


## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024, 61 (2):233-248  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1441929>

Erdal ÖZ<sup>1\*</sup> 

Martina JAKOB<sup>2</sup> 

Hülya ÖZ<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Ege Meslek  
Yüksekokulu, Tarım Makineleri Programı,  
35100, Bornova, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> Leibniz-Institut für Agrartechnik und  
Bioökonomie e.V. Department of  
Horticultural Engineering, 14469, Potsdam,  
Germany

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):  
[erdal.oz@ege.edu.tr](mailto:erdal.oz@ege.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** 3D hareket, ergonomi,  
süt sağım, üst beden eğilme, üst kol  
yükselme

**Keywords:** 3D motion, ergonomics,  
milking, trunk inclination, upper arm  
elevation

# Seyyar süt sağım makineleri ile sağımın üç boyutlu hareket yakalama sistemi yardımıyla ergonomik analizi

Ergonomic analysis of milking with mobile milking machines using 3d motion capture system

Alınış (Received): 24.02.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 06.05.2024

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada seyyar süt sağım makineleri ile gerçekleştirilen sağım işleminde, çalışma duruşları ve koşullarının üç boyutlu hareket yakalama sistemi yardımıyla ergonomik yönden analizi amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışma, ATB (Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam-Almanya) Enstitüsü ergonomi laboratuvarında yapay bir meme platformu ve tek sağım üniteli seyyar sağım makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üç farklı çalışma duruşu ve üç farklı çalışma yüksekliğinde yapılan denemelerde sağım başlıklarının takılması sırasında üç boyutlu hareket yakalama sistemi yardımıyla üst kol yükselmesi ve üst beden eğilme açıları ölçülmüştür. Değerlendirmeler ISO 11226 standardı, RULA ölçeği ve Borg Skalası'na göre yapılmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Ortalama üst kol yükselme açısının düşük çalışma yüksekliklerinde özellikle tek diz yerde ve çömelme şeklindeki çalışma duruşlarında 42.00- 70.70° arasında değiştiği, bu değerlerin standardın önerdiği kabul edilebilir limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Üst beden eğilme açısında da benzer durum gözlenmiştir. Algılanan efor derecesinin hafif-çok hafif düzeyde olmasına karşın kol, sırt ve dizlerde çalışma duruşları ve yüksekliklerine bağlı olarak yakınmalar olduğu ortaya çıkmıştır.

**Sonuç:** Çalışmada Türkiye'de yaygın olarak kullanılan seyyar süt sağım makineleri ile çalışmada ergonomik yönden ciddi rahatsızlık potansiyelinin olabileceğini somut verilerle ortaya konmuştur. Hayvan meme seviyesinin sağımıcının omuz seviyesine yaklaştırılmasının zorlanmaların azalması üzerinde olumlu etkileri olduğu gözlenmiş, bu yönde bilinçlendirme yapılmasının yararlı olacağı kanısına varılmıştır.

## ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to analyze the working postures and conditions of the milking with mobile milking machines from an ergonomic perspective.

**Material and Methods:** The study was carried out at ATB-Leibniz Institute in Germany. For the experiments, an artificial udder platform and a mobile milking machine was used. Three different working postures and working heights were chosen. Upper arm elevation and trunk inclination angles were measured using with 3D motion capture system during the attaching clusters. Evaluations were made according to the ISO 11226 standard, RULA scale and Borg Scale.

**Results:** Average upper arm elevation angles were measured between 42.00° - 70.70° and at low working heights and one knee on the ground and squatting postures. Values were above the acceptable limits recommended by the standard. Similar situation was observed in the trunk inclinations. The perceived exertion level was light to very light, however, there were complaints in the arms, back and knees depending on working postures and heights.

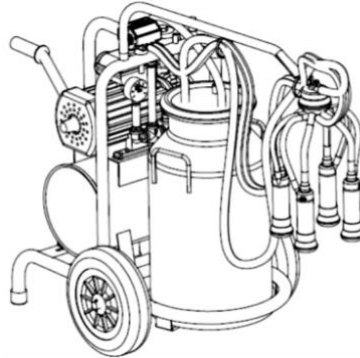
**Conclusion:** Obtained data revealed that potential ergonomic risks while milking with mobile milking machines, which is widely used in Turkey. Increasing the animal's udder level closer to the worker's shoulder level had positive effects on decreasing strains. Raising awareness in this regard would be beneficial.

## GİRİŞ

Hayvancılık zorlu çalışma koşulları ile karakterize olmuş bir tarımsal faaliyet alanıdır. Modern teknolojinin yardımına rağmen hayvan yetiştirme işlemleri hala uzun süreli tekrarlamalı hareketler, yorucu çalışma pozisyonları ve ağır çalışma koşulları içermektedir (Karttunen & Rautiainen, 2011). Bu bağlamda yemleme, altlık serme/temizleme, gübre temizleme, hayvan bakımı ve süt sağım gibi her gün rutin olarak gerçekleştirilen işlemler çalışanların fiziksel ve ergonomik yönden yüklenmelerine neden olmaktadır.

Hayvancılıkla ilgili yukarıda belirtilen faaliyetlerin yaklaşık üçte ikisini süt sağım oluşturmaktadır (Perkio-Makela & Haentila, 2005). Süt sağım işlemi geçtiğimiz yüz yıl boyunca önemli aşamalar kaydetmiştir. Hayvan sayısının artmasına paralel olarak barınak tiplerinde ve sağım sistemlerinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Özellikle sağım robotları gibi otonom sağım sistemleri çalışanların daha az fiziksel yüklenmelere maruz kalmasının sağlanması hedefine önemli katkıda bulunmuştur. Buna rağmen çalışanların ergonomik yönden karşı karşıya kaldıkları risklerde çok da önemli bir ilerleme kaydedilemediği göze çarpmaktadır. Teknolojinin sektöre uyarlanması ile çalışanların fiziksel yüklerinin azaltılması beklense de gerçekte boyun omuz ve üst ekstremiteler rahatsızlıkları ile ilgili sorunların halen devam ettiği değişik araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Arborelius et al., 1986; Stål et al., 1996; Tuure & Alasuutari, 2009; Kauke et al., 2010; Jakob et al., 2012; Kolstrup & Jakob, 2016).

Günümüzde süt sağım işlemi serbest ya da bağlı ahırlarda seyyar süt sağım makineleri, boru hatlı sağım tesisleri ve robot sağım sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Sağım için ayrı odaların bulunduğu boru hatlı tesislerde sağımçılar hayvanın meme seviyesinden daha düşük seviyede yer alan sağım çukurlarında çalışmaktadırlar. Sağım için ayrı bir oda ya da bölmenin olmadığı az sayıda hayvana sahip işletmelerde ise daha çok seyyar süt sağım makineleri tercih edilmektedir (Şekil 1).

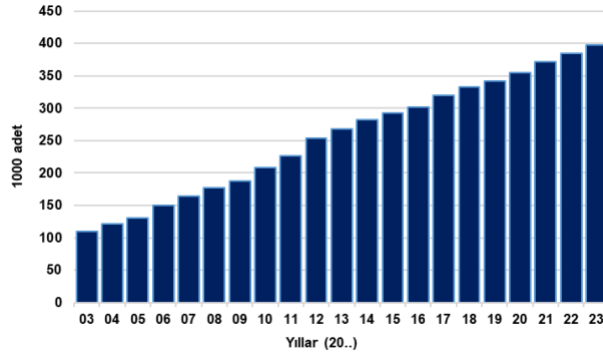


**Şekil 1.** Tek güğümlü ve tek sağım başlığına sahip bir seyyar süt sağım makinesinin şematik görünüşü.

**Figure 1.** Schematic view of a single bucket and single milking unit of a mobile milking machine.

Ülkemizde büyük baş hayvancılık işletmelerindeki hayvan sayıları Avrupa ülkelerinin oldukça altındadır. İşletmelerin %81 inde hayvan varlığının 1-9 hayvan gibi çok düşük değerlerde olduğu gözlenmektedir (TUİK, 2023a). Düşük hayvan varlığına paralel olarak seyyar sağım makineleri halen çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 2).

Sağım işleminin yarattığı ergonomik risklerle ilgili çalışmalar büyük oranda sağım çukurunda çalışan sağımçılara yöneliktir. Stål et al (2000), süt sağım işleminin bilek ve el rahatsızlıklarının ortaya çıkmasında etkili bir faktör olduğunu, bu rahatsızlıklarının kadın çalışanlarda daha sık görüldüğünü, meme başlıklarının ağırlık ve ölçülerinin kadın eline uyumlu olmadığını ifade etmektedir. Yazarlar, meme başlıklarının hayvan memelerine takılması sırasında üst kolun yükselmesi, dirseğin ileri doğru uzaması, el bileklerinin bükülmesi ve parmakların gerilmesi gibi ergonomik açıdan risk oluşturan birçok hareketin düzenli olarak tekrarlandığını belirlemişlerdir. Memelerin ön temizliği, meme başlıklarının takılıp çıkarılması işleminin çalışanlar tarafından en yorucu iş olarak tanımlandığı ortaya konulmuştur (Pinztke, 2003; Stål et al., 2003).



**Şekil 2.** Yıllara göre seyyar süt sağım makinesi sayılarındaki değişim (TUİK, 2023b).

**Figure 2.** Change in the number of mobile milking machines by years (TUİK, 2023b).

Sağım çukurunun derinliğine ve memelere olan mesafelere bağlı olarak üst kol yükselmesinin ve beden eğilmesinin tekrarlı ve sık aralıklarla gerekleştiiği, bunun da çalışanlarda özellikle omuz ağrı ve rahatsızlıklarında artışa neden olduğu belirlenmiştir (Lundqvist et al., 2003; Jakob & Liebers, 2011; Jakob et al., 2012).

Seyyar süt sağım makineleri ile yapılan sağım işlemine kısmen benzer bir yapı gösteren sabit hava boru hatlı kovaya sağım yapan sağım tesislerinde gerçekleştirilen az sayıda çalışmada geleneksel sağım yönteminin eğilip bükülmüş, her iki diz de bükülmüş ya da melmş halde çalışma gerektiren duruşlar içerdiği belirlenmiştir (Perkio-Makela & Haentila, 2005). Sağımın gerçekleştirilmesi sırasında oturma, kalkma ve çömelme eylemlerinin inek başına en az üç dört kez tekrarlanabildiği, özellikle yüksek verimli hayvanlarda sık tekrarlanan bu eylemlerin çalışan açısından dayanılması zor bir hal alabileceği ifade edilmiştir (Groborz et al., 2011). Benzer şekilde hortum ağırlıkları dâhil edildiğinde 6 kilograma varabilecek sağım ünitesinin memelere takılabilmesi için çömelme zorunluluğunun zorlayıcı bir eylem olduğu vurgulanmıştır (Hvang et al., 2010). Öte yandan sadece seyyar süt sağım makineleri ile yapılan sağım işlemindeki vücut duruşlarını inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır.

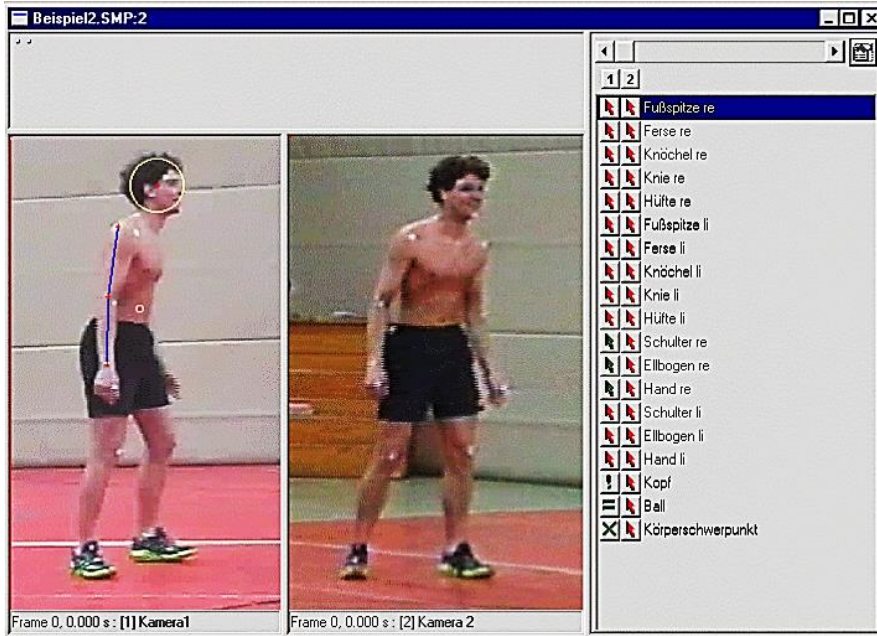
Sağımcıların alışma duruşlarının yaratabileceği ergonomik maruziyetlerin belirlenmesine yönelik araştırmalarda gözlem, geri bildirim ve anket (Lower et al., 1996; Pinzke, 2003; Perkio-Makela & Haentila, 2005; Nonnenmann et al., 2008; Hwang et al., 2010; Innes & Walsh, 2010) ile kalp atım-oksijen tüketimi ölçümü, elektrogonyometri, elektromiyografi, hareket izleme gibi vücut üzerinden veri almaya dayalı doğrudan ölçüm yöntemlerinin (Arborelius et al., 1986; Ahonen et al., 1990; Stl et al., 1999, 2000, 2003; Pinzke et al., 2001; Perkio-Makela & Haentila, 2005; Jakob et al., 2009; Nonnenmann et al., 2010) kullanıldığı belirlenmiştir. Bunlar içerisinde doğrudan ölçüm yöntemleri objektif ve niceliksel ölçümler yapılmasına olanak sağlaması (Hansson et al., 2009) ve maruziyetler hakkında kesin tahminler sunması yönüyle ne çıkmaktadır (Winkel & Mathiassen, 1994; van der Beek & Frings-Dresen, 1998; Burdorf & van der Beek, 1999; Amasay et al., 2009).

Seyyar süt sağım makineleri ile yapılan sağım işleminde sağımcılar büyük oranda kolları omuz hizasının altında, üst kolları yükselmiş, diz çökerek, çömelerek ve ne eğilerek çalışmaktadırlar. Literatürde bu tip makineler kullanılarak yapılan sağım işlemindeki vücut duruşlarını inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak seyyar süt sağım makineleri ile yapılan sağım işlemindeki vücut duruşlarının yaratabileceği ergonomik maruziyetlerin üç boyutlu hareket yakalama sistemi yardımı ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Meme seviyesinin çalışanın pozisyonuna göre yükseltilmesinin maruziyetler üzerindeki etkisinin ortaya konması çalışmanın bir diğer hedefidir. Bu tarz makinelerin Türkiye'de yaygın olarak kullanıldığı göz önüne alındığında yapılan çalışma ile elde edilecek sonuçların ve çözüm önerilerinin ergonomik koşulların iyileştirilmesi açısından önem arz ettiği düşünülmektedir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Potsdam-Almanya'da yer alan ATB (Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy Potsdam e.V.) ergonomi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerde gerçek koşulların benzeştirilmesi amacıyla hazırlanmış, dört adet yapay meme başına sahip sağım platformu ile tek güğümlü, 2.4 kg ağırlığa sahip tek sağım başlıklı seyyar süt sağım makinesi kullanılmıştır.

Vücut duruşlarının belirlenmesinde 3 boyutlu hareket yakalama sisteminden yararlanılmıştır. Sistem saniyede 50 poz çekim yapabilen iki adet dijital video kamera (Canon XM2), optik markörler ve yazılımdan oluşmaktadır. Çalışmada 171 cm boyunda gönüllü bir kadın deneğin üzerine koyu renkli bir kazak giydirilmiş, kazağın üzerine beyaz renkli optik markörler yerleştirilmiştir. Markörler el bileği, dirsek, omuz, sırt (C7 ve Th12 omurları) ve kalça (S1 omuru) üzerine yerleştirilmiştir. Farklı açılarda yerleştirilen kameralar tarafından kaydedilen görüntüler SIMI Motion (Unterschleißheim, Germany) firmasına ait bilgisayar yazılımına aktarılmış, kare kare izlenerek optik markörlerin yerleri sisteme tanıtılmış ve 3 boyutlu koordinat eksenleri oluşturulmuştur. Yazılım aracılığı ile markörler belirlenen referans eksenlerine göre birbirlerine birleştirilerek çubuk modeller oluşturulmuştur. Çalışmada üst kol yükselme açılarının belirlenmesi için dirsek-omuz-kalça, üst beden eğilme açılarının belirlenmesi için ise omuz-kalça eksenleri referans eksenler olarak alınmıştır. Yazılım aracılığı ile bu eksenlere göre markörler arası mesafeler, kol ve bedendeki açılar ile kol ve bedenin hareket hızları ve ivmesi gibi parametreler süreye bağlı olarak listelenmiştir. Sisteme ilişkin arayüz görüntüsü Şekil 3 de sunulmuştur.



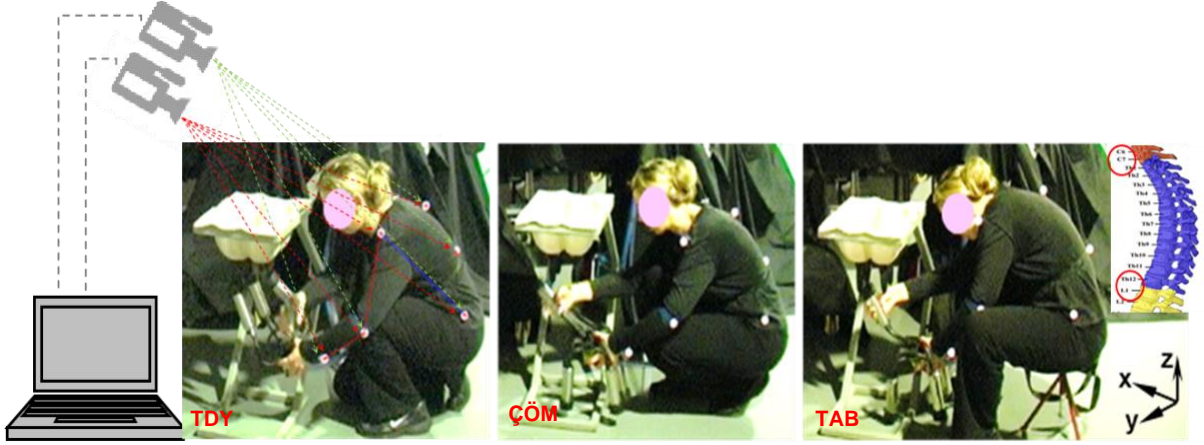
Şekil 3. Yazılıma ilişkin arayüz görüntüsü (SIMI, 1993).

Figure 3. Interface image of the software (SIMI, 1993).

Denemeler üç farklı sağım platformu yüksekliğinde (P-0= Platform yer düzleminde; P-20= Platform yer düzleminde 20 cm yükseklikte; P-30= Platform yer düzleminde 30 cm yükseklikte) ve üç farklı çalışma duruşu-postürde (Tek diz yerde-TDY; Çömelleme-ÇÖM; Taburede oturma-30 cm yüksekliğinde-TAB) gerçekleştirilmiştir. Deneme düzeni, çalışma duruşları ve markör yerleşimleri Şekil 4 de yer almaktadır.

Her bir deneme 10 kez tekrarlanmış, her beşinci ve onuncu denemede Borg 6-20 Skalası kullanılarak deneğin hissettiği rahatsızlık düzeyleri tespit edilmiştir. "Borg Algılanan Efor Skalası" yapılan

iş sırasında harcanan efora bağlı olarak ortaya çıkan rahatsızlıkların şiddetini değerlendirmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Borg, 1982). Yöntemde çalışanın yaptığı işte harcadığı eforun şiddetine göre işin güçlüğünü algılama düzeyi 6 ila 20 arasında değişen dereceler ile değerlendirilmektedir (Çizelge 1).



Şekil 4. Deneme düzeni, postürler ve optik markörlerin yerleşimi.

Figure 4. Experiment design, postures and placement of optical markers.

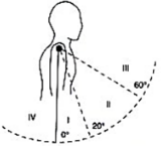

Çizelge 1. Borg Skalası (6-20) ve algılama şiddetleri

Table 1. Borg Scale (6-20) and perceived exertions

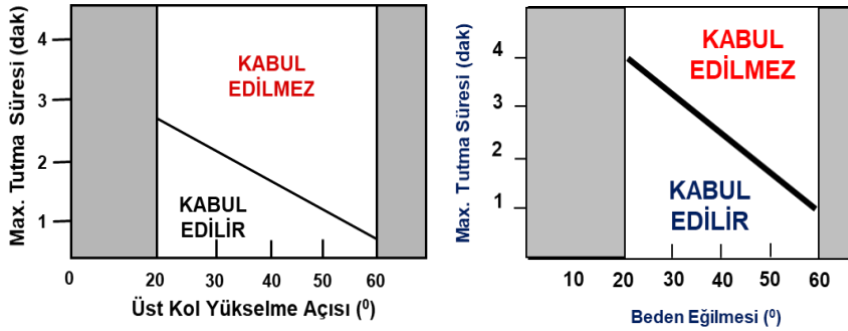
Algılanan Efor Derecesi	Algılama Şiddeti
6	Zorlanma yok (dinlenme, oturma)
7	Çok çok hafif
8	
9	Çok hafif
10	
11	Hafif
12	
13	Bir şekilde zor
14	
15	Zor
16	
17	Çok zor
18	
19	Aşırı derecede zor
20	Maksimum zorlanma

Çalışmada yazılım tarafından listelenen veriler kabul edilen referans eksenlerine göre üst kolun yükselme açıları ve üst bedenin eğilme açısı esasında değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler söz konusu açıların limitlerini ve kabul edilebilirlik koşullarını belirleyen ISO 11226 (ISO, 2000) standardı ve uygulamada en sık kullanılan gözlemsel ergonomik değerlendirme yöntemlerinden biri olan RULA yöntemi (McAtamney & Corlett, 1993) esas alınarak yapılmıştır. Standartta belirtilen limitler ve kabul edilebilirlik koşulları Çizelge 2 de yer almaktadır.

**Çizelge 2.** Üst kol yükselme ve üst beden eğilme açısı limitleri ve kabul edilebilirlik koşulları (ISO, 2000)**Table 2.** Upper arm elevation and trunk inclination angle limits and acceptability conditions. (ISO, 2000)

Üst Kol Yükselme	Yükselme Açısı (°)	Statik Postür	Hareket	
			Düşük Frekans (<2/s)	Yüksek Frekans (>2/s)
	0-20	KABUL EDİLİR	KABUL EDİLİR	KABUL EDİLİR
	20-60	ŞARTLI KABUL EDİLİR <sup>1</sup> <sup>1</sup> Kol desteği varsa, yoksa çalışma ve dinlenme sürelerine bağlı	KABUL EDİLİR	ŞARTLI KABUL EDİLİR <sup>2</sup> <sup>2</sup> <10 hareket/dakika, kısa süreli makine kullanımı varsa
	> 60	KABUL EDİLMEZ	ŞARTLI KABUL EDİLİR <sup>3</sup> <sup>3</sup> Makine kullanımı yoksa	KABUL EDİLMEZ
Üst Beden Eğilme	Eğilme Açısı (°)			
	< 20	KABUL EDİLİR		
	20-60	MAKSİMUM TUTMA SÜRESİNE BAĞLI		
	> 60	KABUL EDİLMEZ		

Standartta belirtilen açısal limitlerin kabul edilebilirliği aynı zamanda üst kol ve üst beden belirlenen açılarda tutulma süreleri ile de ilişkilendirilmiş durumdadır (Şekil 5)

**Şekil 5.** Üst kol yükselme ve üst beden eğilme açalarına göre maksimum tutma süreleri (ISO, 2000).**Figure 5.** Maximum holding times according to upper arm elevation and trunk inclination angles (ISO, 2000).

Derlenen veriler IBM® SPSS® Statistics V25 paket programında varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testine tabi tutularak %95 anlam düzeyinde istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmede her platform yüksekliği ve her postür için tesadüfen seçilen dört veri bloğu esas alınmıştır.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

### Üst kol yükselme açısı

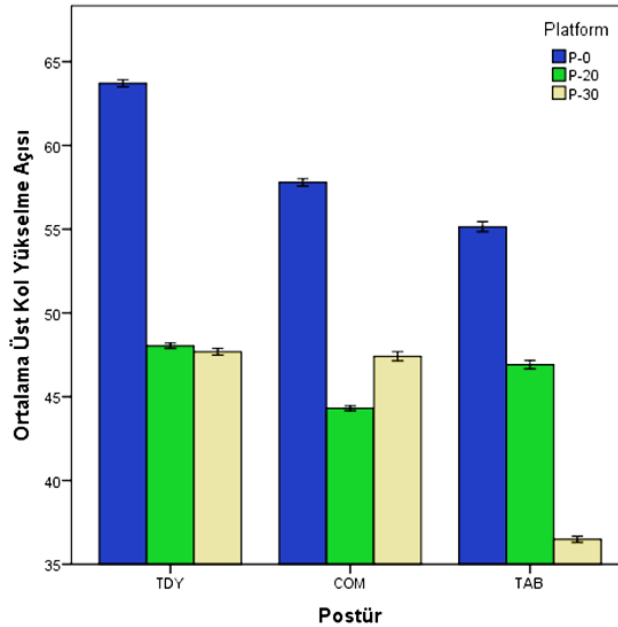
İlgili standart üst kol yükselme açılarının kabul edilebilirliğini çalışma duruşunun (postür) statik ya da hareketli olmasına göre değerlendirmektedir. Bu çalışmada referans alınan unsura göre her iki durumun da mevcut olabileceği düşünülmektedir. Değerlendirme salt deneğin duruşu esas alınarak yapıldığında statik postürün varlığından söz edilebilir. Öte yandan sağım başlığının meme seviyesine yükseltilip meme başlıklarının takılması dinamik bir eylemdir. Bu durumda değerlendirmelerin hareketin frekansına göre de yapılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Sağım başlığının tek elle kavranması ve 4 ayrı meme başlığının tek tek memelere takılması olmak üzere toplam 5 eylemin gerçekleştirildiği göz önüne alınarak ortalama çalışma sürelerine bağlı olarak belirlenen hareket frekansları Çizelge 3 de sunulmuştur.

**Çizelge 3.** ISO 11226 standardına göre belirlenen hareket frekansları**Table 3.** Determined movement frequencies according to ISO 11226 standard

	alışma Duruşları								
	Tek diz yerde			melme			Taburede oturma		
	h1	h2	h3	h1	h2	h3	h1	h2	h3
Platform Yksekligi									
Ortalama alışma Sresi (s)	12.43	9.83	8.75	8.85	9.52	7.92	9.43	8.69	8.03
Tekrarlanan Hareket Sayısı	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Hareket Frekansı (s <sup>-1</sup> )	2.49	1.97	1.75	1.77	1.70	1.58	1.96	1.74	1.60
Frekans Düzeyi (ISO 11266)	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük

Belirlenen hareket frekanslarının standarda göre düşük düzeyli olduğu gözlenmektedir. Öte yandan bu değerlendirmenin sadece bir hayvan için meme başlıklarının memelere takılması sırasındaki eylemlere göre yapıldığı hatırdan çıkarılmamalıdır. Gerçek koşullarda sağım başlığının takılması dışında meme temizliği, n sağım, son sağım, sağım başlığının çıkarılması, meme başlarının dezenfekte edilmesi, makinenin diğer hayvanlara yönlendirilmesi, sağım başlığının ara dezenfeksiyonu, süt gğmlerinin taşınması ve boşaltılması gibi ek eylemler de mevcuttur. Benzer Şekilde Ulbricht et al. (2014), sağım başlıklarının takılmasının sağım sürecinin çok küçük bir kısmını oluşturduğunu, toplanan sütün aktarılması da dâhil olmak üzere en az 10 farklı eylemin daha gerçekleştirildiğini belirtmişlerdir. Groborz et al. (2011) ise bir kez meme başlıklarını dezenfekte etme ve takma, bir kez de memeden ayırma ve çıkarma eylemlerinin inek başına iki kez melmeyi gerektirdiğini ortaya koymuştur. Bu açıdan seyyar sağım makineleri ile yapılan çalışmanın yüksek frekanslı hareket içeren bir yapıya sahip olduğu açıktır.

İlgili standart üst kol yükselme açısı limitlerini her iki koşulda da (statik postür ya da hareket) 20 dereceyi aşmadığı sürece kabul edilebilir nitelikte değerlendirmektedir. Bu doğrultuda üst kolun referans eksenine göre ölçülen ortalama yükselme açıları Şekil 6 da verilmiştir.

**Şekil 6.** Postürler ve platform yksekligiine bağlı olarak ölçülen ortalama üst kol yükselme açıları ve standart sapmalar.**Figure 6.** Mean upper arm elevation angles and standart derivations depending on postures and platform height.

Üst kol yükselme açılarının tüm postür ve tüm platform yüksekliklerinde gerek statik postür gerekse yüksek frekanslı hareket açısından standardın belirlediği alt limit olan 20 derecenin üzerinde değerler aldığı görülmektedir. Sağım platformunun zemin seviyesinde olduğu (P-0) ve TDY çalışma şeklinin bu açıdan kabul edilmez nitelikte ( $>60^\circ$ ) olduğu göze çarpmaktadır. Çömelerek gerçekleştirilen çalışmanın da paralel bir seyir izlediği gözlenmiştir.

Yapılan varyans analizinde platform yüksekliği, postür ve bunların interaksyonunun istatistiksel anlamda önemli olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Üst kol yükselme açılarının platform yüksekliği ve postüre göre değişimi ve interaksyonlarının varyans analizi

**Table 4.** Variation analysis of upper arm elevation angles according to platform height and posture and their interactions

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1021478.48 <sup>a</sup>	8	127684.81	5245.58	.000
Intercept	40572110.09	1	40572110.09	1666792.95	.000
Platform	738153.28	2	369076.64	15162.49	.000
Postür	137691.01	2	68845.50	2828.33	.000
Platform*Postür	94896.69	4	23724.17	974.64	.000
Error	406428.72	16697	24.34		
Total	44148714.00	16706			
Corrected Total	1427907.20	16705			

Platform yüksekliği ve postüre bağlı olarak üst kol yükselme açıları arasındaki ilişkilerin istatistiksel açıdan önem arz ettiği belirlenmiştir. Platform yüksekliğinin artması ve taburede oturmayı içeren postürün diğerlerine göre nispeten daha iyi sonuçlar sunduğu gözlenmiştir (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Üst kol yükselme açılarının platform yüksekliği ve postürlere göre DUNCAN gruplaması ( $\alpha = 0.05$ )

**Table 5.** DUNCAN grouping of upper arm elevation angles according to platform height and postures ( $\alpha = 0.05$ )

Platform Yüksekliği	N	Üst Kol Yükselme Açısı	Postür	N	Üst Kol Yükselme Açısı
P-0	6274	59.34 <sup>a</sup>	TDY	6168	54.33 <sup>a</sup>
P-20	5558	46.49 <sup>b</sup>	ÇÖM	5102	50.02 <sup>b</sup>
P-30	4874	43.93 <sup>c</sup>	TAB	5436	46.82 <sup>c</sup>
Sig.		1.000			1.000

Sağım çukuruna sahip süt sağım tesislerinde gerçekleştirilen çalışmalar artan çalışma yüksekliklerinin üst kol yükselme açılarının artmasını doğrudan etkilediğini, omuz seviyesinin üstünde ya da altında çalışmanın kas eforunu ciddi derecede arttırdığını, kolun omuz hizasına kadar kaldırılmasının omuz kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına yakalanma riskini arttırdığını ortaya koymuştur (Jakob et al., 2009, 2012; Oyama et al., 2017). Ancak bu çalışmalar sağım çukurunda, ayakta ve hayvanın meme seviyesine uzanarak sağımı gerçekleştiren sağımçıları irdellemektedir. Bu açıdan mevcut çalışmadaki verilerle kıyaslama olasılığı söz konusu değildir. Bu çalışmadaki çalışma duruşlarına benzer çalışma duruşlarının değerlendirildiği tek çalışmada dizin yere dayanarak, çömelerek ve tabureye oturarak gerçekleştirilen çalışma duruşlarının omuz kaslarında ortalama 13 Nm değerinde bir moment yarattığı, ayakta ve eğilerek gerçekleştirilen çalışma duruşlarına göre yaklaşık iki kat daha yüksek değerde olduğu belirlenmiştir (Arborelius et al., 1986). Ne var ki, bu çalışmada üst kolun yükselmesi ve üst bedenin eğilmesi yönünde bir ölçüm yapılmamıştır.

Çalışmanın oturularak ve düşük çalışma yüksekliklerinde gerçekleştirilmesine rağmen üst kol yükselme açısı değerlerinin ayakta gerçekleştirilen meyve toplama ve sağım çukurunda gerçekleştirilen sağım işlemleri ile paralellik arz etmesi ilgi çekici olarak nitelendirilebilir. Bu durumun platformun alçak seviyede olmasına bağlı olarak daha fazla öne doğru eğilme gereksinimi doğmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim platform yüksekliğinin artmasına paralel olarak değerlerde hızlı düşüşler olduğu belirlenmiştir. Yükseltilmiş platform ve taburede oturma bileşiminin bu açıdan kabul edilebilir sınırlara yakın olduğu görülmektedir.



Elde edilen sonuçlar statik postür varsayımı ile değerlendirilirse standart gereği kabul edilebilirlik kolun desteklenmesine bağlıdır (Çizelge 2). Pratikte bu koşulun sağlanması pek mümkün değildir. Konu ile ilgili yapılan bir çalışmada tasarımın kas yükü ve kas iyileşmesi üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Stål et al., 2003).

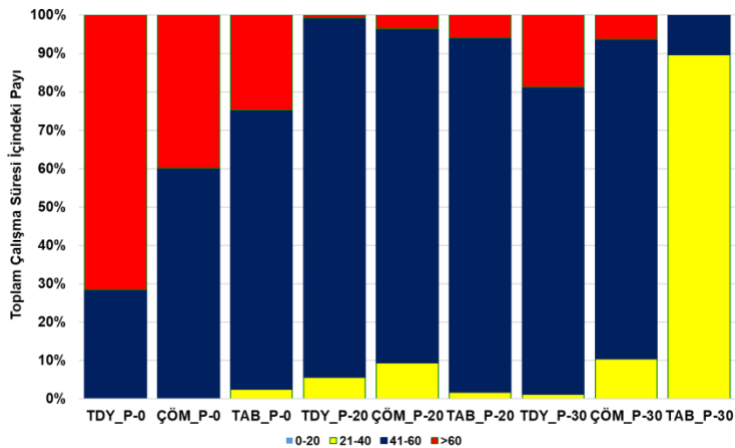
Süt sağım işleminin daha çok dinamik bir iş olduğu göz önüne alındığında üst kolun standartta belirtilen açısal aralıklarda ne kadar süre ile tutulduğu önem kazanmaktadır. Buna göre üst kol yüksekliğinin artması durumunda tutma süresinin azaltılması gerektiği belirtilmekte ve 20°'nin üzerinde kaldırılan kollar için 3 dakikadan uzun tutma süresi önerilmemektedir (Şekil 3). Bu doğrultuda ilgili standartta yer almamasına karşın RULA yönteminde kritik değer olarak (45°) kabul edildiği için 20-40° arasındaki üst kol yükselme açıları da dahil edilerek en düşük ve en yüksek tutma süreleri Çizelge 6 da verilmiştir.

**Çizelge 6.** Üst kolun postürler ve platform yüksekliklerine bağlı olarak açısal aralıklardaki tutma süreleri

**Table 6.** Holding times of upper arm in angular ranges depending on postures and platform heights

Postürler	Platform Yüksekliği	Açısal Aralıklara Göre Tutma Süreleri (s)							
		0 - 20°		21 - 40°		41 - 60°		>60°	
		En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek
TDY	P-0	--	--	--	--	0.06	10.42	0.38	11.96
	P-20	--	--	0.26	0.84	8.40	11.30	0.02	0.14
	P-30	--	--	0.02	0.20	0.10	9.76	0.02	8.28
ÇÖM	P-0	--	--	--	--	0.34	8.50	0.06	7.76
	P-20	--	--	0.26	1.80	0.12	10.10	0.08	0.56
	P-30	--	--	0.08	1.14	0.04	8.50	0.30	0.96
TAB	P-0	--	--	0.04	0.28	0.12	9.46	0.02	4.46
	P-20	--	--	0.14	1.96	0.38	9.14	--	--
	P-30	--	--	0.02	8.36	0.24	1.00	--	--

Elde edilen sonuçların tüm postürler ve platform yükseklikleri için standardın belirlediği değerler altında kaldığı görülmektedir. Her ne kadar düşük değerler elde edilmiş olsa da ergonomik açıdan etkileşimleri öngörebilmek için üst kolun belirtilen açısal sektörlerde tutulma süresinin toplam çalışma süresinin ne kadarını oluşturduğunun bilinmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu bağlamda ortalama tutma sürelerinin toplam çalışma süreleri içindeki payı Şekil 7 de verilmiştir.



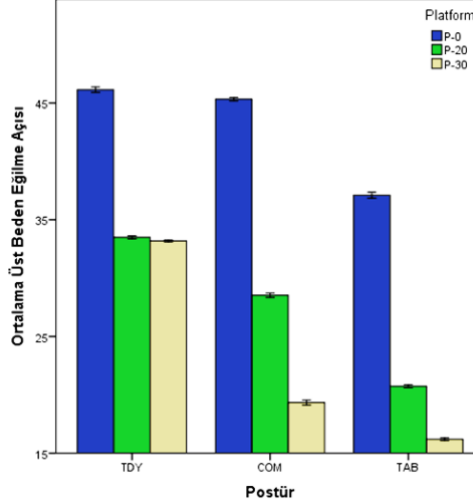
**Şekil 7.** Postürler ve platform yüksekliklerine bağlı olarak üst kol yükselmesinin toplam çalışma süresi içindeki payı.

**Figure 7.** Share of upper arm elevation in total working time depending on postures and platform heights.

Üst kolun 40° den fazla yükseldiği çalışma koşullarının toplam çalışma süresi içindeki payının kayda değer nitelikte olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada gözlenen dağılımın önceki çalışmalarla büyük oranda benzerlik gösterdiği ifade edilebilir. Tutma sürelerinin dağılımına ilişkin çalışmalar toplam iş gününün ortalama %25 inde kolun 45° den, başlıkların bağlandığı sürenin ise yaklaşık %10 unda 60° den daha yüksekte tutulduğunu ortaya koymaktadır (Tuure & Alessutari, 2009; Douphrate et al., 2012).

### Üst beden eğilme açısı

İlgili standart üst bedendeki eğilmelerin alt sınırını 20° olarak belirlemiştir. Bu doğrultuda üst bedenin referans eksene göre ölçülen ortalama eğilme açıları Şekil 8 de yer almaktadır.



Şekil 8. Çalışma duruşları ve platform yüksekliğine bağlı olarak ölçülen ortalama üst beden eğilme açıları ve standart sapmalar.

Figure 8. Mean trunk inclination angles and standart derivations depending on working postures and platform height.

Üst beden eğilme açılarının düşük platform yüksekliklerinde (P-0) tüm postürler için standardın kabul ettiği sınır değer (20°) üzerinde değerler aldığı göze çarpmaktadır. Bu durumun üst kol yükselme açılarındaki olduğu gibi memelere ulaşmak için daha fazla eğilme gereksiniminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Platform yüksekliğinin artması ile birlikte eğilme açılarındaki keskin düşüşler belirlenmiştir. Özellikle yükseltilmiş platform (P-30) ve taburede oturma şeklinde gerçekleştirilen çalışmanın hem ilgili standart hem de RULA değerlendirme yönteminin kabul ettiği en düşük değer (20°) altında sonuçlar ürettiği göze çarpmaktadır.

Yapılan varyans analizinde platform yüksekliği, postür ve bunların interaksyonunun istatistiksel anlamda önemli olduğu gözlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Üst beden eğilme açılarının platform yüksekliği ve postüre göre değişimi ve interaksyonlarının varyans analizi

Table 7. Variation analysis of trunk inclination angles according to platform height and posture and their interactions

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1789644.24 <sup>a</sup>	8	223705.53	13257.95	.000
Intercept	15891178.94	1	15891178.94	941793.58	.000
Platform	1234993.20	2	617496.60	36596.05	.000
Postür	475770.72	2	237885.36	14098.319	.000
Platform*Postür	83229.98	4	20807.50	1233.160	.000
Error	281733.73	16697	16.87		
Total	19319733.00	16706			
Corrected Total	2071377.97	16705			

Platform yüksekliği ve postüre bağlı olarak üst beden eğilme açıları arasındaki ilişkilerin istatistiksel açıdan önem arz ettiği belirlenmiştir. Platform yüksekliğinin artması ve taburede oturmayı içeren postürün diğerlerine göre en iyi sonucu ortaya koyduğu gözlenmiştir (Çizelge 8).

**Çizelge 8.** Üst beden eğilme açılarının platform yüksekliği ve postürlere göre DUNCAN gruplaması ( $\alpha = 0.05$ )

**Table 8.** DUNCAN grouping of trunk inclination angles according to platform height and postures ( $\alpha = 0.05$ )

Platform Yüksekliği	N	Üst Beden Eğilme Açısı	Postür	N	Üst Beden Eğilme Açısı
P-0	6274	43.09 <sup>a</sup>	TDY	6168	38.57 <sup>a</sup>
P-20	5558	27.63 <sup>b</sup>	ÇÖM	5102	31.63 <sup>b</sup>
P-30	4874	23.16 <sup>c</sup>	TAB	5436	25.30 <sup>c</sup>
Sig.		1.000			1.000

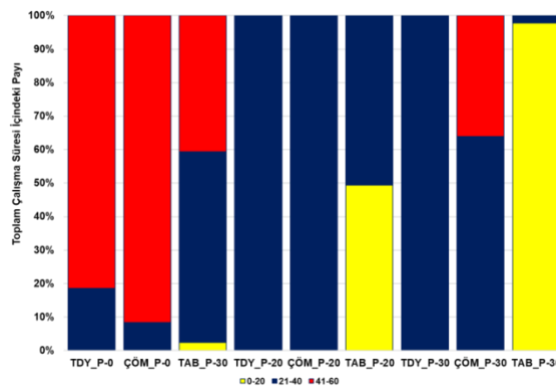
ISO 11226 standardı 20° nin üzerindeki üst beden eğilme açılarının kabul edilebilirliğini beden bu açı aralıklarında tutulma süresine bağlı olarak değerlendirmektedir (Şekil 3). Buna göre çalışma duruşları ve platform yüksekliklerine göre ölçülen en düşük ve en yüksek üst beden eğilme açıları Çizelge 9 da verilmiştir.

**Çizelge 9.** Üst beden postürler ve platform yüksekliklerine bağlı olarak açısal aralıklardaki tutma süreleri

**Table 9.** Holding times of upper body in angular ranges depending on working postures and platform heights

Postürler	Platform Yüksekliği	Açısal Aralıklara Göre Tutma Süreleri (s)					
		0 - 20°		21 - 40°		41 - 60°	
		En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek
TDY	P-0	--	--	0.1	12.34	0.02	11.42
	P-20	--	--	8.70	11.40	--	--
	P-30	--	--	5.66	10.72	--	--
ÇÖM	P-0	--	--	0.58	8.80	0.52	9.34
	P-20	0.12	7.98	0.28	9.74	--	--
	P-30	0.46	8.52	0.28	5.22	--	--
TAB	P-0	0.10	0.68	0.04	9.42	--	--
	P-20	0.04	10.70	0.24	0.66	--	--
	P-30	6.50	9.18	--	--	--	--

Çalışmada ölçülen sürelerin standardın kabul ettiği değerlerin oldukça altında olduğu gözle çarpılmaktadır. Öte yandan üst kol yükselme açıları olduğu gibi salt tutma sürelerine dayanarak yorum yapmanın doğru olmayacağı düşünülmektedir. Bu doğrultuda üst beden söz konusu edilen açısal aralıklarda tutma sürelerinin toplam çalışma zamanı içindeki payının belirlenmesi daha gerçekçi bir değerlendirme yapmak açısından faydalı olacaktır. Buna göre ortalama tutma sürelerinin toplam çalışma süreleri içindeki payı Şekil 9 da verilmiştir.

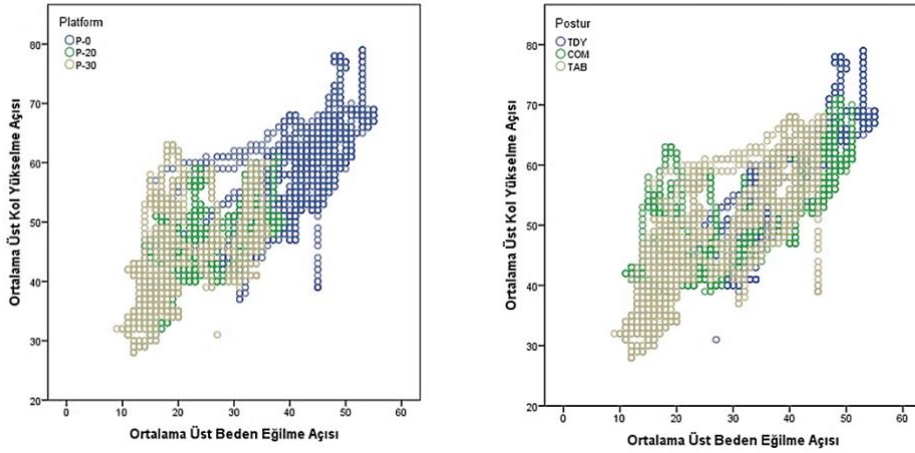


**Şekil 9.** Postürler ve platform yüksekliklerine bağlı olarak üst beden eğilmesinin toplam çalışma süresi içindeki payı.

**Figure 9.** Share of trunk inclination in total working time depending on postures and platform heights.

Seyyar sağım makineleri ile yerden düşük yüksekliklerde yapılan sağım işleminde vücudun büyük bir bölümünün toplam çalışma zamanının %70 inden fazlasında öne doğru bükülmüş olduğu belirlenmiştir (Hayati et al., 2015). Araştırmalar omuz seviyesinin altındaki çalışmalarda üst bedendeki eğilmelerin kabul edilebilir limitin ( $20^{\circ}$ ) üzerine çıktığını ve sırtın büküldüğünü (Jakob et al., 2012), meme yüksekliğinin artması ile sırt kaslarındaki gerilmelerin azaldığını, memelerin omuz seviyesinde ya da üstünde olması durumunda sırtın alt kısımlarındaki yükün düşüş gösterdiğini ortaya koymaktadır (Oyama et al., 2017).

Bu doğrultuda bu çalışmada elde edilen sonuçların sözü edilen bulgularla paralellik gösterdiği ifade edilebilir. Platform yüksekliğinin üst kol yükselme açısı ile üst beden eğilme açısı interaksiyonuna etkisinin postüre göre daha baskın olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 10).



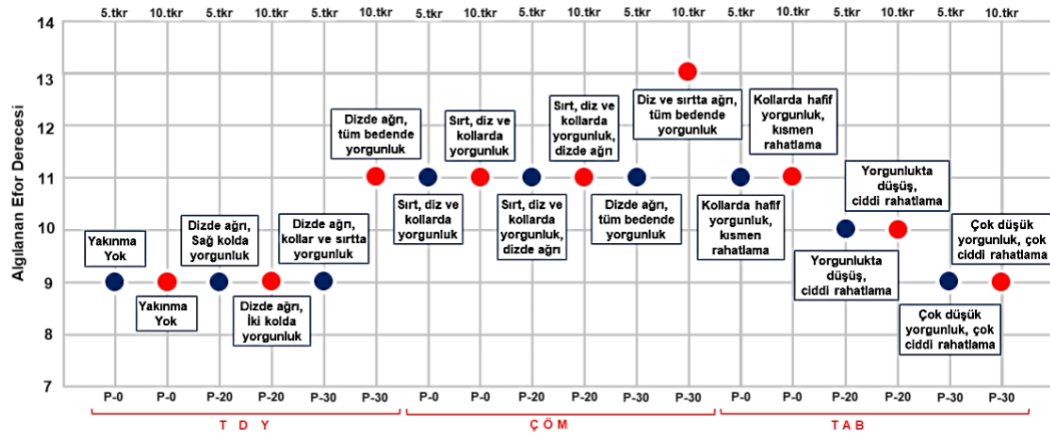
Şekil 10. Postürler ve platform yüksekliklerine bağlı olarak üst kol yükselme açısı ile üst beden eğilme açısının ilişkisi.

Figure 10. Relations between upper arm elevation angle and trunk inclination angle depending on postures and platform heights.

Platform yüksekliğinin artırılmasının özellikle üst kol yükselme açılarının düşmesinde olumlu yönde etkisi olduğu göze çarpmaktadır. Bu etkinin postür açısından çok belirgin olmadığı gözlenmektedir. Bu durumun süt sağım işleminde gerçekleştirilen eylemlerin dinamik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

### Algılanan efor

Çalışma duruşları ve platform yüksekliğine bağlı olarak denegin algıladığı efor ya da zorluk dereceleri Şekil 11 de yer almaktadır.



Şekil 11. Postürler ve platform yüksekliklerine bağlı olarak gönüllünün algıladığı efor ve zorlanmalar.

Figure 11. Perceived effort and strains of volunteer's depending on postures and platform heights.

Deneğin her beşinci ve onuncu denemede beyan ettiği efor ya da zorlanma derecelerinin Borg skalasına göre çok hafif - hafif düzeyde olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar sağım çukurunda hafif sağım üniteleri ile gerçekleştirilen sağım işlemindeki sonuçlarla benzerlik göstermektedir (Jakob et al., 2012). Buna rağmen deneğin özellikle TDY ve ÇÖM postürlerinde yakınmalarının ciddi düzeyde olduğu göze çarpmaktadır. Sağım ünitelerinin takılmasının omuz, kol ve ellere statik ve dinamik kas yükleri uyguladığından yorgunluk ve diğer etkilerin görülme olasılığının arttığı değişik çalışmalarda ortaya konmuştur (Bjorksten & Jonsson, 1977; Ulmer, 1989). Bu çalışmada da tüm çalışma duruşları ve platform yüksekliklerinde en sık beyan edilen yakınmanın yorgunluk olduğu gözlenmektedir.

Sağım işlemlerinde omuz, kol ve ellerin yanı sıra dizlerde de önemli sorunların gözleendiği bilinmektedir (Liebers & Caffier, 2006). Denemelerde yorgunluktan sonra en sık beyan edilen diğer bir yakınmanın diz ağrılarının olduğu göze çarpmaktadır. Özellikle bağlı ahırlarda ve bu çalışmadaki çalışma duruşlarına benzer duruşlarda gerçekleştirilen araştırmalarda toplam çalışma süresinin %32'sinde dizin biçimsiz pozisyonlarda tutulduğu (Nevala-Puranen et al., 1996), bu süreçte dizin 70°-110° arasında değişen kıvrılma değerlerine ulaşıldığı belirlenmiştir (Nonnenmann et al., 2010).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar gerçek sağım koşulları esasında değerlendirildiğinde düşük çalışma yükseklikleri ve dizlerin kıvrılmak durumunda kaldığı çalışma duruşlarının ergonomik açıdan sorun yaratma potansiyeli olduğu ifade edilebilir. Üçer (2008), aynı anda iki hayvan sağabilen iki ayrı sağım başlığına sahip seyyar süt sağım makinesi ile gerçekleştirdiği çalışmasında sağım süresinin günde bir kez sağım için yaklaşık 7 dakika olduğunu, başlıkların memelere takılmasının 45 saniye (hayvan başına 22.5s), sökölmesinin ise 18 saniye (hayvan başına 9s) sürdüğünü belirlemiştir. Özellikle başlıkların memeye takılma sürelerinin bu çalışmada elde edilen sürelerden daha yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Bu süre toplam süre içerisinde düşük bir orana sahip gözükse de meme başlıklarının takılması işleminin en yorucu görev olarak tanımlandığı, başlıkların ağır olması durumunda harcanan kas eforunun artış gösterdiği ortaya konmuştur (Stal, et al., 1996; Jakob et al., 2009). Büyükbaş hayvancılık işletmelerindeki ortalama hayvan sayısı (1-9 hayvan) esas alındığında söz konusu işlemlerin tek sağım ünitesine sahip makinelerde on kez, çift üniteye sahip makinelerde ise beş kez tekrarlanması durumu söz konusu olacaktır. Meme temizliği, ön sağım, son sağım ve meme başlarının dezenfekte edilmesi işlemleri de dâhil edildiğinde üst kollardaki yükselmenin meyve toplama işlemine yakın düzeyde (Öz & Jakob, 2020) olacağı ifade edilebilir. Sağımın, her gün ve günde iki kez gerçekleştirildiği dikkate alındığında, üst kol yükselmesi ve üst beden eğilmesinden kaynaklanan kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının ortaya çıkmasına neden olacak önemli bir faktör olarak değerlendirilebilir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı ahır tipleri ve sağım sistemleri ile gerçekleştirilen araştırmalar sağım işleminin tüm gelişmelere rağmen çalışanların kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları açısından ciddi etkisinin devam ettiğini ortaya koymuştur. Sürdürölen iş genel anlamda hafif olarak algılanmakla birlikte özellikle sağım başlıklarının takılması işlemi zahmetli ve yorucu olarak nitelendirilmektedir.

Türkiye'de makine ile süt sağım işleminin yarattığı ergonomik maruziyetleri inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada ölkemizde büyükbaş hayvancılık işletmelerindeki düşük sayılı hayvan varlığı nedeniyle hâlihazırda yaygın olarak kullanılan seyyar süt sağım makineleri ile gerçekleştirilen süt sağım işlemindeki çalışma koşullarının ergonomik yönden ciddi düzeyde olumsuzluklar yaratabileceği somut verilerle ortaya konmuştur.

Sonuçlar geleneksel sağım şekillerinin (tek diz yerde ya da çömelme) üst kol yükselmesi ve üst beden eğilmesi açısından kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olabilecek potansiyelde olduğunu ortaya koymuştur. Sağımın kısa sürdüğü gerekçesi ile sık başvuru olan bu çalışma duruşlarının günlük tekrarlar da dikkate alındığında çalışanların sağlığını olumsuz yönde etkileyebileceğinin kaçınılmaz olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada meme seviyesinin yükseltilmesinin hem ilgili standartlarda belirtilen limitler hem de çalışma konforu açısından ciddi katkısı olduğu belirlenmiştir. Bu açıdan hayvanların meme seviyesinin sağımıcının omuz seviyesine yakın olacak şekilde yüksek bir platforma çıkarılarak sağılmaları, bunun gerçekleştirilememesi durumunda ise en azından yüksek olmayan (ortalama 30 cm) bir taburede oturarak sağımın gerçekleştirilmesinin kas-iskelet sistemi üzerindeki zorlanmaları en az düzeye indirmek açısından önemli katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara dayanılarak gerçek sağım koşullarında karşılaşılabilecek ergonomik maruziyetlerin gerçekçi olarak ortaya konması ve bu yönde çalışanların bilinçlendirilmesinin büyük önem taşıdığı düşünülmektedir.

### **Veri Kullanılabilirliği**

Veriler makul talep üzerine sağlanabilmektedir.

### **Yazar Katkıları\***

Çalışmanın konsepti ve tasarımı: EÖ, MJ, HÖ; örnek toplama: MJ, HÖ, EÖ; verilerin analizi ve yorumlanması: MJ, EÖ; istatistiksel analiz: EÖ; görselleştirme: EÖ, HÖ; makalenin yazımı: EÖ, HÖ.

### **Çıkar Çatışması**

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Etik Beyan**

Bu araştırma için etik kurula ihtiyaç olmadığını beyan ederiz.

### **Finansal Destek**

Bu çalışma finansal olarak desteklenmemiştir

### **Makale Açıklaması**

Bu makale Konu Editörü Doç. Dr. Arzu YAZGI tarafından düzenlenmiştir.

## **KAYNAKLAR**

- Ahonen, E., J.M. Venäläinen, U. Könönen & T. Klen.1990. The physical strain of dairy farming. *Ergonomics*, 33 (12): 1549-1555. <https://doi.org/10.1080/00140139008925353>
- Amasay, T., K. Zodrow, L. Kincl, J. Hess & A. Darduna, 2009. Validation of tri-axial accelerometer for the calculation of elevation angles. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39 (5): 783-789. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2009.03.005>
- Arborelius, U.P., J. Ekholm, R. Nisell, G. Németh & O. Svensson, 1986. Shoulder load during machine milking - an electromyographic and biomechanical study. *Ergonomics*, 29 (12): 1591-1607. <https://doi.org/10.1080/00140138608967272>
- Bjorksten, M. & B. Jonsson, 1977. Endurance limit of force in long-term intermittent static contractions. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 3 (1): 23-27.
- Borg, G. 1982. Psychophysical bases of perceived exertion, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14 (5): 377-381.
- Burdorf, A. & A. van der Beek, 1999. Exposure assessment strategies for work-related risk factors for musculoskeletal disorders. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 25 (Suppl. 4): 25-30.
- Douphrate, D.I., N.B. Fethke, M.W. Nonnenmann, J.C. Rosecrance & S.J. Reynolds, 2012. Full shift arm inclinometry among dairy parlor workers: A feasibility study in a challenging work environment. *Applied Ergonomics*, 43 (3): 604-613. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.09.007>
- Groborz, A., T. Tokarski & D. Roman-Liu, 2011. Analysis of postural load during tasks related to milking cows-A case study. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 17 (4): 423-432. <https://doi.org/10.1080/10803548.2011.11076905>

- Hansson, G., I. Balogh, K. Ohlsson, L. Granqvist, C. Nordander, I. Arvidsson, I. Akesson, J. Unge, R. Rittner, U. Stromberg & S. Skerfving, 2009. Physical workload in various types of work: Part I. wrist and forearm. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39 (1): 221-233. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.04.003>
- Hanvold, T.N., M. Wærsted, A.M. Mengshoel, E. Bjertness & K.B. Veiersted, 2015. Work with prolonged arm elevation as a risk factor for shoulder pain: a longitudinal study among young adults. *Applied Ergonomics*, 47: 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.08.019>
- Hayati, A., A. Marzban & M.A. Asoodar, 2015. Ergonomic evaluation of hand and mechanized milking in dairy farms. *Journal of Ergonomics*, 3 (3): 65-75.
- Hwang, J., Y-K. Kong & M-C. Jung, 2010. Posture evaluations of tethering and loose-housing systems in dairy farms. *Applied Ergonomics*, 42 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.03.008>
- Innes, E. & C. Walsh, 2010. Musculoskeletal disorders in Australian dairy farming. *Work*, 36 (2):141-55. <https://doi.org/10.3233/WOR-2010-1016>.
- ISO, 2000. ISO 11226:2000. Ergonomics-Evaluation of static working postures. International Standard Organisation, 19 pp.
- Jakob, M. & F. Liebers, 2011. Potential of a quarter individual milking system to reduce the workload in large-herd dairy operations. *Journal of Agromedicine*, 16 (4): 280-291. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2011.605713>
- Jakob, M., F. Liebers & S. Behrendt, 2009. The influence of varying working heights and weights of milking units on the body posture of female milking parlour operatives. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, Manuscript MES 1355, Vol. XI (2009), 10 pp.
- Jakob, M., F. Liebers & S. Behrendt, 2012. The effects of working height and manipulated weights on subjective strain, body posture and muscular activity of milking parlor operatives - Laboratory study. *Applied Ergonomics*, 43 (4): 753-761. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.11.009>
- Karttunen, J.P. & R.H. Rautiainen, 2011. Risk factors and prevalence of declined work ability among dairy farmers. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 17 (3): 243-257. <https://doi.org/10.13031/2013.38185>
- Kauke, M., F. Korth, P. Savary & M. Schick, 2010. "Workload in modern dairy farms—Assessment from the user's perspective, 1-4". *Proceedings of CIGR XVIIth World Congress*. (13-17 June 2010 Québec/Kanada), 404s.
- Kolstrup, C.L. & M. Jakob, 2016. Epidemiology of musculoskeletal symptoms among milkers and dairy farm characteristics in Sweden and Germany. *Journal of Agromedicine*, 21 (1): 43-55. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2015.1106373>
- Liebers, F. & G. Caffier, 2006. Muskel-skelet-erkrankungen in land und forstwirtschaft sowie gartenbau-Diagnose und berufsspezifische auswertung von arbeitsunfähigkeitsdaten. *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Umwelt Medizin*, 41 (3): 129.
- Lower, T., B. Fuller & F. Tonge, 1996. Factors associated with back trouble in dairy farmer. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 2 (1): 17-25. <https://doi.org/10.13031/2013.19438>
- Lundqvist, P., M. Stål & S. Pinzke, 2003. "Working conditions & ergonomics when milking cows, 59-65". *Fifth International Dairy Housing Proceedings* (29-31 January 2003, Texas, USA), 419s. <https://doi.org/10/13031/2013.11603>
- McAtamney, L. & E.N. Corlett, 1993. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24 (2): 91-99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- Nevala-Puranen, N., M. Kallionpää & K. Ojanen, 1996. Physical load and strain in parlor milking. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18 (4): 277-282. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(95\)00054-2](https://doi.org/10.1016/0169-8141(95)00054-2)
- Nonnenmann, M.W., D.C. Anton, F. Gerr, L. Merlino & K. Donham, 2008. Musculoskeletal symptoms of the neck and upper extremities among Iowa dairy farmers. *American Journal of Industrial Medicine*, 51 (6): 443-451. <https://doi.org/10.1002/ajim.20582>
- Nonnenmann, M.W., D.C. Anton, F. Gerr & H.J. Yack, 2010. Dairy farm worker exposure to awkward knee posture during milking and feeding tasks. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7 (8): 483-489. <https://doi.org/10.1080/15459624.2010.487036>
- Oyama S., A. Sosa, R. Campbell, C. Ortega & D.I. Douphrate, 2017. Evaluation of upper body kinematics and muscle activity during milking attachment task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 61: 101-106. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2017.05.012>

- Öz, E. & M. Jakob, 2020. Ergonomic evaluation of simulated apple hand harvesting using 3D motion analysis. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (2): 249-255. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.650787>
- Perkiö-Mäkelä, M. & H. Hentilä, 2005. Physical work strain of dairy farming in loose housing barns. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35 (1): 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2004.08.004>
- Pinzke, S., 2003. Changes in working conditions and health among dairy farmers in southern Sweden. A 14-year follow-up. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 10 (2):185-195.
- Pinzke, S., M. Stål & G.Hansson, 2001. Physical workload on upper extremities in various operations during machine milking. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 8 (1): 63-70.
- SIMI, 1993. SIMI MotionCapture 3D Manual. (Eds. M. Körner, W. Pagani & T. Seeholzer). SIMI GmbH, Germany, 77 pp.
- Stål, M., G.-A. Hansson & U. Moritz, 1999. Wrist positions and movements as possible risk factors during machine milking. *Applied Ergonomics*, 30 (6): 527-533. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00015-0](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00015-0)
- Stål, M., G.-A. Hansson & U. Moritz, 2000. Upper extremity muscular load during machine milking. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26 (1): 9-17. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(99\)00059-1](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(99)00059-1)
- Stål, M., S. Pinzke, G.A. Hansson & C. Kolstrup, 2003. Highly repetitive work operations in a modern milking system. A case study of wrist positions and movements in a rotary system. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 10 (1): 67-72.
- Stål, M., U. Moritz, B. Gustafsson & B. Johnsson, 1996. Milking is a high-risk job for young females. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 28 (2): 95-104.
- TUİK, 2023a. Büyükbaş ve küçükbaş hayvanı olan işletmelerin işletme büyüklüğüne göre işletme ve hayvan varlığı dağılımı. ( Web sayfası: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> ) (Erişim tarihi: Aralık 2023).
- TUİK, 2023b. Tarımsal alet ve makine sayısı. ( Web sayfası: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> ) (Erişim tarihi: Aralık 2023).
- Tuure V-M. & S. Alasutari, 2009. Reducing work load in neck-shoulder region in parlor milking. *Bornimer Agrartechnische Berichte*, Heft 66: 48-54.
- Ulbricht, L., E.F.R. Romaneli, A.M.W. Stadnik, M. Maldaner & E.B. Neves, 2014. "Prevalence of work-related musculoskeletal disorders (WMSD) symptoms among milkers in the State of Paraná, Brazil, 57-61". In: *Occupational Safety and Hygiene II. 1st Edition* (Eds. P. Arezes, J.S. Baptista, M.P. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa, R.B. Melo, A.S. Miguel & G. Perestrelo), Portugal, 818 pp.
- Ulmer H.V., W. Knieriemer, T. Warlo & B. Zech, 1989. Interindividual variability of isometric endurance with regard to the endurance performance limit for static work. *Biomed Biochim Acta*, 48 (5-6): 504-508.
- Üçer, E., 2008. Örnek Süt Sığırcılığı İşletmelerindeki Süt Sağım Mekanizasyonunda İşgücü Gereksinimleri Ve Maliyetlerin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 60 s.
- van der Beek, A. & M. Frings-Dresen, 1998. Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. *Occupational and Environmental Medicine*, 55 (5): 291-299. <https://doi.org/10.1136/oem.55.5.291>
- Winkel, J. & S. Mathiassen, 1994. Assessment of physical work load in epidemiologic studies: concepts issues and operational considerations. *Ergonomics*, 37 (6): 979-988. <https://doi.org/10.1080/00140139408963711>