

MİMARİDE KULLANILAN DOKUNMAMIŞ MALZEMELERİN SES YUTUCULUĞUNUN EMPEDANS TÜPÜ İLE ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Duygu ÖZEL, Mimar, Talayman Akustik^a
Sevtap YILMAZ, Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi^b
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

BİLDİRİ NO: 13YFK

ÖZET

Yıllar içinde ses, önemi giderek artan bir tasarım parametresi haline gelmiştir. Özellikle iç mekan tasarımlarında kullanılan yansıtıcı, yutucu veya saçıcı niteliklerdeki mimari bitiş malzemeleri, o mekanı tanımlayan unsurların başında gelmektedir. Her ne kadar mekanlar için akustik konfor alguları subjektif yargılara göre değişebiliyorsa da bu mekanlarda karşılaşılan sorunların başında, istenmeyen yansıma ve çınlama problemleri gelmektedir. Buna yönelik en yaygın çözüm yöntemi; o mekanın gerekli olan noktalarda ses yutucu malzemeler ile desteklenmesidir. Yutucu nitelikte malzeme kullanımı, teknolojik gelişmeler ve artan ihtiyaç ile birlikte çok çeşitli imkanlar sunabilecek noktaya gelmiştir. Çalışma kapsamında önemle vurgulanan konu; doğal, sürdürülebilir, insan sağlığına zarar vermeyen, karbon salınımı düşük olan, geri dönüştürülebilir malzemeler ile de akustik konfor koşullarının sağlanabileceğidir.

Çalışma kapsamında dokunmamış gözenekli malzeme grubunda yer alan keçe tipi malzemelerin akustik açıdan değerlendirilmesi yer almaktadır. Deneysel çalışmalarda, geri dönüştürülebilir malzemelerden üretilen endüstriyel keçe malzemelerin "ISO 10534-2" standardına uygun gerçekleştirilen ölçümlerine yer verilmiştir. Yapılan ölçümler neticesinde elde edilen sonuçlar detaylı olarak açıklanmıştır. Tüm bu çalışmaların sonucu olarak; bu türde malzemelerin ses yutuculuk niteliklerinin iyileştirilmesine dair öneriler aktarılmıştır.

Anahtar sözcükler: Ses Yutucu, Empedans Tüpü, Dokunmamış Malzeme

ABSTRACT

Over the years, sound is getting more important as a design parameter for indoor and outdoor spaces. Architectural finishing materials which can be reflective, absorber or diffuser are the leading elements that describes the spaces. Undesirable reflections and reverberation problems are the main issues that one can encounter in architectural design. With respect to this, the most common solution method is to cover the surfaces with the absorptive materials. Applying absorptive materials in spaces has become widespread with the technological developments and rising needs. At this point, the importance of the natural, sustainable, harmless for human health, recycling, with low emission of carbon materials are emphasized in the study.

The main field of the study is acoustical properties of nonwoven materials. The title of the study is "Measuring and Evaluating the Sound Absorption of Nonwoven Materials Used in Architectural Design By Using Impedance Tube". Within the scope of experimental issues of the study, industrial nonwovens are measured according to "ISO 10534-2". The result of these measurements are stated comparatively in detail.

Key words: Sound Absorber, Impedance Tube, Nonwoven Material

^a e-posta adresi: duyguozell@gmail.com

^b e-posta adresi: demirkale@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

İnsanlar günlük yaşantısında iç mekanlarda, dış alanlarda ve servis alanlarında gürültü üreten kaynaklarla çevrelenmiş durumdadırlar. Bir gürültü sistemi üç grupta incelenebilir: gürültü kaynağı, gürültü yolu, gürültü alıcısı. Gürültünün rahatsız edici etkisinin önüne geçilebilmesi için; yukarıda bahsedilen maddelerden en az birinin kontrol altına alınması şarttır [1].

Bir yüzeye çarpan ses, iletilir, emilir ve yansır. Ses, yüzey niteliğine bağlı olarak enerjisinin bir kısmını iletme, bir kısmını yansımaya bir kısmını da yutulmaya harcar. Bununla birlikte yansıyan ses büyük düz yüzeyler aracılığıyla yeniden yönlendirilebilir (dik açılı yansıma) veya saçıcı bir yüzey tarafından dağıtılabilir [2].

İyi ve doğru mimari akustik tasarım ancak doğru hacim miktarı, doğru hacim şekli ve yutucu, saçıcı ve düz yüzeylerin uygun kombinasyonlar şeklinde yerleştirilmesi ile oluşacak yüzey iyileştirmeleri ile mümkündür [2].

2. KAPSAM VE YÖNTEM

Yapılan çalışmada ele alınan keçe türü malzemeler gerek endüstri ve otomotiv sektöründe gerekse hacim akustiği iç mimari uygulamalarında sıkça tercih edilmesi itibariyle önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte malzeme seçimi konusunda akustik faydanın yanında, doğaya ve insan sağlığına daha az zararlı olan doğal, sürdürülebilir, karbon salınımı düşük olan, geri dönüştürülebilir malzemeler konusunda tasarımcı ve kullanıcıların bilinçlenmesi amaçlanmıştır.

Bu kapsamda pet şişlerin geri dönüştürülmesi ile elde edilen endüstriyel keçe ve kot pantolon ve havlu gibi atıkların bir araya getirilmesi ile elde edilen atık elyaflar kullanılarak "ISO 10534-2: Akustik-Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini - Aktarım fonksiyonu metodu[3]" standardına uygun şekilde ölçümler gerçekleştirilerek sonuçlar ve analizler oluşturulmuştur. Bu noktada yapılan literatür araştırmaları ve deneysel çalışmalar sonucunda, bu tip malzemelerin ses yutuculuklarının hangi faktörlere bağlı değiştiği açıklanmıştır. Buradan yola çıkılarak kalınlığa, delik oranına ve ikincil malzeme eklenmesi durumlarına bağlı ses yutuculuk incelemeleri gerçekleştirilmiş ve detaylı sonuç analizleri oluşturulmuştur. Sonuçta, bu malzemelerin ses yutuculuklarına yönelik iyileştirilme önerilerine yer verilmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar kapsamında empedans tüpü aracılığıyla lifli gözenekli malzeme grubunda yer alan keçe türevli malzemelerin ses yutuculuk analizleri yapılmıştır. "ISO 10534-2" metodu kullanılarak cihazlar ile 63-6300 Hz frekans aralığında test sonuçları elde edilmiştir.

3.1 Empedans Tüpü Kullanılarak Yapılan Ölçümler

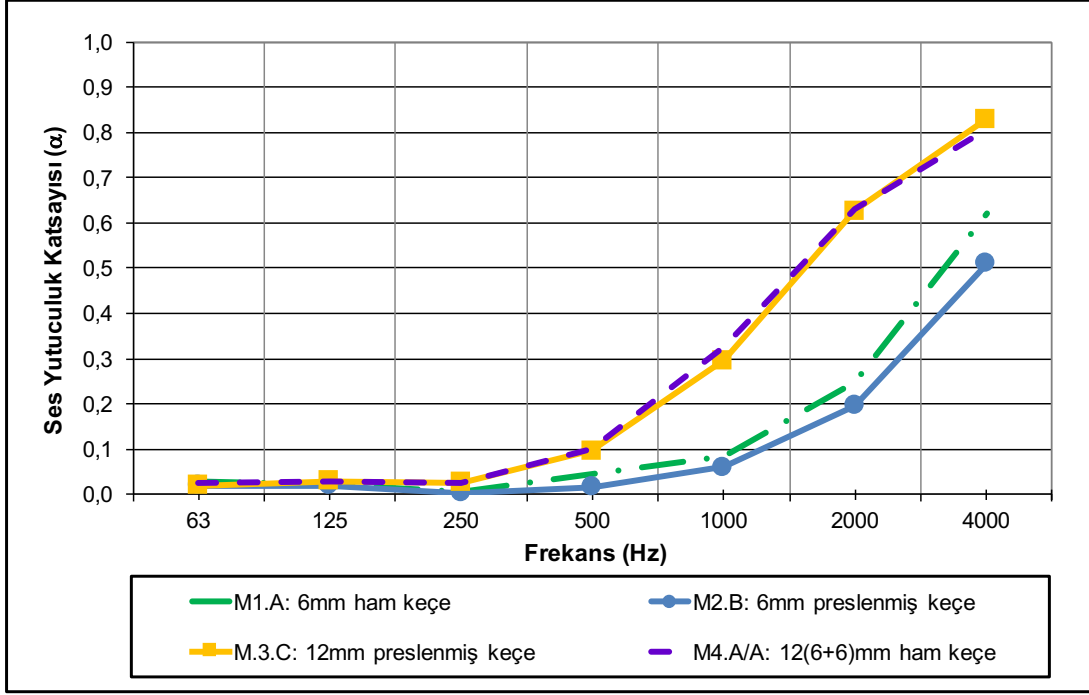
Çalışmalar kapsamında toplamda on iki adet sistem detaylı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçüm çalışmalarına başlamadan önce, deney grupları analiz edilmek istenen parametreye bağlı olarak planlanmıştır. Söz konusu planlama ve değerlendirilen parametreler **Çizelge 1**'de yer almaktadır.

Çizelge 1: Ölçüm planlaması ve değerlendirilen parametreler.

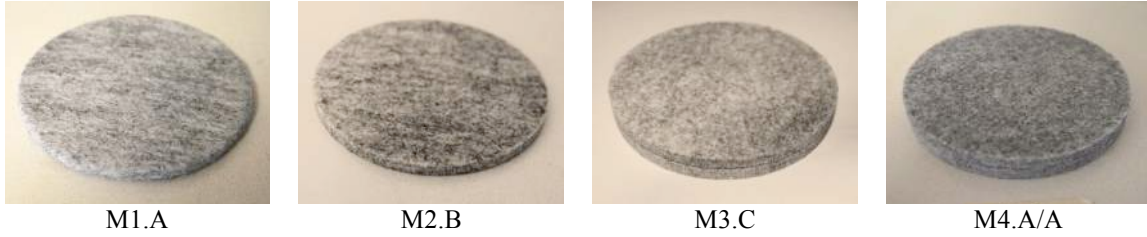
Ölçülen Parametre	Numune Ölçüm Kodu	Numune Tanımı	Kalınlık	İkincil Malzeme	Delikler Arası Mesafe ve Çap
Kalınlık	M1.A	Endüstriyel Keçe (ham)	6 mm	-	-
	M2.B	Endüstriyel Keçe (preslenmiş)	6 mm	-	-
	M3.C	Endüstriyel Keçe (preslenmiş)	12 mm	-	-
	M4.A/A	Endüstriyel Keçe (ham)	6 + 6 mm (İki Katman)	-	-
İkincil Malzeme	M5.D	Atık elyaf	20 mm	-	-
	M6.A/D	Endüstriyel Keçe (ham)	6 mm	Atık elyaf	-
	M7.C/D	Endüstriyel Keçe (preslenmiş)	12 mm	Atık elyaf	-
	M8.E/B/E	Endüstriyel Keçe (preslenmiş)	6 mm	Yün Keçe	-
Delikler Arası Mesafe ve Çap	M9.F	Endüstriyel Keçe (preslenmiş)	12 mm	-	15/7.5/5
	M10.G	Endüstriyel Keçe (preslenmiş)	12 mm	-	25/25/10
Delikler Arası Mesafe ve Çap (İkincil Malzeme ile)	M11.F/D	Endüstriyel Keçe (preslenmiş)	12 mm	Atık elyaf	15/7.5/5
	M12.G/D	Endüstriyel Keçe (preslenmiş)	12 mm	Atık elyaf	25/25/10

3.2. Endüstriyel keçeler için kalınlığa bağlı değişen ses yutuculuğunun değerlendirilmesi

Yapılan ölçümlerde 6 mm ve 12 mm kalınlıkta numunelerin ses yutuculuk karakteristikleri karşılaştırılmıştır. Bu noktada bir alt parametre olarak ham keçe ve preslenmiş keçe arasındaki fark da ortaya konmuştur. Bahsi geçen numuneler için elde edilen veriler ve görseller **Şekil 1** ve **Şekil 2**'de yer almaktadır.



Şekil 1: Kalınlığa bağlı değişen ses yutuculuğu.



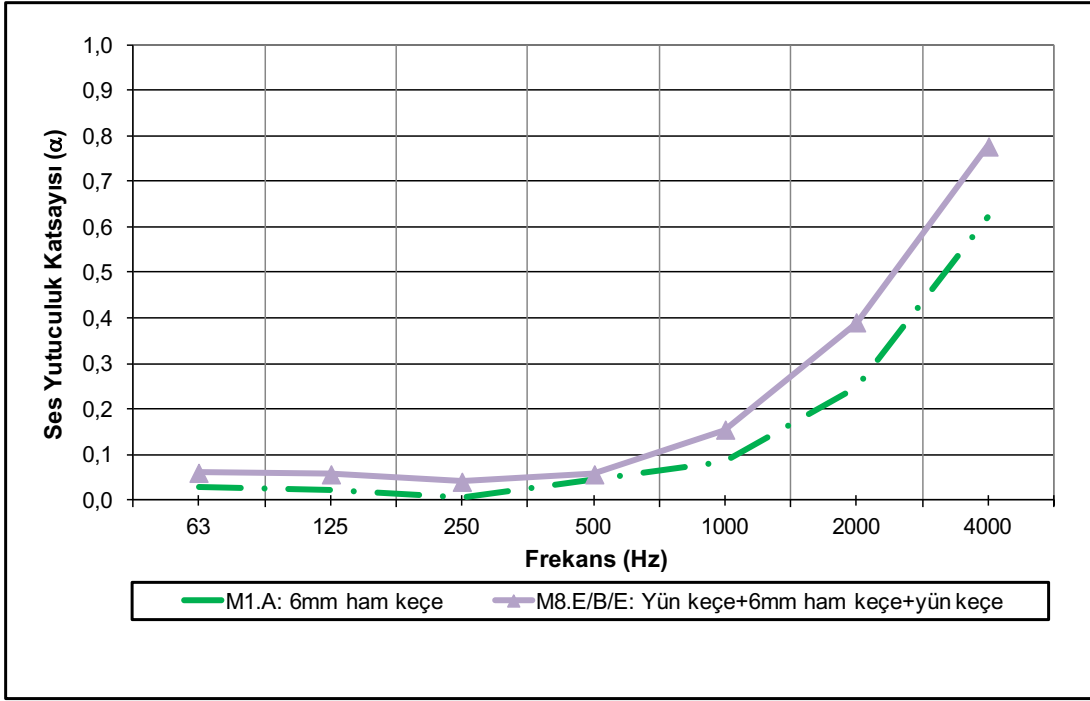
Şekil 2: Değerlendirmeye alınan numunelere ait görseller.

Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; hem ham keçe hem de preslenmiş keçe için kalınlığın 6 mm'den 12 mm'e çıkması ile birlikte ses yutuculuk değerlerinde ciddi bir iyileşme olduğu görülmektedir. Bu etkinin 250 Hz'den itibaren fark edilebilir bir seviyeye ulaştığı görülmektedir. Buradan hareketle endüstriyel keçeler için; diğer gözenekli malzemelerde de olduğu gibi, kalınlık ile doğru orantılı bir ses yutuculuk performansı artışı doğurduğu söylenebilir.

İkinci olarak ham keçe ile preslenmiş keçe arasındaki farka bakılacak olursa; 6 mm kalınlığındaki numuneler için ham keçenin 500 Hz'den itibaren daha yüksek ses yutuculuk performansı gösterdiği görülmektedir. Bu durumun preslenmiş keçenin içerisinde daha az hava boşluğu bulunmasından kaynaklandığı söylenebilir. Aynı karşılaştırma 12 mm kalınlığındaki keçeler üzerinde yapıldığında daha az belirgin bir fark olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara bakıldığında yalnızca 1000 Hz ve 4000 Hz bandında ham keçe için gözle görülebilir bir ses yutuculuk performansı artışı gözlemlenmiştir. Bu karşılaştırmada fark çok daha az olduğundan, karşılaştırma olarak artan ve azalan alanlardan kesin bir yargıya varılması doğru olmayacaktır. Bu duruma ilişkin kesin değerlendirme yapabilmek adına daha fazla sayıda ölçüm yapılması gereklidir.

3.3. Endüstriyel keçeler için ikincil malzemeye bağlı değişen ses yutuculuğunun değerlendirilmesi

Yapılan ölçümlerde farklı ikincil malzeme ile birlikte kullanılan endüstriyel keçelerin ses yutuculuğuna ilişkin veriler elde edilmiştir. Buna yönelik olarak 6 mm ham keçe ile her iki tarafına yün keçe katmanı eklenmiş ham keçe numunelerinin ses yutuculuk karakteristikleri karşılaştırılmış olup Şekil 3 ve Şekil 4'te ifade edilmiştir.



Şekil 3: İkincil malzemeye (yün keçe) bağlı değişen ses yutuculuğu.



M1.A



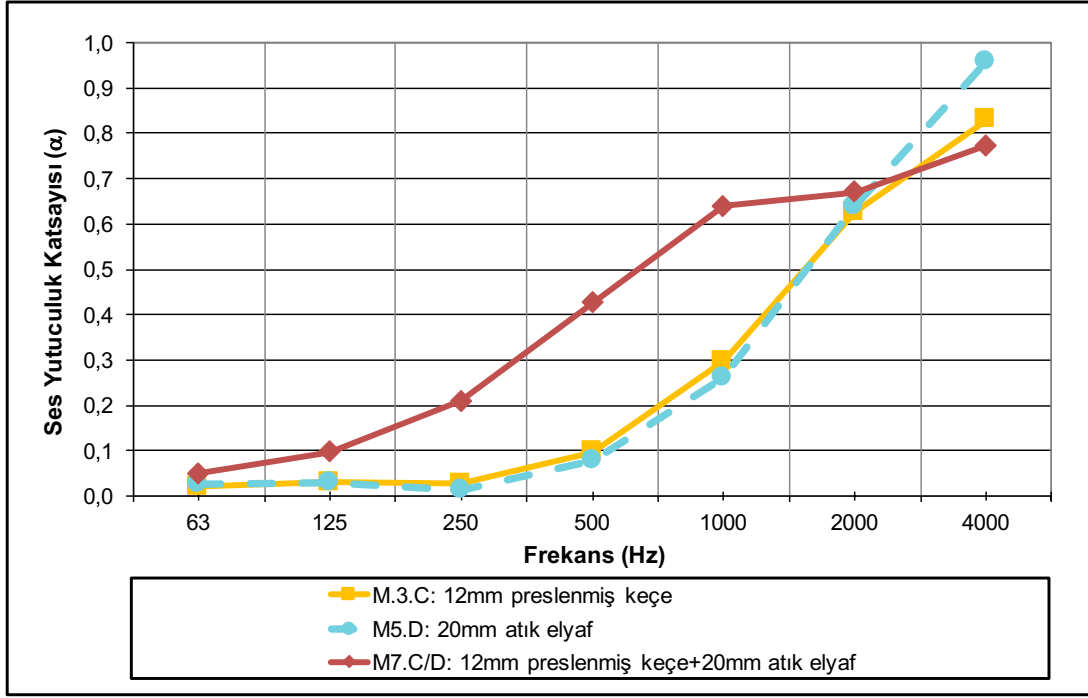
M8.E/B/E

Şekil 4: Değerlendirmeye alınan numunelere ait görseller.

Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; yün keçenin eklenmesinin tüm frekans bantlarında daha yüksek ses yutuculuk performansı gösterdiği görülmektedir. Performanstaki bu artışın 1000-4000 Hz aralığında biraz daha belirgin olduğu göze çarpmaktadır. Yün keçe oldukça ince (yaklaşık 1 mm kalınlığında) bir malzeme olması itibarıyla tekil haliyle yüksek frekanslarda etkili olabilecek bir ses yutucu gözenekli malzeme olarak değerlendirilebilir. Ancak 6 mm ham keçe ile bir arada kullanılması durumunda düşük frekans performansına da bir miktar iyileşme sağlamıştır.

Yapılan ölçümler kapsamında bir başka ikincil malzeme olarak atık elyaf eklenmesi durumu incelenmiştir. Buna yönelik olarak 12 mm preslenmiş keçe ile arkasına 20 mm atık elyaf

eklenmiş olan preslenmiş keçe numunelerinin ses yutuculuk karakteristikleri karşılaştırılmış olup Şekil 5 ve Şekil 6'da ifade edilmiştir.



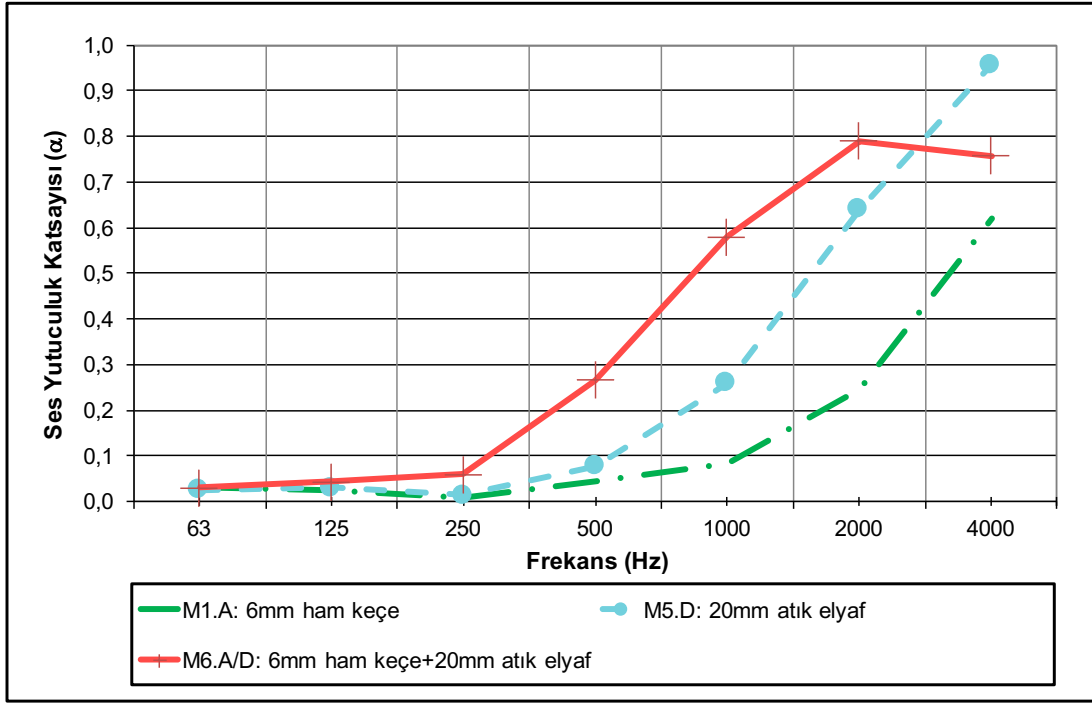
Şekil 5: Preslenmiş keçe için ikincil malzemeye (atık elyaf) bağlı değişen ses yutuculuğu.



Şekil 6: Değerlendirmeye alınan numunelere ait görseller.

Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; atık elyaf ile endüstriyel keçenin bir araya gelmesi ile oluşturulan sistem detayının, tekil olarak ortaya çıkardıkları ölçüm sonuçlarına göre düşük frekans bandını da kapsayacak şekilde ciddi oranda yüksek bir ses yutuculuk performansı ortaya koyduğu görülmektedir.

Yapılan ölçümler kapsamında ikincil malzeme olarak atık elyaf eklenmesi durumu 6 mm kalınlığındaki ham keçe numuneler için de incelenmiştir. Buna yönelik olarak 6 mm preslenmemiş ham keçe ile arkasına 20 mm atık elyaf eklenmiş olan ham keçe numunelerinin ses yutuculuk karakteristikleri karşılaştırılmış olup Şekil 7 ve Şekil 8'de ifade edilmiştir.



Şekil 7: Ham keçe için ikincil malzemeye (atık elyaf) bağlı değişen ses yutuculuğu.



M1.A

M5.D

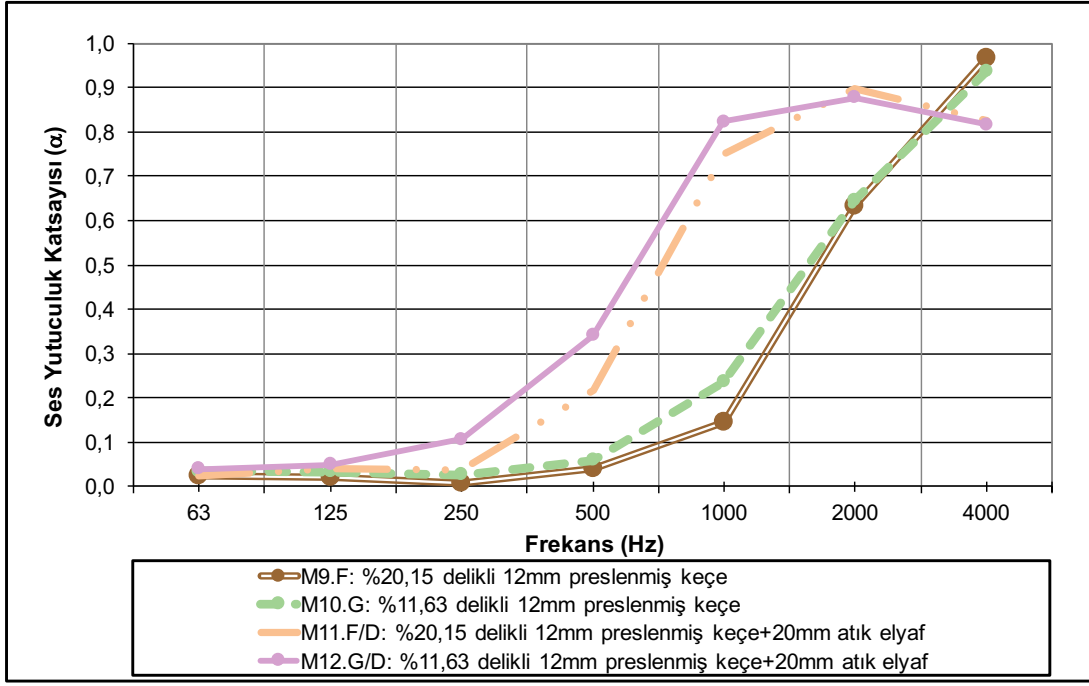
M6.A/D

Şekil 8: Değerlendirmeye alınan numunelere ait görseller.

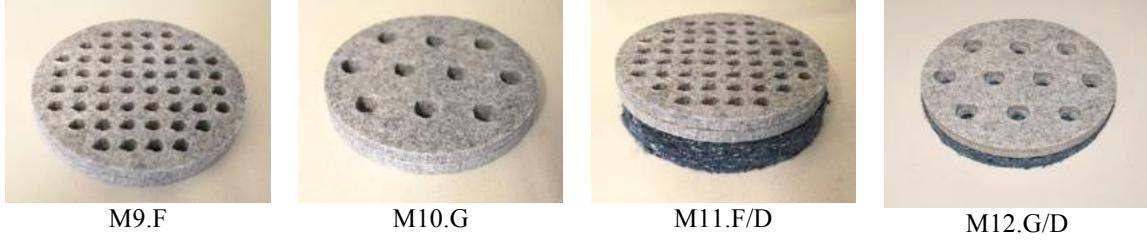
Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; atık elyaf ile endüstriyel keçenin bir araya gelmesi ile oluşturulan sistem detayının, tekil olarak ortaya çıkardıkları ölçüm sonuçlarına göre düşük frekans bandını da kapsayacak şekilde ciddi oranda yüksek bir ses yutuculuk performansı ortaya koyduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, Şekil 5'te yer alan 12 mm preslenmiş keçe arkasına atık elyaf eklenmesi durumu ile kıyaslandığında 6 mm keçe için atık elyaf eklenmesi durumunun daha yüksek bir iyileşme sağladığı görülmektedir.

3.4. Endüstriyel keçeler için delik oranına bağlı değişen ses yutuculuğunun değerlendirilmesi

Yapılan ölçümler kapsamında 12 mm preslenmiş delikli keçeler ile arkasına 20 mm atık elyaf eklenmiş olan preslenmiş delikli keçelerin ses yutuculuk karakteristikleri karşılaştırılmış olup Şekil 9 ve Şekil 10'da ifade edilmiştir.



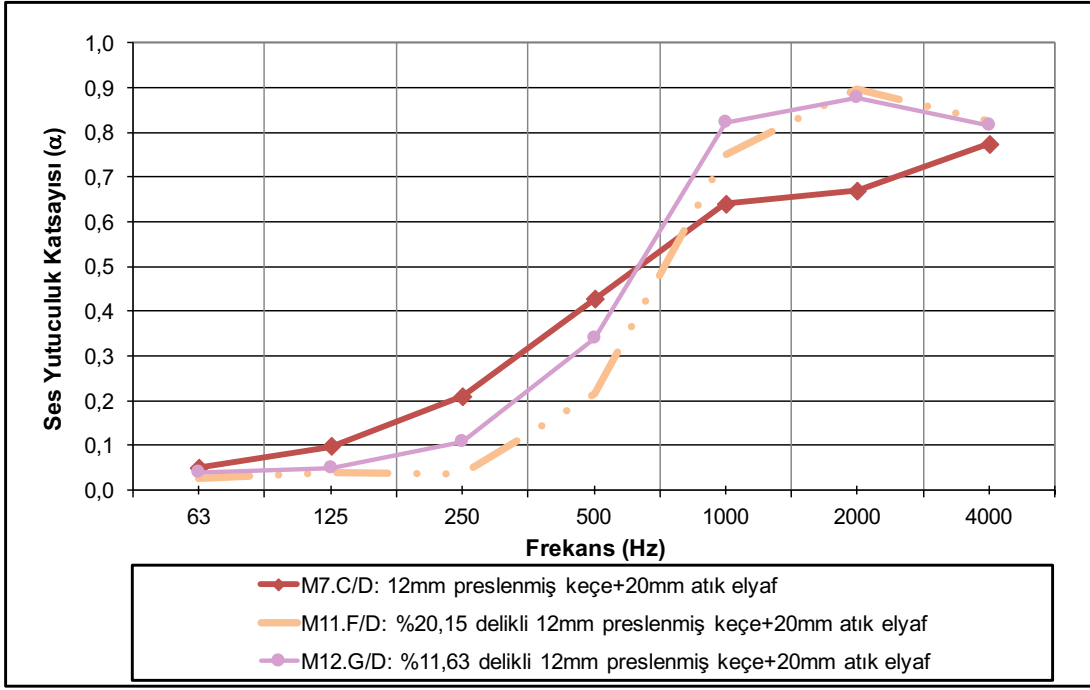
Şekil 9: İkincil malzeme ile birlikte perforasyona bağlı değişen ses yutuculuğu.



Şekil 10: Değerlendirmeye alınan numunelere ait görseller.

Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; atık elyaf ile delikli endüstriyel keçenin bir araya gelmesi ile, özellikle 250 Hz bandından itibaren yüksek bir ses yutuculuk performansı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte grafik karakterleri incelendiğinde atık elyaf eklenmemiş durumdaki iki sonucun ve eklenmiş durumdaki iki sonucun genel frekans bandında delik oranından bağımsız olarak benzer bir karakter gösterdiği görülmektedir.

Delik oranı etkisi için bir başka değerlendirme de ikincil malzeme olarak atık elyaf eklenmesinin etkisinin gözlemlenmesidir. Buna yönelik arkasında 20 mm atık elyaf bulunan, 12 mm preslenmiş delikli ve tamamı dolu keçelerin ses yutuculuk karakteristikleri karşılaştırılmış olup Şekil 11 ve Şekil 12’de ifade edilmiştir.



Şekil 11: Dolu ve delikli olması ile ikincil malzemeye bağlı değişen ses yutuculuğu.



Şekil 12: Değerlendirmeye alınan numunelere ait görseller.

Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; atık elyaf eklenmiş delikli endüstriyel keçe sistem detayları ile tamamı dolu keçe sistem detayı karşılaştırıldığında; ses yutuculuk karakterlerinin yaklaşık 700 Hz bandı öncesinde ve sonrasında farklı karakterlerde olduğu görülmektedir. 63 Hz ile 700 Hz bandı arasında tamamı dolu olan keçe numunenin, bu frekans bandı sonrasında ise delikli numunelerin daha yüksek performans gösterdiği görülmektedir.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Çalışma kapsamında toplam on iki adet ölçüm gerçekleştirilmiş olup sonuç grafiklerine ve analizlerine detaylı olarak yer verilmiştir. Ölçüm sonuçlarının geneli değerlendirildiğinde karşılaştırma yapılacak olursa bazı temel çıkarımlar yapılabilecektir. Örneğin; 6 mm ham endüstriyel keçe (M1.A) ve 12 mm ham endüstriyel keçenin (M4.A/A) ses yutuculuk performansları kıyaslandığında kalınlık artışına bağlı ses yutuculuk performansının iyileştiği söylenebilir. Benzer bir durumun 6 mm preslenmiş endüstriyel keçe (M2.B) ile 12 mm

preslenmiş endüstriyel keçenin (M3.C) ses yutuculuk performansları arasında da olması bu yargının doğruluğunu artırmaktadır. Bahsi geçen numuneler arasında ham keçe ve preslenmiş keçenin ses yutuculuk performansları arasındaki farka bakılacak olursa; 6 mm kalınlığındaki numunelerde (M1.A ve M2.B) ses yutuculuğu açısından ham keçe lehinde bir fark görünürken, 12 mm kalınlığındaki numunelerde (M3.C ve M4.A/A) çok fark olmadığı görülmektedir.

Bir başka ölçüm sonucu değerlendirmesi de endüstriyel keçelerin arkasına atık elyaf eklenmesi durumu için yapılmıştır. Burada hem 12 mm preslenmiş endüstriyel keçe (M3.C) hem de 6 mm ham endüstriyel keçe (M1.A) numuneler için arkalarına atık elyaf eklenmeleri durumunda ses yutuculuk performanslarında çok ciddi bir iyileşme görülmüştür. Bununla birlikte delikli numunelerin (M10.F ve M11.G) arkasına atık elyaf eklenmesi (M12.F/D ve M13.G/D) ile ses yutuculuk performanslarının iyileştiği açıkça görülmektedir. Buradan hareketle, dört karşılaştırma grubunda da benzer sonuçlar elde edildiğinden eklenen atık elyafın ses yutuculuğuna olumlu yönde katkı sağladığı sonucuna varılabilir.

Endüstriyel keçelerin ikincil malzemeler ile entegre edilmesi konusunda bir başka kontrol grubu da, 6 mm ham endüstriyel keçenin (M1.A) her iki yüzüne yaklaşık 1 mm kalınlığında ince bir katman yün keçe eklenmesi (M8.E/B/E) şeklinde oluşturulmuştur. Burada da 20 mm kalınlığında atık elyaf eklenmesinin etkisi kadar olmasa da yün keçe ilavesinin ses yutuculuk performansına olumlu yönde katkı sağladığı söylenebilir. Burada iki malzemenin farklı etkiler göstermesinin sebebinin malzeme nitelikleri farkı ile birlikte kalınlıktan da ileri gelmiş olduğu düşünülmektedir. Yapılan ölçümlere ilişkin bir başka konu da delik oranı etkisidir. Bu konuda delik oranları %20,15 (M10.F) ve %11,63 (M11.G) olmak üzere iki farklı delik oranlarındaki keçe için elde edilen sonuçlara göre delik oranı farkına bağlı ses yutuculuk performansında çok büyük bir değişim olmadığı görülmektedir. Ancak bu konuda kesin bir yargıya varılabilesi için farklı delik ve açıklık detayları oluşturularak ölçülmesi gerekmektedir. Ancak bu noktada bu iki delikli numune (M10.F ve M11.G) ile delikli olmayan aynı kalınlıktaki preslenmiş keçe (M3.C) kıyaslandığında, delikli numunelerde metrekare olarak yutucu yüzey azalımı olmasına rağmen bu üç sonuç arasındaki farkın çok fazla olmadığı görülmüştür. Buradan yola çıkılarak bu tip keçe malzemelerin iç mimari uygulamalarda kullanılması durumunda, estetik kaygılarla dolu veya boşluklu görünüm oluşturulmasının akustik açıdan çok büyük bir fark oluşturmayacağı söylenebilir.

Buradaki sonuçların, malzeme seçimi ile ilgili kullanıcı veya mimarlara tercih esnekliği sağlayabileceği söylenebilir. Bu tip tasarımlar ile akustik konfordan feragat edilmeden dekoratif iç mimari çözümler oluşturulabileceği öngörülmektedir. Bu noktada farklı delik oranı ve açıklıklarla ölçüm tekrarlarının yapılması yolu ile bu yargının doğruluğu güçlendirilebilecektir.

KAYNAKLAR

1. Puranik R. P., Parmar R. R., Rana P. P. "Nonwoven Acoustic Textiles – A Review, International Journal Of Advanced Research In Engineering And Technology (IJARET)", SSN 0976 – 6499, Volume 5, Issue 3, March (2014), pp. 81-88.
2. Cox J. T., D'Antonio P. "Acoustic Absorbers and Diffusers, Second Edition", Taylor and Francis Group, London and New York, USA (2009).
3. TS EN ISO 10534-2. (2003). "Akustik-Empedans borularındaki ses absorpsiyon katsayısının ve empedansın tayini-Bölüm 2: Aktarım fonksiyonu metodu".