

Okullarda Akustik ve Konuşmanın Anlaşılabilirliği-1

Bartu Gökçora
Teknik Danışman
Knauf A.Ş.

Mekânsal akustiğin, özellikle sınıflarda ve dersliklerde, konu ve konuşmanın, yani içeriğin anlaşılabilirliğine katkısı göz ardı edilmemelidir. Akustiği düşünülmesi ve doğru şekilde tasarlanmış bir sınıf, hem öğrencinin bilgi haznını kolaylaştırması, aynı zamanda verimliliğin artması sonucunda kendine daha fazla vakit ayırabilmesi anlamına gelmektedir. Okullar sadece göze değil, kulağa da hoş gelmelidir.

İngiltere’de yapılmış olan araştırmalar, oldukça etkili yönetmelikler (BR Part E, BB93) hazırlanmasına vesile olmuştur. Bu yönetmelikler, “Eğitim amaçlı binaların tüm oda ve diğer mekanları uygun akustik şartlara ve kullanım amacını yerine getirecek gürültü düzeyine sahip olacak şekilde, gerekli yalıtım unsurları ele alınarak tasarlanmalıdır.” zorunluluğunu, mekanlar arasında olması gereken hava yollu ses yalıtım değeri, kabul edilebilir mekansal gürültü basıncı ve çınlama süreleri gibi birçok diğer yardımcı öğelerle birlikte, gündeme getirmişlerdir.

Global araştırmalar, sınıfların akustiğinin tasarlanmamış olmasının, öğrencilerin anlatılanları anlamakta güçlük çektiklerini ortaya çıkartmıştır. Yetişkinler, cümle içerisindeki kelimeleri, tahmin edebilme özellikleri sayesinde daha kolay anlayabilirken; çocuklar bahsi geçen boşlukların sadece %75 ini doldurabilmektedirler. Bu oran, bir sınıfta okunan ders notlarındaki her 4 kelimeden birinin anlaşılıp anlaşılmadığı anlamına gelmektedir ki bu orana yetişkin öğrenciler de dâhildir. Anaokulu ve ilkokullarda bu oran kimi zaman %50’nin altına inmektedir. Bu sonuçlar Francis BACON’un “Bizi güçlü yapan yediklerimiz değil, hazmettiklerimizdir... Bizi bilgili yapan okuduklarımız değil, kafamıza yerleştirdiklerimizdir.” sözünden yola çıkacak olursak; başarı düzeylerinin oldukça düşük seviyelere gerilemesine sebep olacaktır.

Gürültü Düzeyi (Ambient Noise Level) ve Anlaşılabilirlik:

Yüksek gürültü düzeyleri anlaşılabilirliği azalttığı gibi konuşmacının sesini yükseltmek zorunda kalması sebebi ile daha çabuk yorulması anlamına gelmektedir. Aynı zamanda, komşu mekânlardan, bina dışından veya öğrenciler vasıtası ile oluşabilecek gürültü düzeylerinin, kabul edilebilir sınırlarda olması en önemli faktörlerden biridir. Her iki durumda da verim düşmektedir. İşlenen konunun öğrencilerce kavranabilmesinin, öğretmenin konuşmasının anlaşılabilirliği ile doğru orantılı olduğu bir gerçektir. Konuşmacının anlaşılması için gerekli olan

akustik faktörler:

- Mekansal (ortam) gürültü:** Komşu mekânlardan, bina dışından veya öğrenciler vasıtası ile oluşabilecek gürültü düzeyleri;
- Konuşmanın anlaşılabilirliği:** Dil, kelime dağarcığı, sözcük ve kelime benzerliği, konu içeriği, kelimedeki hece veya fonetik eleman sayıları, ortam gürültü düzeyi,
- Sınıfın çınlama özelliği:** Mekansal geometri, hacim ve kullanılan ses yutucu malzeme oranıdır.

Bu faktörlerin yanı sıra, yapılan detaylı incelemeler, sınıflarda alınması gereken en önemli üç ana tedbirin

- Ortam gürültü düzeyini en aza indirmek
- Konuşmacının sesini yükseltmesini sağlamak
- Öğretmen ile öğrenci arasındaki mesafeyi azaltmak olduğunu göstermektedir.

Bu üç faktör içerisinde mantiğe en uygun gelen, mimari olarak doğru önlemleri almak ve pasif önlemlerle birlikte yalıtım detayları uygulayarak hem ses yalıtımını standartlara uygun sınırlarda tutmak, hem de sınıf içerisindeki çınlama sürelerini optimum hale getirmektir.

Bir örnek vermek istenirse; optimum ortam gürültü düzeyine sahip bir sınıfta bir konuşmacı 1 metre mesafedeki dinleyici için 65dB ses basıncı ile konuştuğunda, bu değer “normal” olarak kabul edilebilir. (Tablo1)

Tablo 1

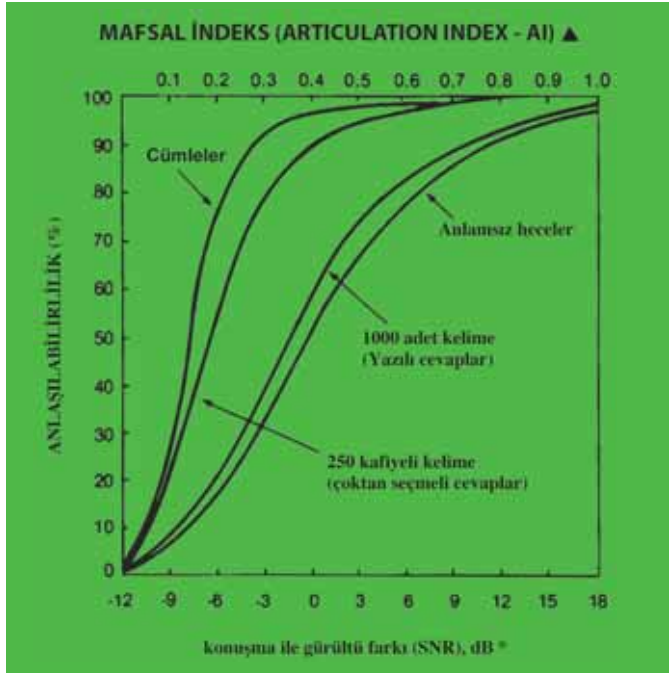
Dinleyici için konuşmacıdan gelen ses basınç seviyeleri (SPL) *
45dB : Fısıltı
55dB : Uygun, dinlendirici
65dB : Normal
77dB : Yükseltilmiş, gürültülü
84dB : Çok gürültülü
88dB : Eşik

* Konuşmacıdan 1 metre mesafede, karşısında oturan kişi için

Benzer bir ilişki, kullanılan kelime dağarcığı, ders konusu, dil ile anlaşılabilirlik arasında da kurulabilir. Bir derslikte konu 55dB (uygun ve dinlendirici) seviyede ve 52dB(A)’lık bir gürültü düzeyinde anlatılırken, cümlelerin %98’sinin dinleyiciler tarafından algılandığını varsayılmaktadır. [SNR değeri (sinyal gürültü oranı) 55-52=3dB]. Ancak kelimelerin her birinin %98’inin algılanabilmesi için gürültü düzeyi 37dB(A) olmalıdır [SNR değeri

ri 55-37=18dB] - (Şekil1). Bu durumda yabancı dil, matematik veya fen bilimleri gibi karışık kelime dağarcığına sahip konuların işlendiği dersliklerde gürültü düzeyi; tarih, coğrafya vb. daha çok cümle içeren konuların işlendiği dersliklere nazaran 15dB(A) daha az olmalıdır ki konuşmacı aynı şekilde ses düzeyini azaltarak anlaşılabilirliği arttırsın.

Şekil 1



* Değerin "-n" olması, gürültünün konuşma sesinden dB cinsinden ne kadar daha fazla bir basınca sahip olduğunu belirtmektedir.

▲ 0.1 de konuşma anlaşılabilirliği %10, 0.9' da %90 anlamına gelmektedir.

Akustik konusunu oldukça detaylı olarak ele alan İngiltere'de yapılan başka araştırmalarda (Shield et al,2001) ilkököl sınıflarındaki gün içi ortalama gürültü düzeyinin 72dBA olduğu tespit edilmiştir ki bu değer yoğun insan trafiğinin olduğu bir ortamda bulunmak ile eşdeğerdir. Öğrencilerin yaş ortalaması küçüldükçe, sınıf ortalama gürültü düzeyinde artış görülmektedir. Örneklendirmek gerekirse; 4-5 yaşındaki çocukların bulunduğu ana okulları sınıflarında ortalama gürültü düzeyi 66 ila 94 dBA arasında değerler vermekteyken, üniversite sınıflarında bu değer 44 ila 55 dBA arasında değişmektedir. Aşağıdaki veriler takip edilirse Anaokulu, 1.sınıf, 2.sınıf ve 3.sınıf ilköğretim okulu olmak üzere toplam 40 öğrenci üzerinde yapılan deneyde çıkan sonuçlar detaylı olarak takip edilebilir.

Sınıftaki genel gürültü düzeyinin her hangi bir sebeple artış göstermesi durumunda, öğretmen sesini yükseltmek zorunda kalacaktır. Aynı artış, öğrenci ile öğretmen arasındaki

mesafenin artması durumunda da geçerlidir. Aradaki mesafe arttıkça, öğretmen sesini yükseltmek zorunda kalacaktır. İşte bu tür komplikasyonları engellemek için sınıfın mekansal akustiğin geometri, ses yutucu ve yansıtıcı özelliğe sahip ürün ve sistemler doğru şekilde kullanılarak tasarlanması oldukça önemlidir. Şekil 1'den de görülebileceği gibi, AI (anlaşılabilirlik indisi) değeri ne kadar yüksek olursa, anlaşılabilirlik o kadar artmaktadır. Anlaşılabilirlik indisi değeri 0 ile 1.0 arasında belirtilmektedir; 1.0 anlaşılabilirliğin 100% olduğu anlamına gelmektedir. Örneklendirmek gerekirse, 1m mesafe içerisinde, anlaşılabilirlik indisi değerinin 0.9 olması 100 kelimedenden 96'sının anlaşılması ile sonuçlanmaktadır. Bu değer, anlaşılabilirlik indisinin 0.7'ye düşmesinde 90, 0.5'e düştüğünde ise 75 kelime ile sonuçlanmaktadır. Tablo 2

Tablo 2

Beklenen anlaşılabilirlik derecesi					
AI Değeri	Cümleler	Kelimeler (çoktan seçmeli test)	Kelimeler (yazılı test)	Kullanılabilirlik derecesi	
0.9	100	98	96	Olağanüstü	
0.7	100	98	90	Mükemmel	
0.5	97	95	75	İyi	
0.3	93	80	40	Kabul edilebilir	
0.1	30	20	10	Kabul edilemez	
1m den fazla mesafeler için AI düzeltmeleri					
AI Değeri	2m	4m	8m	16m	32m
0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0
0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0
0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Aynı zamanda mesafe arttıkça anlaşılabilirlik indisi değeri doğru orantılı olarak düşüş göstermektedir. 1 m içerisinde, anlaşılabilirlik indisi değeri 0.9 civarındayken; 2 m'de bu değer 0.7'ye, 3 m'de 0.5'e ve 16 m'de 0.1'lere kadar düşmektedir.

Sınıfların tasarım konseptleri, yukarıdaki araştırmalar ışığında, akustik faktörleri optimum değerlerde tutacak şekilde gerekli önlemler alınarak tasarlanmalıdır. Seçilecek sistem ve bileşenlerinin akustik özelliğinin olduğu ve yeterli performansa sahip olup olmadığı sorgulanmalıdır.

Organik yapısının da etkisi ile alçı ve alçı bazlı inşaat malzemeleri ile oluşturulan uygulamalar, uygulandıkları yüzeylere optimum değerlerde ses yutumu ve ses yalıtımı kazandırmaktadır. Perlitli alçı siva uygulamaları, fizyolojik yapısı sayesinde üzerine gelen ses dalgalarını soğurma ve dağıtma (difüze) etme özelliğine sahiptir. Aynı şekilde, birinci bileşeni alçı olan Kartonlu Alçı Plaka çeşitleri yapısı, uygulama şekli, birçok bileşenden oluşan kompozit bir sistem olması sebebi ile yüksek değerlerde ses yalıtım özelliğine sahiptir.

Akustik Performans Şartları

Mekarlarda uygun akustik performansın sağlanabilmesi için global yönetmelikler, aşağıda belirtilen akustik objektiflerin elde edilebilmesi amacı ile çeşitli ölçüleri bildirmektedir.

- Öğretmen ve sınıfta yer alan diğer öğrenciler arasında anlaşılabilir konuşma
- Sınıf aktiviteleri sırasında seslerin birbirine karışmaması
- Mekarlarda hava yollu ses yalıtımı
- Mekan içi gürültü düzeyleri
- Koridorlar, merdiven holleri ile diğer mekallar arasında darbe yollu ses yalıtımı
- Kullanım amaçlarına göre sınıfların çınlama süreleri
- Koridor, merdiven holleri ve giriş holleri gibi gürültülü mekarlarda ses yutumu
- Açık, kısmen açık veya geniş planlı mekarlarda konuşma anlaşılabilirliği

Eğitim amaçlı binalarda bulunan standart mekarlarda olması gereken en yüksek gürültü düzeyleri Tablo 3'ten takip edilebilir.

Sınıfları tasarlarken, akustik açıdan ele alınması gereken önemli hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Gerçekleştirilecek aktiviteye göre, mekan içi gürültü düzeylerinin ve çınlama sürelerinin belirlenmesi
- Öğrencilerin algılamada etkili ihtiyaçlarının ele alınması
- Müzik ve tiyatro odalarının tasarım kriterlerinin, konuşma yapılarak öğretim verilen sınıflardan farklı ele alınması
- Mimari akustiğe göre mekan yerleşimi - sessiz ve sesli sınıf/mekalların birbirinden uzak şekilde konuşlandırılması ve aralarında koridor veya benzer mekansal boşlukların bırakılması
- Dış duvarlarda gerekli akustik önlemlerin alınması
- Ses yalıtımı ile mekansal akustik kriterlerinin ayrı ele alınması - ses yalıtım kriterleri asma tavan, bölme duvar, duvar giydirme ve / veya kuru şap sistemleri ile sağlanmalıdır.
- Mekansal akustiğin odanın şekli, hacmi ve yüzeyde kullanılacak malzemelerin ses yutumu değerlerine göre bir bütün olarak tasarlanması
- Kapı, pencere ve havalandırma menfezlerinin (açıklıkları) akustik performanslarının belirlenmesi
- Tesisat veya herhangi ankrajlı bağlantıların ele alınması
- Kullanılacak herhangi bir ses sisteminin göz önünde bulundurulması

Sınıflarda Hava Yollu Ses Yalıtımı

Sınıflar, bir kompartımanmış gibi ele alınmalı ve ses yalıtımı sağlaması düşünülen sistemler buna göre entegre edilmelidir. Sadece sınıf ve komşu mekallar arasında bir bölme duvar veya sadece asma tavan düşünülerek alınan önlemler tatmin edici sonuçlar vermeyecektir. Doğru ve tavsiye edilen değerlerde ses yalıtımı elde edilmek isteniyorsa, tüm komşu mekallar (yatay ve dikey) incelenmeli; yönetmelik ve standartlardan yarım alınarak yeterli performansa sahip sistemler seçilmelidir.

Bölme Duvarlar

Bölme duvarlar, ses yalıtımın direkt olarak hava yoluyla bir mekandan diğerine geçişine müsaade etmeyen, mekan içerisindeki en büyük ölçekli ortak bina elemanları olarak tariflenebilir. Asma tavan ve döşemeler hava yollu veya darbe yollu olsun, ses enerjisini dolaylı olarak iletmektedir. Bu perspektifte bakıldığında, bölme duvarlar sınıflar içerisindeki gürültü düzeyinin azaltılmasında payın çoğunluğunu üstlenir durumdadır.

Özellikle iki sınıf arasında ve daha önemlisi mekan içerisindeki aktivitenin gürültü düzeyi yüksek olan mekallarla sessiz ortama sahip mahaller arasındaki bölme duvarlar, titiz tasarım detaylarının düşünülmesi gereken uygulama alanlarıdır. Sınıflarda gürültü düzeyinin az olacağı varsayılırsa, iki sınıf arasında yüksek değerlerde değil ancak yönetmeliklere uygun ses yalıtım performansına sahip bölmelerin tasarlanması gerektiği sonucu çıkmaktadır. Ancak müzik odası gibi gürültü düzeyinin oldukça az olması gereken mekallarda alınması gereken önlemler sıklaştırılmalıdır. Aynı şekilde, aktif seslendirme ve görüntü sistemlerine sahip konferans odaları ile diğer odalar arasında da ilave önlemler alınmalıdır. Örnek olarak İngiltere'de yürürlükte olan BB93 yönetmeliğinde tebliğ edilen mekalların fonksiyonlarına göre olması gereken en fazla gürültü düzeyleri, kullanım alanları arası hava yollu ses yalıtım değerleri verilebilir. (Tablo 3-4-5)

Tablo 3 - İç mekallar ortam gürültü düzeyleri için performansa değerleri

Oda tipi	Tablo 2'de belirtilen hava yolu ses yalıtımına göre sınıflandırılmış odalar		İç mekallar gürültü düzeyi için en üst limit dB L _{eq} 30 dakika
	Aktivite görülmeye (aktivitelerin gerçekleştiği oda)	Gürültü toleransı (sığılan oda)	
Kıyafet odaları	Yüksek	Orta	35
Kıyafet odaları	Orta	Orta	35
Okul sınıfları ve genel öğretim alanları	Orta	Orta	35
Açık alan mekallar	Orta	Orta	40
Müzik (konserthalleri)			
Müzik sınıfları	Çok yüksek	Orta	35
Küçük idman salonları	Çok yüksek	Orta	35
Okul odası	Çok yüksek	Çok düşük	30
Performans odası	Çok yüksek	Çok düşük	30
Kayıt odası	Çok yüksek	Çok düşük	30
Sesli kontrol odaları	Çok yüksek	Orta	35
Dayama engel öğrenciler için sınıf	Orta	Çok düşük	30
Çalışma odası (kopye çalışma, yazma odaları, öğretmen hazırlık)	Orta	Orta	35
Kütüphaneler			
Çalışma odaları	Orta	Orta	35
Kayıt odaları	Orta	Orta	40
Fen laboratuvarları	Orta	Orta	40
Tiyatro oyun stadyoları	Yüksek	Çok düşük	30
Metal ve ahşap çiyeme sınıfları	Yüksek	Orta	40
Half makine ile çalışma			
Çok kullanışlı holler (genel sunum, müzik, gösteri vb.)	Yüksek	Orta	35
Görme video konferans odaları	Orta	Orta	35
Öğrenci sirkülasyon alanları	Orta	Orta	45
Kapalı spor salonları	Yüksek	Orta	40
Dans stadyoları	Yüksek	Orta	40
Yüzme havuzu	Yüksek	Yüksek	50
Sağlık odaları	Orta	Orta	35
Yemekhaneler	Yüksek	Yüksek	45
Hizmet ve personel alanları			
Öğretmen odaları, ofisler	Orta	Orta	40
Mutfağlar	Yüksek	Yüksek	50
Koridorlar, merdiven holleri	Orta - Yüksek	Yüksek	45
Soyunma odaları	Yüksek	Yüksek	45
WC ler	Yüksek	Yüksek	50

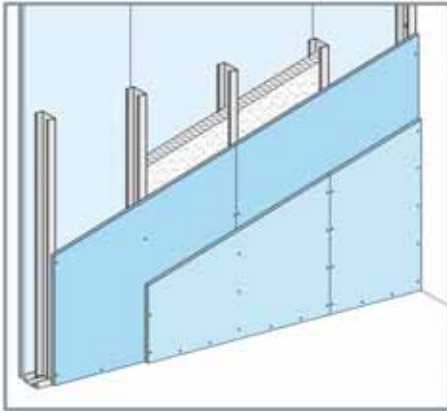
Tablo 4 - Odalar arası hava yolu ses yalıtımı

En düşük $D_{nT,w}$	Aktivitenin gerçekleştiği odadaki gürültü düzeyi (bkz. Tablo1)				
	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Algılanan odada gürültü toleransı (bkz. Tablo1)	Yüksek	30	35	45	55
	Orta	35	40	50	55
	Düşük	40	45	55	55
	Çok düşük	45	50	55	60

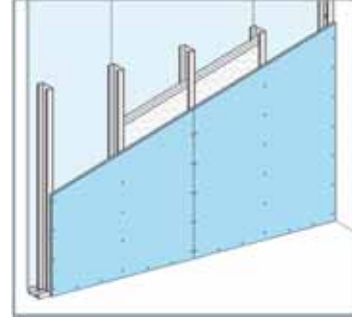
Tablo 5 - Koridorlar, merdiven holleri ve diğer hareket alanları arasında hava yolu ses yalıtımı

Öğrenciler tarafından kullanılan mekan tipi	En düşük R_{w} (dB)		En düşük $D_{nT,w}$ -10logN (dB)
	Duvar (pencere dahil)	Kapılar	Havalandırma
Müzik odası hariç tüm mekanlar	40	30	39
Müzik odası	45	35	45

Konferans odaları ve benzeri yüksek değerlerde ses yalıtımının tavsiye edildiği durumlarda, birbirinden koparılmış çift duvar C profili ve her iki yüzünde çift kat Alçı Plakalardan mamul bölme duvarların kullanılması önerilir.

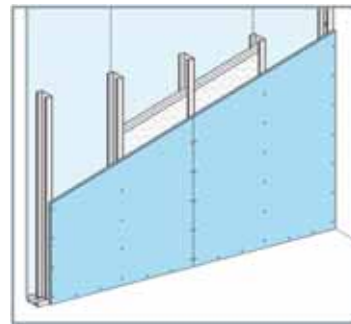


Tek Duvar C Profili ve her iki tarafında çift kat 12,5mm kalınlıkta standart Alçı Plaka Bölme Duvar



Tek Duvar C Profili ve her iki tarafında tek kat 12,5 mm kalınlıkta yoğunluğu artırılmış (TS EN 520'ye göre Tip DFH2IR) Alçı Plaka Bölme Duvar

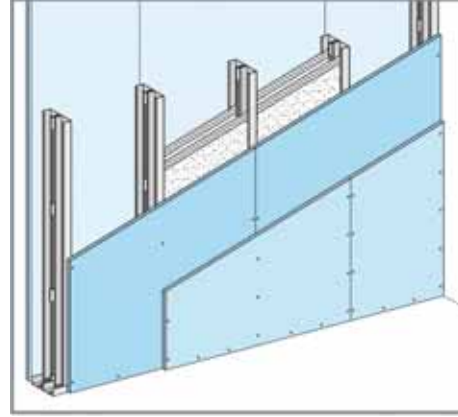
Duvar kalınlığı	75 - 125 mm	
Duvar yüksekliği	İnsan trafiği tenha	İnsan trafiği yoğun
DC profil aks aralıkları 60 cm	3,00 - 5,00 m	2,75 - 4,25 m
DC profil aks aralıkları 40 cm	4,00 - 6,50 m	3,75 - 5,75 m
DC profil aks aralıkları 30 cm	5,00 - 8,00 m	4,75 - 7,25 m
Ses yalıtımı (Rw)		
4 cm mineral yün yalıtım levhası	41 - 42 dB	
6 cm mineral yün yalıtım levhası	43 dB	
8 cm mineral yün yalıtım levhası	44 dB	
Yangın dayanımı	30 dak.	
Isı yalıtımı	0,66 - 0,40 W/m2K	
Ağırlık	25 kg/m ²	



Tek Duvar C Profili ve her iki tarafında tek kat 12,5mm kalınlıkta ses yalıtım özelliği (TS EN 520 ye göre Tip D) Alçı Plaka Bölme Duvar

Duvar kalınlığı	100 - 150 mm	
Duvar yüksekliği	İnsan trafiği tenha	İnsan trafiği yoğun
DC profil aks aralıkları 60 cm	4,00 - 6,50 m	3,50 - 5,75 m
DC profil aks aralıkları 40 cm	5,00 - 7,50 m	4,50 - 7,00 m
DC profil aks aralıkları 30 cm	6,00 - 9,00 m	5,50 - 8,00 m
Ses yalıtımı (Rw)		
4cm mineral yün yalıtım levhası	55 - 56 dB	
6cm mineral yün yalıtım levhası	57	
8cm mineral yün yalıtım levhası	58	
Yangın dayanımı	60 - 90 dak.	
Isı yalıtımı	0,66 - 0,40 W/m2K	
Ağırlık	39 kg/m ²	

Duvar kalınlığı	75 - 125 mm	
Duvar yüksekliği	İnsan trafiği tenha	İnsan trafiği yoğun
DC profil aks aralıkları 60 cm	3,00 - 5,00 m	2,75 - 4,25 m
DC profil aks aralıkları 40 cm	4,00 - 6,50 m	3,75 - 5,75 m
DC profil aks aralıkları 30 cm	5,00 - 8,00 m	4,75 - 7,25 m
Ses yalıtımı (Rw)		
4cm mineral yün yalıtım levhası	45 - 46 dB	
6cm mineral yün yalıtım levhası	47 dB	
8cm mineral yün yalıtım levhası	48 dB	
Yangın dayanımı	30 dak.	
Isı yalıtımı	0,66 - 0,40 W/m2K	
Ağırlık	25,5 kg/m ²	



Çift Duvar C Profili ve her iki tarafında çift kat 12,5mm kalınlıkta standart Alçı Plaka Bölme Duvar

Duvar kalınlığı	155 – 255 mm	
Duvar yüksekliği	İnsan trafiği tenhu	İnsan trafiği yoğun
DC profil aks aralıkları 60 cm	4.50 – 6.50 m	4.00 – 6.00 m
DC profil aks aralıkları 40 cm	-	-
DC profil aks aralıkları 30 cm	-	-
Ses yalıtımı (Rw)		
2x4 cm mineral yün yalıtım levhası	59 dB	
2x6 cm mineral yün yalıtım levhası	59 dB	
8 cm mineral yün yalıtım levhası	60 dB	
Yangın dayanımı	60 - 120 dak.	
İsa yalıtım	0,37 - 0,27 W/m ² K	
Ağırlık	48 - 90 kg/m ²	

Eğitim amaçlı binaların, insan trafiği yoğun binalar klasmanında incelenmesi gerekmektedir. Bu sebeple duvarların ses yalıtımı ve benzer performans kriterlerinin yanı sıra, sağlamlık kriterlerini de yerine getirmesi gerekmektedir. Çoğu performans taleplerini yerine getiren kuru yapı bölme duvarlar; tek veya çift duvar C profilli, her iki tarafında tek veya çift kat Alçı Plaka ve destekleyici bileşenler kullanılarak oluşturulan sistemlerdir. Çift kat Alçı Plaka kullanılması, yüzeyde çift katman oluşturması açısından ses yalıtımına, yanal yükleri alması ve yüzey kalınlığını arttırması açısından duvarın sağlamlığına katkı sağlayacaktır. Tek kat Alçı Plaka kullanılması durumunda kullanılacak Alçı Plaka kalınlığının ve yoğunluğunun arttırılması; aynı zamanda duvar C profil aks aralıklarının 60 cm'den 40 cm'ye düşürülmesi gerekmektedir. Bu durumda ses yalıtım değerlerinde gözle görülür bir düşüş olacaktır. Ancak duvarın hava yollu ses yalıtım değeri, tek duvar C profil ve her iki yüzde ses yutumu ve elastikiyet özelliği kazandırılmış tek kat Alçı Plaka kullanılarak daha üst seviyelere çekilebilir.

Referanslar:

Knauf "W11 Metal Alt Konstrüksiyonlu Bölme Duvarlar Detay Kataloğu 2004"

Knauf "Ses Yalıtımı ve Akustik 08/2007" Kitapçığı

Knauf "Cleaneo Akustik Tavanlar"

Noise Levels and the Speech Intelligibility of Teachers in Classrooms - J.C.Webster and K.B.Snell

<http://www.mcsquared.com/classrooms.htm>

Acoustical Society of America