

# SES YALITIMI

Prof. Dr. Mehmet Çalışkan



Havada dalga şeklinde yayılmakta olan ses duvar vb. bir engel ile karşılaştığında enerjisinin bir kısmını yüzeyin ses yutma özelliğine bağlı olarak ısı enerjisiye dönüştürür. Enerjinin bir kısmı da yansıyan ses dalgası olarak geri döner. Yüzeye düşen enerjinin göreceli olarak daha küçük bir kısmı duvarın arkasına iletilir. Diğer küçük bir bölümü de duvar içinde titreşim dalgaları oluşturur.

Ses yalıtımı, sesin bir ortamdaki farklı özellikteki başka bir ortama geçerken/iletilirken uğradığı enerji ya da güç kaybının derecesini ifade etmede kullanılan bir terimdir. Burada özellikten kasıt, ortamın günlük ve içindeki sesin yayılma hızının çarpımı olarak tanımlanan akustik empedans (çeli) değeridir. Ses dalgasının yayılması sırasında değişik çeli özelliğindeki katmanlarla karşılaşması, her çeli değişiminde daha az enerji iletilmesine yol açacağı için katmanlı yapılar ses yalıtım çalışmalarında yaygınlaşmıştır.

Mekan içinde yürütülen fonksiyona uygun akustik konfor koşullarını sağlamak amacıyla yapılan akustik tasarım sürecinde öngörülen

- Mekanın mimari programına uygun çınlama özelliklerine sahip olması,
- Mekan içinde yankı vb. akustik hata/maraz bulunmaması,
- Oluşan sesin programa uygun olarak berrak/net ve gür olması, mekan içindeki konumlara göre büyük farklılık göstermemesi,
- Arka plan gürültüsünün fonksiyona uygun, kabul edilebilir düzeyde olması

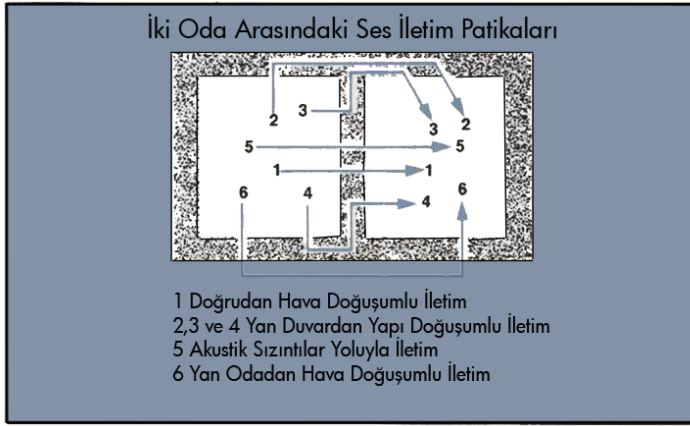
olarak kabaca özetlenen ölçütler arasından arka plan gürültüsü ile ilgili en sonuncusu, yalıtım çalışmaları ile doğrudan ilgilidir. Arka plan gürültüsünün bileşenleri

- Mekan dışından yapı elemanları aracılığı ile iletilen gürültü
- Mekan içindeki tesisat, donanım vb. öğelerden kaynaklanan gürültü

olarak tanımlıdır. Yalıtım çalışmalarının özü, mekan dışından yapı elemanları aracılığı ile mekan içine iletilen gürültünün engellenmesidir. Mekan içinde konuşmaların anlaşılabilirliği açısından mekan sınırlarından içeriye giren gürültünün belli bir düzeyden fazla olmaması gerekir. Aynı şekilde yapılan bir iş sırasında konsantrasyon kaybı yaşanmaması ve iş verimliliğinin düşmemesi için yine arka plan gürültü düzeylerinin denetlenmesi öngörülmüştür.

## GÜRÜLTÜNÜN YALITIMI

Mekan içine iletilen gürültünün doğuş biçimi ve yayılma ortamı dikkate alındığında iki farklı şekilde ortaya çıktığı anlaşılır. Havada doğan ve hava yoluyla etkilenen kişiye ulaşan gürültü türüne hava doğuşumlu gürültü denir. Bir hoparlörden çıkan ve kişilere ulaşan ses buna en güzel örnektir. Diğer gürültü türü ise yapıya etkileyen kuvvet ya da etkiler sonucu yapı üzerinden yayılan gürültüye yapı doğuşumlu gürültü adı verilir. Kişilerin ayak seslerinden ortaya çıkan darbe gürültüsü bu tür gürültünün en belirgin şeklidir. Farklı yapıdaki her iki gürültü türü için farklı gürültü denetimi önlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu iki tür gürültü Şekil 1'de özetlenmektedir. Ortak yapı elemanları üzerinde bulunan delik, çatlak, açıklık vb. üzerinden akustik sızıntılar, hava doğuşumlu gürültü olarak değerlendirilmektedir.



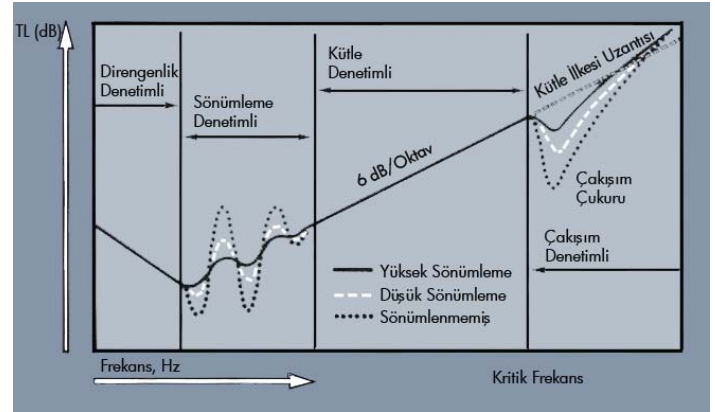
Şekil 1. Hava doğuşumlu ve yapı doğuşumlu gürültü

Özellikle duvar, tavan, çatı, kapı, pencere vb. yapı elemanları aracılığı ile mekan içine iletilen gürültü hava doğuşumlu olarak yayılır. Hava doğuşumlu gürültünün yalıtımında kullanılan parametreler ses geçiş katsayısı ve ses geçiş kaybıdır. Ses geçiş katsayısı ( $\tau$ ) yapı elemanından öbür tarafa geçen sesin enerjisinin ya da gücünün yapı elemanın ön yüzüne düşen ses enerjisine ya da gücüne oranı olarak tanımlanır. Doğallıkla bu sayı 1'den küçük, hem de çok küçük olacaktır. Tipik yapı elemanları için bu katsayı 0,01 ile 0,000001 arasında değişmektedir. Bu mertebedeki sayıların anımsanması, aktarılması ve yönetiminde oluşabilecek olası hataların ve karşılaşılabilecek zor-

lukların önüne geçebilmek için logaritmik bir ölçek ile Ses Geçiş Kaybı (TL) parametresi tanımlanmıştır. Ses geçiş kaybı desibel (dB) cinsinden  $TL=10 \log (1/ \tau)$  dB eşitliği ile ifade edilir. Ses geçiş katsayısının tersinin logaritma ifadesinde yer alması, ortaya çıkacak eksi sayıları önlemek içindir. Ses geçiş katsayısı ise bu ifadeden  $\tau = 10^{-TL / 10}$  olarak tanımlıdır. Bu iki ifadeden ses geçiş katsayısı yüksek olan malzemenin ya da yapı elemanının ses geçiş kaybının düşük olacağı anlaşılmaktadır. Ses geçiş kaybının yüksek olması, ses geçiş katsayısının düşük olmasını, ya da yapı elemanının öbür yüzüne daha az ses gücü ya da enerjisi geçişine izin vermesi anlamını taşır. Örneğin, ses geçiş kaybı 60 dB olan bir duvar ön yüzüne düşen sesin enerjisinin milyonda birinin diğer yüze geçmesine izin verirken, 30 dB olan bir duvar sesin enerjisinin binde birinin diğer yüzüne geçmesine müsaade etmektedir.

## HAVA DOĞUŞUMLU SESİN YALITIMI

Yapı malzemelerinin ses geçiş kaybı pek çok değişkene bağlı olarak değişmektedir. Sesin frekansı bunların arasında en önemlisidir. Düşük frekanslı (bas) seslerin ses geçiş kaybı düşüktür. Frekans arttıkça ya da ses tizleştikçe genelde ses geçiş kaybı artma eğilimi gösterir. Apartmanlarda daireler arasında uğultu olarak nitelendirilen bas seslerin geçişinin engellenememesi bunun sonucudur. Şekil 2'de bir panelin ses geçiş kaybının frekans ile değişimi gösterilmektedir.



Şekil 2. Bir panelin ses geçiş kaybı davranışının frekans ile değişimi

Şekilden de anlaşılacağı gibi frekans arttıkça yapı elemanlarının ses geçiş kaybı artmaktadır. Ancak, çakışım

frekansı ya da kritik frekans olarak nitelendirilen bir frekansta ses geçiş kaybı aniden hızla düşerek çakışım çukurunu oluşturur. Bu frekans havadaki ses dalgasının dalgaboyunun paneldeki titreşim dalgasının dalgaboyuna eşit olduğu frekanstır. Çakışım frekansında panelin kendisi bir ses kaynağı gibi davranmakta ve bu nedenle ses geçiş kaybında düşme kaydedilmektedir. Bu frekansın belirlenmesi için analitik bir ifade mevcut olmamakla birlikte bazı malzemeler için ampirik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Deneysel olarak belirlenebilen çakışım frekansında ses yayılımının yönü panelin yüzeyine paralel olmaktadır. Örneğin, çelik paneller için bu frekans panelin kalınlığı ile ters orantılıdır. Panelde mevcut sönümlenme miktarı bu çukurun boyutunu belirleyici olmaktadır. Eğer panel malzemesinin sönümlenme oranı yüksek ise çakışım frekansında düşme miktarı daha az olmaktadır.

Diğer önemli bir etken ise duvarın/panelin yoğunluğu ile kalınlığının çarpımı olarak tanımlanan yüzey yoğunludur. Bu parametre belli kalınlıktaki panelin birim alanının (bir metrekaresinin) kütlesi olarak da ifade edilebilir ve  $\text{kg/m}^2$  cinsinden ölçülür. Yüzey yoğunluğu arttıkça malzemenin ses geçiş kaybı artar. Aynı malzemedan yapılan bir panelin kalınlığı daha az olanının daha fazla olanından daha düşük ses geçiş kaybına sahip olacağı açıktır.

Şekil 2'de kütle denetimli olarak işaretli bölgede, kütle yasası olarak bilinen ve sesin rasgele açılarda duvarın ön yüzüne düşmesi durumunda geçerli olan eşitlikle ses geçiş kaybı TL, frekans(f-Hz) ve yüzey yoğunluğu ( $\sigma$ - $\text{kg/m}^2$ ) cinsinden  $TL = -48 + 20 \log(\sigma f)$  hesaplanabilmektedir. Panel malzemesinin izotropik ve homojen olması durumunda tüm kütlelerin küçük kütleler kümesinden oluştuğu varsayımı ile yazılabilen bu ifade ile çakışım frekansı altında belli frekans aralığında ses geçiş kaybı değerlerini kestirebilmek mümkündür. Yine kütle denetimli bölgede frekans bir oktav (iki misli) artırıldığında ses geçiş kaybındaki artış 6 dB olur. Benzer şekilde aynı bölgede yüzey yoğunluğu iki misli artırıldığında ses geçiş kaybındaki artış

da 6 dB olacaktır. Bazı yapı malzemelerinin ses geçiş kaybı değerleri frekansa göre Çizelge 1'de özetlenmektedir.

Çizelge 1. Bazı yapı malzemelerinin ses geçiş kaybı değerleri [dB]

Malzeme	Oktav Bant Merkez Frekansı[Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Kontrplak-9 mm kalınlıkta	14	18	22	20	21	26
Camyünü Çatı Siltesi (8cm kalınlıkta)	6	9	11	16	20	25
Celik Sac-1 mm kalınlıkta	12	14	15	21	21	25
Pencere Camı-3mm kalınlıkta	18	21	26	31	33	22
Betonarme Döşeme- 10cm kalınlıkta	48	42	45	56	57	66

Ses geçiş kaybını etkileyen üçüncü önemli etken malzemenin katmanlı yapıda olmasıdır. Kuru duvar konstrüksiyonu olarak bilinen ve alçı plakalardan oluşturulan duvar sistemlerinde kütle-yay-kütle davranışı önem taşımaktadır. Burada kütleleri alçı plakalar, yayı ise aradaki hava boşluğu ya da içine konulan ses yutucu lifli malzeme simgelemektedir. Bilimsel deyimle mekanik bir filtre sistemi gibi davranan bu konfigürasyon ile yüksek ses geçiş kaybı değerleri elde etmek mümkündür. Camyünü, taşıyünü vb. lifli malzemeler iyi bir ısı yalıtım malzemesi olmakla birlikte ses yalıtımında ses yutma fonksiyonları ya da yetkinlikleri marifetiyle görev yaparlar. Ses yalıtımında en önemli görevi kütleler (duvar plakaları) üstlenir. Lifli malzemeler ses yutma özelliklerinin yüksek olması nedeniyle aradaki boşlukta oluşan durağan dalgaların olumsuz etkilerini en aza indirdikleri için duvar plakalarına ses yalıtımında yardımcı olurlar. Şekil 3 ve 4'te aradaki boşlukta yer alan lifli malzemenin etkisi açıkça gözlenmektedir. Lifli malzemenin varlığı ses geçiş kaybı değerlerinde 8 dB bir artışa neden olmaktadır.

## Sound Insulation Prediction (v6.3)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2009

MARSHALL DAY  
Acoustics

Margin of error is generally within +/- 3STC

Job Name:

Notes:

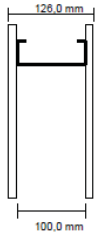
Job No.:

Page No.:

Date: 10 Ara 10

Initials:MCAliskan

File Name: alci\_12,5+10+12,5.ins



STC 37  
OITC 27

### System description

Panel 1 Outer layer: 1 x 12,5 mm Gypsum plasterboard (m=8,6 kg/m<sup>2</sup>, fc=3038 Hz, damping=0,01)

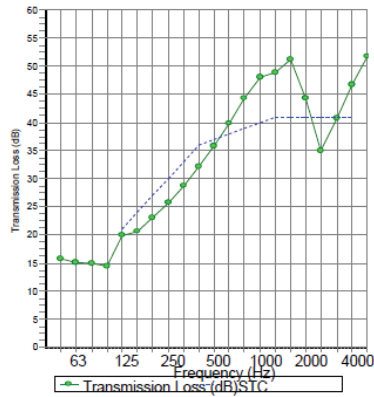
Cavity: Steel stud @ 600 mm , Infill nothing Thickness 100 mm

Panel 2 Inner layer: 1 x 12,5 mm Gypsum plasterboard (m=8,6 kg/m<sup>2</sup>, fc=3038 Hz, damping=0,01)

Mass-air-mass resonant frequency =108 Hz

Panel Size 2,7x4 m

frequency (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	16	
63	15	15
80	15	
100	14	
125	20	17
160	21	
200	23	
250	26	25
315	29	
400	32	
500	36	35
630	40	
800	44	
1000	48	47
1250	49	
1600	51	
2000	44	39
2500	35	
3150	41	
4000	47	44
5000	52	



Şekil 3. Arada yalnızca boşluk olan alçı duvar konfigürasyonunun ses geçiş kaybı özellikleri

## Sound Insulation Prediction (v6.3)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2009

MARSHALL DAY  
Acoustics

Margin of error is generally within +/- 3STC

Job Name:

Notes:

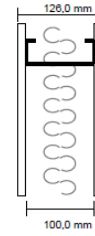
Job No.:

Page No.:

Date: 10 Ara 10

Initials:MCAliskan

File Name: insul



STC 45  
OITC 29

### System description

Panel 1 Outer layer: 1 x 12,5 mm Gypsum plasterboard (m=8,6 kg/m<sup>2</sup>, fc=3038 Hz, damping=0,01)

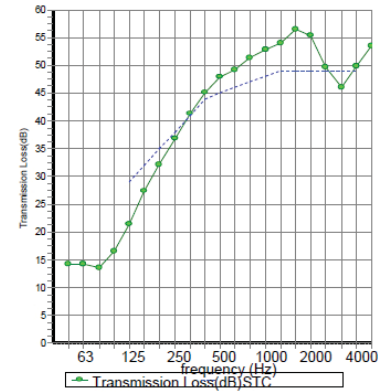
Cavity: Steel stud @ 600 mm , Infill Rockwool (48kg/m<sup>3</sup>) Thickness 50 mm

Panel 2 Inner layer: 1 x 12,5 mm Gypsum plasterboard (m=8,6 kg/m<sup>2</sup>, fc=3038 Hz, damping=0,01)

Mass-air-mass resonant frequency =92 Hz

Panel Size 2,7x4 m

frequency (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	14	
63	14	14
80	14	
100	17	
125	21	20
160	27	
200	32	
250	37	35
315	41	
400	45	
500	48	47
630	49	
800	51	
1000	53	53
1250	54	
1600	57	
2000	55	53
2500	50	
3150	46	
4000	50	49
5000	54	



Şekil 4. Arada boşlukta lifli malzeme bulunduran alçı duvar konfigürasyonunun ses geçiş kaybı özellikleri

Bu çalışmada malzemelerin ses yalıtımı ile ilgili temel konular açıklanmaya çalışılmıştır. Malzemelerin ses geçiş kaybının bağlı olduğu etkenler irdelenmiş ve uygulamadan örnekler verilmiştir. Ayrıca ses yalıtımında yanlış yerleşen terminolojiye açıklamalar getirilmiştir.

Hafif duvar konstrüksiyonlarında kütlelin ses yalıtımında belirleyici olduğu vurgulanmış, ancak kütle ile birlikte ses yutucu malzeme kullanımının kaçınılmaz olduğunun altı çizilmiştir.

