini göstermiştir. İşletmenin kış-akşam sağımında, aktif enerji tüketim değerleri genel olarak 80 Wh civarında seyretmiştir (Şekil 2b). Ancak, iki büyük aktif tüketim piki (150–170 Wh) dikkat çekmiştir. Bu pikler sağım grubunun hızlı değiştiği veya operatör müdahalelerinin yoğun olduğu anları ifade etmektedir. Pasif tüketim ise bir öncekinde olduğu gibi sağımın ilk dakikalarında keskin bir artış göstermiş ve sonrasında 80–90 Wh civarında sabit bir tüketim değerinde ilerlemiştir. Bu durum işletmede sağımın büyük kısmında vakum pompasının tam yükte olmadığını ancak sürekli çalıştığı anlamına gelmektedir. Sağımın son bölümünde ise her iki tüketim tipinin hızla azalması, sürecin kontrollü biçimde sonlandırıldığını göstermiştir.

MAKÜ çiftliğindeki yaz-sabah sağımında, aktif tüketimdeki değerlerin öncekine benzer olduğu burada da görülmüştür. Sağım süresinin büyük bölümünde 80 Wh civarında olan sabit tüketim, belirli aralıklarla 150–160 Wh'e kısa süreli yükselme göstermiştir (Şekil 2c). Bu yükselmelerin tekrarlayan yapısı, sağım grubunun düzenli aralıklarla değiştirildiğini veya sağım sırasında belirli döngülerin bulunduğunu düşündürmüştür. Pasif enerji tüketimi yine ilk dakikalarda hızla yükselmiş ve 80 Wh seviyesinde sabit seyretmiştir. Bu durum, sistemin standart çalışma karakteristiğini yansıtmaktadır. Sağım sonunda pasif tüketimdeki ani düşüş, sağımın son bulduğu ve bir süre devam eden pasif tüketimin ardından vakum pompasının durdurulduğunu göstermektedir.

Şekil 2a'da elde edilen bulgular ile çok yakın aktif ve pasif enerji tüketim değerlerinin elde edildiği yaz-akşam sağımının (Şekil 2d) tek farkı sağım başlangıcında ve bitişinde ortaya çıkan pasif tüketimlerin daha az olmasıdır. Bu duruma; vakum pompasının sağmal hayvan grupları sağım odasına geldikten hemen sonra çalıştırılması ve sağım bittiğinde hemen durdurulması ile açıklanabilir (Şekil 2d).

Bu dört grafikten elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, sağım sürecinin enerji tüketim profili açısından benzer bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Tüm sağım dönemlerindeki sağım süresinin büyük kısmında aktif tüketim yaklaşık 80 Wh civarında kalmaktadır. 150–170 Wh arasındaki aktif pik değerlerine sağım grubunun değişimi veya sistemdeki kısa süreli mekanik yük artışları olduğuna işaret etmektedir. Pasif tüketim, sağımın ilk dakikalarında düşük seviyeden hızla yükselerek 80–90 Wh düzeyine ulaşmıştır. Bu durum, vakum pompasının hayvan sağımı başlamadan dahi önemli miktarda enerji tükettiğini göstermiştir. Sağımın sonunda tüm değerlerde pasif tüketim keskin bir şekilde azalmıştır. Bu bulgu, sağım sonrası gereksiz çalışmanın bir süre sonra çalışanlar tarafından sonlandırıldığını ve vakum pompasının durdurulduğunu göstermektedir. Pasif tüketimin aktif tüketimle benzer seviyede olması, sağım öncesi ve sonrası boşta geçen sürelerin işletme verimliliğini olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. Sağım süresi uzadıkça sistemin sabit ve gereksiz pasif yük altında kalması işletmedeki enerji maliyetlerini artırmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. MAKÜ işletmesi denemeleri SSM enerji tüketimi a) kış sabah, b) kış akşam, c) yaz sabah, d) yaz akşam

Figure 2. MAKU business trials SSM energy consumption a) winter morning, b) winter evening, c) summer morning, d) summer evening

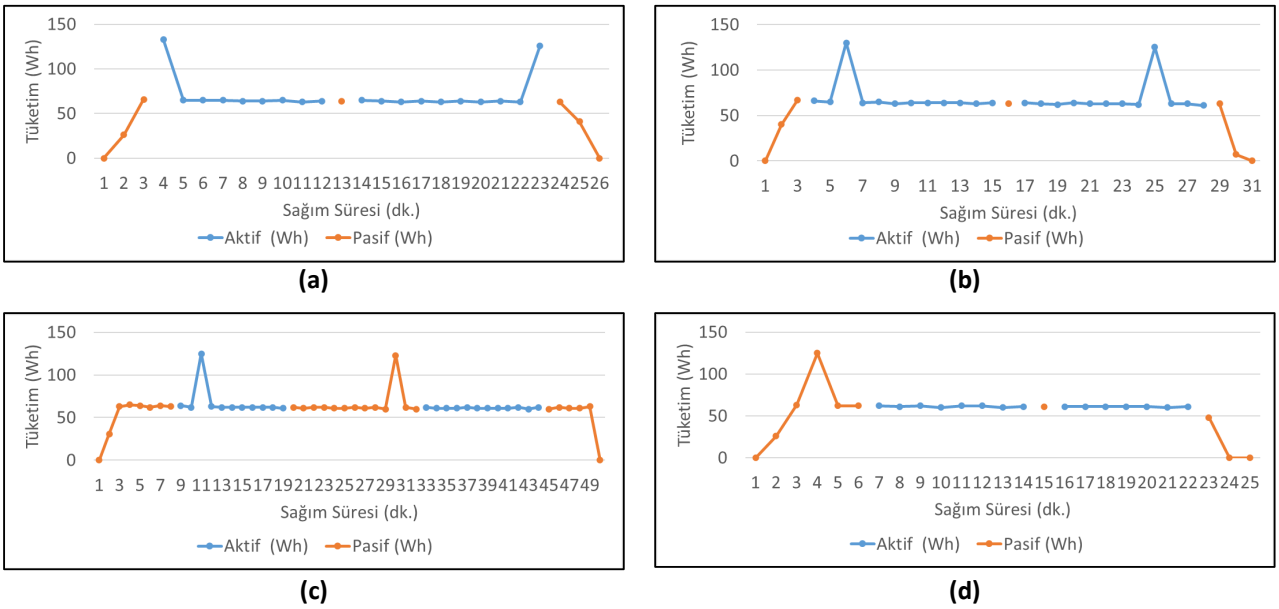
ISUBÜ işletmesi

ISUBÜ işletmesindeki kış-sabah sağımında, sğım süresinin başlangıç ve bitiş bölümlerinde pasif enerji tüketiminin belirgin şekilde arttığı görülmüştür (Şekil 3a). Pasif tüketim ilk dakikalarda hızlı bir yükselişle 60 Wh seviyelerine ulaşmış ve sağımın ana bölümünde düşerek sistemin tamamen aktif enerji modunda çalıştığını göstermiştir. Buna gerekçe olarak sağmal hayvan sayısının az olması ve sağım grubu değişiminin sadece bir kez olması gösterilebilir. Aktif tüketimde sağımın 3. ve 4. dakikalarında 135 Wh seviyesine ulaşan keskin bir pik görülmektedir. Bu pik, sağım başlıklarının takıldığı veya ilk büyük hayvan grubunun sisteme alındığı aşamayla ilişkilidir. Devam eden süreçte aktif tüketim 55–65 Wh bandında stabil bir seyir izlemiş ve sağım sonunda tekrar 130 Wh civarında ikinci bir yüksek tüketim pikinin oluştuğu gözlenmiştir. Bu durum, sağım bitişi sırasında başlık çıkarma ve sistemin boşaltılmasına

bağlı ek yüklemeleri ve dengesizlikleri işaret etmektedir. İşletmenin kış-akşam sağımında (Şekil 3b), sabah sağımına benzer bir eğilimde pasif tüketim hızlı bir şekilde 65 Wh seviyesine çıkmış, ardından aktif tüketim başlangıcı gerçekleşmiştir. Bu durum, işletmede pasif çalışma süresinin yalnızca sağım hazırlık aşamasında gerçekleştiğini göstermiştir. Aktif enerji tüketimi ise sağımın belirli anlarında 140 Wh seviyesine ulaşan iki yüksek seviye içermiştir. Yüksek seviyelerin periyodik tekrarı, sağım gruplarının düzenli aralıklarla değiştirildiğini veya sağım hattına yeni hayvan girişlerinin olduğu anları göstermektedir. Sağımın son bölümünde ise pasif tüketimin tekrar artıp aniden sıfırlanması, sistemin kapatılarak vakum pompasının durdurulmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

ISUBÜ işletmesinin yaz-sabah sağımı (Şekil 3c) kış dönemi sağımları ile karşılaştırıldığında ise başlangıçta pasif tüketimin daha uzun süre aktif kaldığı görülmüştür. Pasif tüketim ilk 10 dakika 50–70 Wh aralığında sabit seyretmiştir. Bu duruma işletmede başlangıç işlemlerinin bu sağımda daha uzun sürmesinin neden olduğu düşünülebilir. Aktif tüketim 10-11. dakikalarda 130 Wh seviyesinde bir en üst seviyeye çıkmış, ardından 29-30. dakikalarda ikinci bir yüksek tüketim artışı gözlenmiştir. Bu iki tüketim artışına, sağım grubu değişimi veya operatör müdahalesi gibi mekanik yüklenme artışları sebep olmuştur. İşletmenin yaz-akşam sağımlarında (Şekil 3d), diğerlerinden farklı olarak pasif tüketimin başlangıçta daha yüksek bir değere (130 Wh'ye yakın) yükseldiğini ve ardından 60 Wh seviyesine düştüğü görülmüştür. Aktif enerji tüketimi ise sağım boyunca 55–65 Wh civarında sabit kalmış, yalnızca başlangıçta kısa süreli 70–75 Wh civarında bir artış olmuştur.

Tüm sağım dönem ve zamanlarında pasif tüketim sağımın başlangıç ve bitiş aşamalarında görülmüştür. Başlangıçta pasif tüketimin hızlı yükselmesi, vakum pompasının sağım başlamadan önce tam kapasiteye ulaşma gerekliliğini ortaya koymaktadır. Tüm sağım dönemlerindeki pasif tüketim, sağım sürecinin büyük bölümünde geçen tüm zamana göre oldukça düşük bir oranda kalırken, bu durum sağımlarda pasif enerji kaybının sağım anında değil, özellikle hazırlık ve sonlandırma süreçlerinde ortaya çıktığını göstermiştir. Bu işletmede bir kez sağmal hayvan grubu değişimi yapıldığından pasif tüketim daha düşük çıkmıştır. Aktif tüketim sağım süresince 50–70 Wh aralığında gerçekleşmiştir. Pasif tüketim yalnızca hazırlık ve bitişte görüldüğü için sağımlardaki gereksiz enerji kayıpları büyük oranda bu aşamalarda yoğunlaşmıştır. Aktif tüketimdeki düşük değişkenlik, sağım makinesinin çalışma verimliliğinin dengeli olduğunu göstermiştir. Sağım hazırlık sürelerinin optimize edilmesi pasif tüketimi azaltmaya yönelik en etkili çözüm olduğu düşünülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. ISUBÜ işletmesi denemeleri SSM enerji tüketimi a) kış sabah, b) kış akşam, c) yaz sabah, d) yaz akşam

Figure 3. ISUBU business trials SSM energy consumption a) winter morning, b) winter evening, c) summer morning, d) summer evening

İşletmelerin (AKDÜ–MAKÜ–ISUBÜ) genel ortalama değerlerinin karşılaştırılması

Her üç işletmenin de süt sağımına ilişkin aktif–pasif enerji tüketimleri ve aktif–pasif zaman kullanım oranları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgedeki sağımsız pasif terimi sadece sağım başlangıcı ve sonundaki süre ve tüketimleri temsil etmektedir. Yani, sağmal hayvanların sağım odasında bulunmadığı fakat vakum pompasının halen çalışmaya devam ettiği durumlardır. Pasif bölümün içerisinde sağım esnasında ortaya çıkan kayıplar, sağımın başlangıç ve sonundaki bölümlerde yer almaktadır. Sağımsız pasif terimi ile toplam pasif kayıpların içinde yer alan sağımın olmadığı durumlar ve bu bölümün toplam pasif kayıplara oranını temsil etmektedir.

Çizelge 2. AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinin aktif ve pasif tüketim oranları

Table 2. Active and passive consumption rates of AKDU, MAKÜ and ISUBÜ businesses

	AKDÜ				MAKÜ				ISUBÜ			
	Aktif	Pasif	Toplam	Sağımsız Pasif	Aktif	Pasif	Toplam	Sağımsız Pasif	Aktif	Pasif	Toplam	Sağımsız Pasif
$\sum_{Wh}$	3573.5	1837.6	5411.1	989.3	3922.9	1436.8	5359.7	857.7	1277.3	447.5	1724.8	282.1
Oran (%)	66.0	34.0	100.0	53.6	73.4	26.6	100.0	58.4	75.7	24.3	100.0	69.9
$\sum_{dk.}$	62.8	34.7	97.5	20.1	46.0	19.7	65.7	12.6	19.3	9.6	28.9	7.1
Oran (%)	64.2	35.8	100.0	57.8	70.1	29.9	100.0	63.3	67.9	32.1	100.0	79.1

Çizelge 2'de görüldüğü gibi AKDÜ işletmesi 5411.1 Wh ile en yüksek toplam enerji tüketimine sahip işletme olmuştur. Bunu çok yakın bir tüketim değeri ile MAKÜ işletmesi izlemiştir. ISUBÜ ise 1724.8 Wh ile diğer iki işletmenin oldukça altında bir enerji tüketimine sahip bulunmuştur. ISUBÜ işletmesindeki bu farklılığa, sağmal hayvan varlığının diğer iki işletmeye göre daha az olması sebep gösterilebilir.

ISUBÜ %75.7 ile en yüksek aktif kullanım ($\sum_{Wh}$) oranına sahipken, MAKÜ %73.4 ve AKDÜ %66.0 en düşük aktif kullanım oranına sahip bulunmuştur. ISUBÜ, toplam tüketimin daha büyük kısmını aktif sağım süreçlerinde kullanmakta, bu da enerji verimliliği açısından daha güçlü bir performansa işaret etmiştir. Fakat bu durum yine sağmal hayvan varlığının diğer işletmelere göre daha az olması ile doğrudan ilişkilidir.

AKDÜ %34.0 ile en yüksek pasif enerji kullanım oranına sahipken, MAKÜ %26.6 ve ISUBÜ %24.3 en düşük pasif enerji kullanımı göstermiştir. AKDÜ'deki yüksek pasif enerji tüketiminin, sağımın başı ve sonundaki bekleme sürelerinin uzunluğuna veya sağım öncesi hazırlık süreçlerinin daha fazla enerji tüketmesine bağlı olduğu düşünülmüştür. Ayrıca AKDÜ işletmesindeki sağım görevlisi sayısı sağmal hayvan varlığı açısından da düşünüldüğünde diğer işletmelere göre daha az sayıda olduğundan dolayı sağım esnasında buzağı besleme işlemleri, sağmal grubun gereğinden fazla sağım odasında kalmasına ve pasif tüketimde sürenin uzamasına yol açmıştır. Ayrıca bu durum sağmal hayvanların meme sağlığı ve süt verimi açısından da risk oluşturmaktadır (Alaçam, 1984; Eser & Bilgücü, 2019).

Sağımsız pasif enerji kullanım (Wh) değerleri, sağımın aktif olarak yapılmadığı; ancak elektrik motoru ve vakum pompası gibi birimlerin boşta çalıştığı sürelerde tüketilen enerjiyi göstermektedir. Bu değerler AKDÜ işletmesinde 989.3 Wh, MAKÜ'de 857.7 Wh ve ISUBÜ'de 282.1 Wh olarak kaydedilmiştir.

Süre olarak aktif ve pasif zamanlar incelendiğinde, ISUBÜ %67.9, MAKÜ %70.1 ve AKDÜ %64.2 aktif zaman kullanımı göstermiştir. Ortalama değerler ele alındığında AKDÜ %35.8 ile en fazla pasif süre kullanımı gösterirken, bu işletmeyi %32.1 ile ISUBÜ ve %29.9 ile MAKÜ takip etmiştir. AKDÜ'de pasif sürenin yüksek olması, sağım sırasında hayvan giriş–çıkışlarının daha yavaş gerçekleştiğini veya sağım düzeninin daha verimsiz olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca AKDÜ işletmesinde 2x3 balıkkılçığı tip sağım odası bulunması, aynı sağmal hayvan varlığına sahip MAKÜ işletmesinin 2x6 balıkkılçığı tip sağım sistemine sahip olmasına göre daha dezavantajlıdır. Aynı anda 6 hayvanın sağımı gerçekleştirilen AKDÜ işletmesinde sağım grubu değişim sayısı diğer tüm işletmelere göre daha fazladır. Her bir değişim zaman kaybı ve pasif tüketim anlamına geldiğinden dolayı bu durumun AKDÜ işletmesinde daha yüksek olması kaçınılmazdır.

AKDÜ işletmesinde pasif enerji oranı ve pasif zaman oranı genel olarak yüksek çıkmıştır. Üç işletme arasında enerji verimliliği açısından en zayıf performans AKDÜ işletmesinde olmuştur. Bu işletmede sağım organizasyonu, hayvan trafiği ve ekipman otomasyonunda iyileştirmelerin yapılması önerilmektedir. MAKÜ işletmesinde, toplam enerji tüketimi yüksek olmasına rağmen, aktif enerji kullanımı yüksektir. Bu durum işletmenin yüksek sağmal hayvan varlığına sahip olmasına rağmen, aynı anda 12 sağmal hayvanın sağılabildiği sağım sistemine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca yine bu işletmede sağım esnasında 4 farklı görevlinin çalışıyor olması hayvan trafiğinin yönetilmesinde, sağım öncesi temizlik ve ön sağım gibi işlemlerde meydana gelen kayıp süreleri minimuma indirmiştir. ISUBÜ işletmesinde hem toplam enerji tüketimi hem de pasif enerji tüketimi en düşük, aktif enerji oranı en yüksek işletme çıkmıştır. Bu durum, enerji verimliliği ve sağım yönetimi açısından en optimal işletmenin ISUBÜ olduğunu göstermiştir. Ancak ISUBÜ işletmesinin toplam iki sağım grubu ile (iki dolumla) sağım işlemini tamamlaması ve diğer işletmelerden daha az sağmal hayvan varlığına sahip olması bu verimliliği getirmiştir.

Yapılan çalışmalarda sağım öncesi hazırlığın hayvan başına 2 dakika olduğu belirtilirken (Gençoğlan, 2017), mevcut çalışmada bu sürenin ortalama 1 dakika sürdüğü tespit edilmiştir. Olgun (2011), yaptığı çalışmada kültür ırkı büyükbaş hayvanların sağım süresinin 4-6 dakika sürdüğünü belirtmiş, yapılan çalışmada bireysel hayvan verimi farklılıklarından dolayı bu değer 5-10 dakika olarak tespit edilmiştir.

Araştırma çalışmalarında değişken devirli vakum pompalarının enerji tasarrufu sağladığı sonuçlarına ulaşılmıştır (Akbaş ve ark., 2018; Keskin, 2019; Kudělka ve ark., 2014; Murgia ve ark., 2008; Pazzona ve ark., 2003; Rajaniemi ve ark., 2017; Reinemann ve ark., 2021; Roşca ve ark., 2013). Fakat değişken devirli vakum pompaları sağımın olmadığı durumlarda en düşük devirde de çalışsa bir enerji tüketimi söz konusudur. Sağımın yapılmadığı, sağım başlangıç ve bitiş aşamalarında gerçekleşen pasif tüketimlerde düşük devirde çalışmaktan başka sistemin yapabileceği tasarrufa yönelik başka bir hamle bulunmamaktadır. Bu gibi durumlar için sağım odalarında yer alan süt sağım sistemlerinde farklı opsiyonlar barındıran yeni özelliklerin geliştirilmesi gereklidir. Değişken devirli vakum pompaları tek başına yetersizdir. Mevcut sağım görevlilerinin eğitim süreçlerinin iyi yönetilmesi ve bilinçledirilmeleri sağım başlangıç ve bitişindeki pasif tüketimleri minimuma indirebilir. Ayrıca sağım platformuna vakum pompasını çalıştırıp durdurmaya yarayan bir buton eklenmesi, başlangıç ve bitişlerdeki pasif sürelerin önüne geçecektir. Görevliler ile yapılan görüşmelerde sistemi çalıştıran panonun süt soğutma tankının bulunduğu kontrol odasında yer aldığı ve sağmal gruplarının sağım odasına geldikten sonra vakum pompasının çalıştırılmasının kendileri için vakit kaybı olduğunu dile getirmişlerdir. Dolayısıyla, sağım zamanı ilk iş olarak vakum pompasını çalıştırıp sağmal hayvanları odaya alıp sağımı başlattıkları ve sağım sonunda da çevre temizliğini tamamladıktan sonra en son iş olarak vakum pompasını durdurdukları tespit edilmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, AKDÜ, MAKÜ ve ISUBÜ büyükbaş süt sığırı işletmelerinde yürütülen sağım süreçlerine ait aktif ve pasif süreler ile buna bağlı enerji tüketimleri ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Elde edilen bulgular, işletmeler arasında sağım süresi, pasif çalışma oranı ve toplam enerji tüketimi açısından belirgin farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuştur. AKDÜ işletmesinde toplam sağım süresinin ve pasif çalışma oranının diğer işletmelere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiş, bu durumun özellikle sağım öncesi ve sonrası vakum pompasının pasif halde çalışmasından ve işletmede çalışan sağım görevlisi sayısının sadece bir kişi olmasından kaynaklandığı görülmüştür. MAKÜ işletmesi, toplam enerji tüketimi açısından en yüksek değere sahip olmakla birlikte, pasif enerji oranının AKDÜ'ye göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. ISUBÜ işletmesi ise hem toplam sağım süresi hem de toplam enerji tüketimi bakımından en düşük değerlere sahip olmuş, buna karşın sağım dışı pasif enerji tüketim oranının görece yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, yalnızca teknik donanımın değil, işletme organizasyonu ve iş akışının da enerji verimliliği üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermiştir.

Sağım sürecinde gözlenen pasif enerji tüketimlerinin önemli bir bölümünün aktif sağım esnasında değil, hayvanların sağımhaneye alınması, sağım grubu değişimi ve sağım sonrası boşta çalışma sürelerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Özellikle AKDÜ işletmesinde uzun sağım süresi boyunca vakum pompasının ortalama %36 oranında pasif çalışması, enerji verimliliği açısından dikkate değer bir kayıp oluşturmuştur. Benzer şekilde MAKÜ ve ISUBÜ işletmelerinde de sağım dışı pasif enerji tüketim oranlarının %58 ile %70 arasında değiştiği görülmüştür. Bu durum, değişken devirli vakum pompalarının tek başına yeterli bir çözüm olamayacağını; sağım organizasyonu, hayvan akışı ve personel yönetiminin de enerji tüketimini doğrudan etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.

Sağım öncesi hazırlık süreçlerinin daha iyi planlanması, hayvan bekleme alanlarının kapasite ve yerleşim açısından optimize edilmesi ve sağım personeli sayısının işletme büyüklüğüne uygun şekilde düzenlenmesi pasif enerji tüketim oranlarının azaltılması için önemli kriterlerdir. Sağım sonunda vakum pompasının gereksiz çalışmasını önleyecek otomatik kapatma sistemleri ve zaman kontrollü enerji yönetim uygulamaları enerji tasarrufu sağlayabilir.

AKDÜ işletmesinde süt sağım makinasının 2x3 toplam 6 hayvanı aynı anda sağabiliyor olması en önemli sağım süresini uzatan etmenlerden birisidir. İşletmelerde sağılan hayvan ve sağım görevlisi sayısına bağlı değişmekle birlikte, pasif geçen süreler toplam sağım süresinin %30-36'sını oluşturmuştur. Pasif sürelerin toplamının %57-79'unu ise sağım öncesi ve sağım bittikten sonraki vakum pompasının boşta çalıştığı süreleri kapsamaktadır. Elektrik enerjisi tüketimi açısından toplam tüketimin (kWh) %24-34'ünü pasifte geçen tüketimler almaktadır. Bu tüketimlerin %53-70'i ise vakum pompasının sağım yapmadığı süreçte gerçekleşmiştir. Genel olarak sağım görevlilerinin vakum pompasını sağmal hayvanlar bekleme alanına alınırken veya alınmaya başlamadan önce çalıştırdığı tespit edilmiştir. Sağım sonunda da sağımhane temizliği bittikten sonra vakum pompasının durdurulduğu belirlenmiştir. Sağımcı platformunda, sağımcının kolaylıkla ulaşabileceği vakum pompasının kapatılıp açılmasını sağlayan bir kontrol butonunun yer alması, pasif zamanlarda tüketilen enerjiden %53-70 oranında tasarruf edilmesini sağlayacaktır.

Sağım tesisi tipi ve büyüklüğüne uygun makine seçimi, bakım ve kalibrasyon işlemlerinin düzenli yapılması enerji kayıplarını azaltabilecektir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı sağım tesisi tiplerinin ve otomasyon düzeylerinin pasif enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, sürdürülebilir ve enerji etkin süt sığırcılığı sistemlerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Akdeniz Üniersitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2023-6465 proje kodu ile desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Çalışmanın yürütülmesi ve makalenin yazılması aşamaları 1. Yazar tarafından gerçekleştirilirken, 2. Yazar tüm süreç boyunca danışmanlık yapmış, metnin yazılması ve revizyon süreçlerinde destek sağlamıştır.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

Akar Çıkrıkçı, C. (2019). Türkiye'de robotik sağım sistemiyle çalışan işletmelerin sürü yönetim performans değerlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 13-18 s., Tekirdağ.

Akbaş, T., Çetin, M., & Hacıyusufoğlu, A. F.,(2018). Bazı sabit süt sağım tesislerinde kullanılan vakum pompalarının kurulu elektrik gücünün incelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 14,* 294-301.

Alaçam, E. (1984). Süt ineklerinde sağım ve meme bakımı. *Selçuk Üniversitesi Vet. Fak. Dergisi, Özel Sayı,* 91-105.

Apaydın, E. (2010). Malkara bölgesinde uygulanan süt sağım ve soğutma mekanizasyon zincirleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 30-36 s., Tekirdağ.

Arslan, M. (2016). Antalya sahil koşullarında silajlık sorgum yetiştiriciliğinde organik gübrelemenin etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 9(2),* 1-5.

Atasever, S., & Erdem, H. (2008). Süt sığırlarında mastitis ile sütün elektriksel iletkenliği arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 23(2),* 131-136.

Atılgan, A., Erkan, M., Saltuk, B. & Alagöz, T. (2006). Akdeniz Bölgesindeki hayvancılık işletmelerinde gübrenin yarattığı çevre kirliliği. *Ekoloji, 15 (58),* 1-7.

Bilgili, M. E., & Aybek, A. (2019) Türkiye'de Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Yapısal ve Mekanizasyon Özelliklerine Yönelik Yapılan Bilimsel Çalışmaların Uygulamadaki Gereksinimler Açısından Değerlendirilmesi. *Çukurova II. Uluslararası multidisipliner çalışmalar kongresi, Türkiye,* 814-833.

Boyacı, S., Akyüz, A. & Kükürtcü, M. (2011). Büyükbaş hayvan barınaklarında gübrenin yarattığı çevre kirliliği ve çözüm olanakları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (1),* 49-55.

Boyar, İ. (2025). Süt sığırcılığı işletmelerinde güç gereksinimi ve enerji tüketiminin belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, 62-111 s. Antalya.

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.

Boyar, S., & Yumak, H. (2000). Isparta ve Burdur illeri süt sığırcılığı işletmelerinde kaba ve karma yem mekanizasyon düzeyi, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 10(1),* 11-18.

Boz, M., Çarman, K., & 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.

Çukur, F., Demirbaş, N., & Yıldız, Ö. (2009). Avrupa birliği pespektifinden Türkiye'de süt sığırcılığı sektöründeki gelişmeler. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, (13)4,* 31-39.

Duman, A. (2014). Süt sağım mekanizasyonunda enerji maliyetlerinin ve enerji verimliliğini etkileyen unsurların saptanması üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-18 s., Tekirdağ.

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, Fen Bilimleri Enstitüsü, 50-56 s., Adana.

Eser, A. G., & Bilgücü, E. (2019). Sütçü ineklerde meme sağlığı ve sağım hijyeninin önemi. *III. Uluslararası Farkındalık Konferansı, 5-7 Aralık, Çanakkale, Türkiye*. ss. 629-638.

Gençoğlan, S. (2017). Kahramanmaraş ilinde süt sığırı işletmelerinde bulunan merkezi sağım sistemlerinin mevcut durumunun ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48(2),* 107-111.

Göksu, E. (2012). Bezelye (Pisum Sativum l.)'de kimyasal, organik ve mikrobiyal gübrelemenin verim ve verim özelliklerine etkileri. Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, 26 s., Bursa.

Güzel, M., & Aybek, A. (2017). Kahramanmaraş ili süt sığırcılığı işletmelerinin mekanizasyon yapısı. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 20(2),* 148-159.

Güzel, M. (2016). Kahramanmaraş ili süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal ve mekanizasyon özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 24 s., Kahramanmaraş.

Işık, E., & Ünal, H. (2003). Yerli yapım süt sağma makinasının performans değerlerinin saptanması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1),* 79-93.

Karadoğan, T., Özer, H. & Oral, E. (1997). Çiftlik gübresi ve mineral gübrelemenin patates yumrusunun direncine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(2),* 227-234.

Kasap, A. (1985). Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Elektrik Enerjisinin Optimum Kullanılma Sınırları. Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi 20-22 Mayıs, 1985 Adana.

Kaya, A. (2019). Karaman ili süt sığırcılık işletmelerinin yapısal ve mekanizasyon özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 26-84 s., Konya.

Kaygısız, A., Yılmaz, İ., & Ceylan, S. (2024). Mersin ilindeki keçi işletmelerinin hayvan refahı bakımından değerlendirilmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29(1),* 1-13.

Keskin, K. (2019). Süt sağım sistemlerinde değişken devirli vakum pompasının kullanılması ile elde edilen kazanımların belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 22-28 s., Tekirdağ.

Kudělka, J., Fryč, J., & Trávníček, P. (2014). Measurement of heat losses on the milking machine electric motor at various regulations of vacuum using methods of thermal imagery. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 62(5),* 1007-1014.

Kuraloğlu, H. (1998). Bursa iline bağlı mustafakemalpaşa ve karacabey ilçelerinde sağımda mekanizasyon uygulamaları. Yüksek Lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 48-50 s., İzmir.

Kuş, E., & 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.

Memmedova, N. (2012). Süt sığırlarında mastitisin bazı yapay zeka yöntemleri kullanılarak erken dönemde tespiti. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 16-53 s., Konya.

Mundan, D., Selçuk, H., Orçin, K., Karakafa, E. & Akdağ, F. (2014). Modern süt sığırı işletmelerinde robotlu sağım sistemlerinin ekonomik açıdan değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 3(1),* 42-48.

Murgia, L., Caria, M., & Pazzona, A. (2008). Energy use and management in dairy farms. International Conference: September 15-17, Ragusa – Italy.

Nalbant, M., & Ülger, P. (2010). Süt sığırcılığında süt sağımının mekanizasyon olanakları üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(3-4),* 75-86.

Olgun, M. (2011). *Tarımsal Yapılar Ders Kitabı 2. Baskı.* Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yay. No. 1577, 447 s., Ankara.

Örs, A., & Oğuz, C. (2016). Süt sağım robotları, satın almaya değer mi. XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, ss. 1-5, 25-27 Mayıs, Isparta.

Özbek, O., & Konak, M. (2017). Sıvı ahır gübresi dağıtma makinalarında farklı uygulayıcıların azot kaybına etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture & Food Sciences/Selcuk Tarim ve Gida Bilimleri Dergisi, 31(1),* 1-10.

Özbek, O. (2011). Sıvı ahır gübresi dağıtma makinalarında farklı uygulayıcıların azot kaybı ve mısır verimine etkisi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 38-75 s., Konya.

Özer, A. S. (2014). Seyyar süt sağım makinasının gömülü sistem ile otomasyonu. Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 17-24 s., Konya.

Özkan, G. & Güleryüz, 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.

Özüduruk, H. (2014). Süt sağım robotu tasarım ve imalatı. Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 7-8 s., İstanbul.

Pazzona, A., Murgia, L., Zanini, L., Capasso, M., & Reinemann, D. J. (2003). Dry tests of vacuum stability in milking machines with conventional regulators and adjustable speed vacuum pump controllers. In 2003 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Polat, H. E., İnce, M. A., Ahatoğlu, Ö. & 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.

Rajaniemi, M., Jokiniemi, T., Alakukku, L., & Ahokas, J. (2017). Electric energy consumption of milking process on some Finnish dairy farms. *Agricultural and Food Science, 26(3),* 160-172.

Reinemann, D. J., Van Den Borne, B. H. P., Hogeveen, H., Wiedemann, M., & 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.

Roşca, N., Creangă, Ş., & Ivancia, M. (2018). Research Regarding Heritability and Repeatability Coefficients of some Milk Production Traits from Farms in Moldavian Region. *Scıentıfıc Papers Anımal Scıence And Bıotechnologıes, 51(2),* 157-157.

Seçer, S. (2019). Süt sağım tesisleri ile ilgili 1983, 1996 ve 2007 yıllarına ait ISO standartlarının karşılaştırılması. Yüksek Lisans tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 132-133 s., Isparta.

Tangolar, S., Özdemir, G., Gürsöz, S., Çakır, A. & 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.

TEDAŞ. (2017). Yılında Tüketime Sunulan Elektrik Enerjisinin Abone Gruplarına Göre Dağılımı. TEDAŞ Türkiye Elektrik Dağıtım v e Tüketim İstatistikleri. https://www.emo.org.tr/ekler/272b9331bd30528_ek.pdf Erişim tarihi: 26.01.2026.

Toraman, M. C. (2004). Ahır gübresinin savurmasız harman makinesi ile parçalanması olanakları. Yüksek Lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 18-25 s., Van.

Toruk, F. & Ülger, P. (2001). Hayvancılık İşletmelerinde Gübre Mekanizasyonunun Mevcut Durumunun Saptanması. *Tarımsal Mekanizasyon, 20,* 13-15.

Türkyılmaz, M. K. (2005). Süt sığırcılık işletmelerinde sağım robotu kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2(1),* 61-65.

Uygur, A. M. (2015). İzmir ili süt sığırcılığının mevcut durumu ve geliştirilmesi üzerine bir araştırma. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 4-10 s., İzmir.

Üçer, E. (2008). Örnek süt sığırcılığı işletmelerindeki süt sağım mekanizasyonunda işgücü gereksinmeleri ve maliyetlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-18 s., Aydın.

Ünal, H., Erdoğan, H., Gürcan, S., Satıoğlu, S., & Özgür, F. (2017). Sıvı gübre dağıtma makinasının farklı çalışma hızlarındaki işletme özelliklerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 31(1),* 49-60.

Ünal, H., Ural, Ş., & Bayat, H. (2019). Süt sağım makinası vakum pompalarında farklı vakum basınçlarının bazı parametre değerlerine etkilerinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi, 8(1),* 51-58.

Yığmatepe, V. K. (2017). Sultansuyu tarım işletmesi süt sığırcılığı faaliyetlerinde girdi ve maliyetlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 16-26 s., Tokat.

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, Fen Bilimleri Enstitüsü, 37-41 s., Aydın.

Yumak, H., Toraman, M. C. & Uçar, T. (2006). Çiftlik gübresinin savurmasız harman makinası ile parçalanması olanakları. *Tarımsal Mekanizasyon, 23,* 6-8.