

Vakum Pompasının Farklı Vakum Basıncı ve Rakım Seviyelerindeki İşletme Özelliklerinin Belirlenmesi

Halil ÜNAL, Hasan KURALOĞLU, Selçuk ARSLAN, Ömer Faruk BAŞARAN

Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa
hunal@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 15.06.2015 Kabul Tarihi (Accepted): 18.06.2015

Özet: Bu çalışmanın amacı, bazı kovalı tip yarı sabit sağım makinalarında kullanılan 200 L/d hava debili bir vakum pompasının 2000 m'ye kadar rakımlardaki performansını belirlemektir. Araştırmada, vakum pompasının her 100 m rakım aralığındaki maksimum pompa basıncı değerleri, çalışma vakumu aralıklarındaki (36-52 kPa arasında) pompa hava debisi değerleri, gerçek atmosfer basıncı, bağıl nem ve dış hava sıcaklık verileri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; deniz seviyesinde 100.2kPa ölçülen gerçek atmosfer basıncı, 2000 m yükseklikte %21.3 oranında azalmıştır. Vakum pompasının maksimum basıncı 500 ve 2000 m yüksekliklerinde sırasıyla %4.5 ve %18.4 oranlarında azalmıştır. Benzer şekilde, vakum pompasının deniz seviyesinde 50 kPa basınçta ölçülen hava debisi, 2000 m yükseklikte yaklaşık %35 oranında azalmıştır. Rakımdaki değişime bağlı olarak diğer parametrelerdeki değişimin doğru tahmin edilip edilmeyeceğini görmek için gerçek atmosfer basıncı-rakım, maksimum pompa basıncı-rakım, hava debisi-rakım ve hava debisi-pompa vakumu-rakım düzeyleri için regresyon ilişkileri bulunmuştur. Determinasyon katsayıları (R^2) çok yüksek (0.994–0.999) bulunmuştur. Buna göre, rakımın fonksiyonu olarak incelenen tüm parametreler doğru bir şekilde hesaplanabilmektedir. Böylece, süt sağım makinasının ayarları, performansını optimize edecek şekilde yapılabilir.

Anahtar kelimeler: Süt sağım makinası, vakum pompası, hava debisi, rakım düzeyi, pompa basıncı, regresyon

Determination of Operating Characteristics of a Vacuum Pump at Different Vacuum Pressures and Altitudes

Abstract: The objective of this study was to determine the performance of a vacuum pump used on some of the portable bucket type milking machines, which has a flow rate capacity of 200 L/min and up to altitudes of 2000 m. Maximum pump pressure, air flow rates at operating vacuum range (36-52 kPa), gage pressure, relative humidity and air temperature were measured every 100 m in the study. According to the results, atmospheric pressure decreased by 21.3% at the altitude of 2000 m compared to the measured 100.2 kPa at the sea level. Maximum pressure of the vacuum pump at altitudes of 500 and 2000 m reduced by 4.5% and 18.4%, respectively. Similarly, the measured air flow rate of the vacuum pump at the sea level at 50 kPa reduced about 35% at 2000 m. To see whether other parameters could be determined based on the variations in altitude, regression relations were found for gage pressure–altitude, maximum pump pressure–altitude, air flowrate–altitude, and air flow rate–pump vacuum–altitude. Determination coefficients (R^2) were found to be very high (0.994–0.999). As a result, all the studied factors could be accurately calculated as a function of altitude. Thus, the settings could be done to optimize the performance of the milking machine.

Key words: Milking, vacuum pump, air flow rate, altitude, pump pressure, regression

GİRİŞ

Vakum teknik dilde “boşluk”, “içerisinde basınç bulunmayan “hacim” ve “gazsız ortam” anlamlarına gelmektedir. Basit ifadeyle “basıncı atmosferik basınçtan düşük olan kapalı hacim” şeklinde ifade tarif

edilebilir (Chambers, 2004; Anonim, 2014a). Dünya yüzeyinde yapay yollarla elde edilen vakum, uzayda doğal olarak bulunmaktadır. Vakumu ilk olarak 1643 yılında keşfeden İtalyan fizikçi Toricelli, içi cıva ile dolu

uzun bir tüpün, cıva dolu bir kaba açık ağzı alta gelecek şekilde yerleştirilmesi halinde tüpün üst kısmında bir boşluk (vakum) oluştuğunu keşfetmiştir. Toriçelli hava basıncının artması ile tüpteki cıva seviyesinin de yükseldiğini fark etmiş ve böylece ilk barometre keşfedilmiştir. Toriçelli barometresine göre deniz seviyesindeki atmosferik basınç 760 mmHg'dir. 1646 senesinde Fransız matematikçi Pascal bir dağa çıkarılan barometredeki cıva seviyesinin yükseklik arttıkça düştüğünü göstererek bulunulan yerin deniz seviyesine olan mesafesinin hava basıncına olan etkisini ispatlamıştır. Bugün yoğun olarak kullanılan pascal "Pa", hektopascal "hPa" ve kilopascal "kPa" birimleri Fransız matematikçi Pascal'ın eseridir. Pascal tarafından keşfedilen ölçü birimleri genellikle daha hassas ölçümlerde tercih edilirken, cıva sütunu "mmHg" ve "bar" daha çok orta ve kaba vakum/basınç seviyelerinin ölçümünde kullanılır. Bunun dışında su sütunu "mmH₂O" ve imperyal ölçü sistemi kullanan ülkelerde inç cıva sütunu da "inHg" vakum ölçümünde kullanılmaktadır (Anonim, 2014a; 2014b; 2014c).

Dünya atmosferi, gezegenin her noktasına sürekli olarak basınç uyguladığı için vakum ancak yapay yollarla yani vakum pompaları kullanılarak üretilebilmektedir. Vakum pompalarının paletli, fanlı, pistonlu, döner loblu ve vidalı gibi türleri bulunmaktadır. Sulu, yağlı veya tamamen kuru olarak çalışabilen vakum pompaları, kullanılacak ortamın gereklerine uygun olarak seçilmektedir. Vakum pompası çalışmaya başladığında, emiş ağzından giren havayı ekzost çıkışına doğru sürükleyerek uzaklaştırır. Kapalı bir hacme bağlanan vakum pompası, hacim içerisindeki hava moleküllerinin yoğunluğunu sürekli olarak düşürmeye çalışır (Anonim, 2014b; Bilgen ve Öz, 2006).

Vakum pompası, hemen her iş alanında kullanıldığı gibi, süt hayvancılığı sektöründe de kullanılan önemli bir devre elemanıdır. Çünkü vakum pompası bir süt sağım makinasının kalbi durumundadır. Sağım olayı, yaratılan vakum basıncı (negatif basınç) sayesinde gerçekleşir. Vakum pompasının görevi, sağım sistemi içindeki havayı dışarı atarak sistemde atmosfer basıncından daha düşük seviyede olan vakum basıncı yaratmaktır. Sağım sisteminde oluşturulan basınç hayvanın cinsine ve süt hattı yüksekliğine göre 36 ila 50 kPa aralıklarında olabilmektedir. Vakum pompasında oluşturulan vakumun etkisiyle sütün hayvanın memesinden alınarak güğüm, kap ya da tanka taşınması, sistemdeki temizleme sıvılarının dolaştırılması vb. işlemler gerçekleştirilir (Ünal, 2013).

Süt sağım makinalarında pistonlu, türbinli, su dolaşimli ve döner paletli olmak üzere farklı tiplerde

vakum pompaları kullanılmaktadır. Bunlardan, pistonlu tip vakum pompalarının son yıllarda tamamen kullanım dışı kaldığı; türbinli ve sulu çarklı tiplerin ise çok düşük bir kullanım alanına sahip olduğu söylenebilir. Günümüzde genellikle döner paletli vakum pompaları kullanılmaktadır. Paletli tip vakum pompaları, kuru sürtümlü ve yağlamalı tipte olabilmektedir. Kuru sürtümlü tiplerdeki paletler "grafit" malzemeden; yağlamalı tiplerde ise "fiber" malzemeden yapılmaktadır (Mein ve ark., 1994; Ünal, 2014).

Paletli tip vakum pompaları, silindirik bir gövde ve bunun içerisinde eksantrik bir eksenle dönen rotordan oluşmaktadır. Rotor üzerinde sayıları 4 ila 6 adet arasında değişebilen yarıklar ve bunların içerisinde serbestçe hareket edebilen paletler bulunmaktadır. Rotor döndüğünde paletler merkezkaç etkisiyle yarıklardan dışarı çıkmakta ve silindirik gövdenin iç yüzeyine sürtünerek dönmektedir. Bu sırada pompanın giriş (emme) hattından alınan hava, peş peşe gelen paletler (kanatlar) arasında sıkıştırılarak çıkış (ekzost) hattından atmosfere atılmaktadır (Mein ve ark., 1995; Bilgen ve Öz, 2006; Ünal, 2014).

Vakum pompasını çalıştırmak için gerekli hareket enerjisi bir güç ünitesinden verilmektedir. Bir sağım makinasında güç ünitesi olarak genelde elektrik motoru kullanılmasına karşın, elektrik enerjisinin bulunmadığı koşullarda bir jeneratör, termik motor veya traktör kuyruk mili tahriki de kullanılabilir. Vakum pompalarının sağım için istenilen kapasiteye (hava debisine) sahip olması, her şeyden önce makina veya sağım tesisindeki sağım ünitesi (sağım başlığı) sayısına ve pompanın deniz seviyesinden yüksekliğine (rakıma) bağlıdır. Diğer yandan makinanın çalışma vakum basıncı, tesisteki temizleme ünitesi yapısı, otomatik başlık çıkarma düzeni, pulsatörün tipi vb. durumlar vakum pompası kapasitesine etkili diğer unsurlardır. Yapılan literatür araştırmasında, süt sağım sektöründe kullanılan vakum pompalarının değişik rakım ve vakum basınçlarındaki hava debisi ilişkileri üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, seyyar ve yarı sabit kovalı tip (1-2 güğümlü) süt sağım makinalarında kullanılan ve sektörde 200 L/d hava debisi kapasiteli olarak tanımlanan bir vakum pompasının, deniz seviyesinden 2000 m'ye kadar olan farklı yüksekliklerinde (her 100 m'de) ve sağım için gerekli çalışma vakum basıncı (36-52 kPa) aralıklarındaki hava debilerini saptamaktır. Araştırmada ayrıca, vakum pompasının

her rakım aralığındaki maksimum pompa basınçları, havanın nispi nemi, gerçek atmosfer basıncı ve sıcaklık değerleri de ölçülmüştür. Sonuçlar, çizelge ve grafiklerle desteklenmiş ve aralarında karşılaştırmalar yapılarak regresyon denklemleri oluşturulmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmanın ana materyali olan vakum pompası, genellikle seyyar tip sağım makinaları veya kovalı tip yarı sabit tip sağım makinalarında kullanılan bir pompadır. Bu şekildeki süt sağım makinaları genellikle motor gücü 0.55 kW, çalışma gerilimi 220 V, frekansı 50 Hz, motor devri 1450 d/d olan ve vakum pompasına direkt bağlı monofaze elektrik motorları ile çalıştırılmaktadır. Bu çalışmada vakum pompasına kayış-kasnak bağlantılı benzinli bir motordan hareket verilmiştir. Vakum pompası, termik motor ve hareket iletim düzeninin bazı teknik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Araştırmada kullanılan vakum üretme grubu; benzinli bir motor, motordan kayış kasnakla hareket alan bir vakum pompası, vakum tankı (yedek hava deposu), ekzost ünitesi ve tüm parçaları taşıyan bir şasiden oluşmaktadır (Şekil 1). Elektrik motoruna direkt akuple edilmiş olan vakum pompası, elektrik motoru çıkış miline bağlı kasnak ile termik motor çıkış miline bağlanan kasnak ünitesinden kayışla hareket almaktadır. Pompa üzerinde, deniz seviyesinden

itibaren 2000 m yüksekliğe kadar her 100 m’de bir, 36–52 kPa arasındaki sağım uygun çalışma vakumlarında, 2 kPa aralıklarla pompa hava debileri ölçülmüştür. Denemelerde, 21 farklı rakım seviyesi ve 9 farklı pompa basıncında, toplamda 189 hava debisi ölçümü yapılmıştır.

Araştırma öncesinde vakum pompası hava giriş hattı vakum tankından ayrılmış ve buraya orifis tipi bir debi ölçer (VPR 100 marka) takılmıştır (Şekil 1). Kullanılan debi ölçer maksimum 3000 L/d ölçüm kapasitesine sahiptir. Debi ölçerin dairesel tambur etrafındaki bir tam turu 300 L/d ölçüm yapmaktadır. Cihazın üzerindeki ölçü skalasında 0-100 arası her ölçü çizgisi 5 L/d hassasiyete, 100-300 arasındaki her ölçü çizgisi ise 10 L/d hassasiyete bölünmüştür. Pompanın hava debisi ölçümleri 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50 ve 52 kPa basınç aralıklarında yapılmıştır. Bu basınç aralıklarının seçilme nedenlerinden ilki sağım yapılan hayvan cinsidir. Çünkü koyun sağımında uygun çalışma basıncı yaklaşık 36 kPa’dır. Bu basınçtan itibaren keçi ve inek-manda sağımı için daha üst aralıklar uygulanmaktadır. Basınç aralığı için diğer bir sebep sağımdaki sütün iletim yüksekliği ile ilgilidir. Burada da yüksek süt hatlı makine ve sistemlerde basınç aralığı 50-52 kPa seviyelerine ulaşabilmektedir (Mein ve ark., 1995; Ünal, 2014).

Çizelge 1. Vakum pompası, termik motor ve hareket ünitesinin bazı teknik özellikleri

Ölçüm Parametresi	Ölçülen Değer
<i>Vakum Pompası Ölçüleri</i>	
Pompa tipi	Kuru tip, grafit paletli
Palet sayısı (adet)	4
Palet ölçüleri (UxGxK) (mm)	69.8 x 43.2 x 4.9
Pompa giriş ağız iç çapı (inç)	Ø 3 / 4"
Pompa çıkış ağız iç çapı (inç)	Ø 1 / 2"
Pompa gövdesi iç çapı ve uzunluğu (mm)	Ø 104 x 70
Rotorun çapı ve uzunluğu (mm)	Ø 84 x 69.85
<i>Termik Motor Ölçüleri</i>	
Tipi	210 cc, Tek silindirli 4 zamanlı benzinli
Maksimum çıkış gücü(kW)	3.9(3600 d/d’da)
Maksimum tork(Nm)	15.6 (2500 d/d’da)
Yakıt deposu kapasitesi (L)	3.6
Yağlama yağı tipi – yağ hacmi (L)	SAE 10W/30 – 0.6
Çalıştırma sistemi	Geri tepmeli ipli
Soğutma sistemi	Cebri hava soğutmalı
Hava filtresi	Yağ banyolu
<i>Kayış-Kasnak Düzeni</i>	
Motor ve pompa kasnakları çapı(mm)	Ø100 - Ø100
V kayış sayısı x genişliği x uzunluğu(mm)	1x13x750



Şekil 1. Vakum pompası kapasite deneyi çalışması

Pompanın vakum değişimleri debi ölçer üzerindeki ölçüm noktasına bir hortum ile bağlanan dijital vakum ölçerden (DVPM-01 marka, 0.1kPa ölçüm hassasiyetli) izlenmiştir (Şekil 1).

Her 100 m'lik rakımda, ilk önce debi ölçerin tüm hava giriş delikleri kapatılarak pompanın maksimum basınçları ölçülmüştür. Daha sonra belirlenen basınç aralıklarına ait pompa hava debileri ölçülmüştür. Çalışmada ölçülen diğer parametreler; denizden yükseklik seviyesi (rakım), gerçek atmosfer basıncı, nispi hava nemi ve sıcaklık gibi verilerdir. Rakım ve gerçek atmosfer basıncı ölçümleri dijital göstergeli bir cihazla (Oregon marka RA123model) ölçülmüştür. Cihazdaki rakım ölçüm aralıkları 0-10000 m (1 m ölçüm hassasiyetli) arasındadır. Atmosfer basıncı değeri cihazdan "hPa" olarak okunmuş, daha sonra "kPa" (1 hPa=0,1 kPa) değerine dönüştürülmüştür. Dış havanın nispi nem ve sıcaklık ölçümleri için dijital bir higrometre-termometre cihazı (%1 nem, 0.1°C sıcaklık hassasiyetli) kullanılmıştır.

Vakum pompası deneyleri Bursa ili Mudanya ilçesinde (deniz kıyısında sıfır rakımda) başlamış, Uludağ'ın Keşiştepe zirvesine yakın seviyede (yaklaşık 2000 m) son bulmuştur. Mudanya ilçesi 28-29° kuzey boylamları ile 40-41° kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Batıda Karacabey, güneyde Bursa, doğuda Gemlik ile komşudur; kuzeyinde Marmara denizinin Gemlik Körfezi yer almaktadır (Anonim, 2015). İlçenin deniz kıyısındaki ölçüm noktasında benzin motorla çalıştırılan vakum pompası, TS ISO 5707 ve TS ISO 6690 standartlarında esas alınan 50 kPa çalışma basıncına ayarlanmış ve pompanın hareket aldığı kasnaktan dijital göstergeli bir devir

ölçer ile (1 d/d hassasiyetli) pompanın dönü sayısı belirlenmiştir (Anonim 2014d, 2014e). Benzin motoru gaz kolundan ayar yapılarak pompanın devir sayısı, elektrik motoruyla çalıştırılma devrine (yaklaşık 1425-1450 d/d aralığına) ayarlanmıştır.

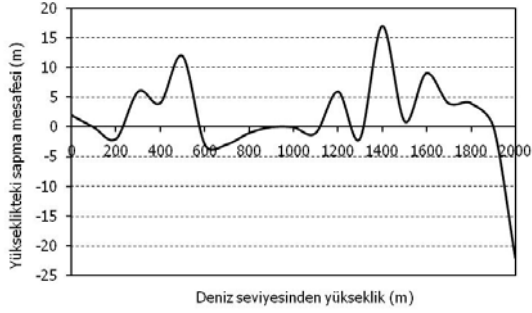
Ölçümlerde istenilen her 100 m'lik rakım seviyelerine dikkat edilmeye çalışılmıştır. Ancak ulaşım aracının park edebileceği uygun ortamın veya pompanın ölçüme uygun temiz ve düz bir yüzey olmayış gibi güçlükler, bazı rakım seviyelerinde bir miktar "±" sapmalara neden olmuştur.

Araştırma sonunda, elde edilen sonuçlar çizelge ve grafiklerle desteklenmiş ve aralarında karşılaştırmalar yapılarak regresyon denklemleri oluşturulmuştur.

ARAŞTIRMA BULGULARI

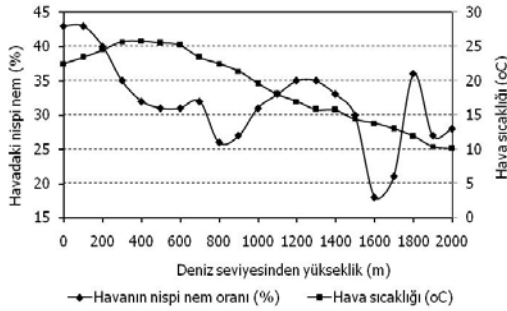
Araştırmada deniz seviyesinden itibaren her 100 m'lik rakımda ölçülen ilk temel parametreler; rakım, dış ortam sıcaklığı, havadaki nispi nem oranı ve gerçek atmosfer basıncı değerleridir.

Çalışmanın yöntem bölümünde ifade edildiği gibi, ulaşım aracının istenilen rakım seviyesindeki park etme güçlüğü ve/veya pompa ölçümüne uygun temiz ve düz bir yüzey bulma zorlukları ölçüm yapılan bazı yerlerde yükseklik sapmasına (-22 m ila +17 m arasında) neden olmuştur. Yüksekliklerdeki sapma miktarları Şekil 2'de verilmiştir. Bu sapmalar ±%1-2 düzeyinde ölçüldüğü için çalışmanın hassasiyetini etkilememiştir. Deneyler 1978 m rakımda zemindeki yoğun kar kütleleriyle yolun kapanması nedeniyle bitirilmiştir.



Şekil 2. Yüksekliklerdeki sapma miktarları

Mudanya ilçesindeki deniz sahilinde deney başlangıcı sabah saatlerinde (yaklaşık 10:30) dış hava sıcaklığı ortalama 22.5°C ölçülmüş, öğle saatlerinde 400-500 m rakım seviyelerine varıldığında 26.0°C'lere yükselmiştir. Daha sonra periyodik olarak azalmış ve son ölçüm noktası olan 1978 m'de (15:00 civarı) 10.1°C olarak ölçülmüştür. Diğer taraftan deniz kıyısında sabah saatlerindeki havanın nispi nem oranı %43 seviyelerinde ölçülmüş, rakımdaki yükselme ile dalgalanma göstermiş, 2000 m'de %28 düzeyinde saptanmıştır. Deney yapılan ortamlardaki sıcaklık ve nispi nem oranları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Rakıma bağlı dış ortam sıcaklığı ve havadaki nispi nem oranı değişimi

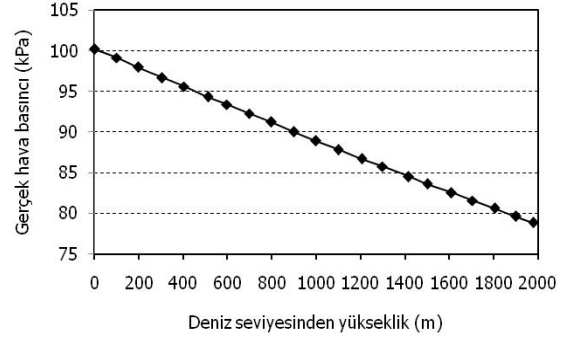
Gerçek hava basıncı deniz seviyesinde 1002.1 hPa (100.21 kPa) olarak ölçülmüş, daha sonra basınç doğrusal olarak azalarak 2000 m seviyesinde 788.9 hPa (78.89 kPa)'a düşmüştür (Şekil 4). Yapılan hesaplamalarda, gerçek atmosfer basıncının 500, 1000, 1500 ve 2000 m yüksekliklerinde deniz seviyesine göre sırasıyla %5.9, 11.3, 16.5 ve 21.3 oranlarında azaldığı saptanmıştır.

Hava basıncının deniz seviyesinden yükseldikçe azalması bilinen bir gerçektir (Chambers, 2004). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar da bu azalmayı yüksek doğrulukla desteklemektedir. Çalışmada ölçülen hava basıncının rakıma göre doğrusal azaldığı belirlenmiştir. Gerçek atmosfer basıncının rakıma bağlı değişimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir:

$$P_{atm} = 99.976 - 0.011.H \quad (R^2=0.999) \quad (1)$$

Burada, P_{atm} =Gerçek atmosfer basıncı (kPa), H =Deniz seviyesinden yükseklik (m) tir.

Denklemindeki determinasyon katsayısının $R^2=0.999$ bulunması, denklemin atmosfer basıncı ve rakım ilişkisi hesaplamasında yüksek doğrulukla kullanılabileceğini göstermiştir.

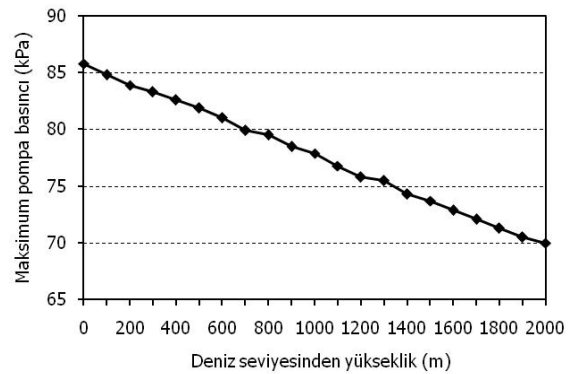


Şekil 4. Hava basıncının rakıma göre değişimi

Vakum pompasının maksimum basıncı ile rakım arasındaki ilişki Şekil 5'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, pompanın maksimum basıncı rakım seviyesi arttıkça doğrusal olarak azalmıştır. Vakum pompasının maksimum pompa basıncı deniz seviyesinde 85.8 kPa olarak ölçülmüş, yükseklik arttıkça bu değer doğrusal olarak azalarak 2000 m rakımda 70.0 kPa'a düşmüştür. Vakum pompasının maksimum basıncı 500, 1000, 1500 ve 2000 m yüksekliklerde sırasıyla %4.5, 9.2, 14.1 ve 18.4 düzeylerinde azalmıştır. Rakımdaki değişmeye göre pompanın maksimum basıncı aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir:

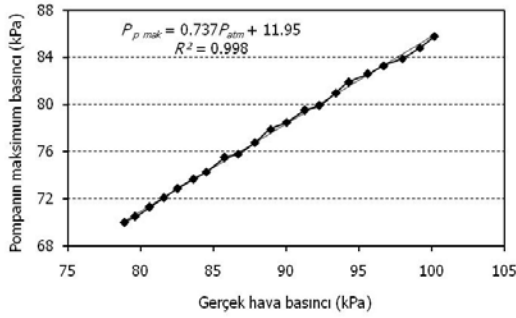
$$P_{p\ max} = 85.691 - 0.008H \quad (R^2=0.999) \quad (2)$$

Burada, $P_{p\ max}$ = Maksimum pompa basıncı (kPa)dir.



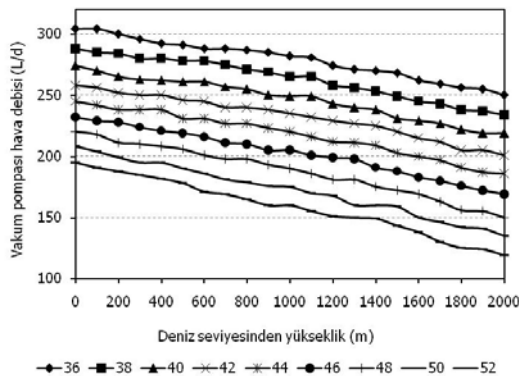
Şekil 5. Maksimum pompa basıncı ile rakım ilişkisi

Vakum pompasının maksimum basıncı ile gerçek hava basıncı arasındaki ilişki incelenmiş ve Şekil 6'da verilmiştir. Şekil görüldüğü gibi, pompanın maksimum basıncı, hava basıncındaki artış ile doğrusal olarak artmıştır. Diğer bir ifadeyle, deniz seviyesinde 100.2 kPa ölçülen hava basıncına karşın pompanın maksimum basıncı 85.8 kPa ölçülmüş, bu durum 2000 m yükseklikte hava basıncında 78.9 kPa, pompada ise 70.0 kPa değerine düşmüştür.



Şekil 6. Maksimum pompa basıncı ile gerçek hava basıncı arasındaki ilişkisi

Vakum pompasının farklı pompa basıncı ve rakım ilişkisine göre hava debisi ölçüm sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi pompanın hava debi değerleri, artan vakum basınçları ve artan rakım seviyesine karşın doğrusal olarak azalmıştır. Pompa basıncı 36 kPa'a ayarlandığında deniz seviyesinde 304 L/d ölçülen hava debisi, 1000 m'de 282 L/d, 2000 m yükseklikte ise 250 L/d'ye düşmüştür. Diğer taraftan, pompa basıncı 52 kPa'a ayarlandığında ise deniz seviyesinde 195 L/d ölçülen hava debisi, 1000 m'de 160 L/d, 2000 m yükseklikte ise 119 L/d'ye düşmüştür.



Şekil 7. Vakum pompasının 36-52 kPa basınçlarındaki rakım artışına bağlı hava debileri değişimi

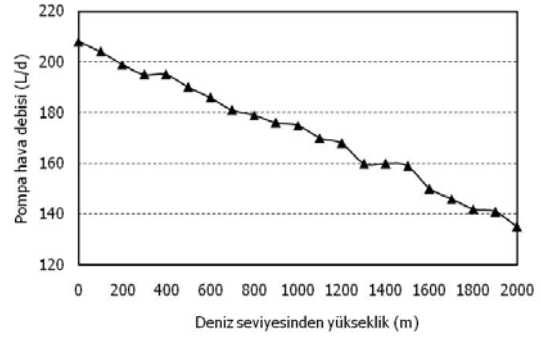
Standart vakum basıncı değeri 50 kPa kabul edilmektedir (Anonim, 2014d; 2014e). Vakum

pompası 50 kPa basınca ayarlandığında deniz seviyesinde 208 L/d hava debisi verirken, 1000 m yükseklikte 175 L/d, 2000 m'de ise 135 L/d hava debisine kadar düşmüştür (Şekil 8). Şekilde görüldüğü gibi, 50 kPa basınçtaki pompa debisi ile rakım arasında doğrusal bir azalma meydana gelmiştir. Buradan, rakım artışına bağlı pompa debisi değişimi için aşağıda denklem elde edilmiştir:

$$Q_p = 207.6 - 0.035H \quad (R^2=0.994) \quad (3)$$

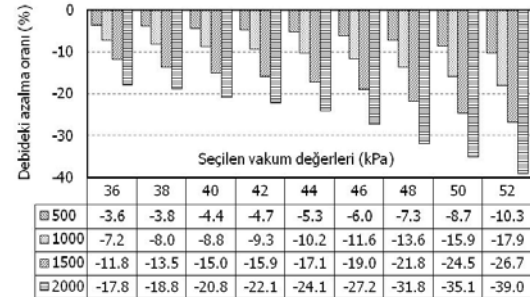
Burada, Q_p = Vakum pompası hava debisi (L/d)dır.

Eşitlikteki determinasyon katsayısının (R^2) 0.994 bulunması, eşitliğin güvenilir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 8. Standart vakum basıncında (50 kPa) pompa hava debisi ile rakım ilişkisi

Yapılan hesaplamalara göre, 50 kPa basınçta çalıştırılan vakum pompasının 500, 1000, 1500 ve 2000 m yüksekliklerde deniz seviyesine göre sırasıyla %8.7, 15.9, 24.5 ve 35.1 oranlarında hava debisi azalmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Farklı vakum ve rakım aralıklarında deniz seviyesine göre hava debisi kayıp oranları

Şekilde görüldüğü gibi, deniz seviyesine göre 500 m rakıma ulaşıldığında, vakum pompasının 36 kPa basınçtaki hava debisi kaybı %3.6 iken, aynı yükseklikte 44 ve 52 kPa basınçlardaki kayıp, sırasıyla %5.3 ve %10.3 oranlarında saptanmıştır. Buradan

rakım değişmediği halde, çalışma vakum basıncındaki artışın hava debisini önemli oranlarda azalttığı anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, 2000 m yükseğe çıkıldığında, pompanın 36 kPa basınçtaki hava debisi kaybı %17.8 iken, aynı yükseklikte 44 ve 52 kPa basınçlardaki kayıpların, sırasıyla %27.2 ve %39.0 oranlara yükseldiği saptanmıştır. Tüm bu sonuçlar, rakım seviyelerindeki ve sağım için gerekli çalışma basınçlarındaki artışların hava debisi miktarlarında önemli oranlarda düşüş yarattığını göstermiştir. Dolayısıyla bir hayvanın sağımı için gerekli hava debisi dikkate alınırken, bu kayıp oranlarının dikkate alınması ve buna göre vakum pompası büyüklüğünün seçilmesi önerilmektedir.

Vakum pompasının farklı rakım seviyeleri ve vakum basınçlarına göre hava debisi kapasiteleri için çoklu regresyon ilişkisi incelenmiş ve aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir:

$$Q_p = 581 - 0.0309H - 7.55P_p \quad (R^2=0.995) \quad (4)$$

Burada, P_p =vakum pompası çalışma basıncı (kPa) dır.

Elde edilen denklemle; vakum pompasının deniz seviyesinden itibaren yüksekliği bilinen bir ortamda ve sağım için gerekli çalışma vakumu aralığında (36-52 kPa) ne kadar hava debisi üretebileceğini ortaya koyabilmektedir. Ancak, bu eşitlik piyasada 200 L/d hava debisi kapasiteli olarak üretilen vakum pompaları için geçerlidir.

SONUÇ

Vakum pompasının maksimum basıncı deniz seviyesinde 85.8 kPa ölçülmüş, yükseklik arttıkça bu

değer doğrusal olarak azalarak 2000 m rakımda 70.0 kPa'a düşmüştür. Vakum pompasının maksimum basıncı 500, 1000, 1500 ve 2000 m yüksekliklerde sırasıyla %4.5, 9.2, 14.1 ve 18.4 düzeylerinde azalmıştır.

Vakum pompasının hava debisi değeri, vakum basıncı ve rakım seviyesindeki artışa rağmen doğrusal olarak azalmıştır. Buna göre, pompa basıncı 50 kPa'da iken, deniz seviyesinde 208 L/d, 1000 m'de 175 L/d, 2000 m yükseklikte ise 135 L/d hava debisi vermiştir. Vakum pompasının 50 kPa basınçtaki hava debisi değerleri 500, 1000, 1500 ve 2000 m yüksekliklere çıkıldığında deniz seviyesine göre sırasıyla %8.7, 15.9, 24.5 ve 35.1 oranlarında azalmıştır.

Deney ortamlarda gerçek atmosfer basıncının 500, 1000, 1500 ve 2000 m yüksekliklerde, deniz seviyesine göre sırasıyla %5.9, 11.3, 16.5 ve 21.3 oranlarında azalmıştır.

Rakım seviyelerindeki ve sağım için gerekli çalışma basınçlarındaki artışların hava debisi miktarlarında önemli oranlarda düşüş yarattığı görülmüştür. Bu nedenle bir hayvanın sağımı için gereken hava debisi dikkate alınırken, bu kayıp oranlarının da gözönüne alınması ve buna göre vakum pompası büyüklüğü seçilmesi gereklidir.

TEŞEKKÜR

Araştırmadaki vakum pompası ünitesini kullanımımıza sunan, deneyler süresince ulaşım ve teknik hizmet imkanı sağlayan Ayaz Kauçuk Plastik Kalıp Makina San. Tic. Ltd. Şti. yönetimine ve çalışanlarına teşekkür ediyoruz.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, 2014a. Vakumla ilgili tüm teknik bilgiler. <http://www.rateknik.com.tr/urun.php?u=> (Erişim: Haziran, 2014)
- Anonim, 2014b. Vakum nedir? Vakum Hakkında Genel Bilgiler. <http://www.zinisan.com.tr/tr/content/6-vakum-hakkinda-genel-bilgiler1308> (Erişim: Temmuz, 2014).
- Anonim, 2014c. Vacuum. <https://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum> (Erişim: Aralık 2014).
- Anonim, 2014d. Süt sağım makina tesisleri - Yapım ve Performans. Türk Standartları Enstitüsü, TS ISO 5707, Haziran 2014, 47 s., Ankara.
- Anonim, 2014e. Süt sağım makina tesisleri – Mekanik deneyler. Türk Standartları Enstitüsü, TS ISO 6690, Nisan 2014, 34 s., Ankara.
- Anonim, 2015. Bursa Mudanya ilçesi bilgileri. <http://www.bursaworld.com/mudanya-ilcesi.php>
- Bilgen, H. ve H. Öz, 2006. Süt Sağım Makina ve Tesislerinin Standartlara Uygun Kontrolleri. Ege Üniv., Ziraat

- Fakültesi Tarım Makinaları Yayınları No:10, ISBN: 975-483-700-7, İzmir.
- Chambers, A. 2004. Modern Vacuum Physics. Boca Raton: CRC Press. ISBN 0-8493-2438-6.
- Mein, G.A., D.R. Bray, L.S. Collar, A.P. Johnson and S.B. Spencer, 1994. Sizing vacuum pumps for milking. National Mastitis Council Meeting Proceedings, 1994 Annual Meeting of the NMC, p.124-132.
- Mein, G.A., D.R. Bray, L.H. Brazil, L.S. Collar, A.P. Johnson, and S.B. Spencer. 1995. Effective reserve and vacuum pump capacity for milking. Proceedings 34th Annual Meeting, National Mastitis Council, Fort Worth, TX.
- Ünal, H. 2013. Süt Sığırcılığında Mekanizasyon. Sütas Süt Hayvancılığı Eğitim Merkezi Yayınları No:9, ISBN:978-975-93554-4-9, Bursa.
- Ünal, H. 2014. Tarım İşletmelerinde İçsel Mekanizasyon Uygulamaları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Basılmamış Ders Notları, Bursa.