



# Toprak Üstü Yığın Siloda Sıkıştırma Tekniğinin Sıkıştırma Basıncı, Sıcaklık ve Sıkıştırma Süresi Üzerine Etkileri

Yavuz Odabaş<sup>1</sup>, Fulya Tan<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3952-9246), [yavuz\\_odabas@hotmail.com](mailto:yavuz_odabas@hotmail.com)

<sup>2\*</sup> Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0037-4251), [ftan@nku.edu.tr](mailto:ftan@nku.edu.tr)

(İlk Geliş Tarihi 26 Ekim 2020 ve Kabul Tarihi 15 Nisan 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.816628)

**ATIF/REFERENCE:** Odabaş, Y., Tan, F. (2021). Toprak Üstü Yığın Siloda Sıkıştırma Tekniğinin Sıkıştırma Basıncı, Sıcaklık ve Sıkıştırma Süresi Üzerine Etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 710-716.

## Öz

Silaj yapımında en önemli faktör sıkıştırma işlemidir. Bu aşamada kullanılan ekipmanlar, materyal özellikleri ve uygulanan yöntemler gibi bir çok faktör sıkıştırma etkinliği üzerine etkilidir. Kaliteli silaj elde etmede; yeterli seviyede ve silonun genelinde homojen bir sıkıştırmanın sağlanması önemlidir. Materyalin sıkıştırma seviyesi genel olarak materyal yoğunluğu ile ilişkilendirilmiştir. Ancak, silaj yapım sırasında bu durumu kontrol etmek zordur. Bu da bir çok parametrelerin etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bu araştırmada, sıkıştırma tekniğinin sıkıştırma basıncı, sıcaklık ve sıkıştırma süresi üzerine etkileri incelenmiştir. Silolama aşamasında sıkıştırma basıncının saptanması için basınç ölçümü esas alınmıştır. Araştırma saha koşullarında ve toprak üstü yığın siloda yürütülmüştür. Sıkıştırma ekipmanı olarak 92 BG sahip tek traktör kullanılmıştır. Sıkıştırma süresince sıkıştırma ekipmanı tarafından tek bir rota kullanılmıştır. Materyale uygulanan sıkıştırma basıncının saptanabilmesi amacıyla basınç algılayıcılar silo içerisinde önceden belirlenen ölçüm noktalarına yerleştirilmiştir. Bu noktalarda sıkıştırma basıncı tüm sıkıştırma süresi boyunca ölçülerek kaydedilmiştir. Aynı zamanda bu noktalara yerleştirilen sıcaklık sensörleri ile sıcaklık ölçümleri de yapılmıştır. Basınç ölçüm sistemi tarafından sıkıştırma süreleri de kayıt altına alınmıştır. Araştırma sonucu olarak, traktörün izlediği rota, materyalin sıkıştırma basıncı ve sıkıştırma süresi üzerinde etkisi önemli bulunmuştur. Ölçülen en yüksek sıkıştırma basıncı (0.35 bar) ve en yüksek sıkıştırma süresi (228 dk) silonun alt katmanında kaydedilmiştir. Sıkıştırma basıncın yüksek ölçüldüğü noktalarda sıcaklık da en yüksek değerde bulunmuştur. Silonun konumu sıkıştırma ekipmanının rotasını belirlemede önemli bir etken olmuştur. Bu nedenle silo yerinin seçiminde dikkatli olunması ayrıca önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Silaj, Sıkıştırma basıncı, Sıkıştırma süresi, Basınç, Rota.

## Effects on Compaction Pressure, Temperature and Compaction Time of Compaction Technique in Pile Type Silo

### Abstract

The most important factor in silage making is compaction. Many factors such as equipment used at this stage, material properties and applied methods are effective on the compression efficiency. For quality silage; it is important to ensure a sufficiently homogeneous compaction in the silo. The compaction level of the material has generally been correlated with the material density. However, it is difficult to control this during silage making. This is due to the effectiveness of many parameters. In this research, the effects of the compaction technique on compaction pressure, temperature and compaction time were investigated. A pressure measurement system is used to determine the compaction pressure. The research was carried out under field conditions and in a pile type silo. A 92 HP tractor was used as the compaction equipment. A single route was used during compaction. The pressure sensors are located at the pre-determined measuring points in the silo to determine the compaction pressure applied to the material. The compression pressure was measured and recorded at these points during the entire compaction period. Temperature was also measured by placing temperature sensors at the measuring points. At the same time, the compaction times were recorded by the pressure measurement system. As a result; the compaction equipment route has a significant effect on the compaction efficiency of the material. The highest compaction pressure (0.35 bar) and the highest compression time (228 minutes) were determined and in the bottom layer of the silo. Due to the tractor route, the compression pressure was measured high on the right side of the silo. Temperature values were found to be highest at the measurement points where compression pressure was highest. For this reason, it is also recommended to be careful in the selection of the silo location.

**Keywords:** Silage, Compaction pressure, Compaction time, Pressure, Route.

\* Sorumlu Yazar: [ftan@nku.edu.tr](mailto:ftan@nku.edu.tr)

## 1. Giriş

Ülkemizdeki hayvancılık işletmelerinin ana girdilerinin önemli bir bölümünü (% 50-70) yem giderleri oluşturmaktadır (Görgülü 2012). Bu nedenle düşük maliyetle, kaliteli yemlerin temini önemli hale gelmektedir. Özellikle süt hayvancılığının ekonomik hale getirilmesinde ve geliştirilmesinde kaba yemlerin önemi büyüktür (Ak ve Doğan 1997).

Mısır üretimi dünyada buğdaydan sonra ikinci sırada yer alırken, ülkemizde buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer olmaktadır (Dellal ve ark. 2001). İnsan beslenmesinde ve tarıma dayalı endüstride önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda silajlık olarak hayvan beslemesinde de önemli bir kaba yem haline gelmiştir (Allen ve Kilkeny 1986). Mısır silajı, dünyada üretilen en ekonomik ve en yaygın kaba yem olup, beslemede yoğun olarak kullanılmaktadır (Kılıç 1986, Alçiçek ve Karaayvaz 2003).

Ülkemizde silaj yapımında, toprak üstü yığın silo kullanımı oldukça yaygındır. Silo tipinin belirlenmesinde genel olarak çiftçi olanakları, hayvan varlığı ve ekonomik düzey etkili olmaktadır. Toprak üstü yığın silolar; çok basit ve ucuz maliyetli silolardır. Bu nedenle de genellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından tercih edilmektedir. Ancak bu tip siloların kullanımı gerektiğinde siloların ahıra yakın, su tutmayan, düz veya çok az meyilli sert bir zemin seçilerek, zemin temizlenip düzeltildikten sonra silolama işleminin yapılması gereklidir.

Yığın silolarda sıkıştırma işlemlerinin yönetimi için kullanılan sıkıştırma ekipmanı genel olarak işletmenin sahip olduğu traktördür. Silo büyüklüğüne bağlı olarak yardımcı amacıyla yakın işletmelerden destek alınarak işlemler yürütülmektedir. Silaj yapımında aynı anda tarlada hasat devam ederken bir yandan siloda sıkıştırma işlemleri devam etmektedir. Bu nedenle ekipman kullanımının oldukça iyi planlanması silo yönetiminin başarısında önemlidir.

Etkin bir sıkıştırma işlemi, kaliteli silaj elde etmenin temelidir. Dolayısı ile sıkıştırma işleminin etkin olabilmesinde kullanılan sıkıştırma ekipmanının kütlesi (Muck ve Holmes 2000, Ruppel ve ark. 1995, Ruppel 1997), ekipmanın teknik özellikleri, yığın üzerinde uyguladığı sıkıştırma süresi (Roy ve ark. 2001, Ruppel 1993), sıkıştırma basıncı (Tan ve ark. 2017a, Tan ve ark. 2018, Savoie ve ark. 2004) lastik tip ve özellikleri gibi bir çok faktör etkilidir. Bunun yanında materyale ilişkin parametreler (hasat dönemi, kuru madde içeriği, parçalama boyu gibi) veya yönetim sistemi ile ilgili (ekipman sayısı, işletmenin özellikleri, çalışanların eğitim durumu gibi) bir çok faktör de etkilidir. Tüm bu faktörlerin etkin ve doğru yönetimi her zaman kolay ve yeterli yapılamamaktadır. Yetersiz yapılan sıkıştırmalarda ise materyaller daha uzun süre solunum yapmaya devam etmektedir. Bu durumda besin madde kayıpları oluşarak ortamda istenmeyen bakterilerin gelişmesine ve protein kayıplarına neden olabilmektedir (Holmes ve Muck 2007). Sıkıştırma etkinliğinin artmasına bağlı olarak oluşan materyal yoğunluğu arttıkça kuru madde kaybının aynı oranda azaldığı da ifade edilmiştir (Ruppel 1992). Siloda homojen olmayan bir sıkıştırmanın yapılması, silaj kalitesi açısından bir problem oluşturmaktadır (Latsch 2014).

Genel olarak bakıldığında küçük hayvancılık işletmeleri tarafından sıkıştırma ekipmanı olarak silo yönetiminde kullanılan traktörlerin de küçük kapasitede ve kütlede ekipmanlar olduğu bilinmektedir. Lastik olarak ise; çift lastik

uygulamaları veya lastik basınçlarına özellikle dikkat edilmediği de bilinmektedir. Mevcut aralıklarda kullanılan traktörlerin sahip olduğu ortalama kütlesi 3500 kg civarında olup, kabinli tip traktörler oluşturmaktadır. Silo yönetiminde genel olarak ortalama 90-99 HP gücünde ve ortalama 3.5 ton ağırlığına sahip traktörlerin kullanıldığını ifade edilmektedir (Odabaş, 2019). Silolamada sıkıştırmanın etkin yürütülmesinde traktör kütlesi önemlidir. Ancak, üreticiler sıkıştırma amaçlı iyi nitelikte ekipmanlara sahip olsalar bile her zaman iyi nitelikte silaj elde edememelerinin temelinde doğru olmayan silo yönetimi uygulamaları söylenebilmektedir.

Siloda kalite içeriği yüksek, bozulma oranı düşük silaj elde etmek için silo yönetiminde sıkıştırmaya yönelik uygulamaların bilinmesi ve uygulanması önemlidir. Yığın siloların sayıca fazla olması nedeni ile saha koşullarında yığın siloda uygulanan silolama tekniğinin izlenmesi çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla saha koşullarında çiftçi koşullarına müdahalede bulunulmadan yığın siloda uygulanan sıkıştırma basıncı ve silo içi sıcaklık değerleri ölçülerek, silo yapım başarıları hakkında fikir edinilmek istenmiştir. Silo yeri seçimi, silolama süresi gibi hiçbir konuda değişiklik yaratılmamıştır. Çiftçinin tüm silolama aşamasında tek sıkıştırma ekipmanı ve sıkıştırma ekipmanının tek rota kullanması nedeni ile sadece enine uygulanan rotanın etkisini görmek mümkün olmuştur.

Bu nedenle araştırmada kullanılan sıkıştırma tekniğinin sıkıştırma basıncı ve sıkıştırma süresine olan etkisi ifade etmek çalışmanın amacını oluşturmuştur.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Deneme Materyali ve Sıkıştırma Ekipmanı

Deneme Tekirdağ ili Banarlı köyünde özel şahsa ait bir hayvancılık işletmesinde saha koşullarında ve çiftçi koşullarına müdahale etmeden yürütülmüştür. Sıkıştırma ekipmanı, silo yeri seçimi, uygulanan rota ve silolama süresi çiftçinin silolama yönetimi olarak alınmış ve bu koşullar altında ölçümler yapılmıştır. Denemelerde silaj verimi yüksek, bölgede kullanım oranı yaygın bir çeşit olan Pioneer silajlık mısır çeşidi (P2948W) kullanılmıştır. İkinci ürün olarak silajlık mısır hasadı % 38 kuru madde içeriğinde yapılmış ve aynı gün silolama işlemi tamamlanmıştır.

Denemeler, silolama amacıyla kullanımı en yaygın olan olan toprak üstü yığın siloda yürütülmüştür. Yığın silo 4500 x16000x1500 mm boyutlarına sahiptir. Sert bir zemin temizlenerek, zemine saman serilmiştir.

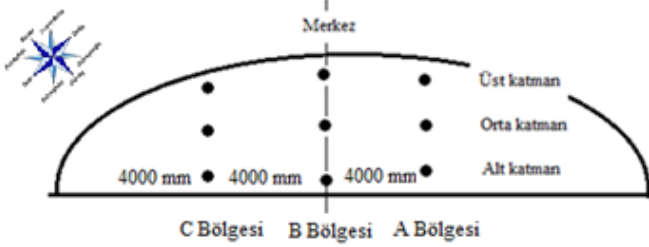
Sıkıştırma ekipmanı olarak denemenin yürütüldüğü işletmede bulunan traktör kullanılmıştır. Silo yönetiminde etkili faktörler olan traktörün kütlesi, lastik tipi ve lastik basınç değerleri Tablo 2.1' de verilmiştir.

Tablo 2.1. Sıkıştırma Ekipmanına İlişkin Teknik Özellikler

Model	6230
Normal güç	100 HP (74 kW)
Yüksüz ağırlık	4390 Kg
Azami yüklü ağırlık	8000 Kg
Ön lastik ölçüleri	380/85R24
Arka lastik ölçüleri	420/85R34
Ön lastik basıncı	2.0 bar
Arka lastik basıncı	2.3 bar

## 2.2. Denemenin yürütülmesi

Silo içerisinde basınç ve süre ölçümlerinin yapılabilmesi için, silolama aşaması sırasında basınç algılayıcı küreler katmanlar arasında daha önceden belirlenen ölçüm noktalarına yerleştirilmiştir. Ölçüm noktaları her katmanda 9 adet olmak üzere siloda toplamda 27 adet olarak belirlenmiştir (Şekil 2.1). Silo uzunluğu üç eşit parçaya bölünmüş ve 4000 mm aralıkla üç sıra, silo genişliği üç eşit parçaya bölünerek (basınç+sıcaklık sensörleri) her sırada üç adet olmak üzere yerleştirilmiştir.



Şekil 2.1. Yığın Silo Konum ve Ölçüm Noktaları

Basınç ölçüm sisteminin veri kayıt ve depolama ünitesi ölçümlerin doğru alınabilmesi için mümkün olduğu kadar siloya yakın konumlandırılmıştır. Kullanılan dolum tekniğine bağlı olarak aşama aşama materyalin içerisine basınç algılayıcı küreler yerleştirilerek veri ölçümü ve veri kaydı başlatılmıştır (Şekil 2.2a). Dolumda önden arkaya dolum tekniği kullanılmıştır.

Ölçümler tüm silolama aşaması süresince kaydedilmiştir. Tüm silolama süresince üreticinin çalışmasına müdahalede bulunulmamıştır. Silo Batı-Doğu doğrultusunda yapılmıştır. Şekil 2.2b' de silo yeri seçiminden kaynaklanan sıkıştırma ekipmanının rotası ve pozisyonu görülmektedir.



a

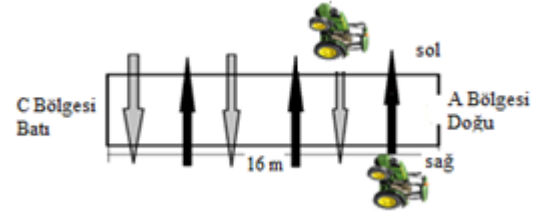


b

Şekil 2.2a. Siloda Basınç ve Süre Ölçümü, 2.2b. Silolama Çalışmalarından Bir Örnek

## 2.3. Sıkıştırma Ekipmanı Rotası

Çalışma süresince işletme tarafından yapılan silaj yönetim sürecine hiçbir şekilde müdahalede bulunulmamıştır. İşletme seçmiş olduğu ve önceden hazırladığı silo zeminini temizleyerek hazırlamıştır. Kıyılan materyaller parti parti silo alanına boşaltılarak bir traktör yardımı ile sıkıştırma işlemleri yürütülmüştür. Bu işlemler süresince planlanan noktalara ölçüm kileri ( basınç ve sıcaklık sensörleri) yerleştirilmiş ve bilgisayar bağlantıları oluşturulmuştur. Bu sayede tüm işlemler kayıt altına alınmıştır. Silonun sıkıştırılmasında traktör enine(transversal way) rota kullanmıştır. Şekil 2.2b' den de anlaşılacağı gibi traktör hareketi sağ yan hattından ileri-geri yapılmak durumunda kalmıştır. Son yan hattında silo yeri seçimindeki hata nedeniyle traktör girişi yapılamamıştır (Şekil 2.3).

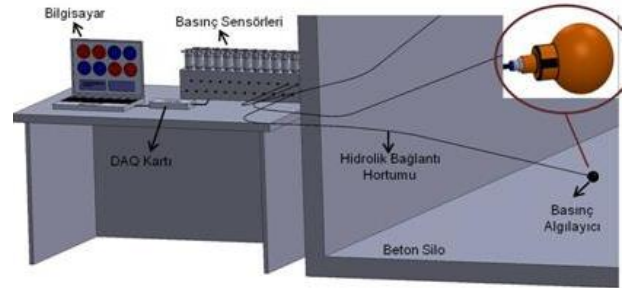


Şekil 2.3. Siloda Takip Edilen Rota

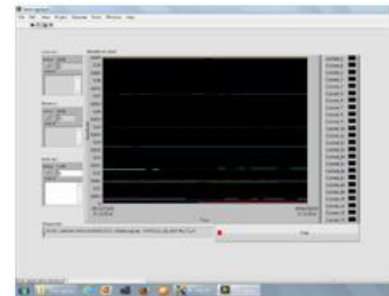
Silo uzunluğu silonun yerleştirildiği Batı-Doğu yönü boyunca üç ana bölgeye (ön, orta ve arka) ayrılmıştır. A bölgesi doğu yönünde, C bölgesi batı yönünde kalan bölümü oluştururken, orta bölüm B bölgesi olarak tanımlanmıştır. Bu şekilde traktörün her bir bölgede harcadığı zaman dilimi de net olarak ifade edilebilir olmuştur.

## 2.4. Basınç ve Süre Ölçümü

Siloda sıkıştırma ekipmanı tarafından materyale uygulanan sıkıştırma basıncının saptanabilmesi amacıyla basınç ölçüm sistemi kullanılmıştır. Denemede kullanılan basınç ölçüm sistemine ilişkin resim Şekil 2.4a' da verilmiştir. Şekil 2.4b' de sistemin arayüzü görülmektedir.



a



b

Şekil 2.4a. Basınç Ölçüm Sistemi, 2.4b. Sistem Arayüzü (Tan ve ark.2017b; Tan ve ark.2018)

Basınç ölçüm sistemi, yığın materyallerde basınç ölçümü yapabilmek amacıyla geliştirilmiştir (Tan ve ark. 2017b). Basınç ölçüm noktaları Şekil 2.1'de yan kesit görüntüsünde belirtildiği gibi; her katmanda ortalanarak 4000 mm aralıkla üç sıra halinde her üç katmana (alt, orta ve üst) ve her katmanda silo genişliği üç eşit noktaya ayrılarak 1125 mm aralık ile üçer adet olmak üzere her katmanda 9, toplamda 27 adet sensör yerleştirilerek ölçülmüştür. Basınç ve süre ölçüm sistemi;

- Basınç algılayıcı kauçuk küreler,
- Hidrolik hortum bağlantısı,
- Basınç sensörleri,
- Veri kayıt ünitesi (Basınç sensörleri+DAQ kart)
- Bilgisayar dan oluşmaktadır.

Basınç algılayıcı kauçuk küreler, esnek yapıya sahip olup, silo içerisine yerleştirilen küreler, silaj ile çevrelediği için üzerinde oluşan toplam basıncı yön gözetmeksizin iletebilmektedir (Turner ve Raper 2001). Basınç sensörleri traktör lastik basınçlarını okuyacak şekilde 4 bar kapasitelidir. Veri kayıt ünitesinde Labview görsel programlama dili ile yazılan veri toplama programı kullanılmıştır. Veriler bilgisayarda Excel formatında depolanmıştır.

Materyale uygulanan sıkıştırma kuvveti, tekerleklerin algılayıcı küre üzerinde olduğu veya olmadığı tüm zamanları ekrana iletebilmektedir. Bu şekilde traktörün hareketi, geçiş sayıları, geçiş süresinde uyguladığı sıkıştırma basıncı ve materyal üzerinde kalan toplam sıkıştırma basınçları net olarak görülebilmektedir.

## 2.5. Sıcaklık Ölçümü

Silo içi sıcaklık ölçümleri Hobo E-348-UA-002-08 model sıcaklık sensörleri (-20° ile 70°C ölçüm aralığına sahip) kullanılarak yapılmıştır. Basınç sensörleri ile birlikte önceden belirlenen noktalara yerleştirilen bu sensörler ile silaj açılana kadar silo içerisinde sıcaklık verileri kayıt edilmiştir (Tan ve ark. 2018). Sıcaklık ölçümleri silolama ve fermantasyon döneminde de yürütülmüştür.

Sıcaklık sensörleri de belirlenen ölçüm noktalarına basınç sensörleri ile birlikte yerleştirilmiştir. Uygulanan sıkıştırma basıncı ile sıcaklık arasındaki değişiminin gözlemlenmesi amacıyla her katmanda ve benzer noktalara yerleşim sağlanmıştır.

## 2.6. Kuru Madde ve pH Ölçümleri

Silajların nem içeriği (ASAE Standartds, 2002)' a göre, pH değerleri, Chen ve ark. (1994)'e göre yapılmıştır.

## 2.7. İstatistik Analiz

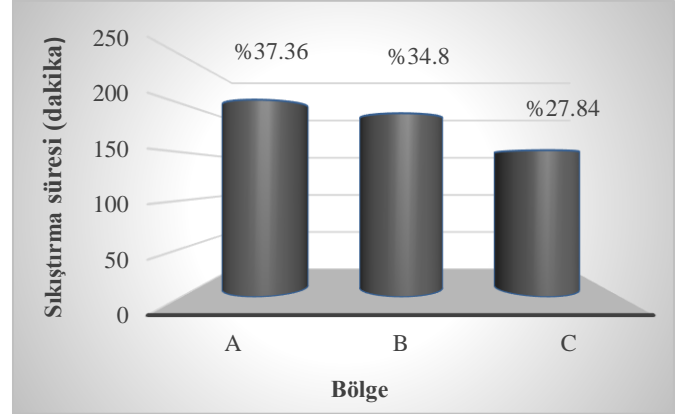
Bu çalışmada, yığın siloda sıkıştırma süresi ve sıkıştırma basıncı silonun bölge, katman ve konumlara göre istatistiksel olarak değerlendirmek için, veriler SPSS (18.0) one-way ANOVA kullanılarak analiz edilmiştir. Minimum önem seviyesi 5%. Ortalamalar Duncan test ile karşılaştırılmıştır.

# 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

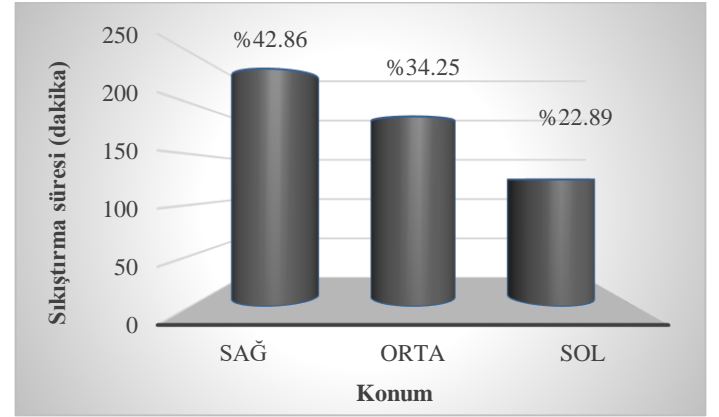
## 3.1. Sıkıştırma süresine ilişkin araştırma sonuçları

Sıkıştırma ekipmanının toprak üstü yığın silo üzerinde sıkıştırma işlemi yapmak için oldukça farklı süreler harcadığı ölçülmüştür.

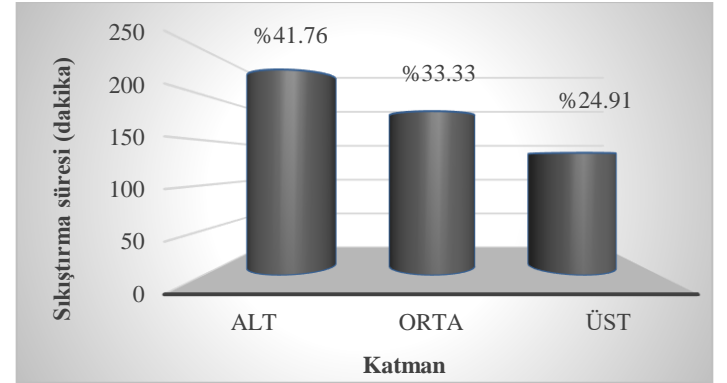
Şekil 3.1' de silonun farklı bölgelere göre sıkıştırma süreleri, Şekil 3.2' de silonun farklı konumlarına göre sıkıştırma süreleri, Şekil 3.3' de silonun farklı katmanlara göre sıkıştırma süreleri görülmektedir.



Şekil 3.1. Bölgelere Göre Sıkıştırma Süreleri



Şekil 3.2. Konumlara Göre Sıkıştırma Süreleri



Şekil 3.3. Katmanlara Göre Sıkıştırma Süreleri

Silonun giriş yönüne gelen ön bölgede (A) sıkıştırma ekipmanı en fazla süreyi harcamıştır. Sürenin A bölgesinde bu kadar çok olmasının temel nedeni; silonun ön bölgesi olması, ilk doldurulan bölge olması, silolama başlangıcında silaj materyallerin çalışmaya yeni başlamasından dolayı kıyılmış materyallerin daha geniş aralıkla siloya getirilerek dökülmesi sayılabilir. Silonun C bölgesi olan arka bölgesinde günün geç saatlere gelmesi, çalışan kişi sayısının az olması, çalışanların yorulması, operatörün biran önce işlemi tamamlamak istemesi gibi nedenler de etkili olmuştur. Tüm bu nedenlerden dolayı C bölgesinde en az zaman harcanmıştır. A ve C bölgesi arasında meydana gelen yaklaşık %10' luk süre farkı, silaj kalite sınıfları incelendiğinde ne denli önemli farklara neden olduğu

görülmektedir. Ayrıca, sıkıştırma süresinin yüksek olduğu noktalarda ölçülen sıkıştırma basıncı değerlerinin yüksek olması da silo yönetiminin başarısı üzerindeki etkilerini açık olarak göstermektedir. Süre olarak neredeyse bir-iki saatlik sıkıştırma süresi ile silaj kalite sınıfları arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Silonun bölgelerine bakıldığında A bölgesinde toplam zamanın % 37.36' s, B bölgesinde % 34.80' i, C bölgesinde ise toplam zamanın % 27.84' ü harcanmıştır. Silonun arka bölgesi olan C bölgesinde, A bölgesine göre yaklaşık 52 dakika daha az sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Bu durum silonun ölçülen sıkıştırma basıncının en düşük bulunmasının da (0.284 bar) temel nedenidir.

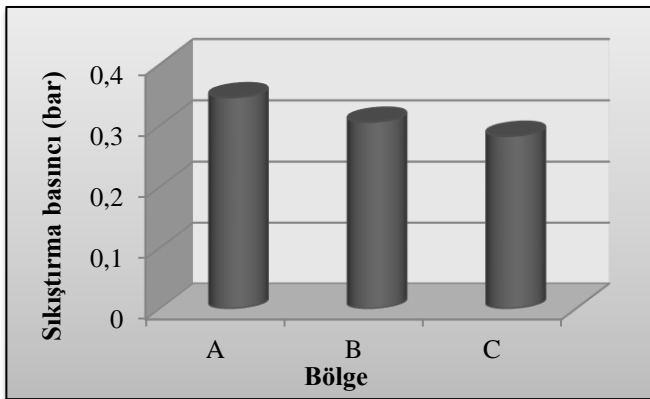
Şekil 3.2' de Silonun farklı konumlara göre sıkıştırma süreleri görülmektedir. Silonun konumlarına göre bakıldığında harcanan toplam zamanın en yüksek bölümü % 42.86 ile silonun sağ konumunda, sırasıyla % 34.25 ile merkez konumda ve en düşük % 22.89 ile sol konumda hesaplanmıştır. Genel olarak en az sıkıştırma zamanı silonun sol konumunda olmuştur.

Şekil 3.3' de katmanlara göre sıkıştırma sürelerinin değişimi verilmiştir. Silonun katmanlarında ise; toplam harcanan zamanın en fazla bölümü % 41.76 ile alt katmanda harcanmıştır. Orta katmanda % 33.33, üst katmanda ise en % 24.91 ile az zaman

Tablo 3.1. Bölge, Konum ve Katmanlarda Ölçülen Ortalama Sıkıştırma Basıncı Değerleri (bar)

Bölge	Konum	Katman			
A	0.354 a	Sağ	0.35 a	Alt	0.354 a
B	0.296 b	Orta	0.304 ab	Orta	0.307 b
C	0.274 b	Sol	0.271 b	Üst	0.263 c

Tablo 3.1' den de görüldüğü gibi sıkıştırma basıncı silonun bölge, konum ve katmanlarında  $P < 0.05$  seviyesinde önemli bulunmuştur. A bölgesi silonun başlangıç bölgesi olup, traktörün en fazla zaman harcadığı bölge olduğu anlaşılmaktadır. Silonun B ve C bölgesi istatistik açıdan benzer grupta olmuştur. En büyük farklılıklar katmanlar arasında olmuştur. Herbir katman ayrı grupta saptanmıştır. Silonun farklı bölgelerine uygulanan sıkıştırma kuvvetinin oldukça değişiklik gösterdiği görülmektedir. Benzer sonuçlar Muck ve Holmes (2000) ve Latsch (2014) tarafından da bildirilmiştir.

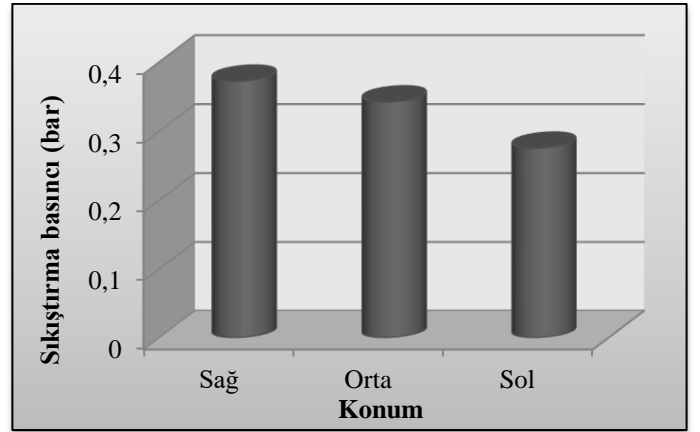


Şekil 3.4. Bölgelere Göre Sıkıştırma Basıncı

dilimi harcanmıştır. Üst katmanlarda sıkıştırma işleminin daha fazla olması istenirken, toplamda en az süre en üst katmanda olmuştur. Bu durum genellikle silonun bir an önce tamamlanması akşam saatlerine denk gelen silolama sürecinin bir sonraki güne bırakmadan bitirilmek istenmesinin büyük bir etkisi bulunmaktadır. Latsch (2014) siloda sıkıştırma süreleri arasında değişiklik olduğunu ifade etmiştir. Tan ve Dalmış (2019) siloda hesaplanan sıkıştırma sürelerinin farklı olmasında silonun konumunun ve traktör kullanımının da etkisi olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada da traktörün izlediği rota sıkıştırma süresi üzerinde etkili olmuştur.

### 3.2. Sıkıştırma basıncına ilişkin araştırma sonuçları

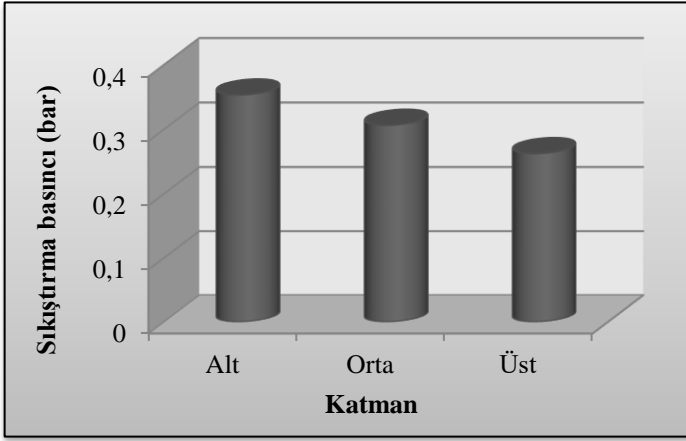
Toprak üstü yığın siloda sıkıştırma işlemi periyodu boyunca bölge, konum ve katmanlarda ölçülen ortalama sıkıştırma basıncı değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Siloda bölgelere göre sıkıştırma basıncı değişimleri Şekil 3.4' de, konumlarına göre sıkıştırma basıncı değişimleri Şekil 3.5' de, katmanlara göre sıkıştırma basıncı değişimleri Şekil 3.6' da gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Konumlara Göre Sıkıştırma Basıncı

Sol konumda yapılan sıkıştırma işleminin sağ konuma göre alt katmanda yaklaşık olarak % 22, orta katmanda %26.32 ve üst katmanda %30 farklılık olduğu düşünülürse, üst katmanlara doğru gidildikçe sıkıştırma işleminin zorlaştığı ve materyale daha az sıkıştırma basıncının iletildiği görülmektedir. Siloda ölçülen en yüksek basınç 0.35 bar olmuştur. Tan ve ark. (2018) toprak üstü beton siloda I. ürün mısır silajında yaptıkları çalışmalarında sıkıştırma basıncını 0.28-0.37 bar arasında belirlemiştir. Bu çalışmada sıkıştırma basıncı 0.27 ve 0.35 bar arasında literatür değerlerine uygun bulunmuştur. Toprak üstü yığın siloda ölçülen sıkıştırma basıncı değerleri toprak üstü beton siloda ölçülen değerlerden ortama %5.4 daha düşük

olmuştur. Bu durum tıgın silolarda daha az sıkıştırma yapıldığının da bir göstergesi durumundadır.



Şekil 3.6. Katmanlara Göre Sıkıştırma Basıncı

Küçük boyutlu bir siloda bile materyallerde oldukça değişken sıkıştırma basınçları okunmuştur. Bu, sıkıştırma sürecinde uygulanan sıkıştırma işlemlerinden kaynaklanmaktadır. Sıkıştırma ekipmanı kütlesi, sıkıştırma süresi, siloda uygulanan rota gibi bir çok faktör tarafından etkilenmektedir. Doğal olarak sıkıştırma basıncının düşük olarak

ölçüldüğü noktalarda silaj en düşük yoğunluğa sahiptir. Şahin ve Tan (2019) silo içerisinde heterojen yoğunluk olduğunu ve ölçüm yöntemlerinde göre de farklılıklar olduğunu ifade etmiştir. Bu nedenle ölçüm yöntemleri de ifade etmede önem kazanmaktadır. Yeteri kadar sıkıştırılmayan alanlarda düşük nitelikli düşük yoğunluğa sahip yemler olduğu bilinmektedir.

### 3.3. Sıcaklık ölçümlerine ilişkin araştırma sonuçları

Bölge, konum ve katmanlarda silolama aşaması (SA) ve fermantasyon aşamasında (FA) ölçülen sıcaklık değerleri ortalamaları Tablo 3.2' de verilmiştir. Silolama aşamasında ve fermantasyon aşamasında sıkıştırma basıncının yüksek ölçüldüğü noktalarda A bölgesi 12.7 °C, 24.1 °C ve alt katmanda 13.12 °C, 24.3 °C ile sıcaklık yüksek olurken, sıkıştırma basıncının en düşük olduğu üst katmanda sıcaklık değeri 10.71 °C, 21.1 °C ile en düşük ölçülen sıcaklık değeri ortalaması olmuştur. Sıkıştırma süreleri en düşük olan C bölgesi, sol konum ve katmanlar arası üst karmana bakıldığında en düşük sıcaklık değerleri ölçümlerinin de bu noktalarda kaydedildiği saptanmıştır. Bu nedenle ele alınan parametreler arasında korelasyonlara bakılmıştır. Tablo 3.3' de siloda uygulanan sıkıştırma basıncı ve ölçülen sıcaklık değerleri arasındaki korelasyonlar bölge, konum ve katmanlara göre verilmiştir.

Tablo 3.2. Bölge, Konum ve Katmanlarda Silolama Aşaması (SA) ve Fermantasyon Aşamasında (FA) Ölçülen Sıcaklık Değerleri (°C)

Bölge	SA	FA	Konum	SA	FA	Katman	SA	FA
A	12.7 <sup>a</sup>	24.1 <sup>a</sup>	Sağ	12.67	23.72 <sup>a</sup>	Alt	13.12 <sup>a</sup>	24.3 <sup>a</sup>
B	11.4 <sup>ab</sup>	22.7 <sup>b</sup>	Orta	11.7	22.64 <sup>ab</sup>	Orta	11.28 <sup>b</sup>	22.5 <sup>b</sup>
C	10.9 <sup>b</sup>	21.6 <sup>c</sup>	Sol	10.74	21.57 <sup>b</sup>	Üst	10.71 <sup>b</sup>	21.1 <sup>c</sup>

Tablo 3.3. Parametreler Arasındaki Korelasyonlar

	Sıcaklık SA	Sıcaklık FA	Basınc	Bölge	Konum	Katman
SA	1	0.915**	0.956**	0.550**	0.400**	0.663**
FA	0.915**	1	0.901**	0.445**	0.422**	0.759**
Basınc	0.956**	0.901**	1	0.436*	0.504**	0.684**

\*\* Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir.

\*Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir.

SA: Silolama aşaması, FA: Fermantasyon aşaması.

Tablo 3.4. Ölçüm Noktalarının Flieg Puan Durumları

Bölge	Puan	Değer	Konum	Puan	Değer	Katman	Puan	Değer
A	95.4	Pekiyi	Sağ	97.8	Pekiyi	Alt	99.2	Pekiyi
B	79.2	İyi	Orta	86.2	Pekiyi	Orta	73.4	İyi
C	72.2	İyi	Sol	54.6	Orta	Üst	60.2	Orta

Flieg Puanlama: (Pekiyi: 81-100, iyi: 61-80, orta:41-60, değeri az:21-40, kötü: 0-20)

Siloda uygulanan sıkıştırma basıncı ile silo içerisinde ölçülen sıcaklık değerleri arasında silolama aşamasında  $R^2=0.956$ ,  $P<0.01$ , fermantasyon aşamasında  $R^2=0.901$ ,  $P<0.01$  korelasyon saptanmıştır.

Silolama işlemi sırasında materyale uygulanan sıkıştırma basıncının siloda fermantasyon gelişimi açısından önemli bir parametre olan sıcaklık üzerine önemli etkisi olduğu görülmektedir. Fermantasyon döneminde de sıkıştırmaya bağlı olarak etkisini devam ettirdiği görülmektedir.

### 3.4. Silaj niteliğine ilişkin araştırma sonuçları

Açım sonrası silonun tanımlanan bölgelerinden ve katmanlarından alınan örneklerin Flieg puanlamaları Tablo 3.4' de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi sıkıştırmanın yüksek olduğu noktalarda silajın Flieg puanlama değerleri yüksek saptanarak "Pekiyi" kalitesinde olduğu görülürken, en kötü nitelikte hesaplanan "Orta" nitelik sınıfı sadece üst katmanda ve silonun sol konumunda belirlenmiştir. Silonun genel ortalaması 79.88 puan ile "İyi" niteliğe sahiptir.

## 4. Sonuç ve öneriler

Toprak üstü yığın silolarda silonun konumunun ve uygulanan sıkıştırma tekniğinin önemli olduğu belirlenmiştir. Sıkıştırma ekipmanı rotasının belirlenmesinde silo yerinin seçiminin ne kadar önemli olduğu da görülmüştür. Yanlış tercih ile barınağa oldukça yakın yapılan silo nedeniyle sol konum hattında sıkıştırma ekipmanı randımanlı ezme işlemi yapamamış ve boylamasına yönde rota kullanılamamıştır. Bu nedenle silonun sol konumunda sağ konuma göre daha düşük sıkıştırma basıncı okunmuştur. Bu durum silo o noktalarda silaj kalite sınıflarının da diğerlerine oranla düşük olmasının temel sebebi olarak da ifade edilebilir. Sıkıştırma basıncının yüksek olduğu noktalarda sıcaklık daha yüksek olurken, elde edilen silajlarda hesaplanan flieg puanları da yüksek olmuştur.

Yığın silolarda ekipman rotası ve silo yeri seçiminin önemli olduğu ve bu noktada özen gösterilmesi gerektiği önerilmektedir. Barınak ile silo arasında traktör hareketi rahat olacak seviyede mesafe bırakılması silonun tüm konumlarının eşit ezilebilmesinde önemlidir.

Silonun her bölgesi, her katmanı ve her konumunda benzer sıkıştırma süresinin uygulanmasına dikkat edilmesi önerilmektedir. Yaklaşık bir saatlik sıkıştırma süreleri arasında saptanan farklılıklarda silaj kalite sınıflarının değişmesi büyük oranda etkilediği görülmüştür. Bu nedenle siloda homojen sıkıştırma işlemi yapılmalıdır. Özellikle materyale uygulanan sıkıştırma basıncı 0.6-0.27 bar kadar orta nitelik sınıfında silaj materyal ile değerlendirilir iken sıkıştırma basıncı 0.30 bar ve üzeri çıktığı durumlarda silaj kalite sınıfı "pekiyi" sınıfına ulaşmaktadır. Bu nedenle silonun tüm noktalarında ortalama 0.30 bar ve üzeri sıkıştırma basıncını oluşturacak sıkıştırma kuvveti uygulanmalıdır.

## Kaynakça

ASAE Standarts. (2002). Moisture measurement -forages. ASAE S358.2. Standards 2002: 565. St. Joseph, MI.  
Allen D, Kilkeny B. (1986). Planned Beef Production. Collins Professional and Technical Boks. William Collins Sons & Co. Ltd. London.

Ak İ, Doğan R, (1997). Bursa bölgesinde yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinin verim özellikleri ve silaj kalitelerinin belirlenmesi, Türkiye I. Silaj Kongresi, Bursa 83-93 s.  
Alçiçek A, Karaayvaz K. (2003). Sığır besisinde mısır silajı kullanımı. *Animalia* 203: 68-76.  
Chen J, Stokes MR, Wallace CR (1994). Effects Of Enzyme-Inoculant Systems On Preservation And Nutritive Value Of Hay Crop And Corn Silages. *J.Dairy Sci*,77:501-512.  
Dellal İ, Ege H, Tan S (2001). Türkiye’de Mısır Arz Talep ve Dış Ticareti. *Türk-KOOP EKİN*, 5, 16: 64-69.  
Görgülü M (2012). Süt Sığırlarının Beslenmesi ve Yemler. (Ed: S Kumlu), AB ve Türkiye’de Danışmanlık Sistemleri ve Süt Sığırları İşletmelerinin Yönetimi, TR0703.01-02/FA, Aydın, s.123-198.  
Holmes B J and Muck R E. (2007). Packing Bunkers and Piles to Maximize Forage Preservation. UW-Extension Team Forage web site. [www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/storage.htm](http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/storage.htm).  
Kılıç A. (1986). Silo Yemi. Bilgehan Basımevi. Bornova, İzmir  
Latsch R. (2014). Grass silage compaction in horizontal silos. International Conference of Agricultural Engineering. AnEng 2014. 6-10 July. Zurich.  
Muck R E and Holmes B J. (2000). Factors Affecting Bunker Silo Densities. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol.16(6):613-619.  
Odabaş Y. (2019). *Toprak Üstü Yığın Silolarda Sıkıştırma Etkinliğinin Belirlenmesi*. (Yüksel Lisans Tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.  
Roy MB, Treblay Y, Pomerleau P, Savoie P. (2001). Compaction and Density of Forage in Bunker Silos. ASAE Annual International Meeting. Paper No:01-1089.  
Ruppel KA. (1992). Effect of Bunker Silo Management on Hay Crop Nutrient Preservation. M.S. Thesis. Cornell University, Ithaca, NY  
Ruppel KA. (1993). Bunker silo management and its effects on hay crop quality. In proceedings from the national silage production conference: 67-82. NRAES publication 67, cooperative extension, Ithaca, NY.  
Ruppel K.A, Pitt R.E, Chase L.E, Galton D.M. (1995). Bunker Silo Management and Its Relationship to Forage Preservation on Dairy Farms. *Journal of Dairy Science*. 78:141-153.  
Ruppel K.A. (1997). Economics of silage management practices: What can I do to improve the bottom line in my ensiling business? *Silage: Field to Feedbunk (NRAES-99)*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, NY.  
Sahin ve Tan F. (2019). Examination of The Measurement Methods Used to Determine The Silage Density in Small Farm. *European Journal of Science and Technology (EJOSAT)*. No.17,pp. 744-747, December 2019.  
Savoie P, Muck R E and Holmes B J. (2004). Laboratory Assessment of Bunker Silo Density. Part II: Whole-Plant Corn. *Applied Engineering In Agriculture*. 20(2):165-171.  
Tan F, Dalmis IS and Koc F (2017a). Effects of compaction pressure on silage fermentation in bunker silo. *Agronomy Research*. 15 (1): 298-306.  
Tan F, Dalmis IS and Dalmis F. (2017b). Determination of compaction force in bunker silos using a pressure measurement method. *International Journal of Current Research*, 9(01):45597-45599.  
Tan F, Kayisoglu B, Okur E. (2018). Effects of Compaction Pressure on The Temperature Distribution in Bunker Type Silage Silo. *Indian Journal of Animal Sciences* 88 (1): 116–120.  
Tan F, and Dalmis I.S. (2019). Compaction Pressure and density Profile in Pile-Type Silos. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(2):2745-2754.  
Turner R, Raper, R.L. (2001): Soil stress residuals as indicators of soil compaction. ASAE Paper No. 011063. DOI:10.13031/2013.7307.