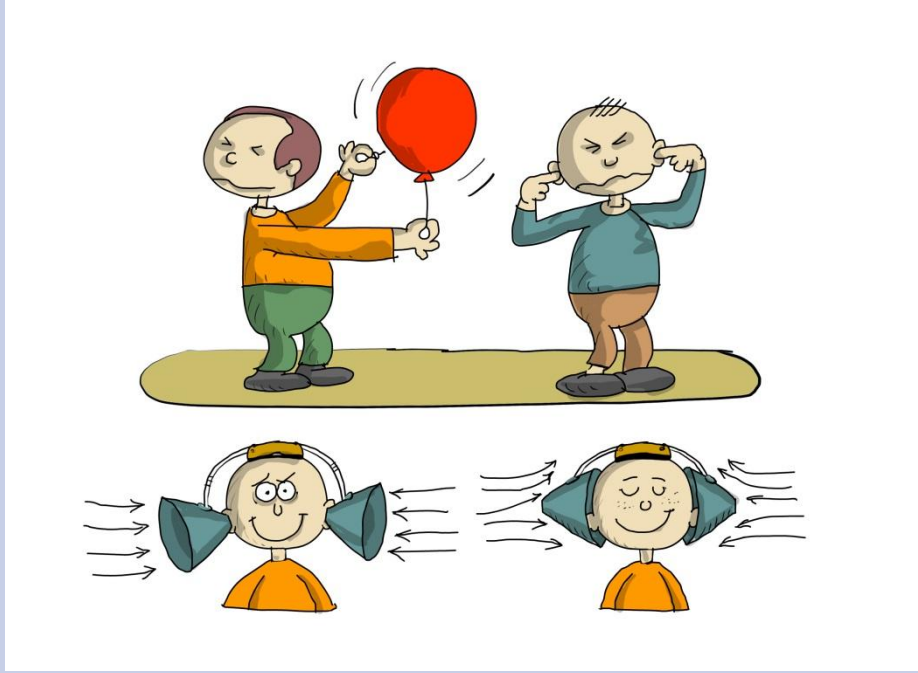


OKULLARDA AKUSTİK KONFOR



1. GİRİŞ
2. AKUSTİK - SES – GÜRÜLTÜ - SES BİRİMİ – SESİN FREKANSI
3. OKULLARDA SES – GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI
4. AKUSTİK ÇEVRE – AKUSTİK KONFOR
5. ORTAM (ARKAPLAN) GÜRÜLTÜSÜ
6. YANKI – YANKI SÜRESİ
7. SİNYAL – GÜRÜLTÜ ORANI
8. SINIF AKUSTİĞİ
9. SINIFLARDAKİ AKUSTİK KONFOR STANDARDLARI
10. SINIF – SIRA GEOMETRİSİNİN AKUSTİK KONFOR ÜZERİNE ETKİSİ
11. KÖTÜ SINIF AKUSTİĞİNİN ÖĞRENCİLER ve ÖĞRETMENLER ÜZERİNE ETKİLERİ
12. SINIFTA AKUSTİK KONFORUN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GELİŞTİRİLMESİ İÇİN ÖNERİLER.

Ocak 2015



Okullarda Akustik Konfor

Bu rehber Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesi'nin İzmir Milli Eğitim Müdürlüğü işbirliğiyle İlk Öğretim Okullarında İç Çevre Kalitesi Eğitimi Projesi çerçevesi içinde Proje Çalışma Grubu¹ üyelerinden Macit Toksoy² tarafından hazırlanmıştır.

Rehber ilk ve ortaokul öğretmenleri ile öğrenci ebeveynleri için hazırlanmıştır. Çalışma grubu üyelerinin iç çevre kalitesi bileşenleri için hazırlamış oldukları diğer rehberler aşağıda verilmiştir.

MMO İç Çevre Kalitesi Rehberleri
Okullarda İç Hava Kalitesi
Okullarda Isıl Konfor
Okullarda Akustik Konfor
Okullarda Aydınlatma ve Görsel Konfor
Okullarda İç Çevre Kalitesi Bileşeni Olarak Koku
Okul ve Evlerde İç Ortam Hava Kalitesi Ve Çocuk Sağlığına Etkisi
Okullarda Kırtasiye, Temizlik Ve Kişisel Bakım Ürünlerinden Oluşabilecek Riskle

Tüm rehberlerdeki çizimler Çalışma Grubu Üyesi Karikatürist İrfan Sayar'a aittir. Rehberlerdeki bilgilerin sorumluluğu rehberleri yazan Çalışma Grubu Üyesi yazarlara aittir. Tüm rehberlerin her türlü yayın hakkı Makina Mühendisleri Odası'na aittir. Makina Mühendisleri Odası'nın izni olmadan tümüyle veya kısmen yayınlanamaz. Rehberlerde yer alan çizimler Makina Mühendisleri Odası'ndan izin alınmadan hiçbir ortamda kullanılmaz.

¹ (Alfabetik sırada) İbrahim Atmaca, Orhan Ekren, Melik Kara, Ziya Haktan Karadeniz, Tuğçe Kazanasmaz, İrfan Sayar, Aysun Sofuoğlu, Sait Sofuoğlu, Macit Toksoy (İletişim), Hasan Yüksel, Necmi Varlık.

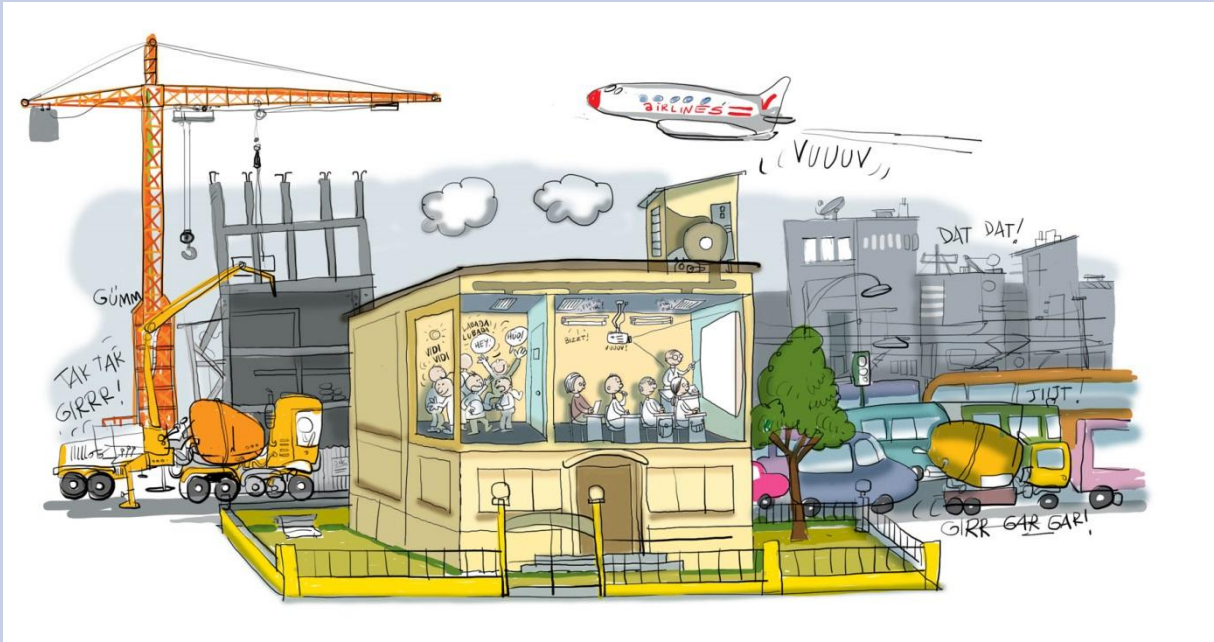
² Macit Toksoy; Eneko Havalandırma ve Isı Ekonomisi Sistem Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş.

1. GİRİŞ

İç çevre kalitesinin (İÇK) altı bileşeninden bir tanesi akustik (bulunulan ortamdaki seslerle ilgili) konfordur. **Akustik konfor** konuşmaların anlaşılabilir olduğu, gerektiğinde konuşmanın kişiselliği korunabilen, seslerden ötürü sıkıntı yaratmayan ve zihni oyalamayan, uygun bir konsantrasyona imkân veren çevre özelliğidir³.

Bir binanın sağlıklı ve üretken bir çalışma ve yaşam alanı olması için, tasarımından işletilmesine kadar olan tüm adımlarda akustik konfora önem verilmelidir. Bu önem çocukların hayatlarının büyük bir kısmını geçirdikleri okullar açısından daha da önemlidir. Çünkü çocuklar istenilmeyen seslere (gürültülere) karşı yetişkinlerden daha korumasızdırlar. Ayrıca okullar yetişkinlerin çalıştığı ofis alanlarına göre dört defa daha fazla yoğunluğa sahiptirler ve çok bakımlı değildirler⁴.

Genel olarak denilebilir ki, okullar akustik konfor farkındalığıyla yapılmamaktadır. Okulların yapımda kullanılan malzemelerin akustik özellikleri, yer belirlenmesinde çevresel akustik şartlar göz önüne alınmamaktadır. Havalandırma amacıyla pencerelerin açılması, dış gürültünün sınıfa girmesiyle ortam gürültüsünü artırmakta, öğrenme ve öğretme etkinliğini azaltmaktadır.



Uygun olmayan bir akustik çevreye sahip okullar, pek çok çocuk için negatif bir öğrenme çevresidir. Gürültü çocukların geçici veya kalıcı olarak sağlığını etkiler, okul başarısını düşürür. Okullar öğrenme ve öğretme etkinliğinin gerçekleştirildiği ortamlardır. Çocuklar duymadıklarını öğrenemezler, öğretmenler çocukların öğrenme ile ilgili gereksinimlerini onları duyarak anlayabilirler.

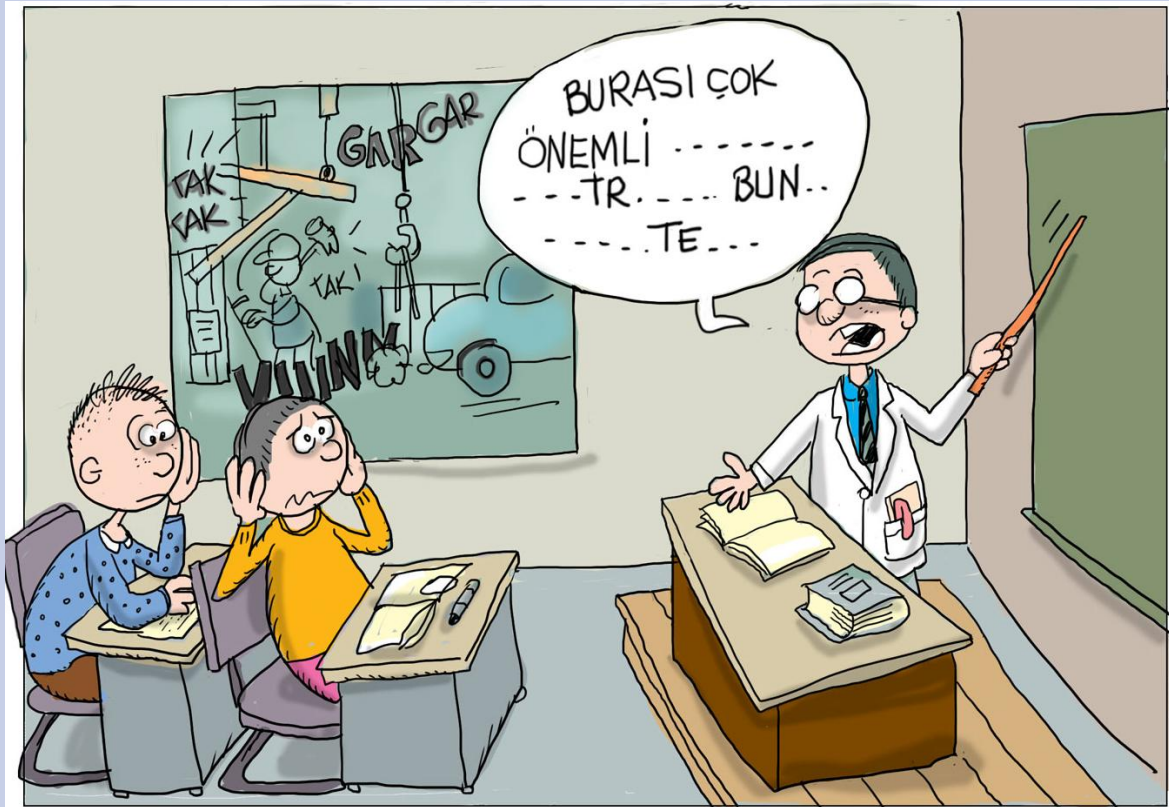
**Çocuklar duymadıklarını öğrenemezler
Öğretmenler de çocukların duymadıklarını öğretemezler**

³ ROY, K. P. "Acoustics Codes, Standards, and Design Guidelines: A Primer Track. Codes and Standards in the HVAC&R Industry". ASHRAE Winter Conference, 2nd February, 2011.

⁴ Guide to School Design: Healthy + High Performance Schools. http://www.healthyschools.org/downloads/School_Design.pdf.

Öğrencilerin gürültü içinde anlayabilme yetenekleri, yetişkin oluncaya kadar sürekli gelişir. Bu yüzden akustik konfor öğrenciler için yetişkinlerden daha fazla önemlidir. Sınıfta öğretmeni tarafından sözlü olarak ifade edilen bilgileri tümüyle duyamayan – anlayamayan öğrenciden normal bir hızda öğrenmesi beklenemez⁵. Öğrenmeye uygun iyi bir akustik konfor için düşük seviyeli gürültüye ve ortam gürültüsünün artmaması için az yankıya gereksinim vardır. Yeterince aydınlatmanın olmadığı okullarda aydınlatmanın artırılması gibi yeterince duyulamayan ortamlarda akustik şartların iyileştirilmesine çalışılmalıdır.

Bir araştırmaya göre, aşırı gürültü ve yankı nedeniyle sınıflardaki konuşmaların anlaşılabilirliği indeksi %75 'dir ⁶ . Bir başka deyişle öğrenciler öğretmenlerin söylediklerinin %75'ini anlamakta, %25'ini anlamamaktadırlar.



Öğrenciler okunan bir metindeki kelimelerin 75 'ini anlamakta, %25'ini anlamamaktadırlar.

Sınıflardaki kötü akustik çevrenin çocuklar üzerindeki etkileri, öğretmenler, yöneticiler, ebeveynler için kolay hissedilir - anlaşılır değildir. Akustik çevrenin iyileştirilmesi konusu farkındalık yaratılınca kadar ihmal edilmektedir Bu rehberin amacı da bu farkındalığı yaratmaktır.

Rehberde akustik ile ilgili tanımlardan başlanarak, bir sınıftaki akustik konforun geliştirilmesi ile ilgili pratik bilgilere kadar öğrenci ve öğretmenlerin sağlıklarını ve performanslarını etkileyen akustik konularda bilgiler verilecektir.

⁵ NELSON, P.B., SOLI, S. "Acoustical Barriers to Learning: Children at Risk in Every Classroom, Clinical Forum, Language, Speech, and Hearing Services in Schools". Vol. 31, 356-361. doi:10.1044/0161-1461.3104.356, October 2000.

⁶ CHESMAN, M. School Acoustic: A brief Guide MC(1). <https://bso.bradford.gov.uk/>.

2. AKUSTİK - SES - SES BİRİMİ – SESİN FREKANSI – İŞİTME EĞRİSİ

Akustik

Akustik kelimesi eski Yunancadaki işitebilme yeteneği anlamındaki ακουστός (akustos: işitilen, işitilebilen) kelimesinden gelmektedir. İlk defa Joseph Sauveur (1653-1716) tarafından *acoustique* (akustik) olarak kullanılmıştır⁷.

Akustik kelimesi titreşimler ve ses gibi mekanik dalgaların gaz, sıvı ve katılar içinde oluşmasını, yayılmasını, yansımalarını, girişimini, sönümlenmesini inceleyen disiplinlerarası bir bilim dalının adıdır. Bu rehberde söz konusu olan dalgalar, hava içinde yayılarak kulağımıza ulaşan ses-basınç dalgalarıdır.

Ses

Bulduğumuz yerde, tüm dünyada olduğu gibi, üzerimizde olan atmosfer tabakasının kalınlığı nedeniyle bir basınç oluşur. Buna atmosferi basıncı diyoruz. Eğer bulunduğumuz ortamda atmosfer basıncı sabit ise orada sessizlik söz konusudur. Herhangi bir nedenle (bir cismin titreşimi gibi) atmosfer basıncı ortalama basıncın altına ve üstüne hızla inip çıkarak değişmeye başlarsa ses – basınç dalgaları meydana gelir.

Bir levhayı düşünün. Bu levhayı ön tarafa doğru itip geri çekerseniz önündeki hava molekülleri önce sıkışır ve sıkışan yerde yoğunluk ve basınç artar. Geriye çektiğinizde hava molekülleri birbirinden ayrılır yoğunluk ve basınç azalır. Bir levhayı öne arkaya yeterince hızla hareket ettirseniz, hareket ettirme hızınıza göre farklı titreşimler-basınç dalgalanmaları meydana gelir. Tokmağın davulun deri yüzeyine vurulmasıyla deri titreşir ve önündeki havaya titreşimi iletir. Hoparlörlerin yaptığı şeyde budur: Önündeki havayı sürekli olarak sıkıştırıp genişletmek. Suyu atılan taşın su yüzeyine yarattığı dalgalar gibi titreşen cismin önündeki havayı sıkıştırıp genişletmesi hava içinde yayılır. Arka arkaya bu basınç değişimi kulak zarımıza geldiğinde benzeri şekilde kulak zarımızı titreştirir. Bu titreşimler kulak zarının arkasındaki sıvı aracılığıyla beyne ses algısı olarak iletilir.

Ses (rüzgâr gibi) güçlü hava akımları içindeki basınç değişimlerinden, ya da böyle akımların bir yüzeyle temasından da meydana gelebilir. Buna aerodinamik ses de denir.

Gürültü

Gürültü uygun olmayan veya istenilmeyen sestir. Ses ve gürültünün ikisi de akustik açıdan, ortalama atmosfer basıncı etrafında atmosfer basıncının değişimi olayıdır. Bir ses bazan bir kişi için ses, bir başka birisi için gürültü olarak algılanabilir. Yüksek sesli müzik bazıları için uygun ses, bazıları için de gürültüdür. Müziğin bir türü bazıları tarafından beğenilir, bazıları tarafından gürültü olarak kabul edilebilir.



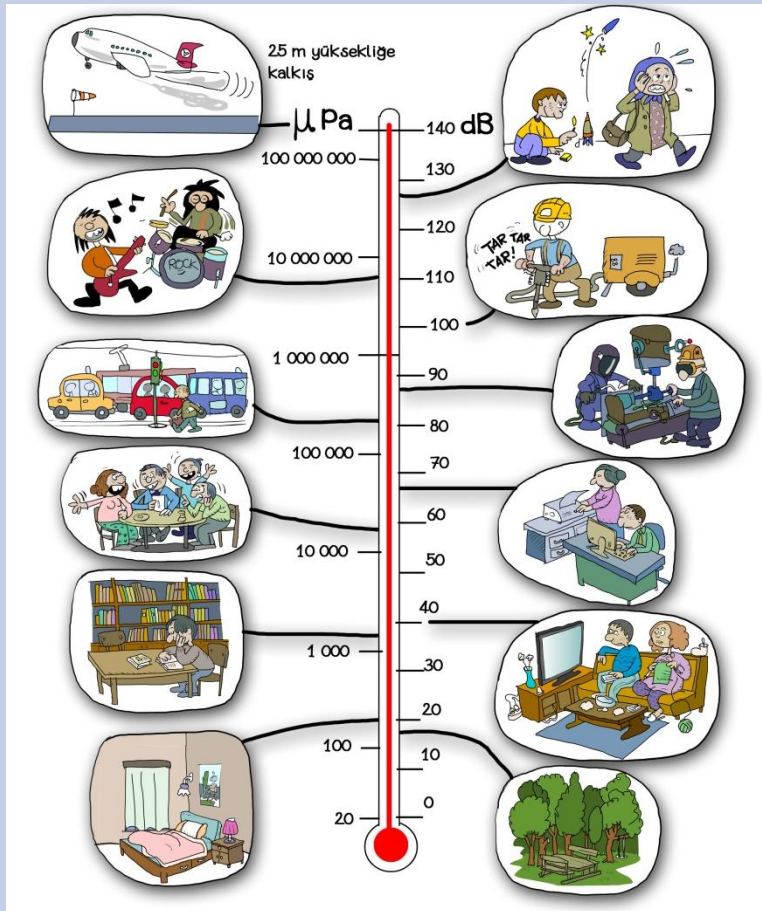
⁷ PEZZAGLIA, B. "Physics 1200: Behind the Musics". Lecture Notes. CSU East Bay, 2014.

Ses Birimi

Herhangi bir kaynaktan çıkan sesin yoğunluğu (şiddeti), o sesin havada yarattığı basıncın bir referans basınca oranının logaritmik değeri olarak tanımlanan desibell (dB) birimi ile ölçülür.

İnsan kulağı soluk alırken çıkan çok düşük yoğunluklu sestən (işitilebilir en küçük sestən) bir trilyon defa daha güçlü jet uçağı gürültüsünü de duymaktadır. Bu denli geniş bir aralıkta sesleri pratik olarak ifade edebilmek için logaritmik değər göz önüne alınmıştır.

Desibel (dB) birimiyle duyulabilir en düşük sesin yoğunluğu yaklaşık 0 dB'dir. Bu sestən 10 defa daha güçlü olan ses 10 dB, 100 defa daha güçlü olan bir ses 20 dB, 1000 defa daha güçlü olan ses 30 desibeldir. Aşağıda bazı seslerin desibel olarak değeri verilmiştir⁸.



Yukarıdaki değeri ses kaynağından yanındaki değeri. Ses kaynağından uzaklaştıkça yoğunluğu azalır. 85 dB üzerindeki sesler iştime kaybına sebep olur. Kayıp, yüksek ses maruz kalma süresiyle ilgilidir. 120 desibel acı sınırır. 140 dB sese maruz kalmak hemen kulaklarda kalıcı hasarlar yaratır.

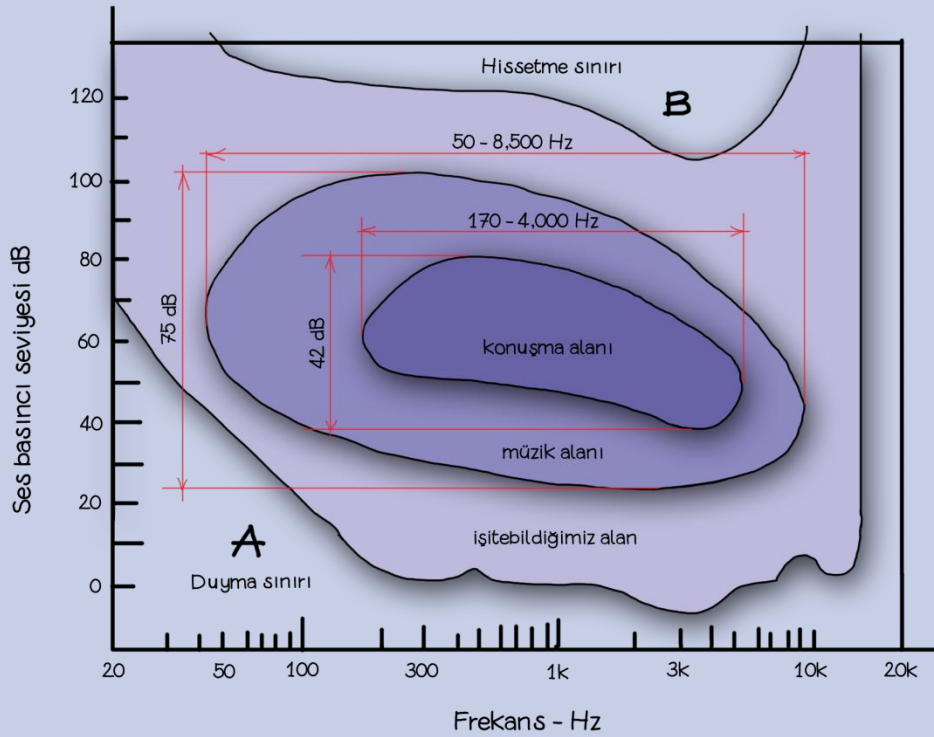
Sesin Frekansı

Sesi çıkaran yüzeyin saniyedeki titreşim sayısı, dolayısıyla önündeki havanın basıncının ortama bir değeri etrafında saniyedeki değışim sayısına sesin frekansı denir. Birimi hertz (Hz) 'dir. 2000 Hz demek saniyedeki titreşim sayısı 2000 demektir. Tiz sesler yüksek frekanslı, bas sesler düşük frekanslı seslerdir.

⁸ Basics on Noise and Vibration Control. Silent Line Group

Sağlıklı bir insan kulağı 20 Hz ile 20.000 Hz arasındaki sesleri duyabilmektedir. Anlaşılabilir bir konuşmada frekans aralığı 200 Hz ile 5000 Hz arasındadır. İnsan kulağının en hassas olduğu frekans aralığı 2000 Hz ile 4000 Hz arasındadır. İnsanlar yaşlandıkça kulak zarının sertleşmesinden dolayı duyma frekans aralığı küçülür.

İnsan kulağının seslerin cinsine göre işittiği frekansları ve yoğunlukları gösteren eğrilere işitme sınırları eğrisi denir. Aşağıdaki şekillerde farklı ses türleri için normal bir insana ait işitme sınırları eğrileri verilmiştir. dBA ölçüsü ise hava içindeki ses yoğunluğunun (dB) insan kulağı tarafından algılandığı şekilde frekans yoğunluklarına göre ağırlıklı olarak hesaplanan ses yoğunluğudur.



3. OKULLARDA SES –GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI

Bir sınıftaki gürültünün seviyesi, iç ve dış kaynaklar tarafından yaratılan ve sınıf ortamına ulaşan sesler tarafından oluşturulur. Dış kaynaklar yoldaki trafik, yakından geçen uçak ve trenler, civardaki inşaat makinaları gibi ekipmanlardır. Bunların çıkardığı sesler hava içinde yayılır ve sınıf ortamına kadar gelir.

Öğrenci aktiviteleri, sınıflarda kullanılan araçlar (data show cihazları vs), ısıtma havalandırma ve klima sistemleri de iç gürültü kaynaklarıdır. Dış ortamdan sınıfa gelen sesler, iç ortamdaki sesler ile birleşip ortam gürültüsünü oluşturur (Bknz: Bölüm 5). Ancak bu birleşim bir toplam değildir. Genel olarak yüksek olan ses ortam gürültüsünün belirleyicisidir denilebilir.

4. AKUSTİK ÇEVRE – AKUSTİK KONFOR

Akustik çevre ile genellikle bir ortamdaki, o ortama dışarıdan gelmiş veya ortam içinde yaratılmış istenilen veya istenilmeyen sesler ve ilgili özellikler anlaşılır. **Akustik konfor** ise, insanın duymak istediği sesleri duyduğu, konuşmaları anlayabildiği, konuşmasında kişiselliği koruyabildiği, sesler açısından sıkıntı çekmediği ve zihninin sesler ile oyalanmadığı, uygun bir konsantrasyonu yaşayabildiği akustik çevre şartlarıdır.

Akustik konforu etkileyen iki bileşen vardır. Bunlar “Ortam (Arkapan) Gürültüsü” ve “Yankı Süresi”dir.

Pek çok ülkede bir sınıfta olması gereken ortam ses seviyesi maksimum 35 dB – 45 dB arasında standartlaştırılmıştır (Bknz: Bölüm 9). Hemen hemen tüm dünyada yapılan araştırmalar sınıflarda ses seviyesinin bu aralığın çok üzerinde olduğunu göstermektedir. Türkiye’ de Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi **Yönetmeliği** (2010)’ ne göre hassas yapılar olarak tanımlanan mekânlar için (Okul, hastane vs.) iç ortam gürültü düzeyi değeri 45 dBA olarak belirlenmiştir (Bknz: Bölüm 9). Ülkemizde yapılan bir araştırmada ses seviyeleri sınıflarda 50 dBA – 72.5 dBA, teneffüslerde kordiorlar 80 – 85 dBA civarında ölçülmüştür⁹

Farklı ülkelerde yapılan araştırmalarda okullarda ölçülen gürültü seviyeleri ⁷	
Amerika	47dB – 68 dB
İngiltere	47 dB -55 dB
Makedonya	59 dB - 87 dB
İsviçre	40 dB - 70 dB

Günümüzde binaların tasarım ve üretimindeki yaklaşım, onu kullanacakların Akustik ihtiyaçlarını karşılamaktan uzaktır¹⁰. Eğitim çevrelerinde de bu konu yeterince ilgi görmemektedir¹¹.

5. ORTAM (ARKAPLAN) GÜRÜLTÜSÜ

Bir ortamdaki, ortama dıştan gelen veya ortam içinde üretilen istem dışı seslerin tümü ortam sesini, bir başka terimle ortam (arkaplan) gürültüsünü oluşturur. Ortam (arkaplan) gürültüsü, bulunduğumuz yerde, istediğimiz sesi işitmemizi engelleyen seslerdir. Bu sesler okul çevresindeki trafikten, inşaat makinalarından vs gelebileceği gibi, koridordan, ısıtma havalandırma sistemlerinden, görüntü cihazlarından ve sınıf içindeki diğer çocuklardan gelebilir. Açık pencereler, dıştan gelen seslerle ortam gürültüsünün artmasına neden olur.

Çok disiplinli okullarda bile sandalyelerin hareketinden, ayakkabıların sürtünmesinden, kalem vs düşürülmesinden, birbirleri arasındaki eşya değişiminden hatta yan yana oturan öğrencilerin fısıltı ile konuşmasından dolayı ortam gürültüsü artmaktadır. Bir öğrenciden kaynaklanacak bu aktivitelerin çok büyük bir etki yaratmayacağı düşünülebilir. Ama bunları 30 öğrenci yaparsa öğretmenin sesinin duyulmaması durumu ortaya çıkar.

6. YANKI – YANKI – SÜRESİ

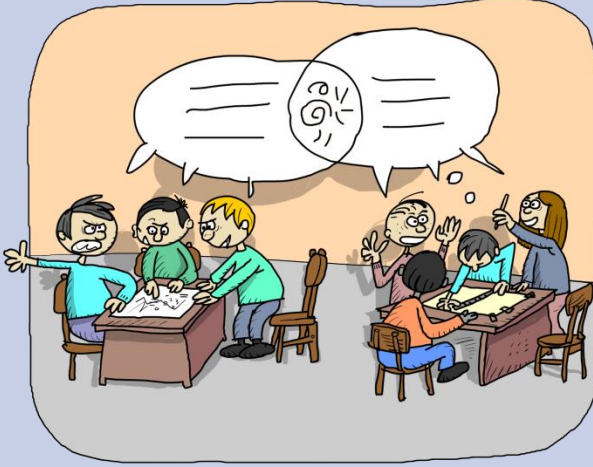
Sınıftaki akustik çevrenin ikinci bileşeni yankıdır. Boş bir odada iken söylediğimiz sözlerin odanın duvarlarından, pencere ve kapılardan yansıtılmasından ötürü yankısını işitiriz. Yankı süresi, ortamda üretilen sesin, ortamı çevreleyen yüzeyler (duvarlar, tavan, taban, pencereler) tarafından yutularak işitilemez hale gelmesinin zaman (saniye) olarak bir ölçüsüdür. Daha teknik bir tanımla bir sesin üretilmesi durduktan sonra ses seviyesinde 60 dB’lik bir düşüş gösterdiği saniye olarak zaman

⁹ ÖZBİÇAKÇI, Ş., ÇAPIK, C., AYDOĞDU, N.G., ERSİN, F., KISSAL, A. “Bir Okul Toplumunda Gürültü Düzeyi Tanılaması ve Duyarlılık Eğitimi”. Eğitim ve Bilim, Cilt 37, Sayı 165, 2012.

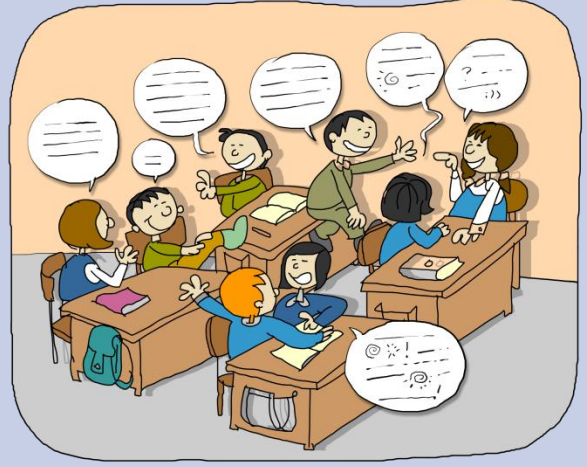
¹⁰ ROY, K.P. “Acoustics Codes, Standards, and Design Guidelines: A Primer Track: Codes and Standards in the HVAC&R Industry”. ASHRAE Winter Conference, 2nd February, 2011.

¹¹ JULIE E. DOCKRELL, J.E. and SHIELD, B.M “Acoustical barriers in classrooms: the impact of noise on performance in the classroom”. British Educational Research Journal Vol. 32, No. 3, pp. 509–525, June 2006.

dilimidir. Sınıflarda yankı süresinin çok kısa olması istenir. Seslerin yankılanması ortam gürültüsünü artırır.



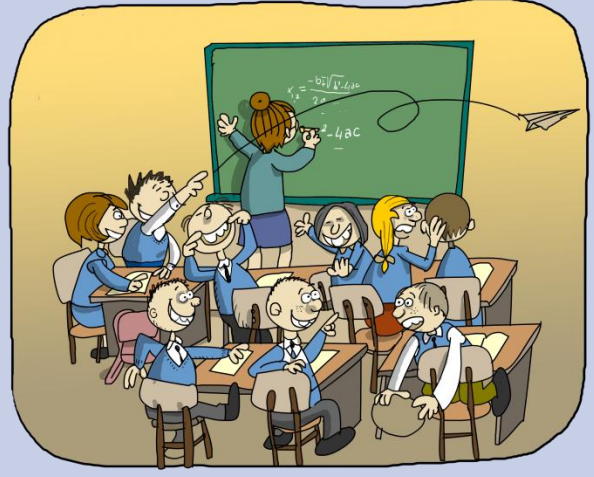
Farklı grupların çıkardıkları sesler birbirleri için gürültü kaynağı oluşturur.



Öğrencilerin çıkardıkları sesler ortam gürültüsünün önemli bir parçasıdır.



Koridorda gürültülü aktiviteler



Öğretmeni dinlememe

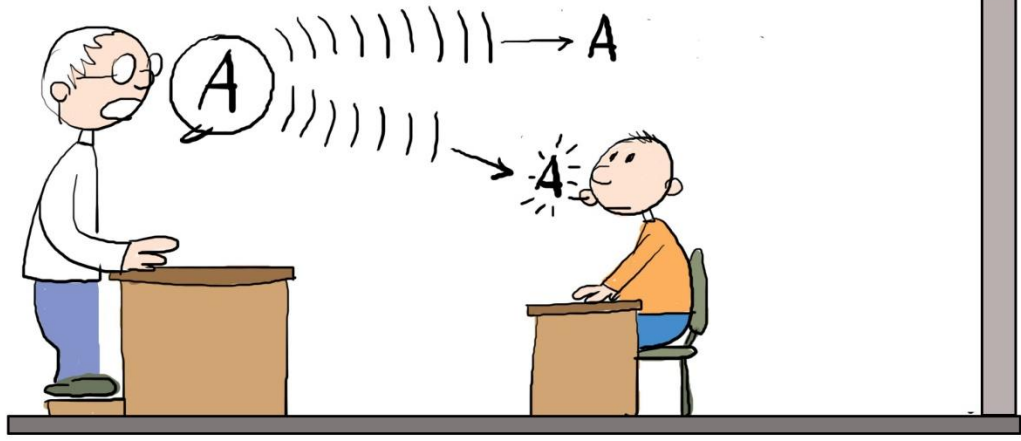
Yankı süresi yüksek tavanlı ve çıplak tabanlı sınıflarda yüksektir. Yankı süresinin artması konuşmaların anlaşılabilirliğini düşürür. Bir öğrenci sınıfta hem kendisine doğrudan gelen sesleri hem de yankılanan sesleri işitir.

Akustik ile ilgili standartlara göre sınıflarda yankı süresinin genellikle 0.6 sn - 0.7 sn altında olması istenir (Bknz: Bölüm 9). Yankı süresi arttıkça konuşmaların anlaşılabilirliği giderek azalır, işitme kayıpları oluşur. Yankı süresinin yüksek olduğu durumlarda işitme sorunu olan çocuklar için etkiler daha fazladır. Bir öğrenci sınıfta hem kendisine doğrudan gelen sesleri hem de yankılanan sesleri işitir. Yankı süresi uzunsa öğrencinin sesleri ayırabilme yeteneği azalır.

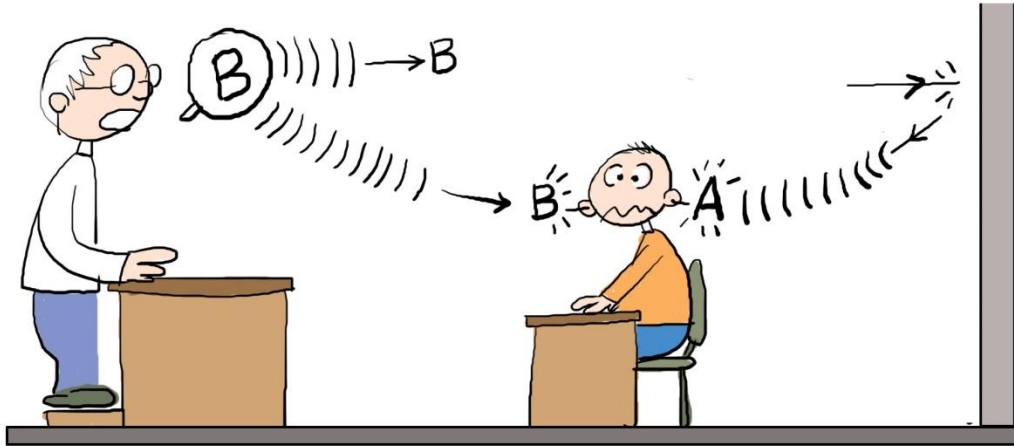
Yankı süresini etkileyen faktörler, sınıf büyüklüğü ile içinde bulunan yutucu yüzeylerdir. Sınıf ölçülerini küçülterek veya sınıftaki yüzeyleri (taban, duvarlar, tavan) yüksek ses yutucu yüzeyler haline getirerek

yankılanma zamanı kısaltılabilir. Özellikle sınıfın arka duvarının ses yutucu malzemeler ile kaplanması, tabanda halı gibi malzemeler kullanılması yankı süresini azaltır¹².

Bir öğrenci sınıfta hem kendisine doğrudan gelen sesleri hem de yankılanan sesleri işitir. Yankı süresi uzunsa öğrencinin sesleri ayırabilme yeteneği azalır.



Öğretmen "A" sesini çıkarıyor. Doğrudan gelen "A" sesi kulağa ulaşıyor. Sesin bir bölümü odada yoluna devam ediyor.



Öğretmen "B" sesini çıkardığında duvardan yansıyan bir önceki "A" sesi de aynı anda kulağa ulaşıyor.

7. SİNYAL – GÜRÜLTÜ ORANI

Ortam gürültüsü ve yankı süresinden sonra, akustik konforun üçüncü bileşeni "Sinyal-Gürültü Oranı"(SGO)dir. (Duyulması) İstenilen ses (sinyal) ile ortam gürültüsü seviyeleri arasındaki fark Sinyal – Gürültü Oranı'dır. Örnek olarak eğer ortamda 50 dB gürültü varsa ve öğretmen 60 desibel seviyesinde konuşuyorsa sinyal-gürültü oranı +10 dB'dir. Sinyal – gürültü oranı ortam gürültüsünün ve onu etkileyen yankı süresinin bir fonksiyonudur.

¹² Zeminde halı gibi malzemeler kullanılması nem ve bakteri birikimi sorunlarını dolayısıyla bunların getirdiği sağlık sorunlarını artırmaktadır. Bu yüzden halı gibi nem tutucu kaplamaların uygun temizliğin ve bakımın yapılmadığı yerlerde kullanılması, farklı iç çevre kalitesi problemleri yaratmaktadır.

İşitme yeteneği normal olan çocuklar için +15 desibel SGO gerekir¹³. Yetişkin insanlarda +4 ile +6 desibel arasındadır. Görülüyor ki, çocukların konuşmaları anlamaları için konuşma yoğunluğunun ortam gürültüsünden yetişkinlere göre 9 desibel daha fazla olması gerekir. Bir başka deyişle çocukların eğitildiği yerdeki ortam gürültüsü, yetişkinlerin (üniversite) eğitildiği yerden daha az olmalıdır. Aksi halde eğiticiler (öğretmenler) daha yüksek sesle konuşmak zorundadırlar bu da onların sağlığını ve öğretim başarılarını etkiler.

8. SINIF AKUSTİĞİ

Bir öğrencinin bulunduğu sınıfta, söylenenlerin anlaşılabilirliğinin yüksek olması öğrenme açısından birincil şarttır. Gürültülü bir sınıfta konuşmaların anlaşılabilirlik seviyesi düşer. Ortam gürültüsü ve yankı sebebiyle sınıftaki akustik konforun kötü olduğu durumlarda öğrenme ve öğretim performansı da düşer.

Eğitim binalarında sınıf içinde konuşulanların anlaşılabilirliği ve konsantrasyonun yüksek olması beklenilmektedir¹⁴.

Yapılan araştırmalarla sınıf akustiği için aşağıdaki ilkesel sonuçlara ulaşılmıştır¹⁵.

1. Her sınıfta iyi duyamayan ve /veya iyi konuşmayan çocuklar vardır.
2. İyi duyamamak ve/veya konuşamamak çocukların dinleme ve öğrenme, özellikle okuma performansını etkiler.
3. Öğretmenin ses seviyesinin düşük, ortam gürültüsünün yüksek olması ve yankı, dinleme ve öğrenme problemlerini artırır.
4. Sınıf akustiğini geliştirme, mimari tasarım çözümlerini ve/veya akustik modifikasyonları gerektirir. Özel hallerde de yardımcı işitme teknolojilerine ihtiyaç duyulur.

9. SINIFLARDAKİ AKUSTİK KONFOR STANDARTLARI

Sınıflarda maksimum ortam gürültüsü ve yankı süresi

Son yıllarda bazı ülkelerde okulların ve sınıfların akustik tasarımı için özel standartlar ve rehberler hazırlanmıştır¹⁶. Bu standartların ve rehberlerin amacı okullarda öğrenci ve öğretmenler için, öğrenme ve öğretim şartlarının iyileştirilmesidir. Çeşitli ülkelerde okullardaki maksimum ortam gürültüsü ile maksimum yankı zamanı süresi için öngörülen değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bazı ülkelerde ortam gürültü değerleri ve yankı süreleri için sınıf büyüklüğü temel alınırken (ABD, FRANSA ve Brezilya) diğerlerinde sınıf büyüklüğüne bakılmaksızın tek bir değer sınır olarak belirtilmiştir. Tabloda yer alan değerlere göre maksimum ortam gürültüsü değerlerin 35 dBA ile 45 dBA arasındadır. Yankı süreleri genel olarak 0.5 sn – 1.2 sn, çoğunlukla 0.6 sn - 0.8 sn bandındadır.

¹³ CHESMAN, M. *School Acoustic: A brief Guide MC(1)*. <https://bso.bradford.gov.uk/>.

¹⁴ ROY, K.P. "Acoustics Codes, Standards, and Design Guidelines: A Primer Track: Codes and Standards in the HVAC&R Industry". ASHRAE Winter Conference, 2nd February, 2011.

¹⁵ Classroom - Acoustics . The American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). <http://www.asha.org/public/hearing/Classroom-Acoustics>.

¹⁶ ABD: ANSI/ASA Standard S12.60 Acoustical performance criteria, design requirements and guidelines for schools; İNGİLTERE: Buildin Bulletin 93_BB93 Acoustic design of schools in the UK

Sınıf Hacmi (V_s, m^3)	Maksimum Ortam Gürültüsü (dbA)	Maksimum Yankı Süresi (sn)	Referans
ABD			
$V_s < 283$	35	0.6	17
$283 < V_s \leq 566$	35	0.7	
$V_s \geq 566$	40	-	
Koridor	45	-	
AB			
	45		18
FRANSA			
$V_s < 250$	38	0.6 – 1.2	19
$V_s \geq 250$	38	0.4 – 0.8	
ALMANYA			
	30 – 44	0.8 – 1.0	17
BREZİLYA			
$150 < V_s \leq 300$	40 – 50	0,5 – 0,7	17
BELÇİKA			
	35 – 40		16
TÜRKİYE			
	45	-	16

Sınıflarda Akustik Konforun Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi

Bir sınıftaki akustik konforun belirlenmesi için sınıftaki ses seviyelerinin ölçülmesine dayalı olarak belirlenmesi gereken üç indeks vardır. Bunlar Konuşma İletim İndeksi, Konuşma Etkileşim İndeksi, Konuşmaların Anlaşılabilirliği İndeksidir. İlgili standartlar²⁰ ayrıca sübjektif değerlendirme yöntemlerini de içermektedir. Bu indekslerle sınıflardaki ses – gürültü seviyelerinin belirlenmesi uzmanlık gerektiren ölçme ve değerlendirmelerle olur ve ilgili uzmanlarca yapılmalıdır.

10. SINIF – SIRA GEOMETRİSİNİN AKUSTİK KONFOR ÜZERİNE ETKİSİ

Ses şiddeti, ses kaynağından uzaklaştıkça hızla azalır. Sıranın başındaki öğrenciler için öğretmenin sesi ortam gürültüsünden yüksektir. Ancak arka sıralara doğru gittikçe şiddeti azalır. Eğer ortam gürültüsü yüksek ise sinyal gürültü oranı negatif değerlere gelir. Yani arka sıralarda oturan bir öğrenci için gürültü daha baskın hale gelir ve öğretmenin konuşmasının anlaşılabilirliği azalır. Sonuçta ortam gürültüsü yüksek olduğunda arka sıralarda oturan öğrencilerin, dinleyemedikleri için, öğrenme başarıları azalır. Sınıf duvarlarının özellikle arka duvarın uygun ses yutucu malzemelerle kaplanması ortam gürültüsünü azaltır. Böylelikle arka sıralarda konuşulanların anlaşılabilirliği indeksi yükselir.

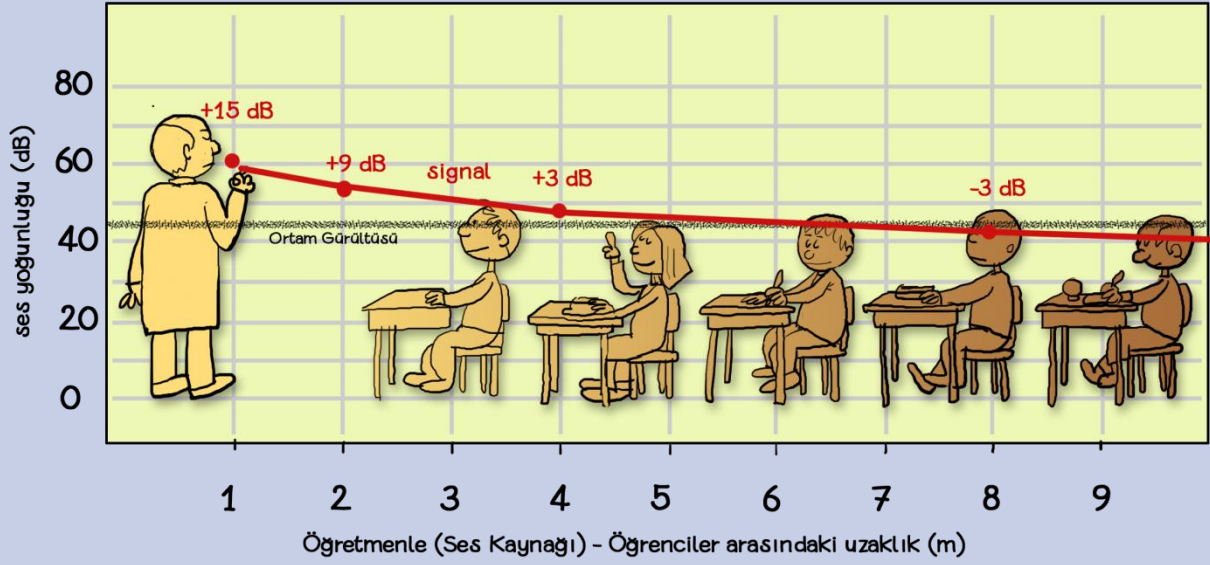
¹⁷ ANSI Standard S12.60 Acoustical performance criteria, design requirements and guidelines for schools

¹⁸ ÖZBİÇAKÇI, Ş., ÇAPIK, C., AYDOĞDU, N.G., ERSİN, F., KISSAL, A. "Bir Okul Toplumunda Gürültü Düzeyi Tanılaması ve Duyarlılık Eğitimi". Eğitim ve Bilim, Cilt 37, Sayı 165, 2012.

¹⁹ HENRIQUE, P., ZANNIN, T., MARCON, C.R. Objective And Subjective Evaluation Of The Acoustic Comfort In Classrooms. Applied Ergonomics 38 (2007) 675–680

²⁰ Konuşma İletim İndeksi (STI; EN ISO 9921); Konuşma Etkileşim Seviyesi (SLI; IEC 60268-16); Konuşmaların Anlaşılabilirliği İndeksi (SII; NSI S3.5-1997)

Aşağıdaki şekil “ortam gürültüsünün öğretmenin konuşmasının anlaşılabilirliğini öğretmenden uzaklaştıkça azaldığı”nı anlatıyor.



11. KÖTÜ SINIF AKUSTİĞİNİN ÖĞRENCİLER ve ÖĞRETMENLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Öğrenciler üzerine etkiler

Gürültüye maruz kalan insanlardaki etkiler basitçe aşağıdaki üç grupta sınıflandırılmıştır.²¹

- Fizyolojik etkiler
 - İşitsel etkiler: akustik travma, kulak çınlaması, geçici işitme kaybı, kalıcı işitme kaybı.
 - İşitsel olmayan etkiler: hipertansiyon, kan dolaşımında değişme, kalp rahatsızlığı, uyku problemi.
- Fiziksel etkiler
Konuşmaların anlaşılabilirliğinin kötüleşmesi (sözlü iletişim etkinliğinin azalması).
- Psikolojik etkiler
Gürültünün sıkıntı yaratarak yapılan işte performans düşüklüğüne sebep olması, bulunan ortamın terkedilmesi.

Araştırmalar öğrencilerin öğrenme (düşünme, kavrama) performansı ile gürültü seviyesi arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Gürültü konuşmaların anlaşılabilirliğini azaltmaktadır. Böylelikle öğrenciler ile öğretmen, öğrencilerin kendi aralarında sözlü iletişim şartları ve öğrenme performansı etkilenmektedir. İşitme sorunu olan çocuklar gürültüden, işitme sorunu olmayan çocuklardan daha fazla etkilenmektedirler.

Kronik gürültü ortamındaki çocuklara olan etkiler ise aşağıda şekilde verilmektedir.^{19,22}:

- Süregelen katılımda ve görsel ilgede azalma
- İşitsel ayrımcılıkta ve konuşmaların anlaşılabilirliğinde azalma

²¹ Indoor Environment and Energy Efficiency in Scahools. REHVA Guidebook No 13 Part 1. (Ed. By F.R.d'Ambrosio Alfano), 2010.

²² Classroom-Acoustics . The American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). <http://www.asha.org/public/hearing/Classroom-Acoustics>

- Uzun erimli hafıza işlemlerinde azalma
- Konuşma ve heceleme yeteneğinde azalma
- Standart testlerde daha düşük performans
- Konsantrasyonda azalma
- Sınıfta davranış değişikliği

Kronik gürültüden bütün çocuklar etkilenmesine karşın, aşağıdaki özelliklere sahip çocuklar daha fazla etkilenmektedirler^{21,23}:

- Özellikle bir kulağında işitme kaybı olanlar.
- Bir veya iki kulağında geçici işitme kaybı olanlar.
- Öğrenme yeteneği daha az olanlar.
- İşitsel işlem sorunu olanlar.
- Bir başka dili konuşanlar.
- Konuşma gecikmesi olanlar.
- Dikkat eksikliği olanlar.

Sözlü iletişime uygun akustik konforun sağlandığı okulların ve sınıfların tasarımı, yapılması ve işletilmesi, eğitim yöneticilerinin en önemli görevlerinden biri olmalıdır. Çünkü Akustik konfor kötüleştiğinde, hem öğrenci sağlığı ve başarısı, hem de öğretmen sağlığı ve başarısı kötüleşir.

Öğretmenler üzerine etkiler

“Ortam gürültüsünün yüksek olduğu durumlarda öğretmenler konuşmaların anlaşılabilirliği etkinliğini yükseltmek için ses seviyelerini yükseltmek durumunda kalmaktadırlar. Bu davranışa Lombard Etkisi denilmektedir ve araştırmalara göre ortam gürültüsü 1 dB yükselmesi öğretmenlerin ses seviyelerini 0.5 dB ile 0.8 dB arasında yükseltmelerine sebep olmaktadır. Böyle durumlarda konuşmanın sürdürülmesi kolay değildir. Ses seviyesinin yükseltildiği hallerin devamlılığı ve tekrarı, yorgunluk ve iş rahatsızlıklarına neden olmaktadır”²⁴. Benzer işlerde çalışanlara göre öğretmenler 32 defa daha fazla ses sorunu yaşamaktadırlar²¹.

Yapılan bir araştırmaya katılan öğretmenlerin gürültü nedeniyle karşılaştıkları sağlık sorunları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır²⁵:

1. Konsantrasyon zorluğu
2. Baş ağrısı
3. Genel bir yorgunluk
4. Sinirlenme
5. Kulaklarda çınlama
6. Ses tonunun yükselmesi
7. Ses yorgunluğu

Sonuç olarak uygun olmayan akustik koşullar öğrencilerin ve öğretmenlerin hem sağlığını hem de öğrenme ve öğretme performanslarını etkilemektedir.

²³ CHESMAN, M. School Acoustic: A brief Guide MC(1). <https://bso.bradford.gov.uk/>.

²⁴ Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools. REHVA Guidebook No 13 Part 1. (Ed. By F.R.d'Ambrosio Alfano), 2010.

²⁵ HENRIQUE, P., Et AlI. “Assessment of Acoustic Quality in Classrooms Based on Measurements, Perception and Noise Control”. Noise Control, Reduction and Cancellation Solutions in Engineering Edited by Dr Daniela Siano 2012.



12. SINIFTA AKUSTİK KONFORUN DEĞERLENDİRLMESİ VE GELİŞTİLMESİ İÇİN ÖNERİLER.

Okullarda akustik konforun geliştirilmesi için önce mevcut akustik çevrenin (gürültü kaynaklarının, öğrenci davranışlarının vs) sistematik anlamda değerlendirilmesi gerekir. Böyle bir değerlendirme için aşağıdaki öneriler getirilmiştir²⁶.

- “Gürültünün önlenmesinde dikkatli planlama ve okuldaki gürültü yaratan etmenlerin belirlenerek gerekli önlemlerin alınması,
- Okullarda gürültü haritalarının çıkarılması,
- Okulda etkili öğrenme ve en uygun akustik çevrenin oluşturulması için dersliklerde birçok kişinin spontan iletişime geçtiği durumlar için uygun koşullar oluşturulması,
- Okula uygun kapı ve cam sistemlerinin oluşturulması, duvarlarda ses izolasyon önlemleri alınması,
- Aşırı maruziyete bağlı geçici-kalıcı işitme kayıpları taramalarının yapılması, (Evoc otoakustik Emusyon Testleri).
- Toplumun, duymanın korunmasına yönelik eğitimler ile gürültü maruziyetine bağlı duyma kayıplarına ilişkin farkındalığının arttırılması,
- Eğitimciler ve okul yöneticilerinin bu konuda bilgilendirilmesi ve programların sürekliliğinin sağlanması,

²⁶ ÖZBIÇAKÇI,Ş., ÇAPIK, C., AYDOĞDU,N.G., ERSİN, F., KISSAL, A. “Bir Okul Toplumunda Gürültü Düzeyi Tanılaması ve Duyarlılık Eğitimi”. Eğitim ve Bilim Cilt 37, Sayı 165, 2012.

- *Okulun ilk günlerinden itibaren sınıflarda öğrencilerin katılımı ile kuralların belirlenip uygulanması ve yönetim tarafından titizlikle izlenmesi önerilmektedir. Bunun yönetimi için gerekli sistemler oluşturulmalıdır”.*

Okullarda ve sınıflarda akustik çevrenin değerlendirilmesinden sonra akustik konforun geliştirilmesi için aşağıdaki tedbirler önerilmektedir²⁷.

- Zemine yoksa halı konulması
- Pencerelere perde - güneşlik takılması
- Duvarların (özellikle arka duvarın) keçe veya mantar gibi yumuşak malzemele kaplanması
- Sesin yayılma yolunu engelleyecek açılı yüzeylerin konulması
- Tavandan aşağıya bayrakların, öğrenci çalışmalarının asılması
- Gürültülü ekipmanların gereksinim olmadığı zaman kapatılması
- Mümkün olduğunca kapıların ve pencerelerin kapalı tutulması
- Gürültü yapan aydınlatma ekipmanlarının değiştirilmesi
- Çok sayıda öğrencinin olduğu büyük hacimli sınıflardan kaçınmak
- Öğrencileri gürültü konusunda eğitmek ve birçok öğrenci aynı anda konuştuğu zaman neler olduğunu göstermek
- Öğrencileri farklı gruplara bölerek birbirleri için ortam gürültüsü olabilecek faaliyet yapmalarından kaçınmak
- Sınıfa giren misafirleri, öğretmen konuşurken konuşmamaları konusunda uyarmak.
- Sandalya masa ayaklarına sürtünerek gürültü çıkarmamaları için kauçuk içermeyen tapalar takmak.
- Ders yapılırken koridorlarda gürültü yapılmasını önlemek.

“Bir sınıftaki akustik sorunlar fiziksel olarak çözülsün bile davranışsal ve psikolojik etkiler akustik sorunların uzamasına neden olabilir. Bu uzun zamanlı patolojik durumu minimize etmek için söz konusu sınıf ortamında çocuklar için aşağıdaki listede yer alan bazı tedbirlerin alınması gerekmektedir. Söz konusu liste sınıflardaki fiziksel düzenlemelerin dinleme ve öğrenme için söz konusu engelleri kaldırmaya yeterli olmayacağını, akustik problemlere ilgili konuda eğitimi de içeren bütüncül bir yaklaşımla çözüm aranması gerektiğini göstermektedir”²⁸.

1. Sınıfta dinleme eğitimi
2. Evde dinleme eğitimi
3. Konuşma eğitimi
4. Fonolojik farkındalık eğitimi
5. İyi dinleme için öğretmenlere, öğrencilere, ebeveynlere danışmanlık
6. Görsel iletişim eğitimi
7. İletişim (sorunlarını giderme) onarma stratejisi eğitimi
8. Sözlü işitme eğitimi
9. Sınıf gürültüsü yönetiminin gözlenmesi
10. Sınıf içinde sessiz alanların etkin şekilde kullanımı

Görüldüğü üzere akustik konfor açısından en önemli önerilerden biri dinleme eğitiminin verilmesidir. İngiltere’de yapılan araştırma sonuçlarına göre sınıf içinde yedi farklı dinleme halinin olduğu gözlenilmiştir²⁹. Söz konusu farklı dinleme halleri aşağıda verilmiştir²⁸:

²⁷ Creating a Good Listening Environment in the Classroom. <http://www.asha.org/public/hearing/Creating-a-Good-Listening-Environment-in-the-Classroom/>

²⁸ <http://www.asha.org/public/hearing/Classroom-Acoustics>.

²⁹ <http://soundforschools.co.uk/2014/02/06/acoustic-regulations-sound-education/>.

1. Öğretmeni öğrencilere bakmadığı zaman dinlemek
2. Öğrenciler bir pratik etkinlik yaptıklarında dinlemek
3. Öğretmeni, sınıf içinde gezerken dinlemek
4. Diğer öğrenciler soru sorduğunda dinlemek
5. Sınıfta diğer yetişkinler konuşurken dinlemek
6. Bir grup çalışması yaparken sınıf arkadaşını dinlemek.
7. Multimedia ekipmanı kullanılırken çıkardığı gürültü ortamında dinlemek.

Öğretmenler, tüm öğrencilerin aynı seviyede ilgi göstermeyeceklerini düşünerek, yukarıdaki farklı konumlarda öğrencilerin dinlemelerini sağlamak gibi bir durumla karşı karşıyadırlar.

İÇ ÇEVRE KALİTESİ BİLEŞENİ OLARAK TİTREŞİMLER

Endüstriyel tesisler hariç yaşadığımız hacimlerde maruz kaldığımız titreşimler bina dışındaki araç trafiğinden, yol ve kazı çalışmalarından, bina içinde çalışan ekipman ve cihazlardan (pompalar, kompresörler vs) gelen titreşimlerdir. Maruz kaldığımız titreşimlerin bir kısmı sürekli, bir kısmı süresizdir.

Ağır yüklü araçların sebep olduğu titreşimler yoğunluğu değişmekle birlikte sürekli olarak sınıf ortamındaki konforu ve sağlığı etkiler.

Bina içindeki sürekli ve süresiz titreşim kaynaklarını yarattığı titreşimler, titreşim kontrolü açısından uygun tasarlanmamış bina sistemlerinden ve uygun zemin bağlantısı olmadan kullanılan çeşitli ekipmanlardan kaynaklanır.

Titreşimlerin bir mekanik ve biyolojik sistem olan insan vücuduna etkisi çok karmaşıktır. Titreşimlerin insan vücuduna etkisi titreşimin genliğine, frekansına ve titreşime maruz kalınan zaman dilimine bağlıdır. Bu etkiler genel olarak mekanik ve psikolojik olmak üzere iki grupta toplanabilir. Mekanik etkilerin en önemlisi maruz kalınan titreşimlerin vücuttaki organ sistemlerinde rezonans yaratmasıdır. Rezonans organlara ciddi zararlar verebilir.

Yol ve kazı çalışmaları gibi dış kaynaklı titreşimler konfor açısından geçici sorunlar yaratır. Bu türlü titreşimlerden öğrencileri korumak, öğrenme ve öğretme performansının etkilenmemesini sağlamak için titreşime sebep olan geçici faaliyetlerin ders saatleri dışında yapılması sağlanmalıdır.

Trafikten kaynaklı sürekli titreşimler ile Bina içindeki sistemlerden kaynaklanan titreşimlerin giderilmesi için ilgili uzmanlara veya yardım almak üzere Makina Mühendisleri Odasına başvurulmalıdır.

