

MALZEMELERİN MİKRO YAPI ÖZELLİKLERİNİN AKUSTİK PERFORMANSA ETKİSİ: GÖZENEKLİLİK YAPISI İLE SES YUTMA ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Işın Meriç^a
Doç. Dr. Ayşe Tavukçuoğlu^b
Prof. Dr. Mehmet Çalışkan^c
^{a,b}ODTÜ Mimarlık Bölümü, ^cODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü
Ankara, 06800

ÖZET

Mekan içi akustik ortamın konfor seviyesinin çeşitli etkinliklere uygun olarak düzenlenebilmesi için yüzey malzemelerinin seçimi önemlidir. Malzemelerin seçiminde en etkin özelliklerinden biri, malzemelerin farklı frekanslardaki ses yutuculuk değerleridir. Bu bildiride, gözeneklilik yapısını tanımlayan özelliklerin ve gözenek yapısına etki eden malzeme bileşenlerinin, ses yutma performansına etkisi, taneli yapıdaki gözenekli malzemeler üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar üzerinden değerlendirilmiştir. Malzemelerin ses yutma performansının sadece açık gözeneklilik gibi tek bir parametre üzerinden değerlendirilemeyeceği; malzemedeki gözenekliliği tanımlayan açık gözeneklilik, gözenek boyutları, küçük-büyük gözeneklerin ilişkisi, gözeneklerin oluşturduğu kanalların bükümlülüğü gibi birçok özelliğin ses yutuculuğuna farklı oranlarda etki ettiği anlaşılmıştır. Agregat boyutları ve dağılımı, bağlayıcı oranı, lif hacmi gibi malzeme bileşen özellikleri gözenekliliği ve gözenek yapısı doğrudan etkileyen unsurlardır ve son dönemde bu unsurların, taneli yapıdaki malzemelerin ses yutuculuğuna etkilerini inceleyen ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Malzeme bileşenlerinin, ses yutma performansını nasıl ve ne düzeyde etkilediğini sorgulayan ve bu etkileri ölçebilmek için yöntem geliştiren nitelikli çalışmalardan elde edilen verilerin iyi anlaşılması, ileriye yönelik yenilikçi akustik malzemelerin geliştirilebilmesi için önemlidir.

Anahtar sözcükler: Ses yutma katsayısı, Taneli yapıdaki gözenekli malzemeler, Gözenek yapısı

ABSTRACT

Surface materials having specific sound absorption characteristics can be used to control the acoustical comfort condition within a room. In this paper, the influence of porosity characteristics and compositional properties forming the pore structure on sound absorption performance are discussed through the results of researches particularly conducted on granular porous materials. The joint interpretation of the data in literature exhibited that sound absorption cannot be characterized depending on only one parameter such as open porosity; many other parameters, such as pore size and distribution, relation between large and fine pores and tortuosity, need to be considered for the characterization of sound absorption performance of porous materials. The compositional characteristics, such as aggregate size and distribution, binder and fiber content, are some of the main factors that shape the porosity characteristics of granular materials, therefore, affect their sound absorption performance. In recent time, many researches were observed to concern the impact of raw material characteristics on sound absorption performance of materials. The knowledge gained through these researches need to be used in order to fabricate innovative sound absorbing materials

Key words: Sound absorption coefficient, Granular porous materials, Pore structure

^a e-posta adresi: isin.meric@gmail.com

^b e-posta adresi: aysetavukcuoglu@yahoo.com

^c e-posta adresi: caliskan@metu.edu.tr

1.GİRİŞ

Kapalı mekanlarda akustik konfor koşulları, oda geometrisi ve yüzey bitirme malzemelerinin akustik özellikleri ile yakından ilgilidir. Akustik ortamın istenilen niteliklere sahip olabilmesi için oda geometrisinde bir değişikliğe gidilemediği durumlarda, “malzeme seçimi”, özellikle de “malzemelerin ses yutma katsayıları” önem kazanır. Frekanslara göre değişebilen ses yutma katsayıları, malzemenin uygulama detayları ve kalınlıklarına göre çeşitlilik gösterebileceği gibi, malzemenin iç yapısı, diğer bir deyişle gözeneklilik yapısıyla da doğrudan ilgilidir.

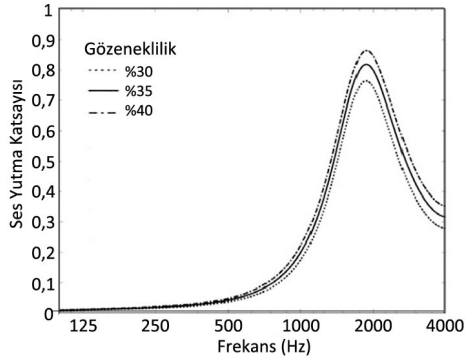
Tüm malzemeler gelen ses dalgasının enerjisini bir miktar sönümleyebilir/yutabilir. Mekan içindeki çınlamanın kontrolü için ses enerjisini büyük oranda sönümleyebilen gözenekli malzemeler ve/veya rezonatörler kullanılmaktadır. Gözenekli malzemelerde gözenekliliğin ses yutuculuğuna olan etkisi çeşitli malzemeler üzerine yapılan pek çok çalışmada incelenmiştir. Gözenekli malzemenin lifli, hücreli ve taneli yapıda olmasına bağlı olarak çalışmalarda incelenen gözeneklilik özellikleri değişmektedir. Bu bildiride taneli yapıdaki gözenekli malzemeler üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar üzerinden, ses yutuculuğuna etkisi olan gözeneklilik özellikleri değerlendirilip, tartışılmaktadır. Bu çalışmalarda: (a) gözeneklilik yapısını tanımlayan gözeneklilik oranı, gözeneklerin boyutları ve şekilleri, bükümlülük değeri gibi özelliklerin ve (b) gözenek yapısının oluşmasında rol oynayan tane boyutları ve şekli, bağlayıcı oranı, lif içeriği ve oranı gibi malzeme bileşeni özelliklerinin taneli yapıdaki malzemelerin ses yutma performansına etkisi sorgulanmıştır.

Bu kapsamda polimer katkılı gözenekli çimento harcı [1], gözenekliliği arttırılmış beton [2], genişletilmiş kil tanelerinin çimento ve değişik katkılarla konsolide edilmesiyle oluşturulan harç [3], kauçuk tanelerinin poliüretan bağlayıcı ile konsolide edilmesiyle oluşturulan harç [4] ve kenevir katkılı beton [5, 6, 7] gibi tane yapıları malzemelerin ses yutuculuk niteliklerini ayrıntılı inceleyen araştırmalardan faydalanılmış; gözeneklilik yapısı ve malzeme bileşenlerinin malzemelerin ses yutuculuk özelliğine etkisi değerlendirilmiştir.

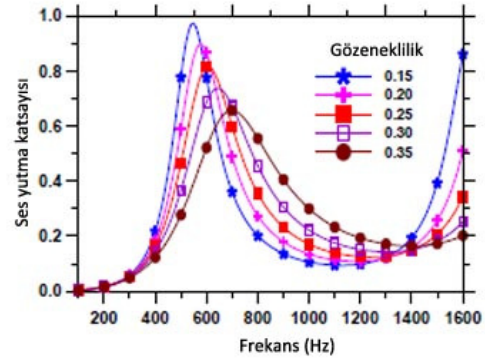
2. GÖZENEKLİLİK YAPISININ SES YUTUCULUK PERFORMANSINA ETKİSİ

Bu bölümde, gözeneklilik oranı, gözeneklerin boyutları ve şekilleri, bükümlülük değeri gibi gözeneklilik yapısını tanımlayan parametrelerin malzemenin ses yutuculuk özelliğine etkilerini inceleyen çalışmalar değerlendirilmiştir.

Ses yutucu olarak kullanılan malzemelerin, ses dalgalarının malzeme içerisine girmesini, yayılmasını, sürtünme yoluyla ses enerjisinin sönümlenmesini sağlayacak bir iç yapıya sahip olması gerekmektedir. Araştırmacılar, malzeme içindeki kapalı gözeneklerin malzemenin ses yutuculuğuna bir etkisi olmadığını ve yutuculukta sadece açık, diğer bir deyişle, birbiri ile bağlantısı olan gözeneklerin dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır [8, 9]. Açık gözeneklilik, malzeme dış yüzeyine açık ve birbirleriyle bağlantılı gözenek hacminin, malzemenin toplam hacmine oranı olarak ifade edilmektedir [10]. Knapen ve diğerleri, “polimer katkılı gözenekli beton” örnekler üzerine ses yayılım modeli kullanılarak yaptıkları analizlerde, açık gözeneklilik arttıkça maksimum ses yutum katsayısı değerinin arttığını gözlemişlerdir (Şekil 1) [1].



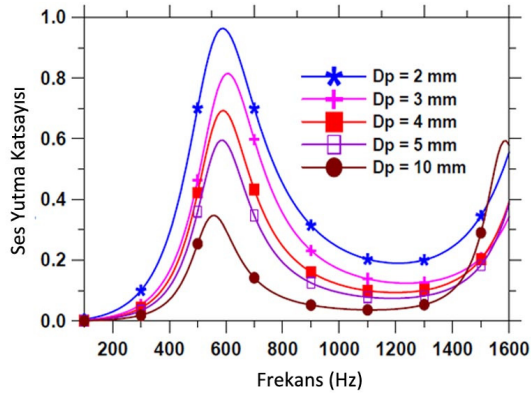
Şekil 1: “Polimer takviyeli gözenekli beton” örneklerinde açık gözeneklilik ile ses yutma katsayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik [1]



Şekil 2: “Gözenekliliği arttırılmış beton” örneklerinde açık gözeneklilik ile ses yutma katsayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik [2]

Neithalath, “gözenekliliği arttırılmış beton” üzerine yaptığı çalışmada, açık gözeneklilik ile ses yutma katsayısı arasındaki ilişkiyi daha ayrıntılı bir şekilde incelemiştir; gözenekli malzemede ses yayılımını inceleyen bir elektro akustik model kullanarak [11, 12], birbirleriyle bağlantılı büyük ve kılcal gözenek çaplarının ses yutumuna etkisini irdeleyebildiği parametrik bir çalışma yürütmüştür [2]. Bu çalışmada gözenek tipleri; “büyük gözenekler (pore)” ve bu büyük gözenekleri birbirine bağlayan “kılcal yapıdaki gözenekler (aperture)” olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Büyük ve kılcal gözenek çapı sabit tutulan, açık gözeneklilikleri ise %15 ile %35 arasında değişen malzeme örneklerinin ses yutma özellikleri, kullanılan ses yayılım modeliyle araştırılmıştır. Açık gözeneklilik arttıkça ses yutma katsayısının maksimum olduğu frekans değeri, yüksek frekanslara doğru kaymış ve bu frekanslardaki maksimum ses yutma değeri düşmüştür (Şekil 2). Ses yutma katsayısının maksimum olduğu frekans dışındaki frekanslarda ise açık gözeneklilik arttıkça ses yutumunun arttığı gözlenmiştir (Şekil 2). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Knapen ve diğerlerinin [1] yaptığı çalışmanın sonuçlarından farklıdır. Gözeneklilik yapısını şekillendiren değişkenlerin kontrol edilebildiği bu tür akustik modelleme çalışmaları [1, 2] açık gözeneklilik parametresinin tek başına, malzemenin ses yutma niteliklerinin tayininde belirleyici bir özellik olmadığını, gözenek boyutu ve yapısal karakteristiklerin de malzemenin ses yutuculuğunu etkilediği göstermektedir.

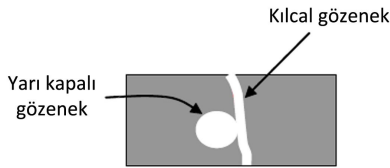
Neithalath’ın aynı çalışmasında, %25 gözenekliliğe sahip 100mm kalınlığındaki “gözenekliliği arttırılmış beton” malzeme örnekleri modellenmiş; açık gözeneklilik ve büyük gözenek çapının kılcal gözenek çapına oranı sabitken, gözenek boyutları değiştirildiğinde ses yutma katsayılarındaki değişimleri, ses yayılım modeli kullanılarak sorgulanmıştır [2]. Analizlerin ses yayılım modeliyle yapıldığı bu çalışmada, gözenek çapı arttıkça maksimum ses yutma katsayısının azaldığı, bu katsayının etkin olduğu frekansın ise yaklaşık aynı aralıklarda kaldığı gözlenmiştir (Şekil 3).



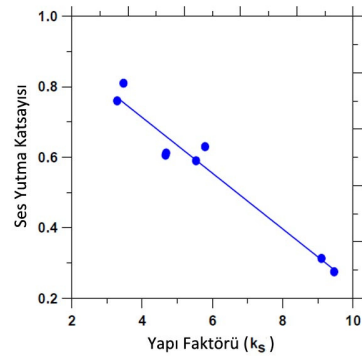
Şekil 3: “Gözenekliliği artırılmış beton” örneklerinde gözenek çapı ile ses yutma katsayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik [2]

Gözenek yapısı ile ilgili olan, farklı tipteki gözeneklerin birbirleriyle ilişkisini dikkate alan diğer bir parametre ise literatürde “yapı faktörü (structure factor, k_s)” olarak adlandırılan parametredir [11]. Gözenekli malzemelerde açık gözeneklerin oluşturduğu kılcal boşluklara bağlanan görece kapalı yapıdaki kimi gözenekler ses dalgasının kılcal yollar içerisinde oluşturduğu akışta etkin bir rol oynamazlar (Şekil 4) [2, 11]. Yapı faktörü, açık gözeneklilik değeri için kullanılan bir düzeltme faktörüdür ve açık gözeneklilik değerinin, malzeme içindeki akışta etkin olan gözeneklerin hacmine bölünmesiyle bulunur. Malzeme içindeki akışta etkin olan gözeneklilik, kaynaklarda “etkili gözeneklilik” veya “akustik gözeneklilik” olarak adlandırılır [2].

Karmaşık gözenek yapısındaki malzemelerde yapı faktörünün hesaplanması veya basit deneysel yöntemlerle ölçülmesi zordur [11]. Diğer yandan, bu parametrenin malzemenin ses yutuculuğuna etkisi, gözenekli malzemelerde ses yayılımını inceleyen modellerde [11,13,14] dikkate alınmıştır. Neithalath’ın modele dayalı yaptığı parametrik çalışmasında [3], yapı faktörü arttıkça maksimum ses yutma katsayısı değerinde bir düşüş gözlenmiştir (Şekil 5).

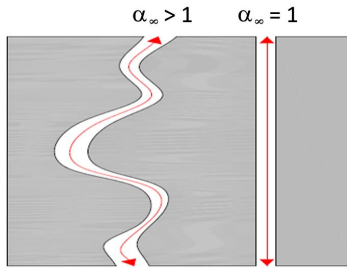


Şekil 4: Ses yayılımında etkin olan açık, kılcal gözenekler ile bunlara bağlanan etkisiz ölü gözenekler [2, 11]

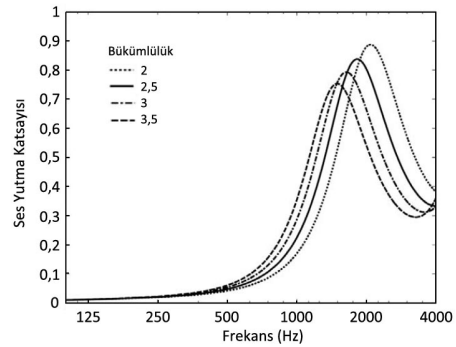


Şekil 5: “Gözenekliliği artırılmış beton” örneklerinde yapı faktörü ile ses yutma katsayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik [2]

Gözenek yapısının daha detaylı incelendiği çalışmalarda, gözeneklerin oluşturduğu kanalların malzeme içinde ne kadar kıvrımlı bir yol izlediğini tanımlayan bir özellik olan “bükümlülük (tortuosity)” kavramı ele alınmıştır. Bükümlülük kavramı çeşitli kaynaklarda “yapı şekil faktörü (structural form factor)” olarak da adlandırılmaktadır [13, 14]. Bükümlülük, malzeme içindeki birbirine bağlı gözeneklerin oluşturduğu ses yayılım kanallarının uzunluğunun malzemenin kalınlığına oranlanmasıyla bulunur [1]. Şekil 6’da bükümlülük özelliğinin bir betimlemesi verilmiştir. Şekilde geçen “ α_∞ ” simgesi bükümlülüğü ifade etmekte olup, malzemede ki ses yayılım kanalı, malzeme kalınlığına eşit olduğu durumda bükümlülük “1”e eşittir; bükümlülük arttıkça, bükümlülük değeri 1’in üzerine çıkmaktadır. Taneli yapıdaki gözenekli pek çok malzemede bu değer “1” in üzerindedir [9].



Şekil 6: Malzeme bükümlülük özelliğinin gösterimi



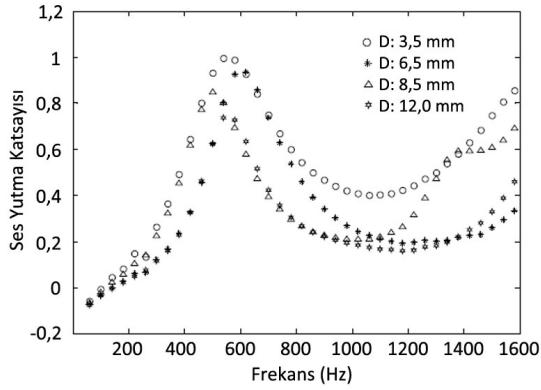
Şekil 7: “Polimer katkılı gözenekli beton” örneklerinde bükümlülük değeri ile ses yutma katsayısı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik [4]

Bükümlülük, özellikle gözenekli bir malzemenin yüksek frekanslardaki ses yutuculuğunu etkileyen bir özelliktir [9]. Knapen ve diğerleri “polimer katkılı gözenekli çimento harçları” üzerine yaptıkları çalışmada, bükümlülük değeri ile ses yutma değeri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir (Şekil 7) [1]. Bu çalışmada, bükümlülük değeri azalan örneklerde, maksimum ses yutma katsayısı değerinin arttığı ve bu maksimum değerın gözlemlendiği frekansın da daha yüksek frekanslara doğru ötelendiği belirtilmektedir. Diğer yandan, Cox ve D’Antonio, ses yayılım kanallarının karmaşıklığı arttıkça, malzeme içinde ses yutununun da artacağını ifade etmektedirler [8]. Knapen ve diğerlerinin [1] çalışmasında sunulan sonuç ile Cox ve Antonio’nun [8] açıklaması çelişmektedir. Bu ilişkiyi daha iyi tanımlalamak için ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç olduğu ve bir malzemenin ses yutma performansının sadece bükümlülük değerine bağlanamayacağı düşünülmektedir.

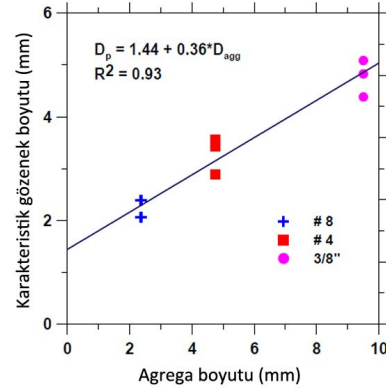
3. MALZEME BİLEŞENLERİNİN SES YUTUCULUK PERFORMANSINA ETKİSİ

Bu bölümde; sıva, harç, beton gibi malzemelerin gözeneklilik yapısına etki eden tane boyutu, bağlayıcı oranı ve lif oranı gibi bileşim özellikleriyle ses yutma özellikleri arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar irdelenmiştir.

Malzemenin gözeneklilik yapısını ve dolayısıyla ses yutma performansını etkileyen önemli unsurlardan biri agrega boyutları ve dağılımıdır. Vasina ve diğerleri [3], portland çimentosu, uçucu kül, akışkanlaştırıcı katkı maddesi ile konsolide edilmiş ve 3,5 mm-12 mm arasında boyutlara sahip “genleştirilmiş kil taneleri” kullanılarak üretilen malzeme örneklerinin ses yutma performanslarını deneysel analizlerle incelemişlerdir. Karakteristik çapı 3,5 mm olan tanelerle hazırlanan örneklerin, maksimum ses yutma katsayısı değerinin en yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 8). Karakteristik tane çapı arttıkça, ses yutma değeri azalmaktadır.



Şekil 8: “Konsolide edilmiş genleştirilmiş kil taneleri” ile hazırlanan malzeme örneklerinde agrega boyutları ile ses yutma katsayısı arasındaki ilişki [3]

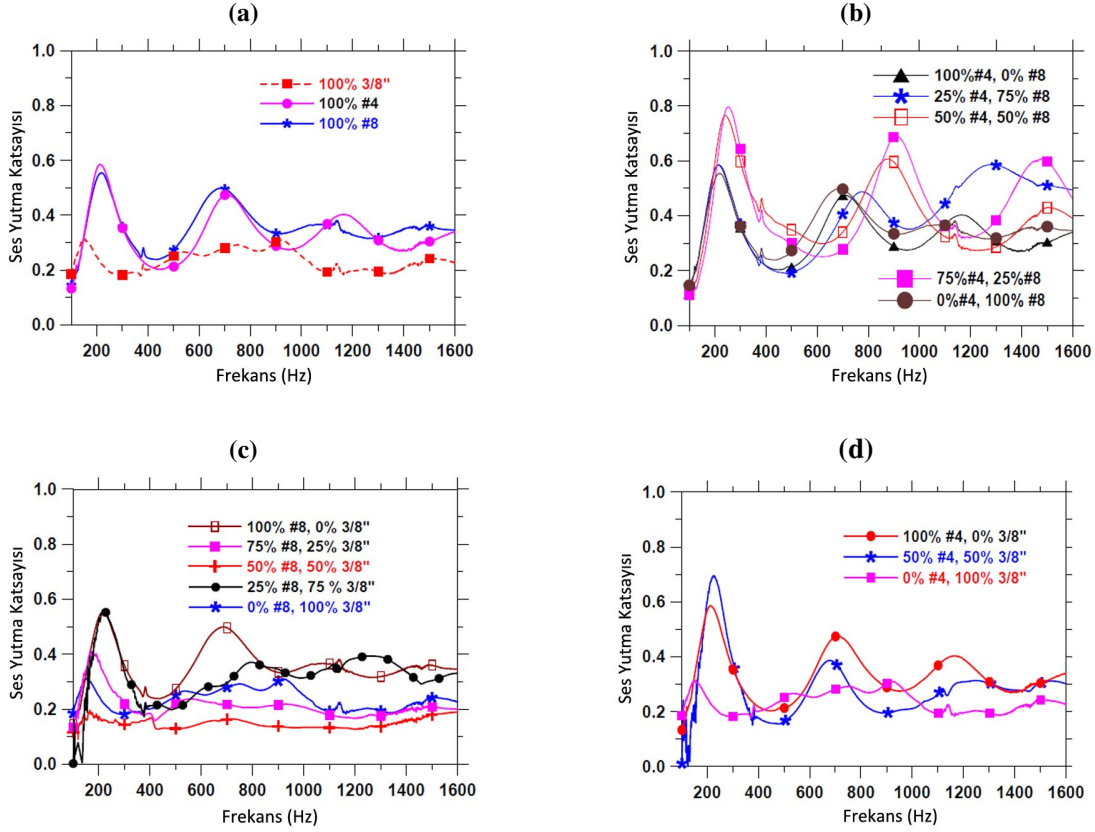


Şekil 9: “Gözenekliliği artırılmış beton” örneklerinde agrega boyutları ile karakteristik gözenek boyutları arasındaki ilişki [2]

Neithalath da [2], Vasina ve diğerlerinin yaptığı çalışmaya [3] benzer bir yaklaşımla, agrega boyutu ile ses yutumu arasındaki ilişkiyi deneysel çalışmalarla incelemiş; eleklerden geçirilip belli boyutlara göre gruplandırılan agregalar ile hazırlanan “gözenekliliği artırılmış beton” örneklerin ses yutma katsayılarını ölçmüştür. Bu ölçümlere göre, #3/8 kodlu elekte kalan agregalar (tane boyutu 9,5 - 12,5mm arası) ile hazırlanmış malzeme örneği, diğer daha ufak tanelerin ayrıldığı #4 (tane boyutu 4,75 - 9,5mm arası) veya #8 (tane boyutu 2,36 - 4,75mm arası) kodlu eleklerde kalan agregalar ile hazırlanan malzemelerden daha düşük ses yutma performansına sahiptir (Şekil 10a). Kısacası, tek elekten geçen agregalarla hazırlanan beton örneklerde, agrega boyutu arttıkça, ses yutma değerinin azaldığı görülmüştür. Bu sonuç, Vasina’nın [3] elde ettiği verilerle uyumludur. Neithalath, farklı agrega boyutlarının beton malzemedeki karakteristik gözenek çapına etkisini de araştırmış; karışımdaki agrega boyutu arttıkça karakteristik gözenek boyutlarının arttığını belirlemiştir (Şekil 9) [2]. Sonuç olarak, büyük ebatlardaki agregaların kullanımıyla gözenek boyutlarındaki artışın ses yutumunu azaltılabileceğine değinmiş (Bkz. Şekil 3); açık gözeneklilik değerindeki artışın her koşulda malzemenin ses yutuculuğunu arttırmayabileceğinin, gözenek boyutlarının da ses yutuculuğunu etkileyen belirleyici bir özellik olduğunun altını çizmiştir. Bu kapsamda yapılan deneysel analizlerden elde edilen bu veriler [3] ile akustik modelleme analizlerinden elde edilen veriler [1, 2] birbirlerini destekler niteliktedir.

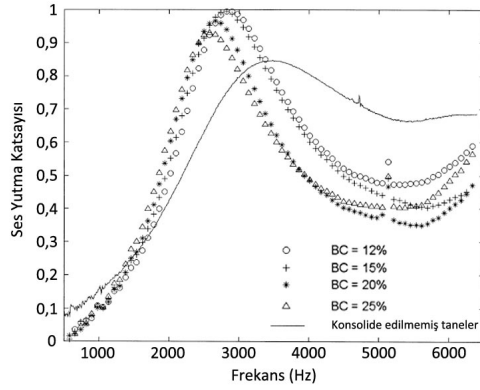
Neithalath, aynı zamanda, birden fazla agrega grubunu karıştırarak elde ettiği farklı agrega karışımlarının/dağılımlarının malzemenin ses yutuculuğuna olan etkisini araştırmıştır [2]. Burada, #3/8 ve #4 kodlu eleklerde kalan agregaları karıştırarak hazırlanan malzeme örneklerinin ses

yutma katsayısı değerleriyle (Şekil 10d), #3/8 ve #8 kodlu eleklerde kalan agregaları karıştırarak hazırlanan malzemelerin ses yutma katsayısı değerleri (Şekil 10c) incelenmiş; bu karışımlardaki büyük tanelerin ses yutumu önemli derecede katkı yapmadığı belirlenmiştir. Diğer yandan, #4 kodlu ve #8 kodlu eleklerde kalan agregaların belli oranlarda karıştırılmasıyla, yani daha ufak taneli karışımlardan hazırlanan malzemelerin ses yutma değerlerinde dikkate değer bir yükselme gözlemlenmiştir (Şekil 10b).

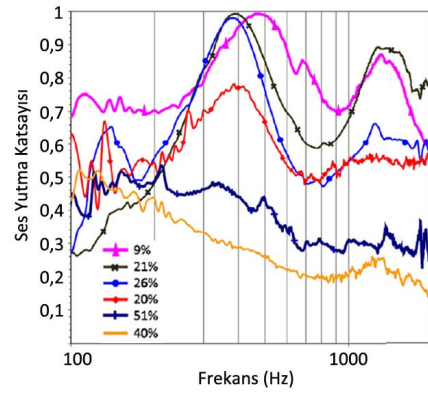


Şekil 10: “Gözenekliliği artırılmış beton” malzeme örneklerinin ses yutma katsayısı ile agrega boyutları ve dağılımları arasındaki ilişki [2] (a) Tek elekten geçen agrega grubuyla hazırlanan malzemeler: #3/8, #4 ve #8 kodlu agrega gruplarının karşılaştırılması; (b) #4 ve #8 kodlu eleklerden geçen ve farklı oranlarda karılan, (c) #8 ve #3/8 kodlu eleklerden geçen ve farklı oranlarda karılan, (d) #4 ve #3/8 eleklerden geçen ve farklı oranlarda karılan agrega karışımlarıyla hazırlanan beton örneklerinin karşılaştırılması

Taneli yapıdaki gözenekli malzemelerde kullanılan bağlayıcı miktarı, malzemenin gözeneklilik yapısını doğrudan etkileyen bir başka etmendir. Burada, kireç ve polimer esaslı bağlayıcıların kullanıldığı farklı harç malzemelerin ses yutuculuk performanslarını inceleyen çalışmalar değerlendirilmiştir. Horoshenkov & Swift [4], çeşitli boyutlardaki kauçuk taneler ile poliüretan bağlayıcı maddenin basınç altında sıkıştırılmasıyla hazırladıkları malzeme örneklerinde bağlayıcı madde oranının, ses yutuculuğuna olan etkisini sorgulamışlardır. Malzeme içerisindeki bağlayıcı miktarı arttıkça, ses yutma değerlerinin azaldığı belirtilmiştir (Şekil 11).



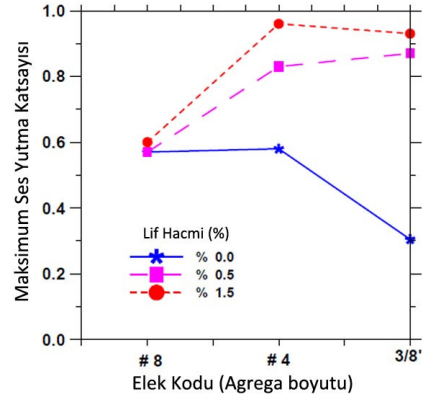
Şekil 11: “Kauçuk tanelerinin poliüretan bağlayıcı ile konsolide edilmesiyle oluşturulan malzeme” örneklerinde bağlayıcı miktarı ile ses yutma katsayısı arasındaki ilişki [4]



Şekil 12: Kenevir kıymığı katkılı beton örneklerde bağlayıcı oranı ile ses yutma katsayıları arasındaki ilişki [5]

Kireç bağlayıcının kullanıldığı kenevir kıymığı katkılı beton üzerine yapılan çalışmada da, bağlayıcı oranı arttıkça malzemenin ses yutuculuk performansının azaldığı gözlenmiştir [5, 6, 7]. Bu ilişki, bağlayıcı malzemesi farklı olmasına karşın, Horoshenkov & Swift'in [4] kauçuk taneli harç malzemesi için elde edilen verileri destekler niteliktedir. Ancak, bağlayıcı malzemenin çeşidi, miktarı ve niteliklerinin, malzemenin gözenek yapısına ve ses yutma performansına etkilerini iyi anlamak için kapsamlı deneysel çalışmalara ihtiyaç vardır.

Malzemeye katılan lifler de malzemenin ses yutma performansını etkileyebilecek şekilde gözeneklilik yapısına etki edebilmektedir. Neithalath yaptığı çalışmada [2], değişik boyutlardaki eleklerden geçirilerek gruplanan agregalar ve çimento bağlayıcı ile hazırladıkları gözenekliliği yüksek beton karışımlara 1-2mm kalınlığında, 50mm uzunluğunda polipropilen lifleri katarak, liflerin malzemenin ses yutuculuğuna etkisini incelemiştir (Şekil 13). #8 kodlu elekten geçen agrega ile hazırlanan ve gözenek boyutu 2-2,5 mm arasında değişen örneklerde, lif hacmindeki artışın, maksimum ses yutma katsayısı değerini değiştirmedeği görülmüştür. #4 kodlu elekten geçen agrega ile hazırlanan ve gözenek boyutu 2,5-3,5 mm arasında değişen örneklerde, içine katılan lif hacmi arttıkça malzemenin maksimum ses yutma katsayısının belirgin düzeyde arttığı gözlenmiştir. Lif hacmindeki artışın ses yutuculuk değerine en çok etki ettiği örnekler ise #3/8 kodlu elekten geçen agrega ile hazırlanan ve gözenek boyutu ve 4,4-5,2 mm arasında değişen örneklerdir. Sonuç olarak, lif katılmamış örneklerin ses yutuculuk katsayısı ile karşılaştırıldığında, gözenek boyutunun lif boyutuna yakın olduğu örneklerde lif hacmindeki artışın maksimum ses yutuculuk değerini değiştirmedeği; gözenek boyutlarının lif boyutlarından büyük olduğu örneklerde ise lif hacmindeki artışın maksimum ses yutuculuk değerini önemli ölçüde yükselttiği anlaşılmaktadır [2].



Şekil 13: “Gözenekliliği arttırılmış beton” örneklerinde lif hacmindeki artış ile maksimum ses yutma katsayısı değeri arasındaki ilişki [2]

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Son dönemlerde malzemelerinin akustik niteliklerini mikro yapı ölçeğinde irdeleyen araştırmaların malzeme teknolojisi ve akustik bilimine önemli katkıları vardır. Bu sahalarda ilerleyen araştırmalar sayesinde; gözenek yapısı dikkate alınarak nitelikli ses yutucu malzemelerin geliştirilmesi, tasarım ve üretim aşamalarında yeni malzemelerin akustik yeterliklerinin sınanması ve istenilen gözeneklilik ve akustik özelliklere katkıda bulunan hammadde özelliklerinin iyi anlaşılması mümkün olmaktadır. Bu bildiri ile gözenekli malzemelerin mikro yapı özelliklerinin malzemenin ses yutuculuğuna olan etkisini inceleyen çalışmalardan edinilen birikim değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki maddeler ile özetlenebilir:

(a) Genel bir kanı olarak dile getirilen “açık gözeneklilik arttıkça malzemenin ses yutuculuk değerinin artacağı” görüşü tartışılmış; açık gözenekliliğin tek başına ses yutumunu etkilemediği, gözenek boyutu ve dağılımının da malzeme içerisindeki sesin yayılımını belirgin düzeyde etki ettiği, hatta açık gözeneklilik azaldığı durumda dahi gözenek çapı ve küçük-büyük gözenek ilişkisinin ses yutumunu arttırabilen öğeler olduğu belirtilmiştir.

(b) Tane boyu ve dağılımının, malzemenin gözenek yapısının oluşmasında önemli rol oynadığı; ve bu sebeple malzemenin ses yutum karakteristiğini etkileyen önemli bir unsur olduğu vurgulanmıştır. Agregada dağılımlarında küçük tane boyutlarının varlığının ses yutumunu artırıcı yönde katkı sağladığı gözlemlenmiştir. Taneli yapıdaki malzemelerde lif katkısının ses yutuculuk katsayısını etkilediği; karakteristik gözenek boyutu ile lif çaplarının bu katsayıyı etkileyen parametreler olduğu belirtilmiştir. Bağlayıcının, malzemenin ses yutuculuk performansına etkisi, bağlayıcı cinsi ve miktarı ile malzemenin gözenek yapısı, performansı ve ses yutuculuk karakteristikleri arasındaki ilişkileri inceleyen kapsamlı deneysel çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir.

(c) Gözenek yapısını tanımlayan parametrelerden biri olan “bükümlülük” değerinin ses yutma katsayısı ile ilişkisinin daha iyi tanımlanabilmesi için kapsamlı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Yapılan çalışmalardan elde edilen verilerin mimarlar, mühendisler, üreticiler ve ilgili diğer disiplinler tarafından yakından takibi; yeni ve nitelikli malzemelerin geliştirilmesi, ülkemizde yapılacak araştırmaların yönlendirilebilmesi ve yapılarda etkin yapı malzemeleri kullanılarak mimari program ile uyumlu akustik ortamların oluşturulabilmesi için gereklidir.

KAYNAKLAR

1. E. Knapen, R. Lanoye, G. Vermeir, W. Lauriks, & D. Van Gemert, “Acoustic properties of sound absorbing, polymer-modified porous cement mortars,” in *Proc. the 6. International Conference on Material Science and Restoration*. (2003).
2. N. Neithalath, “Development and characterization of acoustically efficient cementitious materials,” PhD dissertation, Purdue University, Indiana, (2004).
3. M. Vasina, D. C. Hughes, K. V. Horoshenkov, & L. Lapcik Jr., “The acoustical properties of consolidated expanded clay granulates”. *Applied Acoustics*, 67, (2006), pp: 787-796.
4. K. V. Horoshenkov, M. J. Swift, “The effect of consolidation on the acoustic properties of loose granulates”, *Applied. Acoustics*. 62, pp:665–690 (2001).
5. P. Gle, E. Gourdon, and L. Arnaud, “Acoustical properties of materials made of vegetable particles with several scales of porosity,” *Applied. Acoustics*. 72, (2011), pp:249–259.
6. L. Arnaud & V. Cerezo, “Qualification physique des matériaux de construction à base de chanvre – Rapport final – Programme de juin 1998 à août 2001”, Rep. CNRS 071462; (2001), pp:659–78,
7. V. Cerezo, “Propriétés mécaniques, thermiques et acoustiques d’un matériau a base de particules végétales: approche expérimentale et modélisation théorique,” Ph.D. dissertation , Ecole doctorale MEGA, Lyon, (2005).
8. T. J. Cox & P. D'Antonio. Chap. 5 in *Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory Design and Application*. London: Taylor and Francis, (2009).
9. H. S. Seddeq, Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), (2009), pp: 4610-4617.
10. E. Knapen, R. Lanoye, G. Vermeir, W. Lauriks, & D. Van Gemert, “Sound absorption by polymer-modified porous cement mortars,” in *Proc. 11th Congress on Polymers in Concrete*. Berlin, Germany, (2004).
11. C. Zwikker & C. W. Kosten, *Sound Absorbing Materials*, Elsevier Publishing Company: Newyork, (1949).
12. T. J. Lu, F. Chen & D. He, “Sound absorption of cellular metals with semi-open cells,” *JASA*, 108(4), (2000), pp:1697-1709
13. M. A. Biot, “Theory of propagation of elastic waves in a fluid saturated porous solid. I. Low frequency range,” *JASA*, 28(2), (1956), pp:168-178.
14. M. A. Biot, “Theory of propagation of elastic waves in a fluid saturated porous solid. II. Higher frequency range,” *JASA*, 28(2), (1956), pp:179-191.