



Gürültü Önleyici Akustik Süngerlerin Üretimi ve Uygulamaları

Production and Applications of Anti-Noise Acoustic Foams

Hatice Mehtap Öz¹, Ercan Köse²

¹Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, 33400, Tarsus, MERSİN

²Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik- Elektronik Mühendisliği, 33400, Tarsus, MERSİN

Başvuru/Received: 16/04/2020

Kabul / Accepted: 22/06/2020

Çevrimiçi Basım / Published Online: 30/06/2020

Son Versiyon/Final Version: 30/06/2020

Öz

Ses, birçok ortamlarda, bir dalga olarak ilerlemektedir. Akustik ise bu ses dalgalarının, katı, sıvı ve gaz gibi ortamlarda yayılımını inceleyen bir bilimdir. Akustik, tekstil sektöründe de önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle bu konuda yapılan çalışmaları incelemek, sanayi açısından avantajlar sağlamaktadır. Sesin düzeyi, 85 dB'in üzerine çıkmaya başladığında, istenemeyen ses olup gürültü olarak tanımlanmaktadır. Gürültü Kontrol Yönetmeliğine göre 90 dB'in üzerindeki bir gürültüye iki saat kadar maruz kalındığında, işleme problemleri ortaya çıkabilmektedir. 90 dB'in üzerindeki istenmeyen ses olarak tanımlanan gürültünün önlenmesi amacıyla, örme kumaş, poliüretan köpük, melamin köpük ve akustik süngerler gibi farklı yüzeyler üretilmektedir. %60 poliüretan, %40 tekstil atığı; %15 naylon, %40 ve %45 modal lifleri içeren yüzeylerin üretimi sayesinde, 250-900 Hz, 1400-3100 Hz vb. gibi frekans aralıklarına sahip gürültüleri absorbe edilebilmektedir. Tekstil yüzeylerinin elastik yapıya da sahip olmaları, iç mekanlarda kullanımına da olanak tanımıştır. Özellikle de; akustik bariyer olarak kullanılabilmesinde, renk, yüzey ve şekil açısından tasarım mimari açıdan da farklılık kazandırmaktadır. Kullanılan yüzeylerin, hammadde veya boyutsal değişimleriyle, farklı malzemelerin üretimi mümkün olabilmektedir. Bu durum aynı zamanda, farklı frekans aralığına sahip gürültünün verimli bir şekilde engellenmesini de sağlamaktadır. Gürültüyü bastırmak için deneysel olarak da kanıtlanmış olan, akustik köpük veya sünger şeklinde malzemeler, doğal lifler (koyun lifleri, hindistan cevizi, çay lifi ve kenevir lifleri vb. doğal ve sentetik liflerden elde edilen mikrolifler ve cam yünü şeklindeki malzemelerin kullanılması gerekir. Akustik özelliklerinin iyi olması açısından; süngerlerin, doğal liflerden üretilen dokuma ve örme kumaşların, mikroliflerden elde edilen kumaşların, geri dönüştürülmüş dokusuz yüzeylerden elde edilmiş kumaşların iyi bir performans gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler

"Absorbsiyon, Akustik, Dokuma, Gürültü, Ses, Tekstil"

Abstract

Sound, proceeds in many environments as a wave. Acoustics is a science that examines the propagation of these sound waves in environments such as solid, liquid and gas. Acoustics also plays an important role in the textile industry. Therefore, examining the studies on this subject provides advantages in terms of industry. When the level of sound starts to exceed 85 dB, it is undesirable sound and is defined as noise. According to the Noise Control Regulation, hearing problems may arise when exposed to noise above 90 dB for 2 hours. Different surfaces such as knitted fabric, polyurethane foam, melamine foam and acoustic sponges are produced in order to prevent noise defined as unwanted sound above 90 dB. 60% polyurethane, 40% textile waste; thanks to the production of surfaces containing 15% nylon, 40% and 45% modal fibers, noises such as 250-900 Hz, 1400-3100 Hz etc with frequency ranges can be absorbed. The elasticity of the textile surfaces also allowed them to be used indoors. Especially; In terms of its use as an acoustic barrier, the design in terms of color, surface and shape also makes a difference in terms of architecture. It is possible to manufacture different materials with the raw material or dimensional changes of the surfaces used. This, also ensures that noise with different frequency ranges is efficiently blocked. The experimentally proven to suppress noise, materials in the form of acoustic foam or sponge, natural fibers (sheep fibers, coconut, tea fiber and hemp fibers, etc.), microfibrils obtained from natural and synthetic fibers and glass wool materials should be used. In terms of good acoustic properties; It has been revealed that sponges, woven and knitted fabrics made from natural fibers, fabrics made from microfibrils, fabrics made from recycled non-woven surfaces perform well.

Key Words

"Absorption, Acoustic, Weaving, Noise, Sound, Textile"

1. Giriş

Ses; hava ve su vb. gibi uygun ortamlarda, sıkışma ve genişleme halinde ilerleyen bir dalga ve basınç dalgası olarak tanımlanmaktadır. Bir nesnenin, sabit bir noktanın etrafındaki ileri veya geri hareketiyle titreşim hareketi meydana gelmektedir. Ses kaynaklarının sahip olduğu enerjiler sonucunda titreşim hareketi yapmasıyla, bu enerjiler ortamdaki diğer taneciklere aktarıldığından dolayı kinetik enerji ortaya çıkmaktadır. Kinetik enerjiye sahip olan bu tanecikler, çevresindeki taneciklere çarparak titreşimlerine yol açmaktadır. Titreşim enerjilerinin bu şekilde aktarılması, ses dalgalarının oluşmasına ve ses dalgalarının da kinetik enerjinin aktarılmasını sağlamaktadır (cdn2.beun.edu.tr). Ayrıca, sesi inceleyen bilim dalı akustik olarak bilinmektedir. Akustik, ses dalgalarının çeşitli ortamlardaki (katı, sıvı ve gaz) yayılışını incelemektedir. Ses bir cisme çarpıp geri dönmesi sonucunda yankı meydana geldiğinden akustiğin de bozulmasına neden olmaktadır. Düz ve geniş yüzeyler (duvar, tavan, yer zemini vb.) yankı oluşmasına yol açmaktadır (flatakustik.com). Tekstil sanayisindeki akustik çalışmaların önemini anlamak için, gürültüyle ilgili literatürdeki bazı çalışmaları incelemek gerekmektedir. Gürültü kirliliğini en aza indirebilmek ya da önlemek amacıyla akustik sistemler kullanılabilir. Örneğin trafikte oluşan ses kirliliğini önlemek amacıyla caddelerde ağaçlandırma çalışmaları ve sesi emebilen bariyerlerin yerleştirilmesi, birer akustik çalışmadır (flatakustik.com).

Çevresel bir kirlilik gibi görülen gürültünün insanlar için problem teşkil ettiğini ve bunun azaltılması gerektiğini belirtmişlerdir. Ses yutma katsayısı ile ilgili çalışmaların sınırlı olduğuna, sesi absorbe etmede birçok malzemenin kullanıldığına, bu malzemelerin geliştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle de ses yutma katsayısı ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Ses absorbe etme amacıyla, örme kumaş ve poliüretan köpükler gibi tekstil malzemeleri kullanmışlardır (Amare vd., 2017). Poliüretan köpüklerin ses absorbe etme özelliklerini iyileştirmek amacıyla, örme kumaşların üretim aşamalarından elde edilen atıkları kullanmışlardır (%60 poliüretan, %40 tekstil atığı olmak üzere). Kullandıkları bu atıklar, %15 naylon, %40 ve %45 modal lifleri içermektedir. %60 Rijid poliüretan köpük (RPF) olması durumunda, 250-900 Hz ve 1400-3100 Hz frekans aralıklarında, 85 RPF olması halinde ise 250 Hz altındaki frekanslarda ve 70 RPF'de ise 900-1400 Hz frekans aralıklarında, ses absorbe etmede iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Ses emme değerinin 60 RPF'de 0,4 seviyesine, 75 RPF'de 1000 Hz frekansında, akustik ses emme değerinin 0,86'nın maksimum değerine ulaştığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, 60 RPF'de, ses azaltma katsayısı olarak ifade edilen NRC değerinin, %100 sert poliüretan malzemenin iki katı kadar olduğunu görmüşlerdir. Sonuç olarak; sert poliüretan köpüğe tekstil atığı katılması sonucunda, %100 poliüretan köpüğe göre daha iyi ses absorbe edildiğini kanıtlamışlardır (Tiuc vd., 2016). Başka bir çalışmada, uzay araçlarının fırlatılması anında meydana gelen yoğun ses ve titreşimini azaltıp bu tür araçlarda başarı sağlamayı hedefleyerek melamin köpüğün özelliklerini araştırmışlardır. Akustik malzemelerden biri olan melamin köpükle, uzay aracının duvarlarının iç yüzeyini kaplayarak ses basıncı seviyelerini düşürmeye çalışmışlardır. Bu durumda melamin köpük ana bileşeni teşkil etmiştir. Melamin köpüğün özelliklerini daha iyi anlamak için sesi azaltma sistemlerinin kullanımıyla ses basınç seviyesinin düşürülmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu konuda NASA, son zamanlarda Riverbank Akustik Laboratuvarında akustik özelliklerinin geliştirilmesiyle melamin köpüğün bir panel üzerinde kullanımının gerçekleştirilerek elde edilen sonuçları değerlendirmişlerdir. Bu anlamda, kullanılan köpüğün kalınlığı ile yoğunluğunun, ayrıca, üst dış kaplama malzemesinin köpüğün etkilerini test etmişlerdir. Bu testten elde edilen verilere göre sonuçları değerlendirirken, absorpsiyon için ASTM'nin, iletim kaybı için de ASTM E90 standartlarını dikkate almışlardır (Hughes vd., 2014). Tekstil yüzeylerinin iç mekanda kullanımının önemine yer veren (Kadem vd., 2018), bu malzemelerin akustik olarak da kullanımına dikkat çekmeye çalışmışlardır. Akustik bariyer olarak kullanılabilmesi için işlemlerden geçirilerek, renk, yüzey ve şekil açısından tasarımlarla, mimaride farklılık kazandırılabilceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle de hem estetik hem de akustik açıdan yüzeysel farklılıkları değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak da iç mimaride mekan tasarlarken dokusuz yüzeylerin estetik açıdan avantaj sağlarken, akustik anlamda da önemli avantajlar sağlayacağını belirtmişlerdir. Tekstil yüzeylerinden biri olan örme kumaşların ses yutma kapasitelerini araştıran (Liu vd., 2011), hem atkı (yatay) hem de çözü (dikey) örme kumaşların yapısal özelliklerinden faydalanmışlardır. Tekstüre polyester, naylon/spandex gibi ipliklerle delikli örme yüzeyler oluşturarak, ses emme katsayılarını incelemişlerdir. Atkı ve çözü örme kumaş olarak kullanılan iki çeşit kumaşın ses emme katsayısını tespit etmek için iki mikrofon ve empedans ölçüm tüpünü kullanmışlardır. Deneysel çalışma için tercih edilen kumaşların, yüzey yapısının, incelik ve kalınlık değerlerinin, iplik çeşidinin ve yüzey bağlantılarının, ses yutma katsayısını etkilediğini, daha iyi bir ses yutma değeri için çalışmaların yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Akustik malzeme konusunda farklı bir bakış açısı getiren (Bai vd., 2019), gözenekli olan metalin sıkıştırarak elde edilen küçük çaplı delikler vasıtasıyla gürültüyü azaltmaya çalışmışlardır. Geliştirdikleri malzemelerin ses yutma kapasitelerini, AWA6128A dedektörü tarafından ölçmüşlerdir ve sıkıştırılmış mikro delikli özelliğe sahip metal yüzeyin ses yutma değerinin, normal ses yutma prensibi ile tutarlı olduğunu görmüşlerdir. Deneysel çalışmanın sonucunda, sıkıştırılmış ve mikro delikli bakır levhanın, ortalama ses emme katsayısının, 100 ile 6000 Hz frekans aralığında % 59,69 değerine ulaşırken, orijinal gözenekli metal emicinin % 25,70'inden ve mikro delikli yaylı çelik panel emicisinin % 31,49'undan daha iyi olduğunu kanıtlamışlardır. Deneysel çalışmalarında sıkıştırılmış ve mikro delikli metal levhanın ses absorbe yeteneğinin gürültü azaltmada etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

(Mikulski 2013), ses absorbe etmede önemli malzemelerden biri olan akustik süngerlerle ilgili bir çalışma yapmıştır. 2 m³ ebatında olan bir test odasında 5000 ile 50000 Hz frekans aralığında yumurta şekilli bir akustik süngerin ses yutma katsayısını belirlemiştir. Çünkü ses yutma katsayısının, akustik özellikleri belirlemede önemli bir parametre olduğunu, 5000-50000 Hz ile 2000-4000 Hz aralıklarında benzer sonuçların elde edildiğini görmüştür. Poliüretan köpük malzemenin seçilerek standart laboratuvar koşullarında test edilmesi sonucunda, ses yutma katsayısını, 2500 Hz de 0,45 iken 10000 Hz frekansında 0,68; 5000 Hz de, boş bir ahşap test odasında 0,009; poliüretan köpükle 0,82 ve 0,91 olarak elde etmişlerdir (değerler, çizelgeden okunan yaklaşık değerlerdir). Ayrıca, hoparlörün test numunesinden 0,5 m uzakta olması durumunda; 31500 Hz de, ses basınç seviyesi,

boş bir odada 96'ya yakınken, poliüretan köpükte 96'nın üzerine çıkmaktadır. 50 mm kalınlığında mineral yün numunesine ait 64 ölçüm noktası için bu değer, 100'e yaklaşmaktadır. Buna bağlı olarak yankılanma süreleri; 31500 Hz'de ve boş odada 0,20 s, poliüretan akustik süngerde yaklaşık olarak 0,08'ken mineral yünden yapılan numunede test odasının merkezinde 4 ölçüm için bu değer yaklaşık olarak 0,02 olarak tespit edilmiştir.

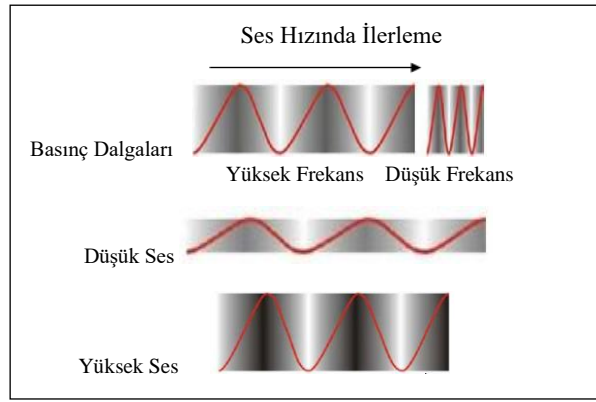
2. Amaç

Bu çalışmada; ses absorpsiyonunda önemli olan tekstil yüzeyleri ve farklı akustik yüzeylere yer verilmiştir. Farklı akustik yüzeylerden süngerlerin yapısına ve çeşitlerine verilmiş olup bu konuda yapılmış deneysel çalışma ve sonuçları incelenmiştir.

3. Materyal ve Metot

3.1. Sesin Özelliği ve İstenmeyen Sesin (Gürültünün) Engellenmesi

Ses kaynaklarının titreşim hareketiyle meydana gelen ses, dalgalar halinde yayılmaktadır. Ses dalgaları, dört farklı şekilde ifade edilmektedir. Bunlar; 20 ila 20.000 Hz aralığında olan işitilebilir ses dalgası, 20 KHz (20.000 hertz) ile 15 MHz aralığında olan Ultra ses (Ultrasound) ses dalgası, 15 MHz'den daha fazla olan Hiperses(Hypersound) ses dalgası ve 20.000 adet/ saniye den daha fazla olan Ultrasonik (sesüstü) ses dalgalarıdır. Bu ses dalgalarının, frekans, genlik ve periyot olmak üzere üç özelliği olduğu bilinmektedir. Ses dalgalarının, ortam değiştirirken, ortamdaki taneciklerin titreşim sıklığı frekansı ifade etmektedir. Oluşan ses dalgalarının iki tepesi veya iki çukur arasındaki mesafe, dalga boyunu ifade etmektedir ve Şekil 1'de dalga boyunun şekli verilmiştir (cdn2.beun.edu.tr).



Şekil 1. Dalga boyunun şekli

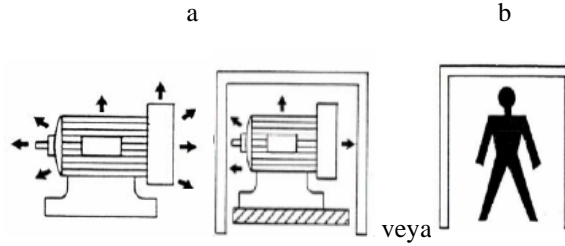
Frekans, titreşimlerin zamana bağlı olup ölçülmesi sonucunda hesaplanmaktadır. Bu yüzden saniyedeki titreşim sayısı Hertz (1 hertz, 1 saniyedeki döngü sayısı) birimiyle ifade edilmektedir (cdn2.beun.edu.tr).

Ses dalgalarının birim alana uyguladıkları kuvvet sesin şiddeti olup taşımış oldukları enerjiye bağlıdır. Birimi, W/m^2 (Metrekarebaşına Watt) olarak gösterilmektedir. İnsan kulağının algılamasında kullanılan en az seviyedeki ses şiddeti, eşik şiddet olarak tanımlanmıştır. Algı aralığı çok geniş olduğundan dolayı da şiddet ölçümü olarak kullanılan desibel ölçeği (dB), 10'un katları şeklinde (logaritmik olarak) düzenlenmiştir (cdn2.beun.edu.tr).

Sesin istenmeyen düzeyde olması durumunda gürültü ve gürültü meydana gelmektedir (riskmed.com.tr, 2014). Endüstride karşılaşılan gürültü, işyerlerindeki çalışanların üzerinde fizyolojik, psikolojik sorunlara neden olan ve performansı olumsuz yönde etkileyen ses olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel gürültülere, kesme, ezme ve biçim verme makinaları, dövme, perçinleme, kompresörler, türbinler, vantilatörler, jet motorlarından ve vanalardaki sıvı ve gaz itici etkilerden, fırın ve motorlardan gelen ateşlemelerden, transformatörlerden ve dinamolardan gelen sesler, çevirci dişli, motor ve makinelerden gelen titreşim ve sürtünme sesleri şeklinde verilebilir. Aniden şiddetli bir gürültüye maruz kalınması durumunda, tansiyonun yükselmesi, kalp ritminin artması, solunum hızının değişmesi ve terlemenin artması vb. problemler, sağlığı olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca, konuşma esnasında ses tonunun yükselmesi, asabiyet durumu, karşılıklı anlaşmada zorluk, iş kazalarının artması gibi istenmeyen durumların ortaya çıkması söz konusu olabilmektedir (riskmed.com.tr, 2014). Gürültünün oluşturduğu fiziksel etkiler, geçici veya kalıcı işitme bozukluklarına yol açabilmektedir (Mikulski, 2013). Gürültü Kontrol Yönetmeliğine göre maruziyet sınırı için belirlenmiş olan değeri 8 saat=87 dB(A), en yüksek maruziyet için etkin değer 8 saat=85 dB (A), en düşük maruziyet için etkin değer 8h=80 dB (A) olarak belirlenmiştir. Gürültünün meslek hastalığına yol açıp açmadığını belirlemek amacıyla, odyometrisinin (konuşma ile ton odyometrisi) yapılması gerekmektedir. Buna göre de insan sağlığına zarar verip vermeyeceği tespit edilmektedir (calismatoplum.org, 2005).

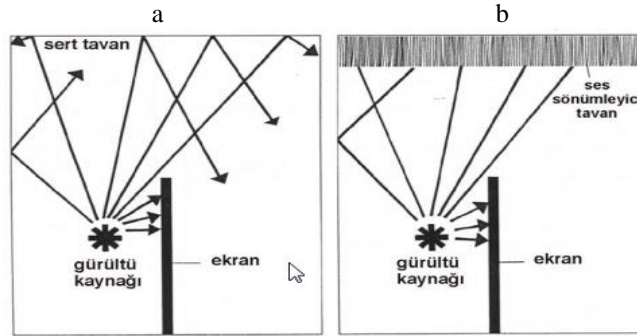
Gürültü kirliliğinden dolayı ortaya çıkan rahatsızlıkları engellemek amacıyla; kaynaktan çıkan sesin şiddetini azaltmak, rahatsız edici sesin yolunu engellemek ve sesli alanın korunması şeklinde önlemler alınabilmektedir. Endüstride en çok kullanılan yöntem ise gürültünün kaynağında azaltılmasını sağlamaktır. Makinalardan gelen seslerde ise mekanik değişiklikler yapılabilmektedir. Aşınmış olan makinaları yenisiyle değiştirmek, aşınmış parçaları tamir etmek, susturucu parçaların takılması gibi örnekler verilebilir. Gürültüyü engellemede uygulanabilecek diğer yöntemler ise gürültüye yol açan makinaların etrafını kapatmak, ses kaynağı ile çalışanın arasına engel yerleştirmek ve çalışana ses geçirmeyecek bir ortama almaktır. Sesin çok fazla

duyulduğu ve rahatsızlık boyutunda olan ses kaynaklarından biri de motordur. Şekil 2 (a)'da motordan direk gelen ses ve Şekil 2 (b)' de ise çalışanın ses geçirmeyecek bir ortama alınması ile ilgili şekiller verilmiştir (www.calismatoplum.org, 2005).



Şekil 2 (a). Motordan direk gelen ses ve (b) Çalışanın ses geçirmeyecek bir ortama alınması

Bir gürültü kaynağından gelen ses, etrafındaki sert ortamlara çarpıp yayıldığında rahatsız edici olabilmektedir. Rahatsız edici olan bu sesi önlemek amacıyla, gürültü kaynağının çevresinde, sesi absorbe edebilecek malzemeler kullanılmaktadır. Şekil 3 (a)'da gürültü kaynağından çıkan sesin tabana çarpıp yansması, Şekil 3 (b)'de rahatsız edici olan sesi engellemek amacıyla tavanda sesi absorbe edebilecek malzeme kullanılması ile ilgili şekiller gösterilmiştir (Ertürk, 2001).



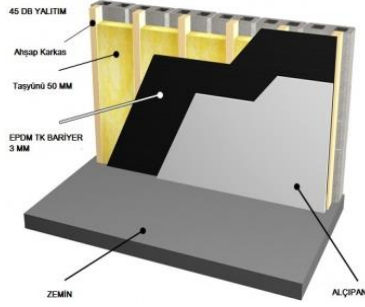
Şekil 3 (a).Gürültü kaynağından çıkan sesin çarpıp yansması ve (b) Tavanda sesi absorbe edebilecek malzeme kullanılması

Binalarda gürültüyü önlemek amacıyla, benzer yöntem kullanılarak ses yalıtımı yapılabilmektedir. İşyerinde gürültünün yoğun olması durumunda, çalışanlara kulak koruyucular dağıtılmaktadır (docplayer.biz.tr, 2020). Kulak koruyucuları; kulağın girişini tıkayan kulak tıkaçları, başın üzerinden, ense veya çene altından geçip esneme özelliğine sahip bir bantla tutturulabilen, iki parçadan oluşup aşağı- yukarı ayarlanabilen manşon tipi kulak koruyucuları ile gürültü düzeyinin 115 ile 120 dB'in üzerindeki baretlere monte edilebilen işitme koruyucu baretler kullanılmaktadır (cdn.bartın.edu.tr, 2014).

Gürültü olarak nitelendirilen, istenmeyen seslerin azaltılmasında veya önlenmesinde ses yalıtımı işlemleri yapılmaktadır. Bu yüzden, sesin bir yerden başka bir yere geçişinin azaltılması için gürültü ve titreşim kaynağının izole edilmesi önemlidir. Bahsedilen bu sesin, bir yüzeyden yansıyor geri dönmesi, ayrıca, yankı ile çınlama süresi gibi problemler, hacim akustiğinin konusu olarak bilinmektedir. Bu nedenle de yansıtıcı yüzeylerin, akustik kırıcı ve ses yutucu malzemeler gibi ses yalıtımını sağlayan malzemelerle kaplanmasıyla çözülebilmektedir. Fakat bu aşamadan önce, ses yalıtım malzemesinin kullanılacağı alana uygunluğunun, sıklığının, yoğunluğunun ve montaj yapılacak yerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için özel ölçüm yöntemleri, cihazlar ve programlar tarafından hesaplamalar yapılmaktadır (cdn.bartın.edu.tr, 2014).

3. 2. Akustik Malzemeler

Gürültünün bir mekandan diğerine geçişini önlemek için yapılan uygulamalara "ses geçiş kaybı yalıtımı" denir. Sert yüzeyli malzemeler sesi daha az yutarak yansıtmaktadır. Ses absorpsiyonunda akustik süngerlerin farklı şekilleri tercih edilirken, akustik kumaşlar ahşap panelin ön yüzüne veya arkasına monte edilecek şekilde uygulanmaktadır. Havadan gelmekte olan seslerin, tavandan, zeminden ve duvardan geçmesini engellemek amacıyla EPDM (yapısında, etilen, propilen ve dienmonomen olan bir kauçuk türüdür) bariyer kullanılmaktadır. Epdm, yüksek sıcaklıkta kaynaşmış olan vinilden (yığın yüklü vinil maddesi, yani organik bir bileşiktir) elde edilen çok yüksek kütleli olmayan bir malzemedir. Şekil 4'de havadan gelmekte olan seslerin, tavandan, duvardan ve zeminden geçmesini engellemek amacıyla, epdm bariyer kullanılan akustik panel verilmiştir. Bu yapıda, 45 dB'e kadar sesi absorbe etmek mümkün olabilmektedir (teknikakustik.net, 2017).



Şekil 4. Ahşap panel arkasına cam tülü uygulanan akustik panel

Tekstil yüzeylerinden kauçuk tabanlı akustik halıda ses emici özelliğiyle ses yalıtımı sağlar ve konulan zeminde kaymaları engellerken titreşim kaynaklı seslerin de engellenmesini sağlamaktadır. 40 dB'ye kadar ses gürültü azaltımını sağlamaktadır. Bu tür kumaşlara örnekler Şekil 5'de verilmiştir (teknikakustik.net, 2017).



Şekil 5. Keçe ve kauçuk tabanlı akustik kumaş

Bu tür ürünlerin; 40 dB'ye kadar etki gürültüsünü azaltmak, daha iyi ısı yalıtımı enerji tasarrufu sağlamak ve ses ortamdaki rahatsız edici sesleri minimuma indirmektir. Ses yalıtımında kullanılan bir diğer malzeme de süngerpandır. Bu tür ürünler %60-%90 aralıklarında ses yalıtımı sağlamaktadır. Örnek süngerpan Şekil 6'da verilmiştir (teknikakustik.net, 2017).



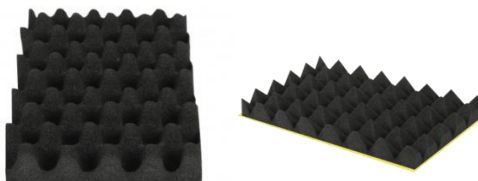
Şekil 6. Süngerpan

Mineral cam yünü ve kaya yünü/taşyünü gibi hava geçiren ve esnek malzemeler, ses dalgasını bünyesine nüfuz ederek boşluk ve cam elyafı arasında önemli bir kısmı ısıya dönüştürerek yok etmektedir (teknikakustik.net, 2017). Akustik süngerler, absorbe ettiği sesin diğer tarafa geçmesini önlemek amacıyla Şekil 7'de görüldüğü gibi bariyerli ses yalıtım süngeri olarak da kullanılabilir (aksaakustik.com, 2020).



Şekil 7. Bariyerli ses yalıtım süngeri

Bu durumu sağlayan akustik süngerler, piramit, labirent, yumurtave özel şekilli olarak ve 70 ve 90 dns gibi farklı yoğunluklarda ve renklerde üretilmektedir. Yumurta şeklinde ve bariyerli piramit şeklinde akustik süngerlere örnekler Şekil 8'de verilmiştir. Akustik süngerler 30,40 ve 50 mm kalınlıklarında ve 50-90 kg/m³ yoğunluğunda; piramit süngerler 5,3 cm kalınlığında ve 50 ile 60 kg/m³ yoğunluğunda üretilmektedir (teknikakustik.net, 2017).



Şekil 8. Yumurta şeklinde ve bariyerli piramit şeklinde akustik süngerler

Yanmaya karşı oldukça dirençli ve iyi düzeyde ses yutum değerlerine sahip, yüksek performanslı akustik köpük malzemeler mevcuttur. Ses yutma performansı ve yüksek hava hızlarında bile herhangi bir aşınma dayanımı iyidir. Hava içerisinde parçacıklar halinde yayılmaz. Hemen hemen her tipteki akustik süngerler yanmaz süngerdir. Yanmaz akustik sünger Şekil 9'da gösterilmiştir (teknikakustik.net, 2017).



Şekil 9. Yanmaz sünger

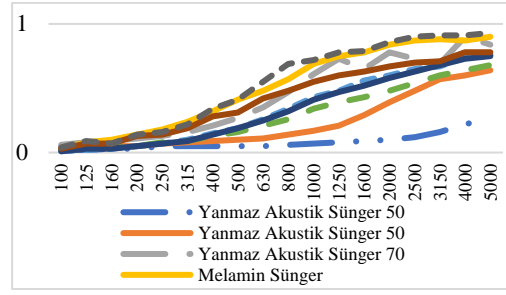
3.3. Akustik Süngerlerin Ses Yutum Katsayısının Belirlenmesi

Akustik süngerlerin ve ses yalıtımında farklı hammadde ve kalınlıklarda üretilmiş örneklerin ses yutum katsayılarının (NRC değerleri) karşılaştırılması ile ilgili örnek, Tablo 1'de verilmiştir (Özel bir işletmeden alınan veriler).

Tablo 1. Poliüretan yanmaz akustik sünger ile polyester elyaf ısı ve ses yalıtım keçelerinin ses yutum katsayıları

ÜRÜN	Yanmaz Akustik Sünger 50	Yanmaz Akustik Sünger 50	Yanmaz Akustik Sünger 70	Melamin Sünger	FELTBİ DEKOR KEÇE	İZOBOZZ KEÇE	İZOBOZZ KEÇE	İZOBOZZ KEÇE	İZOBOZZ KEÇE
YOĞUNLUK	50 kg/m ³	50 kg/m ³	70 kg/m ³	10 kg/m ³	100 kg/m ³	100 kg/m ³	100 kg/m ³	66 kg/m ³	75 kg/m ³
KALINLIK	10 mm	25 mm	50 mm	20 mm	7 mm Beyaz	7 mm	10 mm	15 mm	20 mm
FREKANS	(ISO 10534-2)	(ISO 10534-2)	(ISO 10534-2)	(ISO 354)	(ISO 354)	(ISO 354)	(ISO 354)	(ISO 354)	(ISO 354)
100	0,02	0,04	0,06	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04
125	0,02	0,04	0,08	0,08	0,02	0,03	0,03	0,07	0,09
160	0,03	0,05	0,09	0,1	0,03	0,04	0,03	0,07	0,07
200	0,03	0,05	0,11	0,14	0,05	0,05	0,05	0,13	0,14
250	0,05	0,07	0,13	0,18	0,07	0,08	0,07	0,14	0,16
315	0,05	0,08	0,16	0,24	0,1	0,09	0,09	0,19	0,22
400	0,05	0,09	0,21	0,32	0,15	0,13	0,14	0,28	0,34
500	0,05	0,1	0,27	0,41	0,19	0,16	0,19	0,31	0,41
630	0,05	0,11	0,35	0,48	0,26	0,21	0,25	0,42	0,55
800	0,06	0,14	0,47	0,57	0,34	0,26	0,32	0,48	0,69
1000	0,07	0,17	0,61	0,69	0,43	0,34	0,41	0,55	0,72
1250	0,08	0,21	0,73	0,75	0,48	0,39	0,47	0,6	0,78
1600	0,09	0,29	0,65	0,78	0,56	0,43	0,52	0,63	0,79
2000	0,1	0,39	0,78	0,84	0,6	0,48	0,58	0,67	0,86
2500	0,12	0,48	0,73	0,87	0,65	0,54	0,63	0,7	0,9
3150	0,16	0,57	0,69	0,88	0,67	0,6	0,68	0,71	0,91
4000	0,22	0,6	0,9	0,87	0,74	0,64	0,73	0,78	0,91
5000	0,27	0,64	0,84	0,9	0,76	0,68	0,75	0,78	0,93
NRC	0,07	0,18	0,44	0,55	0,3	0,25	0,3	0,45	0,55

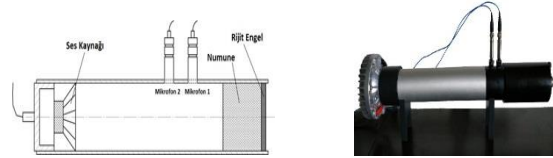
Yukarıdaki çizelgede, yoğunluğu 50 kg/m³, kalınlığı 10 mm, 25 mm, 70 kg/m³ yoğunluğunda ve 50 mm kalınlığında yanmaz akustik süngerlere ait toplam 18 adet örneğin, farklı frekanslardaki ses yutum katsayıları karşılaştırılmıştır. En son satırda ise bu 18 örneğe ait NRC değerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Buna göre; yoğunluğu 50 kg/m³ ve kalınlığı 10 mm olan yanmaz akustik süngerin ses yutum katsayısı 0,07; aynı yoğunlukta akustik süngerin 25 mm kalınlığında olanının ise 0,18 olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla, kalınlık arttıkça ses yutum miktarının arttığı gözlenmiştir. 70 kg/m³ yoğunluğunda ve 50 mm kalınlığında olan numunede ise ses yutum katsayısı 0,55 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak; yoğunluk ve kalınlık arttıkça ses yutum katsayısı artmaktadır. Tablo 1'deki değerlerin grafiksel gösterimi Şekil 10'da verilmiştir (Özel bir işletmeden alınan veriler).



Şekil 10. Karşılaştırmalı ses yutum değerlerinin grafiksel gösterimi

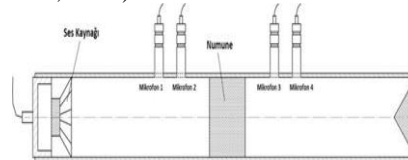
Malzemelerin Ses Yutum Katsayıları, çınlama odası veya empedans tüpü kullanılarak ölçümler yapılmaktadır. Çınlama odasında ses yutum katsayılarının ölçümünde, Amerika'da ASTM C423, Avrupa'da ISO 354 ve Türkiye'de ISO 354 standartları dikkate alınmaktadır. İki yöntemden elde edilen veriler karşılaştırılabilmektedir. ISO 354 standartına göre, 10-12 m²'lik ebata sahip örnek ve omnidirectional mikrofonlar kullanılmaktadır. Ses yutucu yüzeyi homojen olan ses alanından ses yutum katsayısı elde edilebilmektedir. Empedans tüpü kullanılarak ölçüm yaparken de ASTM E1050- ISO 10534-2 standartları dikkate alınmaktadır. Empedans tüpü ile ölçüm metodunda numune tüpün içine yerleştirilmektedir. İki adet mikrofon ve bilgisayarla hesaplamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan ölçüm sonucunda numunenin yüzeyine dik olacak şekilde ses yutum katsayısı elde edilmektedir (Özel bir işletmeden alınan veriler).

Empedans tüpü, iki veya dört mikrofonlu olarak dizayn edilebilmektedir. İki mikrofonlu empedans tüpünde, yüzey empedans değerleri ve ses yutma katsayısı hesaplanmaktadır. İki mikrofonlu empedans tüpünde ölçüm yaparken, test numunesi rijit ve doğrusal yapıda olan tüpün bir ucuna yerleştirilerek, bir taraftan da bir ses kaynağından düzlemsel dalgalar (pseudo-random, chirp veya random) üretilmektedir. Numuneye yakın olan iki noktadan ses basıncının ölçümü yapılmaktadır. Daha sonra iki mikrofon arasında faz kalibrasyonu işlemi yapılarak iki mikrofon arasındaki sinyaller arasındaki transfer fonksiyonu (H değeri) ölçülmektedir. Numunenin empedansı, kompleks yansıma faktörü olan "r" değeri ve ses yutma katsayısı olan "α" değeri hesaplanırken transfer fonksiyonu kullanılmaktadır. Tüpün çapı ile mikrofonlar arası mesafe, frekans aralığını belirlemede kullanılmaktadır. Empedans tüpü ile ölçümde frekans aralığı 150 ile 5700 Hz aralığındadır. Ses yutma katsayısının hesaplanması için ISO 10534-2 ASTM E1050 standardı dikkate alınmaktadır ve numune çapının 35 mm, ses iletim kaybının hesaplanmasında, ASTM E2611 – 09 standardı dikkate alınmaktadır ve numune çapının 40 mm olması gerekmektedir. Empedans tüpü Şekil 11'de verilmiştir (dta.com.tr, 2017).



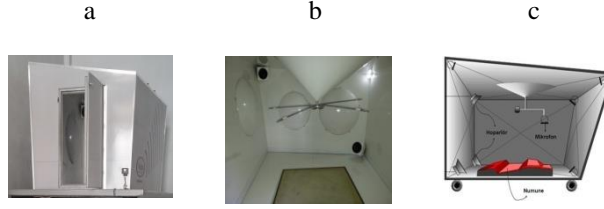
Şekil 11. Empedans tüpü

Dört mikrofonlu empedans tüpü, ses iletim kaybının hesaplanmasında kullanılan yöntemlerden biridir. Dört mikrofonlu empedans tüpünde ölçüm yaparken, numunenin her iki tarafında ses basıncı ölçülerek ses iletim kaybı ölçülmektedir. Bu yöntemde, empedans tüpünün çapında hazırlanmış olan numune tüpün sonuna yerleştirilmektedir. Diğer empedans yöntemine göre ikinci bir tüp daha bulunmaktadır. Bu tüp, numuneden sonra yer almaktadır. Bu nedenle de empedans tüpüne birincil tüp, numuneden sonraki tüpe ikincil tüp adı verilmektedir. Test düzeneğindeki ses iletim kaybı hesaplanırken iki ayrı sınır için ölçüm yapılmaktadır. İlk sınır, ikinci tüpün çıkış noktasının sert bir kapakla kapalı olması (rigidcap, bu durumda ses dalgaları tamamıyla geri yansımaktadır). İkinci sınır, kapağın tam olarak açık olması (anechoic, bu durumda ses dalgaları boşlukta yayılmaktadır ve bir yüzeyden yansıdığından dolayı tüpün içine geri dönmemektedir). Bu metodun, iki mikrofonlu ölçüm yöntemine göre avantajlı olmasının nedeni, tek bir ölçümle bütün frekans aralığında cevap alınabilmektir. Dört mikrofonlu empedans tüpü Şekil 12'de verilmiştir (dta.com.tr, 2017).



Şekil 12. Dört mikrofonlu empedans tüpü

Çınlama kabini, ses yalıtım malzemelerinin akustik özelliğini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca çınlama zamanına bağlı olarak da ses yutma katsayıları tespit edilmektedir. Alpha kabini, ISO354 standartlarına uygun olarak tasarlanan ve bir çınlama odasının 1/3 oranındaki boyutlarına sahip olduğu bir kabindir. Çınlama odası kabini Şekil 13 (a),(b) ve (c)'de verilmiştir (dta.com.tr, 2017).



Şekil 13 (a),(b),(c). Çınlama odası kabini

Bu çınlama odası kabininin, İki çınlama kabini olarak da dizaynı bulunmaktadır. Bu ölçme cihazında da ses yalıtım malzemelerinin akustik performansları değerlendirilebilmektedir. İki çınlama odası metodunda ISO 140-3/ASTM E-90 standardı (bu standart, daha çok otomotiv sektöründe önemli olan SAE J1400 standartını karşılamaktadır) kullanılmaktadır. Ses iletim kaybı ölçümlerinde ASTM E-413 standartına göre ses iletim kaybı (STC, sound transmission class) hesaplanmaktadır ve bu standart. ASTM E-90 standartını karşılamaktadır. Sound reduction index olarak bilinen SRI değeri, ISO 717 standartına göre hesaplanmaktadır. İki çınlama odası Şekil 14’de verilmiştir (dta.com.tr, 2017).



Şekil 14. İki çınlama odası

4. Bir İşyerinde Ses Yalıtımı Açısından Örnek Bir Durum Çalışması

Fabrikalar, üretim birimleri olduğundan dolayı, genel olarak gürültü düzeyinin yüksek olabildiği bölümler yoğun olmaktadır. Fabrikada çalışan bir işçinin maruz kalabileceği gürültünün dB (A) cinsinden seviyeleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu çizelgede, dB(A) cinsinden gürültü düzeyleri, Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansının (OSHA) belirlemiş olduğu ve Gürültü Kontrol Yönetmeliğine göre çalışma süreleri verilmiştir. Buna göre; 80 dB gürültü düzeyinde, OSHA’ya göre çalışma süresi bulunmazken, GKY’ya (Gürültü Kontrol Yönetmeliğine) göre çalışma süresi 8 saat olarak belirlenmiştir. Gürültü düzeyi arttıkça OSHA’ya ve GKY’ya göre çalışma sürelerinin azaldığı görülmektedir (Soylu, 2016).

Tablo 2. Fabrikada çalışan bir işçinin maruz kalabileceği gürültünün dB cinsinden seviyeleri

Gürültü Düzeyleri dB(A)	Çalışma Süresi (saat) (*OSHA'ya göre)	Çalışma Süresi (saat) (*GKY'ye göre)
80	-	7,5
90	8	4
95	4	2
100	2	1
105	1	0,5
110	0,5	0,25
115	0,25	0,125

*OSHA: Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı

**GKY: Gürültü Kontrolü Yönetmeliği

Gürültü sınıfı, şiddeti ve gürültünün sağlığa olumsuz etkileri Tablo 3’de verilmiştir. Buna göre; gürültü şiddeti, dört sınıfta değerlendirilmiş olup sağlığa olumsuz etkileri verilmiştir. 30-59 dB aralığında uyku düzensizliği, 60-89 dB aralığında geçici duyma problemi ve 90-120 dB aralığında ağır duyma problemi, 130 dB’den büyük olması halinde de işitme sisteminde kalıcı problemler meydana gelebileceği görülmektedir (Soylu, 2016).

Tablo 3. Gürültü sınıfı, gürültü şiddeti ve gürültünün sağlığa olumsuz etkileri

Gürültü Sınıfı	Gürültü Şiddeti (dB(A))	Gürültünün Sağlığa Olumsuz Etkileri
1	30-59	Uyku düzensizliği
2	60-89	Geçici duyma problemi
3	90-120	Ağır duyma problemi
4	130'dan büyük	İşitme sisteminde kalıcı problem

Tekstil sanayisi açısından değerlendirilecek olursa, gürültünün meydana geldiği bölüm sayısı fazladır. Özellikle de dokuma makinalarının, teknolojik gelişme düzeylerine göre devir sayısı yüksek olduğundan dolayı gürültü düzeyi, tekstilin diğer birimlerine göre daha yüksektir. Bu durum, 90dB'in üzerine çıkmaya başladığında sağlık açısından tehlikeli olmaya başlamaktadır. Tekstil fabrikalarının dokuma işletmelerinde gürültü düzeyi 100 dB'e kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle de gürültünün yüksek olması durumunda, çalışanın sağlığını olumsuz etkilenmemesi açısından kulak tıkaçları kullanılmaktadır. Yüksek düzeyli gürültü, makinarya yakın olan kişileri rahatsız edebileceği gibi dokuma işletmesinin bitişiğinde bulunan idari ofislerde de çalışan kişilerin de rahatsız olmasına ve motivasyonlarının düşmesine neden olmaktadır. Bu tür istenmeyen durumları engellemek amacıyla, gürültüyü absorbe edebilen akustik malzemeler kullanılmaktadır.

Bir tekstil fabrikasının dokuma bölümünde 3 vardiya sistemiyle çalışılmaktadır. Ölçümler, vardiyanın daha yoğun olduğu çalışma aralığı olan 11.00- 12.00 saatleri arasında yapılarak gürültü düzeylerinin çalışanlar üzerindeki etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Ölçüm için kullanılan cihazın kalibrasyon işlemi de yapılmıştır. Dokuma bölümü, A ve B beraber olarak şekilde Dokuma A ve B, Dokuma A ve B alt, Dokuma C ve Dokuma C alt olarak sınıflandırılmış yan tarafında idari ofisler bulunmaktadır. Dokuma birimi ile idari ofislerin yerleşim planı Şekil 15'de verilmiştir (Soylu, 2016).

DOKUMA A ve B	DOKUMA C	İDARİ OFİSLER
DOKUMA A ve B ALT	DOKUMA C ALT	

Şekil 15. Dokuma birimi ile idari ofislerin yerleşim planı

Dokuma biriminde sınıflandırılmış olan bölümler, ölçüm noktaları olarak belirlenmiştir. Bu noktalarda 10 gün boyunca ölçümler yapılmıştır. Bu sonuçlara göre de ortalama eşdeğer gürültü düzeyleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmadaki gürültü birimi, eşdeğer gürültü seviyesi olarak belirlenmiştir. Literatürde 130 dB(A) olangürültü düzeyinin, ağrı eşiği olarak kabul edildiği görülmüştür. Dokuma işletmesinde, belirlenen noktalarda yapılan ölçümlere göre eşdeğer gürültü seviyesi Tablo 4'de verilmiştir (Soylu, 2016).

Tablo 4. Dokuma işletmesinde belirli noktalarda yapılan ölçümlere göre eşdeğer gürültü seviyesi

GÜN	ÖLÇÜM PERİYOTLARI										STAND ART SAPMA (±)	ORTALAMA EŞDEĞER GÜRÜLTÜ SEVİYESİ OrtLeq dB (A)	GKY	
	1. GÜN	2. GÜN	3. GÜN	4. GÜN	5. GÜN	6. GÜN	7. GÜN	8. GÜN	9. GÜN	10. GÜN			ÇİZELGE 2 (saat/ gün)	ÇİZELGE 3 <80 db(A)
ÖLÇÜM NOKTASI DOKUMA A-B	Leq 1	Leq 2	Leq 3	Leq 4	Leq 5	Leq 6	Leq 7	Leq 8	Leq 9	Leq 10	0,83	93,5	<4	YÜKSEK
DOKUMA C	92,6	94	93,9	95,4	93,6	93	93	92,7	93,1	93,5	1,9	94,4	<4	YÜKSEK
DOKUMA A-B ALT	93,6	93,3	95,5	95,8	95,7	95,6	91,4	91,8	93,6	97,2	1,19	73,4	-	DÜŞÜK
DOKUMA C ALT	72	72,1	74,4	74,8	72,4	73,5	72,4	73,1	75	74,6	2,67	75,3	-	DÜŞÜK

Tablo 4'deki veriler incelendiğinde; Dokuma A ve B ile Dokuma C'de yapılan ölçümlerde belirlenmiş olan gürültü şiddeti değerlerinin 90 ile 120 dB(A) aralığında olup, GKY (Gürültü Kontrol Yönetmeliği) ile belirlenmiş olan değer üzerinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle de bahsedilen dokuma işletmesinde çalışan işçilerde ağır işleme rahatsızlıklarının meydana gelebileceği anlaşılmıştır. Ayrıca Tablo 4'de elde edilmiş eşdeğer gürültü seviyesi, Tablo 2'deki veriler karşılaştırıldığında; 90 dB'in üzerindeki bir gürültüye 2 ile 4 saat aralığında maruz kalınması durumunda, Tablo 3'e göre yüksek olduğu belirlenmiş olup ağır işleme kayıplarına yol açabileceği tespit edilmiştir. Hesaplanmış olan ortalama eşdeğer gürültü seviyelerinin, literatürdeki gürültü düzeyi olan 130 dB(A)'in üzerine çıkmadığı için çalışanlar için herhangi bir probleme yol açmayacağı fakat uzun süre maruz kalınması durumunda sorunlara yol açabileceği anlaşılmıştır. Bu nedenle dokuma işletmesinde çalışan kişilerin kulak tıkaçı kullanması (Soylu, 2016).

Dokuma işletmesinin bitişiğindeki ofiste çalışanların, dokuma makinalarından gelen gürültüden, rahatsızlık olup motivasyon açısından olumsuz yönde etkilenmemeleri için akustik malzemelerle ses absorpsiyonu ve ses yalıtımı yapılabilmektedir. Bu nedenle de; absorpsiyon için farklı şekillerde (yumurta, piramit, labirent vb.) olan sünger ve ses yalıtımı için de keçe gibi tekstil yüzeyleri kullanılmaktadır. Absorpsiyon için ses yutum katsayıları önemlidir. Ses yutum katsayıları 0-1 değerler aralığındadır. Bu değer ne kadar yüksek olursa, ses absorbe etme kapasitesinin o kadar iyi olduğu anlamına gelmektedir. Tablo 1'deki ses yutma katsayıları incelendiğinde, kalınlığı 10 mm, yoğunluğu 50 kg/m³ olan bir yanmaz süngerin ses yutum katsayısı, artan frekanslarda arttığı; bu süngerin, kalınlığı ve yoğunluğu (kalınlığı 50 mm ve yoğunluğu 70 mm olan bir sünger kullanıldığında) ile frekans arttıkça, ses yutum katsayısının da arttığı görülmüştür. Süngerin absorbe ettiği sesin diğer tarafa geçmemesi için, tekstil teknolojisinde önemli bir yere sahip olan dokusuz yüzeylerden kullanılmaktadır. Keçe malzemelerine ait veriler incelendiğinde de; 100 kg/m³ yoğunluğunda 7 mm kalınlığında olanın ses yutum katsayısı 0,25 iken 10 mm kalınlığında olanın

0,3 olduğu görülmektedir. Farklı frekanslar için, akustik süngerlerde yoğunluk azalıp kalınlık arttıkça, ses yutum katsayısının da arttığı, keçe de yoğunluk sabitken, kalınlık arttıkça NRC değerinin arttığı gözlenmiştir (Özel bir işletmeden alınan veriler).

5. Sonuçlar ve Öneriler

İnşaat, tekstil, otomotiv ve vb. birçok sektör ile trafikte, gürültü istenmeyen noktalara varabilmektedir. Bu nedenle de farklı sektörlerdeki gelişmelerin yanısıra tekstil teknolojisindeki gelişmeler de önemli avantajlar elde edilebilmektedir. Bunlardan birisi de; akustik özelliklere sahip sünger ve tekstil malzemelerinin farklı şekillerde ve kalınlıklarda üretilmesiyle elde edilen yüzeylerdir. Bu çalışmada; gürültü düzeylerine, akustik malzemelere ve bunların ses yutum katsayılarına yer verilmiştir. 90dB'in üzerinde olan gürültünün, işitme açısından zararlı olabileceği, bu nedenle de kulak tıkacının kullanılması gibi önlemlerin alınması gerektiği belirtilmiştir. Farklı frekanslara göre; 10 mm, 25 mm ve 50 mm kalınlıklarında ve sırasıyla 50, 50 ve 70 kg/m³ yoğunluklarına sahip akustik ve yanmaz özelliğe sahip süngerlerin ses yutum katsayıları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yaparken, frekans da önemli bir parametredir. Buna göre; frekansını arttırarak ses yutum sayıları karşılaştırıldığında, süngerin kalınlığının ve yoğunluğunun artması durumunda, ses yutma katsayılarının da arttığı görülmüştür. Bu nedenle, süngerin, yumurta veya piramit gibi şekillerinde farklı değişiklikler yapılabilir. Ses absorbe etmede gözenekli yapılar önemli bir noktaya sahip olduğundan dolayı deneysel çalışmalarda malzeme olarak seçilmesi ile çalışmanın hedefi açısından önemli aşamalar kaydedilebilir. Bu süngerlere, keçe gibi dokusuz yüzeylerin yerine farklı tekstil yüzeyleri entegre edilerek, ses absorpsiyonu ve ses yalıtımı açısından, literatüre ve sanayiye alternatifler kazandırılabilir. Oda ve binalara uygulanan çeşitleri için çalışmanın amacına uygun olan ürünler, hammadde ve incelik- kalınlık- elastikiyet gibi parametreleri değerlendirilerek en uygun olanı kullanılabilir.

Referanslar

Akustik Nedir? <https://www.flatakustik.com/akustik-nedir/>, E.T. 08.01.2020.

Amares, S., Sujatmika, E., Hong, T. W., Durairaj, R., Hamid, H, S, H, B, A. (2017). Journal of Physics: Conference Series A Review: Characteristics of Noise Absorption Material, J. Phys.: Conf. Ser. 908 012005.

Bai, P., Yang, Xiaocui., Shen, Xinmin., Zhang, Xiaonan., Li, Z., Yin, Q., Jiang, Guoliang., Yang, Fei. (5 April 2019). Sound Absorption Performance Of The Acoustic Absorber Fabricated By Compression and Microperforation Of The Porous Metal, Materials & Design, Volume 167, 107637.

Budak, S., Gürültü ve Gürültü Kirliliği. <https://docplayer.biz.tr/18963549-5-gurultu-ve-gurultu-kirliligi.html>, E.T. 01. 02. 2020.

Çandır, M., Gürültünün Tanımı, Türleri ve Kaynakları. <https://www.riskmed.com.tr/yeni2/component/k2/item/115-gurultunun-tanimi-turleri-kaynaklari.html>, E.T. 01.02.2020.

DTA Mühendislik, Test Laboratuvar& Test ve Nümerik Analiz Proje Hizmetleri, http://www.dta.com.tr/pdf/outgoing/company/Proje_Hizmetleri_Brosur_2017.pdf, E.T. 02.02.2020.

Ertürk, B., (2001). Hidrolik Gürültü ve Azaltma Yöntemleri. (8-11 Kasım 2001). II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, İzmir Efes Convention Center, s. 213-236.

Gürani, Y., Kadem, D, F. (2018). Tekstil Yüzeylerinin İç Mekan Tasarımında Akustik Amaçlı Kullanımı, Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD) Eurasian Journal of Researches in Social and Economics (EJRSE) ISSN:2148-9963, Cilt 5, Sayı 6. Yıl 2018, s. 48-55.

<https://www.teknikakustik.net/renkli-piramit-sunger.html>, E.T. 01.02.2020.

<https://www.aksaakustik.com/bariyerli-akustik-bondex/>, E.T. 01.02.2020.

Hughes, W, O., McNelis, M, A. (2014). Acoustic Test Results of Melamine Foam with Application to Payload Fairing Acoustic Attenuation Systems, Material Science, Fort Lauderdale, Florida Noise-Con 2014 September 8-10.

Kestek, N., Keskin, A., Eskin, P., Gürültüden Korunma Yolları ve Ses Yutucu Malzemeler. <https://cdn.bartın.edu.tr/cevre/d2a58cf6-55c1-42ad-b4dc-e05c5446656e/gurultuden-korunma-yollari.pdf>, E.T. 01.02.2020.

Liu, Y., Hu, H. (2011). Sound Absorption Behavior of Knitted Spacer Fabrics, Textile Research Journal 80(18), pp 1949-1957. E.T. 09.02.2020.

Mikulski, W. (2013). Method Of Determining The Sound Absorbing Coefficient Of Materials Within The Frequency Range Of 5000–50 000 Hz In A Test Chamber Of A Volume Of About 2 m³, Archives Of Acoustics, Vol 38, No 2, pp. 177–183
Özel Bir İşletmeden Alınan Veriler, E.T. 01.02.2020.

Ses Fiziği, <http://cdn2.beun.edu.tr/sbf/2017/03/17/ikt-ders-1.pdf>, E.T. 08.01.2020.

Soylu M., Gökkuş Ö. (2016). Endüstriyel Kaynaklı Gürültü Kirliliğinin Araştırılması ve Bir Tekstil Fabrikasında Uygulama Örneği, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 32, Sayı 2.

Tiuc, A, E., Vermeşana, H., Gabora, T., Vasileb, Ovidiu. (2016). Energy Procedia, Improved Sound Absorption Properties of Polyurethane Foam Mixed with Textile Waste, Volume 85, p. 559-565.

Tuna., H. (2005). Gürültü ve İnsan Sağlığı. <http://www.calismatoplum.org/sayi5/Makale5/makale5.pdf>, E.T. 01.02.2020.