



ISI VE AKUSTİK YALITIM

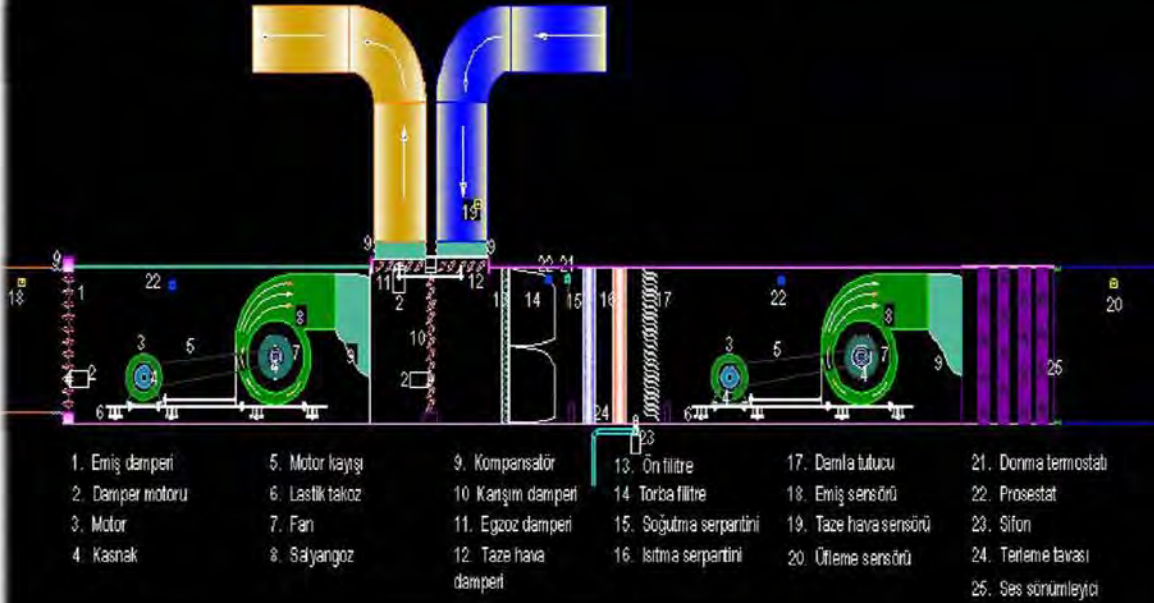
ISITMA TESİSATI





2008

YAPILARDA OTOMASYON VE ENERJİ YÖNTEMLERİ
[Klima Santrallerinde ve Hava Kanallarında Isı ve
Akustik Yalıtımı]



İNŞ.MÜH. UĞRAŞ SEVGİN

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YAPI İŞLETMESİ ANABİLİMDALI

TEZSİZ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

1- TESİSATA ISI YALITIMI

GİRİŞ

Isı yalıtımı; enerji kazanımı amacıyla, sıcaklık farklarından oluşabilecek ısı kayıp ve kazançlarını azaltmak için alınması gereken bir önlemdir. Genel olarak binalarda ve tesisatta kullanılmaktadır. Isı yalıtımı üç boyutu ile değerlendirilmektedir. Bunlardan ilki enerji tasarrufu boyutudur. Isı kaybı azaltılarak, kullanılan ısıtıcı malzemeden (radyatör, kazan kapasitesi gibi) tasarruf edilmekte ve tesisattaki ilk yatırım maliyetleri düşürülmektedir. Bunlarla birlikte, daha az yakıt kullanımı da parasal tasarrufu ortaya çıkarmaktadır.

Isı yalıtımı yolu ile enerji tasarrufu konusunda birçok Avrupa ülkesinden geride olan ülkemizde; enerjinin etkin ve tasarruflu kullanılması bilinci halen tam olarak yerleşmemiştir. Halbuki her yıl artan enerji ihtiyacını karşılamak için enerji kapasitesini artırmak kadar, onu tasarruflu kullanmak da önem arz etmektedir.

Bir diğer boyut, çevre boyutudur. Kömür, petrol gibi fosil yakıtların yanması sonucu CO₂ ve SO₂ gibi büyük miktarlarda atık gaz hava kirliliğine sebep olmaktadır. Bu atık gazlar, dünyanın geri yansıttığı güneş ışınlarını da tutarak, dünya sıcaklığının artmasına yol açarlar. Maalesef ileriki yıllarda iklimlerin değişmesi, bitki ve canlıların zararlı asit yağmurlarına maruz kalması kaçınılmaz olacaktır.

Isı yalıtımının son boyutu ise ısıl konfordur. Günümüzde; özellikle insanların toplu şekilde buldukları ofis ortamları, alışveriş merkezleri ve konutlarda ısıl konforun sağlanması esastır. Ancak bilinmelidir ki, ısıl konforun tam anlamıyla sağlanması sadece ortamı ısıtarak değil; ısıtma sisteminin yapı ve tesisat yalıtımıyla da desteklenmesi sayesinde mümkün olur. Sanayi tesisleri için de aynı durum geçerlidir. Yalıtılmamış borulardan ve armatürlerden kaybolan enerji bir yana; yalıtımsız elemanlara dokunmak suretiyle meydana gelen yaralanmalar ve fazla ısınan ortamın sistem arızalarına ve performans düşüklüklerine neden olması asla istenmeyen durumlardır.

ISI YALITIMI İLE İLGİLİ TANIMLAR

Isı İletkenlik Katsayısı

Isı iletkenlik katsayısı; birbirine paralel iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1K = 1°C olan homojen bir malzemenin, 1 m²'sinden 1 saatte ve 1 m kalınlıkta dik olarak geçen ısı miktarıdır. Sembolü (λ), birimi (W/mK)'dir. Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde en belirleyici özelliktir. Isı hesaplarında, laboratuarda ölçülen, λ değeri değil, 10°C ortalama sıcaklık ve pratik nem miktarına göre çevrilen zamlı λ_{hesap} değeri kullanılır.

Isı Geçirgenliği

Isı geçirgenliği; d (m) kalınlığında bir malzemenin paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark 1K=1°C olduğunda, 1 saatte, 1 m² yüzeyden dik olarak geçen ısı miktarıdır. Sembolü (λ), birimi (W/m² K)'dir.

Isı Geçirgenlik Direnci

Isı geçirgenlik direnci, ısı geçirgenliğinin aritmetik olarak tersidir. Sembolü (l/Λ), birimi (m²K/W) dir. Aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$\frac{l}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad (\text{m}^2\text{K/W})$$

Isı Geçirme Katsayısı

Isı geçirme katsayısı; herhangi d (m) kalınlığında bir yapı bileşeninin (duvar, çatı vs.) her iki tarafındaki hava sıcaklıkları arasındaki fark $1K = 1^{\circ}C$ olduğunda bileşenin $1 m^2$ yüzeyinden 1 saatte geçen ısı miktarıdır. Bazı literatürlerde "k" olarak da gösterilmektedir . Sembolü (U), birimi (W/m^2K)'dir.

Isı Geçirme Direnci

Isı geçirme direnci, ısı geçirme katsayısının aritmetik olarak tersidir. Sembolü ($1/U$), birimi (m^2K/W)'dir. Aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (m^2K/W)$$

Yüzeysel Isı Taşınım Katsayısı

Yüzeysel ısı taşınım katsayısı; herhangi bir yapı bileşeninin yüzeyi ile yüzeyin değdiği hava arasındaki sıcaklık farkı $1K = 1^{\circ}C$ iken, yapı bileşeninin $1 m^2$ 'sinden bu alana dik yönde 1 saatte geçen ısı miktarıdır. Sembolü (α), birimi (W/m^2K)'dir.

Yüzeysel Isı Taşınım Direnci

Yüzeysel ısı taşınım direnci, yüzeysel ısı taşınım katsayısının aritmetik olarak tersidir. Sembolü ($1/\alpha$), birimi (m^2K/W)'dir.

Bağıl Nem

Bağıl nem; belirli sıcaklıktaki havanın içerdiği su buharı miktarının, yine o sıcaklıktaki havanın taşıyabileceği en fazla su buharı miktarına oranına denir . Sembolü (ϕ), birimi (%)'dir.

Genel olarak, bağıl nem miktarları higrometre cihazlarından doğrudan okunmaktadır. İlgili doyma su buharı miktarları ise abaklardan alınmaktadır. Prensipte olarak sıcak hava soğuk havadan daha fazla su buharı barındırır. Tabloda hava sıcaklıklarına bağlı olarak $1 m^2$ havada barınabilecek maksimum su buharı miktarları gösterilmiştir.

Hava sıcaklığına bağlı $1m^2$ havadaki maksimum su buharı miktarları

T ($^{\circ}C$)	F (g/m^3)	T ($^{\circ}C$)	F (g/m^3)	T ($^{\circ}C$)	F (g/m^3)	T ($^{\circ}C$)	F (g/m^3)	T ($^{\circ}C$)	F (g/m^3)
-20	0,90	5	6,825	30	30,35	55	104,30	80	293,30
-19	0,99	6	7,28	31	32,05	56	109,30	81	304,70
-18	1,08	7	7,76	32	33,85	57	114,40	82	315,80
-17	1,18	8	8,27	33	35,70	58	119,60	83	327,90
-16	1,29	9	8,82	34	37,65	59	124,90	84	340,40
-15	1,41	10	9,4	35	39,60	60	130,20	85	353,40
-14	1,53	11	10,0	36	41,70	61	135,90	86	366,80

KLİMA SANTRALLERİNDE VE HAVA KANALLARINDA ISI VE AKUSTİK YALITIM

-13	1,67	12	10,65	37	43,90	62	141,90	87	380,50
-12	1,82	13	11,35	38	46,20	63	148,10	88	394,50
-11	1,98	14	12,10	39	48,60	64	154,50	89	408,80
-10	2,15	15	12,85	40	51,15	65	161,50	90	423,50
-9	2,34	16	13,65	41	53,80	66	167,90	91	438,80
-8	2,55	17	14,50	42	56,70	67	175,00	92	454,60
-7	2,77	18	15,40	43	59,30	68	182,40	93	470,80
-6	3,01	19	16,30	44	62,50	69	190,10	94	487,40
-5	3,26	20	17,30	45	65,40	70	198,10	95	504,50
-4	3,53	21	18,35	46	68,50	71	206,30	96	522,10
-3	3,82	22	19,40	47	71,80	72	214,80	97	540,20
-2	4,14	23	20,55	48	75,30	73	223,60	98	558,80
-1	4,48	24	21,80	49	79,00	74	232,60	99	578,00
0	4,84	25	23,05	50	83,00	75	241,80	100	597,70
1	5,21	26	24,35	51	87,00	76	251,50		
2	5,59	27	25,75	52	91,00	77	261,50		
3	5,99	28	27,02	53	95,2	78	271,80		
4	6,40	29	28,70	54	99,60	79	282,40		

Terleme Sıcaklığı

Belirli şartlardaki havanın terleme sıcaklığı, aynı şartlarda bulunan ve aynı miktarda su buharı bulunduran doymuş havanın sıcaklığıdır. Aynı zamanda çığ noktası sıcaklığı olarak da adlandırılmaktadır . Sembölü (T_c), birimi ($^{\circ}\text{C}$)' dir. Tabloda hava sıcaklıklarına ve bağıl neme bağlı olarak terleme sıcaklıkları gösterilmiştir ,

Hava sıcaklığına ve bağıl neme bağlı terleme sıcaklıkları

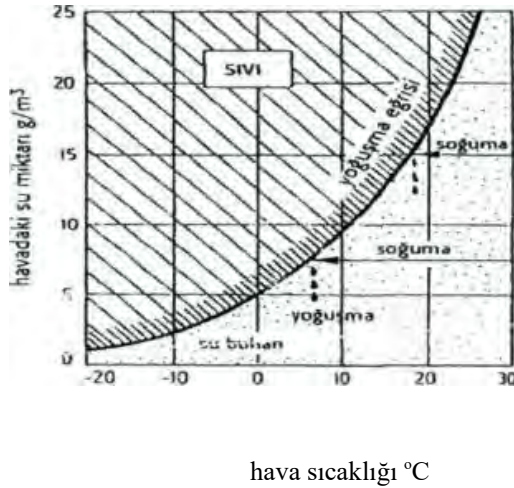
T ($^{\circ}\text{C}$)	BAĞIL NEM ORANLARINA GÖRE YOĞUŞMA NOKTASI SICAKLIKLARI*													
	T_c ($^{\circ}\text{C}$)													
	%30	%35	%40	%45	%50	%55	%60	%65	%70	%75	%80	%85	%90	%95
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	2,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	8,8	11,1	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1
27	8,0	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	1,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2

21	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	1,0	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	-0,6	1,4	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	-1,4	0,5	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	-2,2	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	-2,9	-1,0	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	-3,7	-1,9	-0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	-5,5	-2,6	-1,0	0,4	1,9	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	-5,2	-3,4	-1,8	-0,4	1,0	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	-6,0	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,5	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

* Yaklaşık değer alınırken doğrusal enterpolasyon yapılmalıdır.

Yoğuşma

Yoğuşma; havanın içindeki su buharının, ortam sıcaklığı ve bağıl nem miktarına bağlı olan terleme sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki bir yüzeye temas etmesi sonucu gaz halinden sıvı hale geçmesidir. Aşağıdaki grafikte hava sıcaklığına bağlı olarak havadaki su miktarının değişimi görülmektedir.



Hava sıcaklığına bağlı havadaki su miktarı değişimi

ISI YALITIM MALZEMELERİ VE ÖZELLİKLERİ

Isı Yalıtım Malzemesinde Aranılan Başlıca Özellikler

Isı yalıtım malzemeleri, bitişik yapı malzemelerinin ısı iletim direncini artırmak veya dışarıya kaçan ısı miktarını azaltmak amacı ile kullanılırlar. Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde bazı özellikler aranmaktadır. Bu özellikler şöyledir:

Isı İletkenlik Katsayısı:

Yalıtım malzemelerinin seçiminde en önemli kriterdir. Isı iletim katsayısı λ 'nın olabildiğince küçük (0'a yakın) olması, ısıyı o kadar az geçirdiğini gösterir. Malzemelerin λ değerleri verilirken, bu değerler laboratuarda ölçülen değil, pratik λ değeri olmasına dikkat edilmelidir.

Neme Karşı Duyarlılık:

Sudan doğrudan etkilenmemeli ve higroskopiktik veya kapilarite yolu ile dolaylı olarak ıslanıp λ değeri yükselmemeli, yani daha da kötüleşmemelidir.

Sağlığa Etkileri:

Üretim, uygulama ve kullanım sırasında sağlığa zarar vermemelidir.

Buhar Difüzyon Direnç Katsayısı:

Buhar difüzyon direnç katsayısı yüksek olmalıdır.

Çeşitli Kuvvetlere Dayanıklılık:

Kullanım yerine göre basınca, çekmeye, gerilmeye karşı mukavemeti, elastikiyeti, kırılabilirliği ve sarsıntıya dayanıklılığı verilmelidir.

Korozyon Direnci:

Korozyon, çürüme, küflenme ve haşarat barındırma gibi etkenlere karşı bir direnci olmalıdır. **Şekil Değiştirmezliği:**

Fiziksel etkiler ve ısı değişiklikleri sonucu boyut ve şekil değiştirmemesi, küçülmemesi ve büyümemesi istenir. Aksi halde değişiklik değerleri verilmelidir. Ayrıca ıslanma sonucu boyut değiştirmesi istenmez.

Sıcaklığa Dayanma ve Yanma Durumu:

Isı yalıtım malzemesinin hangi sıcaklıklar arasında kullanılacağı belirtilmeli, alev ve yanmaya karşı dayanıklı olmalıdır.

Kullanılabilirliği:

Boyutları taşıma ve uygulama açısından kolay, işçiliği zahmetsiz olmalıdır.

Gözenek Yapısı:

Açık veya kapalı gözenekli veya hem açık hem kapalı gözenekli olup olmadığı belirtilmelidir.

Yoğunluğu:

Kullanım yerine göre olabildiğince az yoğunlukta olmalıdır.

Genel Özellikler:

İçerdiği malzemeler, hücre yapısı, yoğunluğu, piyasaya arz şekli ve boyutları verilmiş olmalıdır.

Ekonomikliği:

Yalıtım malzemesi, benzerleriyle karşılaştırıldığında ekonomik bir fiyata sahip olmalıdır.

Asitlere Karşı Dayanıklılık:

Asitlere ve atmosfer şartlarına karşı dayanıklı olmalıdır.

Seçilen yalıtım malzemesinden, yalıtım yapılacak yerin gerektirdiği şartlara uyması, yalıtımın maliyeti başına en büyük ısı geçirgenlik direncini göstermesi beklenmektedir. Yer şartları açısından en önemli faktör; yalıtımın çalışma sıcaklığı içinde tam işlevini yerine getirebilmesi için, yalıtım malzemesinin kataloğunda verilen uygun yerlerde kullanılmasıdır.

Isı Yalıtım Malzemesi Çeşitleri ve Özellikleri

Isı yalıtım malzemeleri; genelde bina yalıtımında, teknik tesisat yalıtımında ve sanayi tesisat yalıtımında kullanılmaktadır. Bina yalıtımında genel olarak; çatı, duvar, döşeme gibi yapı bileşenlerinin yalıtımları yapılır. Tesisat yalıtımında; ısıtma tesisatının ve sıhhi tesisatın yalıtımı, sanayi tesisatının yalıtımında ise, çeşitli endüstri tesislerinde boruların, kazan elektrofiltre gibi tesisatın yalıtımı yapılmaktadır.

Bu amaçlar için kullanılan malzemeler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

- Mineral lifli malzemeler
- (Camyünü, Taşyünü, Seramikyünü)

- Sert plastik köpükler
(Ekspanded polistren-EPS, Ekstrüde Polistren-XPS, Fenol Köpüğü, Poliüretan)
- Yumuşak köpükler (flex malzemeler)
(Elastomerik kauçuk köpüğü, polietilen köpük)
- Cam köpüğü, kalsiyum silikat türü malzemeler

Camyünü

Ergimiş camın çeşitli metotlarla lif haline getirilmiş şeklidir. Çeşitli yöntemlerle üretilmektedir. Hammaddesinin esasını silis kumu oluşturur. Lif çapları 3-5 m (mikron) arasındadır.



Çeşitli Camyünü malzemeler

1. Genel Karakteristik

Camın kendisi kırılğan bir madde olduğu halde ince lifli türleri esnek, bükülebilen ve çok yönlü amaçlara hizmet edebilecek niteliktedir. Bakalitli (sarı) ve bakalitsiz (beyaz) türleri vardır. Bakalit, lifleri birbirine yapıştırarak malzemeye form vermeye (rulo, levha) yarar.

Bakalitli olanlar en çok 250°C'ye kadar kullanılır. Bakalitsiz (beyaz) olanlara ise form verebilmek için kümes teline veya oluklu mukavva gibi malzemelere dikmek gerekmektedir (şilte vs.). Maksimum 550°C'ye kadar kullanılabilirler. Genellikle sanayi yalıtımlarında (kazan, tank, boru vs.) kullanılırken sarı olanlar özellikle yapı sektöründe, ayrıca şofben, fırın gibi ev cihazlarının yalıtımında tercih edilmektedir. Yapıda kullanılan sarı ürünler 10-120 kg/m³ yoğunlukta üretilirler ve şekilleri yoğunluğa göre rulo veya levha şeklindedir. Optimum yoğunluk 60-65 kg/m³'tür. Malzeme çıplak olabildiği gibi, kağıt, bitümlü karton, alüminyum folyo gibi yardımcı malzemelere yapıştırılmış olarak da bulunabilir. Camyünüde kullanılan bakalit, "fenol-formaldehit" bakalitidir.

2. Isı İletkenliği

TS 825'e göre inşaatlarda kullanılacak Camyünü için $\lambda = 0,040$ W/mK değeri verilmiştir. Sanayide kullanılacağı vakit bu değer alınmaz. Söz konusu ekipmanın sıcaklığı ve ortalama sıcaklık dikkate alınarak hesaplanan ısı iletkenlik katsayısı alınır. Tesisat hesabında ısı geçirme direncini hesaplayabilmek için, yalıtım malzemesinin ortasındaki sıcaklığa tekabül eden ortalama ısı iletkenlik değeri esas alınmaktadır. 65 kg/m³ yoğunluktaki Camyünü için çeşitli ortalama sıcaklıklara ait λ değerleri Tabloda gösterilmiştir . Ara sıcaklıklara ait değerler interpolasyon ile bulunur.

Ortalama sıcaklıklara ait λ değerleri

Ortalama Sıcaklık	λ
0	0,034
50	0,041

100	0,047
150	0,055
200	0,064
250	0,074
300	0,085

3. Mekanik Özellikler

Camyününün basınç, çekme, kopma vs. dayanımı ürünün yoğunluğuna göre değişkenlik gösterir. Genellikle rulo halindeki yoğunluğu az camyününün, basınç mukavemeti hiç yokken, yoğunluk attıkça muayyen bir basınç mukavemeti oluşur. Keza malzemelerin kopma mukavemeti de rulo veya levha olması durumuna göre değişmektedir. Gerekli değerler ilgili firma broşürlerinden alınabilir.

4. Suya Karşı Duyarlılık

Cam nasıl ıslanmıyorsa, cam lifleri de ıslanmaz. Ancak Camyünü lifleri arasında %99 oranında hava boşlukları bulunur. Dolayısıyla malzemeye direkt olarak (yağmur, kar, depo taşması vs.) veya indirekt olarak (buhar difüzyonu, higroskopiklik veya kapilarite) yoluyla su gelmesi halinde bu hava boşlukları suyla dolar. Suyun ısı iletkenliği camyünden 14 kez kötü olduğundan ($\lambda=0.555$ W/mK) ıslanan camyününün yalıtım görevini olumsuz etkiler. Bu nedenle başta lifli malzemeler olmak kaydıyla her tür yalıtım malzemesi kuru kalmalıdır. Eğer su gelmesi söz konusu ise, o zaman ayrıca önlem alınmalıdır. Islanan Camyünü kurursa yalıtım görevini yapmaya devam edecektir. Ne var ki kalın rulo ve levhalarda kuruma süresi çok fazladır. Bu süre zarfında yalıtım eksik olur. Suyun camyününe verdiği bir başka zarar da, içindeki bakaliti çözebilmesidir. Çözülen bakalitin lifleri birbirine yapıştırıcılığı sona erer, bunun sonucunda da malzeme kalınlığında azalma (sünme) görülür. Camyünü higroskopiklik ve kapilarite özelliklerine sahip değildir.

5. Kimyasal Maddelere Karşı Duyarlılık

Genel olarak Camyünü tüm asitlere dirençlidir. Yalnızca hidroflorik asit bu malzemeye etki etmektedir. Her türlü yapı malzemesi ile kolayca bağdaşabilir.

6. Sıcaklığa Dayanma ve Yanma Durumu

Camyününün sıcaklığa dayanımı malzemenin bakalitli (sarı) ve bakalitsiz (beyaz) oluşuna göre değişmektedir. Bakalitli mamuller en çok 250°C'ye kadar kullanılır. Bu sıcaklıktan sonra bakalit yanmaya başlar ve koku çıkararak uçar, liflerin bağlayıcılığı yok olur. Yani malzeme şekilsiz (amorf) olur. Sıcaklığın daha da artması halinde malzemenin sarı rengi önce koyulaşır kahverengiyeye dönüşür; sıcaklığın 500-550°C'yi bulması halindeyse bakalit tamamen yok olur ve renk de beyaz olur. Beyaz ve sarı mamuller 550°C'den fazla sıcaklıklarda ergiyerek cam topaklığı haline gelir. Bu durumdaki malzemenin artık yalıtım fonksiyonu kalmamıştır. Pratikte Camyünü yanmaz malzeme olmakla birlikte, yapılacak işe (sıcaklığa) uygun malzeme tipi seçimine dikkat edilmelidir.

7. Buhar Geçirimsizliği

Bilindiği gibi her malzemenin kendine göre değişen bir buhar difüzyon katsayısı (μ) vardır. Buharı tamamen geçiren malzemelerde bu katsayı 1, hiç geçirmeyenlerde ise ∞ 'dur. Isı yalıtım malzemelerinde bu katsayının oldukça yüksek olması aranır. Camyününün (μ) değeri 1,2 olup buharı kolay geçirir. Dolayısıyla Camyünü ile yalıtılmış bir konstrüksiyonda buhar akımı rizikosunu varsa yalıtım sıcak tarafına buhar kesici bir malzeme (alüminyum folyo, bitümlü karton, PVC, polietilen vs.) konularak camyününün devamlı kuru kalması sağlanmalıdır.

8. Ekonomiklik

Camyünü, ekonomik yapısıyla ve yüksek ısı yalıtımı özelliğiyle genel olarak ekonomik olan ısı yalıtım malzemeleri içinde yer alır. Malzemenin fiyatı yoğunluğuyla doğrudan ilgili olduğu için az yoğunluklu rulo malzemeler oldukça ekonomik sayılabilirken, yoğunluğun artmasıyla fiyat da yükselir. Bu nedenle yoğunluğu yüksek levha tipi camyünlerinde ekonomiklik ayrıca irdelenmelidir.

Taşyünü

1. Genel Karakteristik

Basalt, kireçtaşı, dolomit gibi minerallerden elde edilen lifli yalıtım malzemeleridir. İlk olarak 1897'de Amerika'da yapılmış, yalıtım amacı ile 1927'de kullanılmaya başlanmıştır. Birbirinden farklı değişik metotlarla üretilmekle birlikte, üretim esasları camyününe benzemektedir. Koyu gri rengi olan taşyünü bugün Avrupa'nın hemen her ülkesinde ve bu arada ülkemizde de üretilmektedir, lif çapları 5m (mikron) civarında olup, yoğunlukları 20-200 kg/m³ arasındadır. Ancak genellikle 30/100 kg/m³ yoğunlukları kullanılmaktadır.

Camyününde olduğu gibi düşük yoğunluklar rulo halinde, yüksek yoğunluklar levha şeklindedir. Optimum ısı iletkenlik katsayısı 100-120 kg/m³ arasındaki yoğunluklarda elde edilir. Kümes teline veya oluklu mukavvaya dikili olan şilteleri genelde sanayi ekipmanlarının yalıtımında kullanılır. Camyününde lifler yatay olarak yer alırken, taşyününde her doğrultuda yer alır. Bu sebeple basınç mukavemeti camyününden daha fazladır.



Çeşitli taşyünü malzemeler

2. Isı İletkenliği

TS 825'e göre taşyününün ısı iletkenlik katsayısı λ - 0,040 W/mK olup camyünününki ile aynıdır. Bu değer yapılar için geçerli olup sanayide kullanımında Camyününde olduğu gibi ortalama sıcaklıklara tekabül eden λ , değerleri alınmalıdır.

3. Mekanik Özellikler

Taşyününde basınç, kopma mukavemeti gibi özellikler, Camyününde de olduğu gibi yoğunluğa göre değişmektedir. Bu mukavemetler düşük yoğunluklarda az, yüksek yoğunluklarda genellikle fazladır. Ne var ki, lifli malzemelerde malzemenin yoğunluğunun kesin bir sayı ile belirtilmesi, üreticiler açısından çeşitli sakıncalar doğurur. Bu nedenle üreticiler ürettikleri malın onlarca çeşidinde kg/m³ olarak yoğunluk belirtmek yerine her malzemeye başka isimler koyarak tanımlamayı tercih ederler. Bu bakımdan katalog incelendiğinde yapılacak işe uygun malzemeyi yoğunluğa değil, malzeme kod adına göre seçmek zorunluluğu ortaya çıkar.

Rockwool RP-SD çatı levhasının basınç altında kalınlık kaybı şöyledir:

500	N/m ² için	% 0,8
1000	N/m ² için	% 1,2
1500	N/m ² için	% 1,6
2000	N/m ² için	% 2,0
3000	N/m ² için	% 2,7

Yüksek yoğunluklu (çok sert) Rockwool teras çatı levhalarının basınç gerilmesi 65 kN/m²'den, kopma mukavemeti ise 10 kN/m²'den büyüktür. Tüm lifli malzemelerde olduğu gibi taşyününde de malzemenin buhar

difüzyon direnci çok düşük olup $\mu = 1,1 - 1,4$ arasındadır. Ancak alüminyum folyo kaplı tiplerinde bu değer ∞ 'a ulaşır.

4. Suya Karşı Duyarlılık

Taşyünü de Camyünü gibi açık gözenekli bir malzemedir. Malzemenin %99'unu hava boşluğu oluşturmaktadır. Bu yüzden önlem alınmadığı takdirde kolay ıslanacaktır. Ancak bazı taşyünü tiplerinde, malzeme içine silikon katılarak ıslanmadığı iddia edilmektedir.

5. Kimyasal Maddelere Karşı Duyarlılık

Bileşiminde kalsiyum bulunan taşyünü cinsleri sert asitlere karşı dayanıklı değildir. Eğer bileşiminde kükürt varsa, temas ettiği metal yüzeylerde korozyona yol açar. Bu nedenle kritik projelerde malzemenin bileşimi iyi incelenmelidir.

6. Sıcaklığa Dayanma ve Yanma Durumu

Genel olarak sıcaklığa dayanımı camyününden fazla olup 1000°C 'ye kadar ulaşabilir. Bileşiminde bakalit varsa maksimum kullanım sıcaklığı $200-250^{\circ}\text{C}$, yoksa 1000°C 'dir. Ancak malzeme; kağıt, mukavva, bitümlü karton veya kraft kağıdı kaplıysa kaplama yüzeyindeki sıcaklığın kaplama malzemesinin dayanabileceği sıcaklığı aşmamasına dikkat edilmelidir. Bu da $80-100^{\circ}\text{C}$ civarındadır. Genel olarak taşyünü yanmaz bir malzeme olmakla birlikte, Camyünü bölümündeki hususlar bu malzeme için de aynen geçerlidir.

7. Buhar Geçirimsizliği

Taşyünü de Camyünü ile aynı yapıya sahip olduğundan μ değeri düşüktür. Bu değer $1,1-1,4$ arasında değişir. Bu nedenle buhar difüzyonu riski olan uygulamalarda taşyününün sıcak tarafına buhar geçirmeyen bir malzeme getirilmelidir.

8. Ekonomiklik

Aslında taşyününün maliyeti camyününün maliyetinden yaklaşık yarı yarıya ucuzdur. Ne var ki, taşyünü yoğunlukları camyününe kıyasla yaklaşık iki kat fazladır. Bu yüzden fiyatlar eşitlenmiş olur. Ancak ithal edilen taşyünlerini her ithalatçı değişik fiyatlarla piyasaya arz etmektedir.

Genleştirilmiş Polistren (EPS)

Polistren sert köpük, yapay organik bir ısı yalıtım malzemesi olup, ilk kez 1952 yılında Alman BASF firması tarafından üretilmiş ve Styropor adı altında dünyaya yayılmıştır. Zamanla Shell, Höchst, CdF Chemie gibi diğer firmalar tarafından da üretilerek değişik marka adları almasına karşılık, Türkiye'deki adı Styropor olarak kalmıştır.

Styropor termo-plastik bir malzemedir. Ülkemizde ilk olarak 1960'lı yılların başında soğuk hava depolan ile ticari buzdolabı üreticilerinin ihtiyacını karşılamak üzere üretilmeye başlanmış ve çok uzun yıllar (1986'ya kadar) kullanılmıştır.

Diğer ülkelerde başlangıçtan itibaren inşaatlarda da kullanılan bu malzeme, Türkiye'de ancak 1986'dan sonra inşaatlara girebilmiştir. Bugün diğer ülkelerde olsun, Türkiye'de olsun inşaatlarda en çok kullanılan yalıtım malzemelerinin öncülerindendir. Bunun nedeni, her türlü ısı yalıtım malzemesinin en ucuzu oluşu ve haiz olduğu teknik özelliklerdir.



EPS levha örnekleri

1. Genel Karakteristik

EPS mamulleri beyaz renkli levhalar halindedir. Standart levha ölçüleri 50x100 cm olmakla beraber daha büyük ölçülerde de (50x200, 100x100, 100x200...) üretilebilmektedir. Kalınlıkları 1x10 cm arasında, yoğunlukları ise 130 kg/m³ arasında değişir. Ülkemizde genellikle çıplak olarak pazarlanırken diğer ülkelerde çeşitli malzemeler ile kaplanmış olarak satılmaktadır.

Üretiminde polistrenden başka hammadde yoktur. 1 m³ eps bloğunda milyonlarca adet küçük, kapalı gözenekli hava boşlukları vardır. Her tür yalıtım malzemesinde olduğu gibi eps de de esas ısı yalıtımını bu boşlukçuklar sağlar. Polistrenin şişirme metodu ile üretilenine "ekspand polistren (EPS)", ekstrüde metodu ile üretilenine "ekstrüde polistren (XPS)" denir. Ekspand polistren önce blok olarak şişirilir, sonra bloktan levhalar kesilir. Ekstrüde metodunda ise banttandır sürekli ürün alınır.

Blok epsden ayrıca prefabrik Boru-eps elde edilebilir. Ayrıca özel şekil veren makinelerde ambalaj ve ısı yalıtım malzemesi olarak da üretilirler. EPS ülkemizde TS 7316 no'lu Türk Standardı'na göre üretilmektedir.

2. Isı İletkenliği

EPS'nin en önemli özelliğidir. Isı iletkenlik katsayısı düşük olan yalıtım malzemeleri arasındadır. TS 7316'ya göre yoğunluğun değişmesi ile X, değerinde küçük değişiklikler olmaktadır.

3. Yoğunluk

Genleştirilmiş polistrende yoğunluklar 10-30 kg/m³ arasındadır. İstenirse 60 kg/m³ yoğunluğa kadar çakılabilir. Yoğunluğun artmasıyla basınç dayanımı, buhar geçirimsizliği ve fiyatı da artar. En çok tüketilen(%80) yoğunluk, 10 kg/m³ olanıdır.

4. Mekanik Özellikler

Yoğunluğa bağlı olarak mekanik özellikler aşağıdaki tabloda verilmiştir .

Genel olarak tüm yapı malzemeleriyle kolayca bağdaşır. Ancak bazı çözücü maddelerle (tiner vs.) asitlere karşı dayanıksızdır. Zorunlu hallerde üretici firmalardan geniş bilgi alınması önerilir.

6. Sıcaklığa Dayanımı ve Yanma Durumu

EPS yanıcı bir malzemedir. Ancak içine özel maddeler karıştırılarak zor alev alıcı veya kendi kendine sönen tipleri de mevcuttur (B1). En çok 80-85°C'ye kadar kullanılabilir. Eps'nin kullanıldığı yerde bir süre sonra

kendi kendine yok olduğu şeklinde gerçeğe uymayan bir inanış vardır. Aslında eps doğru yerde ve doğru yoğunlukta, kusursuz işçilikle uygulanırsa kendi kendine yok olması gibi bir durum bahis konusu olamaz. EPS termo-plastik bir malzeme olması sebebi ile tüm plastik maddeler gibi belirli bir sıcaklıktan sonra (85°C) yumuşamaya başlar. Bu yumuşama olayı düşük yoğunluklarda (basınca dayanıksız veya az dayanıklı) daha belirgindir. Basınç altında kullanılmaması gereken en düşük yoğunluk olan 10 kg/m³ lük malzeme teras gibi yüksek sıcaklıklara maruz kalan yerlerde kullanılırsa doğal olarak basıncın da etkisi ile yumuşar ve kalınlık kaybeder. Bu tür yerlerde yüksek yoğunlukta (20-30 kg/m³), basınca dayanımı fazla olan EPS kullanılırsa ne yumuşama ne de kalınlık kaybı meydana gelir.

Ortalama (°C) Sıcaklık	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W/mK)			
	15 kg/m ³	20 kg/m ³	25 kg/m ³	30 kg/m ³
10	0.038	0,035	0,033	0,033

7. Suya Karşı Duyarlılık

Malzeme kapalı gözenekli olduğundan ve küreciklerin çeperleri suyu geçirmediğinden genel olarak suyu alma yüzdesi oldukça düşüktür. Ancak üretim sırasında küreciklerin birbirine iyi yapışmaması halinde ve bloktan levha kesilirken levha yüzeyinde kalan kesilmiş yarım küreler içerisinde ve arasında su kalabilir. Yoğunluk arttıkça küreler birbirine daha sıkı yapışacağından su alma oranı gittikçe azalır. Bir yıl süreyle tamamen su içine batırılmış EPS'nin (ki inşaatta böyle bir durum düşünülemez) hacmen su alma yüzdeleri şöyledir: Bunun dışında malzeme higroskopik ve kapiler değildir.

8. Ekonomiklik

Genleştirilmiş polistren, tüm modern yalıtım malzemeleri arasında fiyat yönünden en ucuz olanıdır. Yoğunluk azaldıkça ucuzluk oranı artmaktadır. Prensip olarak basınç gelmeyen yerlerde daha düşük yoğunlukta EPS kullanılabilirken, basınç gelen yerlerde yüksek yoğunlukta tipler tercih edilmektedir. Yalıtım malzemelerinin fiyat karşılaştırmasını yapabilmek için, malzemelerin λ_{hesap} değerlerine göre bulunacak eşdeğer kalınlıklar dikkate alınmalıdır.

Ekstrüde Polistren (XPS)

Polistren sert köpüğün banttan çekilerek üretilen tipidir. Çeşitli firmalar, çeşitli yöntem ve renklerde bu malzemeyi üretmektedir.

1. Genel Karakteristik

Bu malzemelerin hücre yapıları ve dağılımı homojendir. Isı iletkenlik katsayıları EPS'ye göre oranla daha düşüktür. Levhaların kapalı hücre yapılarının şekilleri itibarıyla su alma durumları da daha azdır.

Yoğunlukları 25-50 kg/m³ arasında değişmektedir. En önemli özelliklerinden biri de basınca olan mukavemetinin fazlalığıdır. Ayrıca su buharı difüzyon direnç faktörleri de yüksektir.

2. Isı İletkenliği

33 kg/m³ XPS için $\lambda_{lab} = 0,028$ W/mK olmakla beraber $\lambda_{hesap} = 0,035$ W/mK alınmalıdır. Yoğunluğun artması ile bu değer de değişir.

3. Mekanik Özellikler

Basınç dayanımı	25 kg/m ³ için 0,15 N/mm ²
	35 kg/m ³ için 0,30
	N/mm ² 38 kg/m ³ için
	0,50 N/mm ²

4. Suya Karşı Duyarlılık

Malzeme çok sıkı kapalı gözenekli bir yapıya sahip olduğundan su alma durumu fevkalade düşüktür. Tüm yoğunluklar için su alma yüzdesi hacminin %1'i kadardır. Bu nedenle ters çatı sistemleri için iyi bir yalıtım malzemesidir. Malzeme higroskopik veya kapiler değildir.

5. Kimyasal Maddelere Karşı Duyarlılık

Plastik esaslı olduğu için birçok kimyasal maddeye karşı duyarlıdır. Bilhassa tiner gibi çözücü maddelerle ve bazı yapıştırıcılarla birlikte kullanılmamalıdır. Gerekğinde ilgili firmadan bilgi alınmalıdır.

6. Sıcaklığa Dayanımı ve Yanma Durumu

Ekstrüde Polistrenin içinde alevlenmeyi önleyici madde vardır, bu nedenle zor yanıcı sınıfında yer almaktadır. Ülkemizde yapı malzemeleri için bir yanma standardı bulunmadığından Alman DIN 4102 no'lu yangın standardına göre B1 sınıfına girmektedir. Nakliye, depolama ve kullanım safhalarında malzemenin yanmaz olduğu sanılıp, ateşe ve aleve karşı tedbirsiz davranılmamalıdır. Keza, uzun süreli açıp depolamadan da kaçınılmalı ve güneşin direkt ultraviyole ışınlarının malzeme yüzeylerini tahrip edebileceği bilinmelidir. 75-80°C'ye kadar rahatlıkla kullanılabilir.

7. Buhar Geçirimsizliği

Su buharı difüzyon direnç katsayısı yoğunluğa göre değişmektedir. En düşük yoğunluk 25 kg/m³ için $\mu=80-150$; en yüksek yoğunluk 45 kg/m³ için $\mu=150-220$ arasında olmaktadır.

Poliüretan Köpük

1. Genel Karakteristik

Poliüretan iki kimyasal maddenin (poliol ve izosiyonat) karışımları sırasında havanın yardımıyla köpürüp sertleşmesinden elde edilen plastik esaslı bir köpüktür. Genellikle levha halinde bulunmakla birlikte, prefabrik boru gibi şekil verilmiş formlarda da bulunabilirler.

Bunun haricinde püskürtme metodu ile de uygulanabilmektedir. Poliüretan sarı renklidir. Hücrelerin %95'i kapalı gözeneklidir. 30-200 kg/m³ yoğunluklarda kullanılır. Levhaların tek taraflı ısınması halinde şekil deformasyonu görülür. Bu yüzden her iki yüzünün de başka bir malzeme ile (kağıt, bitümlü kağıt, PVC, alüminyum folyo vb.) kaplanması gerekmektedir.

2. Isı İletkenliği

Poliüretanın ısı iletkenliği çok düşüktür. Hatta bazı üreticiler $\lambda=0,012-0,013$ W/mK gibi vermektedirler. Oysa bu değer malzemenin ilk üretildiği andaki değeri olup zaman geçince λ değeri yükselerek değişir. Olayın esası şudur: poliüretan ilk üretildiği anda içindeki itici gazın A değerinin çok küçük olması nedeniyle malzemenin λ

değeri de çok küçük çıkar. Ancak zamanla itici gaz difüzyon yoluyla dışarı çıkar ve yerini hava doldurur. Böylece λ değeri de yükselir. Bu nedenle standartların belirlediği değerler esas alınmalıdır.

Öte yandan son yıllarda sera etkisi yapması sebebiyle poliüretan köpük yapımında itici gaz olarak kullanılan ve CFC içeren R-11 gazı kullanılması bazı ülkelerde yasaklanmıştır. Bunun yerine CFC içermeyen CO₂ gazı kullanılır. Ancak bu tür üretimde maliyet %10 kadar artarken λ değerlerinde küçük yükselmeler (kötüleşmeler) görülmektedir.

Poliüretan köpüğün yoğunluğu 30-200 kg/m³ arasında ayarlanabilir. Yalıtım için kullanılan levhaların 32 kg/m³ den az olmaması önerilmektedir. Aksi halde şekil değişimleri gösterebilir. Basınç dayanımları yoğunluklara göre şöyledir:

İnşaatlarda kullanılan yoğunluklar genellikle 30-40 bazen de 50 kg/m³ Yoğunluk arttıkça fiyat da önemli ölçüde artmaktadır.

4. Suya Karşı Dayanıklılık

Malzemenin bünyesine su alma durumu az olmakla birlikte EPS ile kıyaslandığında ondan daha fazladır. 24 saat suya daldırılmış numune hacminin %0,2-1,0'i kadar su alırken, birkaç haftalık numunelerde bu oran %3 - %5 civarındadır. Buhar difüzyonu yolu ile ıslanma durumu söz konusu olduğunda ($\mu=40-50$), levhalar ya buhar sızdırmaz şekilde kaplanmalı veya muhtemel gerilmelere karşı önceden önlem alınmalıdır. Yerinde püskürtme köpüklerde $\mu=3-8$ 'dir.

5. Kimyasal Maddelere Karşı Duyarlılık

Poliüretan köpük hafif asitlere, benzine, mazota, alkalilere ve deniz suyuna karşı dayanıklıdır. Eğer bir kuşku varsa üretici firmaya danışılmalıdır.

6. Sıcaklığa Dayanımı ve Yanma Durumu

Poliüretan levhalar 110-120°C sıcaklığa kadar devamlı dayanıklıdır. Sıcaklığa dayanım açısından EPS'e göre önemli bir farkı vardır. -200°C'ye kadar soğuk işlerde kullanılabilir. Petrol türevi bir ürün olduğu için yanıcıdır. Üretim sırasında konulan alev almayı zorlaştırıcı maddelerle "zor alev alabilen" (B1) hale getirilir.

7. Ekonomiklik

Salt yalıtım malzemesi olarak diğer yalıtım malzemelerine (lifli malzemeler, EPS) oranla ucuz sayılmasa dahi hazır prefabrik elemanlar olarak (metal kaplı sandviç paneller vb.) işçilikten ve zamandan çok kazandırır.

Elastomerik Kauçuk Köpüğü

1. Genel Karakteristik

Kauçuk köpüğü esaslı elastomerik yalıtım ürünleri ülkemize 10-15 yıl önce gelmiş ve kullanımı gitgide yaygınlaşmaktadır. Tamamen esnek, kapalı hücreli, genleştirilmiş siyah sentetik kauçuk boru ve levhalardır.

Bünyesindeki yüksek orandaki sentetik kauçuğun sayesinde farklı uygulama alanlarında kullanılacak esnekliği sağlar. Sıcak borularda ısı kaybını, soğuk borularda ise ısı kazancını önemli miktarda azaltır.

2. Isı İletkenliği

Elastomerik kauçuk köpüğü için, kullanıldığı sıcaklıklara bağlı olarak, ısı iletim katsayısı değerleri aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$\begin{aligned}\lambda_{-20^{\circ}\text{C}} &= 0,034 \text{ W/mK} & \lambda_{0^{\circ}\text{C}} \\ &= 0,036 \text{ W/mK} \\ \lambda_{+20^{\circ}\text{C}} &= 0,038 \text{ W/mK}\end{aligned}$$

3. Mekanik Özellikleri

Yoğunluğu 60-90 kg/m² arasında olup, mükemmel bir esnekliğe sahiptir.

4. Suya Karşı Duyarlılığı

DİN 1988/7'de yalıtım malzemelerinin olabildiğince nötr olması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca suda çözünün klorlar, NH₃ ve NO_x'in yalıtım malzemesi bünyesinde belirtilen oranlardan fazla olmaması gerektiği söylenmektedir. Kauçuk köpüğü esaslı elastomerik yalıtım ürünleri DIN 1988/7 sertifikasını alabilmekte ve korozyon riski en az olan malzemeler sınıfında bulunmaktadır. Kapalı gözenekli olduğu için bünyesine pratik olarak su almaz.

5. Kimyasal Maddelere Karşı Duyarlılık

Elastomerik kauçuk köpüğü genel olarak, kimyasallara (yağ, madeni yağ vs.) karşı dayanıklıdır. Gerektiğinde üretici firmadan bilgi alınmalıdır.

6. Sıcaklığa Dayanımı ve Yanma Durumu

Bir ısı yalıtım malzemesinde yangın anında aranması gereken temel özellikler olan tutuşabilirlik, yüzeyde alev yayılma hızı ve yangın sınıfı için BS'lara uygun sertifikasyonlar alınabilmektedir. Elastomerik kauçuk köpüğü ürünü için,

BS 476 Part 7 Class 1

BS 476 Part 5 Class P

BS 476 Part 6 Class 0 üretimleri yapılabilir.

7. Buhar Geçirimsizliği

Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtım malzemeleri arasında; buhar geçirimsizliği yüksek malzemelerdendir. Su buharı geçirgenliği 0,21 - 0,07 µgm/Nh olup, su buharı difüzyon direnç katsayısı µ'nün değeri 3000-10000 arasındadır. Bu değerler, kullanılan kauçuk köpüğü sınıfına göre değişmektedir. Isı yalıtım malzemeleri arasında su buharı geçirimsizliği bakımından nitelikli bir malzeme olup, yoğuşma problemi olan yerlerde özellikle önerilmektedir.

Polietilen Köpük

1. Genel Özellikler

Polietilen esaslı malzemeler etilen ve propilenden hazırlanan polimerlerden imal edilen esnek ve yarı esnek, gözenekli, plastik esaslı malzemelerdir. Polietilen köpükten mamul, kalıptan ekstrüzyon yöntemiyle çekilerek boru ve levha halinde üretilmektedir, dış yüzeyi düzgün olarak elde edilebilmektedir. Borular 10-139 mm iç çapında, 2 m boyunda ve 5-30 mm kalınlığında ve değişik boyutlarda üretilmektedir.

Kapalı hücre yapılı, ekstrüzyon ile üretilmiş polietilen köpük mamul, dayanıklı, güvenilir, ekonomik, kullanımı kolay bir izolasyon malzemesidir. Bu tür ürünlerin (boruların) kesim yerleri hazırdır. Çok kolay bir işlemde kısa sürede montajı yapılabilir. Zehirli gaz içermez, kimyasal olarak nötr ve kokusuzdur. Günümüzde, gerek sanayi gerek yan sanayide çok geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Polietilen esaslı malzemeler;

- Düşük yoğunluğu,
- Elastikliği,
- Düşük ısı iletkenliği,
- Yüksek su buharı difüzyon direnci,
- Bünyesine su almaması (ihmal edilebilir),
- Yüksek darbe dayanımı vb. üstün özellikleri ve mekanik özellikleri ile özellikle yalıtım alanında aranan bir üründür.

Polietilen esaslı yalıtım malzemeleri;

- Isı yalıtımında, döşemelerde, darbe sesi yalıtımında, su yalıtımında yardımcı malzeme olarak birçok yalıtım alanında kullanılabilceği gibi,
- Koruma amaçlı, ambalajlama veya yalıtımı tamamlayıcı ürün olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Tüm kullanım alanlarındaki polietilen esaslı malzemeler, gerek yoğunluk gerek şekil gerek ebat olarak birbirlerinden farklı malzemelerdir. Dolayısıyla farklı özellikler göstermektedirler. Bu malzemelerin tümü Türkiye' de üretilmektedirler.

Türkiye'de Üretilen Polietilen Ürün Çeşitleri

Polietilen Boru (B):

Boruların ısı yalıtımında kullanılan esnek prefabrik boru yalıtım malzemeleridir. Tesisat yalıtımında elastomerik kauçuk köpüğü ve Camyünü ile birlikte çok geniş bir kullanım alanına sahiptir.

- Zaman içerisinde ısı iletkenliğinin kötüleşmemesi,
- Soğuk hatlarda yoğuşmayı önlemesi,
- Malzeme ve uygulama açısından korozyon riskinin minimum olması,
- Kapalı hacimlerde ilave bir koruyucu malzemeye ihtiyaç bırakmaması,
- Uygulanmış birim maliyetin ekonomik olmasından dolayı ılık hatlarda tercih edilir. Polietilen borular; 1/4" - 4" anma çapları aralığında, 6-10-15-20-30 mm et kalınlıklarında üretilmektedir.

Dolgu Fitali:

Silindir şeklinde imal edilen, su ve ısı yalıtımında kullanılan yardımcı bir malzemedir. Derz ve dilatasyonların su yalıtımında kullanılan mastiklerin üç yanaktan yapışmasını önleyerek, çatlamaması için gerekli esnekliği sağlar. Ayrıca derzlerde oluşan ısı köprülerini de önler. Dolgu fitili, 10-15-20-25-30-35-40-50-60-70 mm çaplarında üretilmektedir.

Polietilen Bant:

Rulo halinde alt kısım kendinden yapışkanlı, ince ve dar olarak imal edilen ısı yalıtımı yardımcı malzemesidir. Polietilen uygulamalarında ek yerlerinde ve yalıtımı zor yapılan yüzeylerde kullanım alanına sahiptir. Polietilen bantlar 3 mm et kalınlığında, 5 cm eninde rulolar halinde üretilmektedir.

Polietilen Levha (L):

Rulo halinde imal edilen ısı ve darbe sesi yalıtım malzemeleri kendi aralarında Polietilen Darbe Ses Kesici ve Polietilen Levhalar (L) olarak ikiye ayrılırlar. Polietilen levhalar ise kendi aralarında Standart Levhalar (ST), Kendinden Yapışkanlı Polietilen Levhalar (KY), Polietilen (F), Folyo Kaplı Polietilen Levhalar (1 ve 2), Kendinden Yapışkanlı Folyo Kaplı Polietilen Levhalar (1 ve 2) olmak üzere beşe ayrılırlar.

Polietilen Darbe Ses Kesici:

Rulo halinde imal edilen ses yalıtım malzemeleridir. Dinamik sertliğinin küçük olmasından dolayı darbe ses yalıtımı yapar. Özellikle katlar arasında, yapı yoluyla iletilen darbe seslerinin bir alt kata iletilmesini yüzer döşeme detayı ile önler. Parke altında da, darbe sesi yalıtımı haricinde, parkeyi nem gibi etkilerden korumak için 2 mm kalınlığında kullanılır. Darbe ses kesici levhalar 1m eninde, 1-2-3-4-5 mm et kalınlıklarında rulo halinde üretilmektedir, ancak istendiği anda, farklı ebatlarda kesilebilmektedir.

Standart Levhalar (ST):

Rulo halinde imal edilen ısı yalıtım malzemeleridir. Isıtma ve soğutma hatlarında, klima kanallarında:

- Zaman içerisinde ısı iletkenliğinin kötüleşmemesi,
- Soğuk hatlarda yoğuşmayı önlemesi,
- Malzeme ve uygulama açısından korozyon riskinin minimum olması,
- Kapalı hacimlerde ilave bir koruyucu malzemeye ihtiyaç bırakmaması,
- Uygulanmış birim maliyetin ekonomik olmasından dolayı ideal bir ısı yalıtım malzemesidir.

Polietilen ST levhaları ile yalıtılan kanallar özel bir yapıştırıcı ile 100 gr/m² sarfiyatla yapıştırılır. Ek yerlerinin sızdırmazlığı ve ısı köprülerinin önlenmesi için bant kullanılması gereklidir. Polietilen ST levhaları standart olarak, 6-10-15-20-30 mm et kalınlıklarında üretilmektedir.

Kendinden Yapışkanlı Polietilen Levhalar (KY):

Bir yüzeyi yapışkanlı ve silikon kağıt kaplı ısı yalıtım levhalarıdır. Kendinden yapışkanlı levhalar, standart levhalara alternatif olarak üretilmektedir. Klima kanallarının yalıtımında polietilen levhalar; çok çeşitli yapıştırıcılarla hem levhaya hem de kanala ya da sadece kanala sürülerek yapıştırılmakta, bu da çoğu zaman levhanın kanala iyi yapışmamasına sebep olmaktadır. Bu nedenle kendinden yapışkanlı levhalar tercih edilmektedir. Yapışmanın ideal olması aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Kullanılan yapıştırıcının tipi,
- Kullanılan yapıştırıcının miktarı,
- Kanalın temizliği
- Ortam sıcaklığı ve bağıl nem,
- İşçilik

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğuna Göre İletkenlik Katsayıları (W/mK)	
	30 kg/m ³ (standart)	30 kg/m ³ (geliştirilmiş)
-20	0,038	0,033
0	0,040	0,035

20	0,042	0,037
50	0,045	0,040

Yalıtım yapılan bir kanalda yukarıdaki şartların hepsinin sağlanması (ideal yapışma) teoride mümkün olsa da, pratikte aksaklıklar çıkabilmektedir, kesin çözüm kendinden yapışkanlı levhalar ile sağlanabilir. Kanal yüzeyindeki toz ve nem temizlendikten sonra, yapışkanlı yüzeyin üzerindeki silikonlu kağıt çıkarılıp, kanal yüzeyine kolayca yapıştırılır. Kendinden yapışkanlı levhalar da 6-10-15-20-30 mm et kalınlıklarında üretilmektedir. Ancak ısı yalıtımı haricinde, istek halinde 1-2-3-4-5 mm et kalınlıklarında da üretilebilir.

Polietilen (F):

Bir yüzeyi PE film lamineli levhalardır. Özellikle yüksek katlı binalarda pis su tesisatının katlar arası gürültüyü iletmesini önlemek için ses yalıtımı amacıyla kullanılır. Tesisatlarda, sıcak – soğuk hatlarının ayırt edilmesinde ve klima kanallarının ısı yalıtımında dekoratif çözüm olarak kullanım alanına sahiptir. PE film kaplı levhalar, 1-2-3-4-5-6-10-15-20-30 mm et kalınlıklarında isteğe göre üretilmektedir.

Folyo Kaplı Polietilen Levhalar (1 ve 2):

Bir veya iki yüzeyine metalize film lamine edilmiş polietilen levhalardır. Bir yüzeyine film lamine edilmiş olanlar (1) özellikle soğutma hatlarında geniş bir kullanım alanına sahiptir. Atmosfere açık alanlarda kullanım amacıyla alüminyum kaplı tipleri de mevcuttur.

Polietilen levhaların, Camyünü levhalara göre soğutma hatlarındaki en büyük avantajı; yoğuşmayı, ısı iletkenlik katsayısının kötüleşmesini ve korozyonu önleyen, yüksek μ faktörüne sahip olmasıdır. Ancak polietilen levhaların yüksek μ faktörlerine rağmen, levhaların ek yerlerinin sızdırmazlığı önem kazanır. Kanala yapıştırılan levhaların ek yerlerine mutlaka sızdırmazlığı sağlayan bir bant gelmelidir. Pratikte bu durum levhaların ek yerlerine folyo bant yapıştırılarak çözülmeye çalışılır. Ama bu durumda yapıştırma yüzeyinin aderansı zayıf kalır ve özellikle bağıl nemin yüksek olduğu yerlerde kaçınılması gereken bir durumdur. Bu sorunlardan kurtulmanın bir yolu tüm levhaları sıkıca yapıştırmak ve ek yerlerine 3 mm kalınlığındaki polietilen bant yapıştırmaktır. Bir diğer çözüm ise bahsettiğimiz folyo kaplı polietilen levhaları kullanmak ve ek yerlerinde folyo bantları rahatça kullanmaktır. Böylece iyi bir aderans sağlanacak ve sızdırmaz bir uygulama olacaktır.

Yoğunluk (kg/m ³)			
40	60	80	100
Basınç Dayanımları (kPa/cm ²)			
1,8	4,6	6,0	7,5

Her iki tarafı da folyo kaplı polietilen levhaları (2) ısı yalıtımı amacıyla binalarda, özellikle de yerden ısıtma sistemlerinde kullanılır. Isı yalıtımını; ısı iletkenliğinin yanı sıra ışınım yolu ile de gerçekleştirir. Sadece dikkat edilmesi gereken konu ışınım yolu ile kaybolan ısıyı yansıtılmak için gerekli hava boşluğunun bir kılmasıdır.

Yoğunluk (kg/m ³)		
45	65	85
Buhar Geçirimsizliği (μ)		
6,8	8,6	10

Folyo kaplı polietilen (1 ve 2) levhalar isteğe göre 1-2-3-4-5-6-10-15-20-30 mm et kalınlıklarında üretilmektedir.

Kendinden Yapışkanlı Folyo Kaplı Polietilen Levhalar

Bir yüzeyine metalize film lamine edilmiş diğer yüzeyi kendinden yapışkanlı silikon kaplı levhalardır.

Bu levhalar tam sızdırmaz ve ideal bir yapışmayı;

- Kullanılan yapıştırıcının tipi ve miktarı,
- Kanalin temizliği,
- Ortam sıcaklığı ve bağıl nem,
- Sızdırmazlık bantının tipi ve kalınlığı,
- Levhayı yapıştırma ve bantı yapıştırma işçiliğinden bağımsız hale getiren tek ve nihai bir ürün olduğu için **klima kanallarının yalıtımında ideal** olup tercih edilmelidir.

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W/mK)	
	30, 40, 60 kg/m ³	
-100	0,014-0,016	
-50	0,017-0,020	
-25	0,018-0,022	
10	0,018-0,022	
50	0,021-0,025	
100	0,027-0,031	

Ortalama Sıcaklık	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W/mK)	
	80 kg/m ³	120 kg/m ³
-20	0,020	0,025
0	0,022	0,027
20	0,024	0,029
50	0,027	0,032

2 - TESİSATTA SES YALITIMI**GİRİŞ**

İleri teknolojilerin kullanılması ile birlikte, tüm sektörler gibi inşaat sektörü de her geçen gün büyümekte ve gelişmektedir. Binalar daha da yükselirken, onları hayata geçiren sistemler de daha komplike olmakta ve çözümler zorlaşmaktadır. Özellikle metropol şehirlerde; mimari anlamda büyük çaplı projelerin gerçekleştirilmesi, beraberinde büyük yükümlülükler getirir. En önemlilerinden biri, yapıda kullanılmış mekanik sistemlerden kaynaklanan gürültü problemi ve bunun önlenmesine ilişkin ses yalıtım uygulamalarıdır.

Son yıllarda tasarımcıların bu konuda daha hassas olduğu gözlemlense de, doğru malzemelerin doğru bir kombinasyon ile uygulanması noktasında aksaklıklar meydana gelmektedir.

Maliyetin düşük tutulması adına birçok yalıtım girişiminden kaçınılması; mekanik tesisat sistemini sonradan birer gürültü kaynağı haline getirmekte ve yaşadığımız mekanlara konfor sağlama amacından tamamen uzaklaştırılmaktadır. Tüm bunların önüne geçmek için; teorik anlamda temel bilgileri ve prensipleri öğrenmek, pratikte de doğru olarak uygulamak gerekir.

SES YALITIMI İLE İLGİLİ TANIMLAR

Ses

Ses en basit tanımla, serbest ortamda yayılan basınç dalgalarıdır. Sesin yayılma hızı ortamın özgül ağırlığına ve esnekliğine göre değişmektedir. Bir başka ifade ile; ortam ne kadar elastik ise, ses dalgaları da o kadar hızlı yayılmaktadır. Sesin havadaki hızı yaklaşık olarak 340 m/sn, sudaki hızı 1450 m/sn, çelikteki hızı 5000 m/sn, lastikteki hızı 35-230 m/sn'dir. Hareketsiz hava boşluğunda bu yayılma gerçekleşmez.

Frekans

Frekans ise ses dalgalarının saniyedeki titreşim sayısı olup, birimi Hertz - Hz'dir. İnsan kulağı yaklaşık olarak 16 Hz ile 20000 Hz arasında olan titreşimleri ses olarak algılayabilmektedir. Eğer sesin frekansı;

- < 500 Hz ise kalın ses,
- > 1.000 Hz ise ince ses,
- 500 - 1.000 Hz ise orta kalınlıkta ses

olarak değerlendirilmektedir. Yani saniyedeki titreşim sayısı (frekans) arttıkça, ses incelmektedir.

Ses Basınç Seviyesi - dB

Ses basınç seviyesi, mevcut ses basıncının 20 mPa değerine (sabit baz ses basıncı) oranının logaritmasının 20 katıdır ve dB (*desibel*) ile ölçülür. Ses basınç seviyesi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir :

$$\text{Ses basınç seviyesi - dB} \leftarrow L = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

$P \rightarrow$ Ses basıncı (μPa)
 $P_0 \rightarrow$ Sabit baz ses basıncı - 20 μPa

Genel olarak bir insan, 0-130 dB aralığındaki seslere duyarlıdır. Bu aralıktaki 60 dB'lik ses şiddeti, normal konuşma durumundaki ses seviyesini ifade eder. Bu değer altındaki sesler, giderek sessizleşir. Ancak bu değer aşıldığında, insan kulağı üzerinde olumsuz etkiler başlamaktadır.

Ses Basıncı

Ses basıncı, μPa cinsinden ölçülen bir değerdir. Ama ses basıncını μPa cinsinden ifade etmek, rakamsal olarak zor olduğundan, bu konuda daha çok "desibel" kavramı tercih edilmektedir. Örneğin havalandırma olan bir uçakın çıkardığı ses basınç seviyesinin ifadesi için 120 dB kullanılmakta olup; bu değer 20.000.000 μPa 'e karşılık gelmektedir. Bu iki kavram arasında logaritmik bir bağlantı olması sebebiyle, ses basıncındaki 10 dB'lik bir değişim, μPa cinsinden ses basıncında yaklaşık 3 kat ile ifade edilebilmektedir. Diğer bir örnekle; sesi 6 dB indirmek, μPa cinsinden algılanan enerjiyi yarıya düşürmek demektir.

	<u>Ses Basıncı (μPa)</u>	<u>Ses Basıncı Düzeyi (dB)</u>
<i>Havalanan uçak</i>	200.000.000	140
	20.000.000	120
<i>Pnömatik matkap</i>	2.000.000	100
<i>Motorlu aracın içi</i>	200.000	80
<i>Büro</i>	20.000	60
<i>Sessiz oturma odası</i>	2.000	40
	200	20
<i>Sessiz kirlilik bölge</i>	20	0

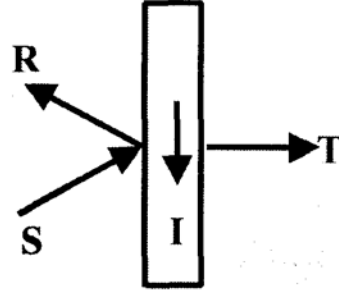
Ses basıncı ve desibel kavramları

Ses Yutma Katsayısı

Ses dalgaları herhangi bir yüzeye çarptıklarında üç bileşene ayrılırlar. Bir bölümü malzeme yüzeyinden yansır; bir bölümü hem malzeme yüzeyinde hem de malzeme içerisinde olmak üzere yutulur; bir bölümü ise malzeme içerisinden geçerek diğer tarafa iletilir. Dolayısıyla her malzeme ses geçişi halinde, sesin bir miktarını yutar.

$$S = R + I + T$$

$$\alpha = \frac{S - R}{S}$$



Ses dalgalarının hareketi

Bazı Malzemelerin Ses Yutma Katsayısı

Ses yutma katsayısı " α " sembolü ile gösterilir. Binalarda, özellikle de iç mekanların dekorasyonunda yaygın olarak kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları aşağıdaki tabloda sunulmuştur. Bu tablolarda malzemelerin sahip olduğu ses yutma katsayıları 125 - 4.000 Hz aralığındaki frekanslar için verilmiş olmakla birlikte hacim akustiğinde en çok kullanılan, dikkate alınan frekans 500 Hz'dir. Tabloda da görüldüğü gibi, halı kaplama 0,22 değeri ile (500 Hz), akustik olmayan bir malzeme için yüksek düzeyde bir yutuculuğa sahiptir. Cam veya ayna gibi tam yansıtıcı malzemelerde ise bu değer 0,01'e düşmektedir.

Çeşitli malzemelerin ses yutma katsayıları

MALZEME	Frekanslara Göre Ses Yutma Katsayıları					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Halı	0,15	0,16	0,22	0,45	0,60	0,68
Ahşap lambri (latalara tespit edilmiş)	0,20	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10
Ahşap parke (şap üzerine yapıştırılmış)	0,04	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07
Çıplak tuğla	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
Cam, ayna	0,03	0,02	0,01	0,07	0,05	0,02
Çıplak beton	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Mermer	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02

GÜRÜLTÜ

İstenmeyen ve rahatsız edici ses olarak kısaca tanımlayabileceğimiz gürültü, 80 dB'lik bir basınç düzeyinin üzerine çıktığında bazı fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklara sebep olabilir. Özellikle uzun süre yüksek gürültüye maruz kalan kişilerde kalıcı işitme kayıpları (sağırılık) oluşmaktadır. Ayrıca fabrika gibi endüstriyel tesislerde çalışanların verimi düşmekte, dikkatlerinin dağılması sonucunda iş kazaları meydana gelmektedir.

Ses İletimi (Gürültü)

Ses iletimi, yani gürültü, 2 şekilde gerçekleşir. Bunlar;

- Hava yolu ile ses iletimi :
Hava doğuşumlu ses bir mekandan diğerine iletilmektedir.
- Yapı yolu ile ses iletimi :
Strüktür yolu ile uzak mekanlara taşınarak hava doğuşumlu ses olarak yayılması söz konusudur. Her iki durumdaki yaklaşımlar ve alınacak önlemler farklılık göstermektedir.

Hava Yolu ile Ses İletimi

Hava kanalları ve atmosferde gerçekleşen ses iletimi, hava yolu ile ses iletimine örnektir. Hava yolu ile iletilen sesin kontrolüne ilişkin uygulamalar;

- Ses yalıtımı ve
- Akustik düzenlemedir.

Yapı Yolu ile Ses İletimi

Döşeme, duvar gibi katı maddeler üzerinden gerçekleşen ses iletimi ise yapı kökenli ses iletimine örnektir. Yapı yolu ile iletilen sesin kontrolüne ilişkin uygulamalar ise;

- Sönümleme ve
- Titreşim yalıtımıdır.

Gürültü ile Mücadele Yolları

Gürültü ile mücadelede esas olan; gürültünün daima belli bir düzeyin altında tutularak, insan üzerinde oluşturacağı olumsuz etkileri en aza indirmektir. Gürültü ile mücadele, buna ilişkin önlemleri kapsamaktadır. Bu konuda sağlıklı çözüme ulaşmak için;

- Öncelikle gürültüyü oluşturan kaynaklar belirlenmeli,
- Gürültünün ortaya çıkış sebepleri tespit edilmeli,
- Doğru bir detay tasarlanmalı,
- Uygun malzemeleri kullanarak, bu detay titizlikle uygulanmalıdır.

SES YALITIMI

Ses yalıtım uygulamaları; sesin bir ortamdan dışarı çıkmasını, bir ortama girmesini veya her iki durumu da önleyen ses basınç seviyesini düşürmeye yönelik çalışmalardır.

Ses Yalıtımında Temel Prensipler

Ses, ısı geçişinin tersine bir hareket göstererek; hafif, hava boşluklu ve düşük yoğunluklu elemanlardan kolaylıkla, ancak yoğun ve ağır yapı elemanlarından daha zor geçmektedir.



Sesin elemanlardan geçişi

Bu sebeple ses yalıtımındaki temel prensipler şöyle sıralanabilir;

- Konstrüksiyonun kütlesini artırmak,
- Konstrüksiyonun katmanlarının kalınlıklarını artırmak,
- Konstrüksiyonun katmanlarının sayısını artırmak.

Tesisat Ses Yalıtımında Kullanılan Malzemeler

Klima santraline bağlı kanal sistemlerindeki hava akışı ve aşırı türbülans, rahatsızlık veren gürültüye yol açmakta, bu gürültünün bir kısmı etraftaki odalara yayılırken bir kısmı da taşıyıcı sistem vasıtasıyla uzak noktalara ulaşarak konforsuz iç ortamlar oluşturmaktadır. Bu sorunu gidermek için, santral çıkışından ilk menfeze kadar kanal iç yüzeylerine doğru akustik malzemeler uygulanmalıdır.

Bu uygulamada kullanılacak akustik malzemelerde bakılan ilk özellik malzemelerin akustik performanslarıdır. Kanal içindeki gürültünün azaltılmasında malzemelerin ses yutma katsayıları, ses indirgeme değerleri ve ortalama titreşim indirgeme değerleri, en önemli kriterlerdir.

Ancak, malzemelerin akustik performanslarının yanında,

- Yangın ile ilgili özellikleri;
- Yanmazlığı ve yangına katılmaması,

- Toksik gaz çıkarmaması ,
- Külleşebilme özelliği,
- Hijyenik olması;
- Bakteri ve mikroorganizma oluşumuna izin vermemesi,
- Elyaf erozyonuna yol açmaması,
- Yağ, kir ve tozdan etkilenmemesi,
- Kolay uygulanabilirliği

gibi diğer özellikler de akustik malzeme seçiminde göz önüne alınması gereken önemli konulardır. Klima kanallarının akustik düzenlemesi ve ses yalıtımı amacıyla ülkemizde en çok kullanılan iki malzeme;

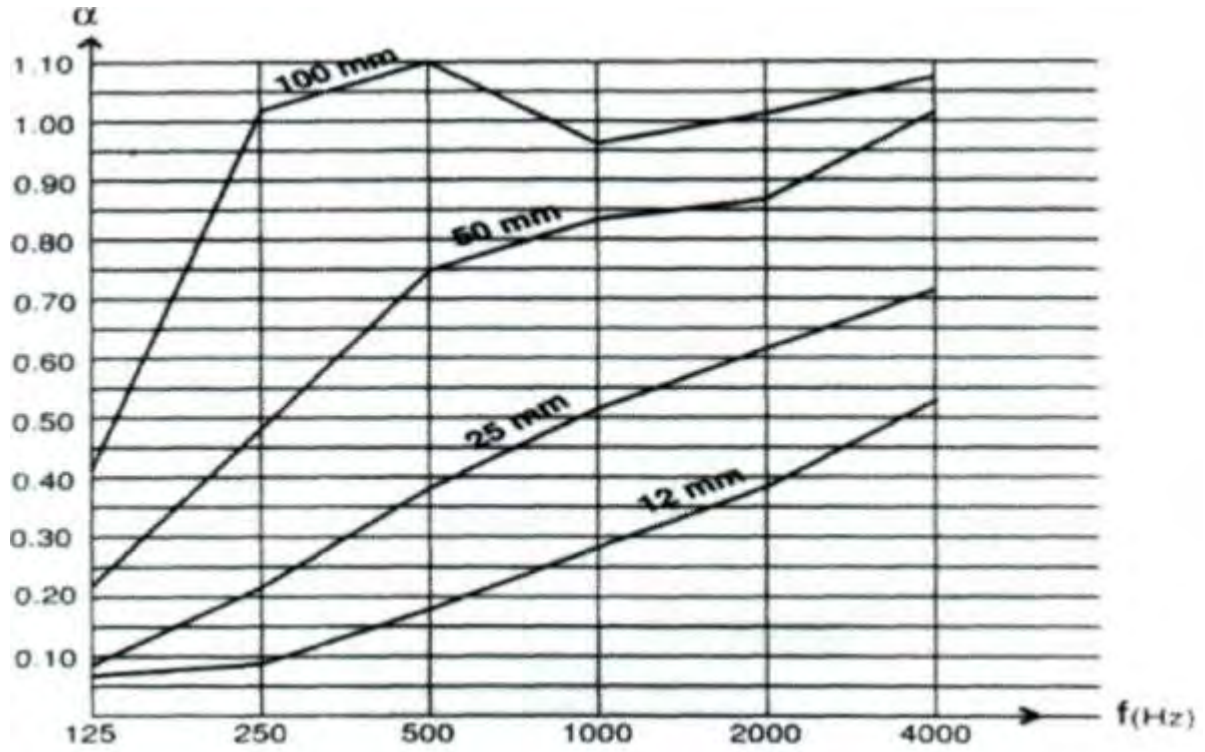
- Yanmaz poliüretan köpükler ve • Taşyünüdür.

Yanmaz Poliüretan Köpük

Son 10 yıldır yaygın olarak kullanılan; ses yutma, ses indirgeme ve ortalama titreşim indirgeme değerleri açısından oldukça iyi özellikler gösteren yumuşak poliüretan esaslı malzemelerdir. Ses yalıtımı ve akustik düzenleme için geniş bir uygulama alanına sahiptir. Sinema salonları, stüdyolar, ofisler gibi yapılarda, jeneratör ve brülör kabinleri, klima kanalları başta olmak üzere ısıtma ve havalandırma tesisatında tercih edilmektedir. Özellikleri şöyledir;

- Olası bir yangın anında; yangının kanal boyunca taşınmasını, insanların toksik gazlardan zehirlenmesini önleyecek nitelikteki bu malzeme, BS 476'a göre Class 0 grubundadır ve yangın halinde dahi malzemenin asıl fonksiyonu olan akustik özellikleri olumsuz etkilenmez.
- Poliüretan Köpüklerin bünyelerinde, olası bir yangında zehirli ve yanıcı gaz oluşturabilecek maddeler bulunmaz.
- Poliüretan köpüğün en önemli özelliklerinden biri külleşme yeteneğidir. Külleşme gerçekleşmezse, kendisinin bir altındaki malzeme rahatlıkla tutuşabilir.
- Klima kanalları içinde oluşan nem; bakteri ve mikroorganizmaların kolayca üremelerine imkan verir, bu da çoğu zaman hidrojen sülfür gazı oluşumuna ve hacim içinde istenmeyen koku oluşmasına sebep olur. Bazen de bakterilenme, menfez civarlarının siyahlaşmasına sebep olur. Yanmaz poliüretan köpük bakteri, maya ve küflerin kanal içerisinde oluşumu engelleyen yapıdadır.
- Lifsiz yapısı sayesinde lif ve elyaf erozyonu gerçekleşmez. Dolayısıyla yüksek debi ile parçacıklara ayrışıp insanların soluduğu havaya karışma riski taşımaz.
- Yağdan, kirden ve tozdan etkilenmez, bu yüzden her türlü cihaz kabininde havalandırma panjurlarının aralarında kullanılabilir.

12,25,50 ve 100 mm kalınlıktaki levhaların BS EN 20354 normuna göre, 125-4000 Hz frekans aralığındaki ses yutma katsayıları



Farklı kanal kesitinde kullanılacak 12, 25 ve 50 mm kalınlığındaki levhaların, kanalın her 1 metre'sindeki dB olarak ses indirgeme değerleri

Kanal kesiti	Kalınlık	Frekans (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
900*600 mm	12 mm	0,2	0,6	1,7	3,7	5,3	4,5
	25 mm	0,5	1,2	3,0	9,0	6,5	4,9
	50 mm	0,8	2,9	7,2	11,0	7,1	6,2
400*600 mm	12 mm	*	*	*	*	*	*
	25 mm	0,7	1,8	3,8	10,1	9,1	6,0
	50 mm	1,6	3,1	8,7	16,6	8,8	8,6
300*600* mm	12 mm	*	*	*	*	*	*
	25 mm	0,9	2,4	4,4	10,7	13,8	6,3
	50 mm	2,6	5,4	10,5	19,5	15,1	11,6

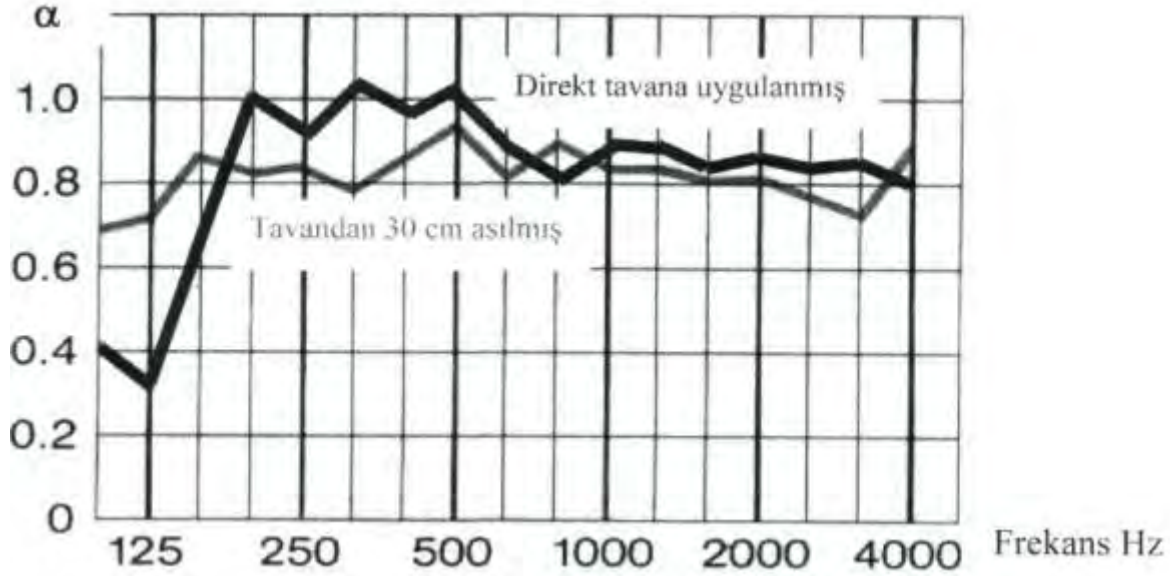
Taşıyünü

Koyu kahve-gri rengi olan taşıyünü, bugün Avrupa'nın çoğu ülkesinde ve aynı zamanda ülkemizde de üretilmektedir. Lif çapları 5µ (mikron) civarında olup, yoğunlukları 20-200 kg/m³ arasındadır. Düşük yoğunluklar rulo halinde, yüksek yoğunluklar levha şeklindedir.

Optimum ısı iletkenlik katsayısı 100-120 kg/m³ arasındaki yoğunluklarda elde edilir. Kümes teline veya oluklu mukavvaya dikili olan şilteleri genelde sanayi ekipmanlarının yalıtımında kullanılır. Taşıyünü, her doğrultuda liflerin oluşturduğu bir yapıya sahiptir. Bu sebeple basınç mukavemeti diğer lifli malzemelere oranla yüksektir. Isı iletkenlik katsayısı 0,040 W/mK

(TS-825'e göre) olan taşıyıcının, bakalitli üretilmesi halinde maksimum kullanım sıcaklığı 250°C; bakalitsiz üretilmesi halindeyse bu değer 1000°C'dir.

Aşağıda, 10 cm Rockwool için, 125-4000 Hz frekans aralığı için verilmiş ses yutma katsayı değerleri bulunmaktadır.



10 cm Rockwool için ses yutma katsayıları

AKUSTİK DÜZENLEME

Reverberasyon Süresi

Akustik düzenlemede, sesin mevcut bir ortamda rahatsızlık vermesini önlemek esas alınır. Reverberasyon süresi olarak adlandırılan, sesin kapalı bir ortamda 60 dB değer kaybettiği sürenin azaltılmasına yönelik bir düzenlemedir. Reverberasyon süresi hesabında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir:

$$\text{Reverberasyon süresi} \leftarrow f = 0,16 \frac{V}{A}$$

$$A = F_1\alpha_1 + F_2\alpha_2 + \dots + F_n\alpha_n$$

Reverberasyon süresinin ideal aralığı 0-2 sn arasındır. Çeşitli durumlarda olması gereken reverbasyon süreleri şöyledir:

- Normal müzik sesi için 1,05 - 1,70 sn
- Sinema için 0,80-1,25 sn
- Konuşma sesi için 0,65 - 1,05 sn

Akustik Düzenleme Amacıyla Kullanılan Malzemeler

Günümüzde akustik düzenlemelerde ve ses yalıtımında, poliüretan köpüğü, melamin köpüğü, fiberglass, Camyünü, taşıyıcı gibi çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Ancak bu malzemelerden poliüretan ve melamin köpüğü; yüksek ses yutma katsayılarına, estetik ve dekoratif bir görünüme sahip olmaları sebebiyle en çok tercih edilen malzemelerdir. Aşağıdaki tabloda bazı akustik amaçlı kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları görülmektedir.

Çeşitli akustik amaçlı malzemelerin ses yutma katsayıları

MALZEME	Frekanslara Göre Ses Yutma Katsayıları					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Mineral yünler (Camyünü / taşyünü - 50 mm)	0,10	0,60	0,90	1,00	1,00	0,95
Poliüretan köpük - (50 mm)	0,08	0,27	0,70	1,07	1,05	1,04
Melamin köpük - (50 mm)	0,15	0,27	0,63	0,91	1,03	1,06
Ahşap yünü	0,50	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90

Poliüretan Köpük

Poliüretan esaslı malzemeler, farklı renk ve tipleri ile bir mekanı sınırlayan döşeme, duvar ve tavanlarda en çok kullanılan ses yalıtım malzemeleridir. Poliüretan, rijit veya esnek olabilen karma gözenek yapısına sahip bir malzemedir. Ses ile ilgili çalışmalarda, polyetherli (TPU) ya da polyesterli (SPU) esnek poliüretan köpükler kullanılmaktadır.

Bilindiği gibi açık hücreli gözenek yapısı, ses yutmada önemli bir etkiye sahiptir. Ancak iyi bir performans elde edebilmek için akustik malzemelerin kapalı ve açık hücre oranı arasında iyi bir optimizasyon yapılması gereklidir. Polyetherli poliüretan köpüklerde, kapalı hücre oranı %20, açık hücre oranı ise %80'dir. Bu oranlar polyesterli poliüretan köpüklerde ise tam tersi yani, açık hücre için %20, kapalı hücreler için %80'dir. Ancak burada kapalı hücre yapısı, ince bir zar ile örtülmüş hücre şeklindedir. Dolayısıyla ses zardan arkadaki havaya doğru iletilirken, zarı titreştirerek enerjisinin bir kısmını kaybeder ve daha yüksek bir oranda yutma gerçekleşir. İşte bu özelliğiyle polyesterli poliüretan köpükler daha yüksek ses yutma katsayısına (α) sahiptirler. Buna karşılık polyetherli poliüretan köpükler ise, hammaddesi ucuz olan, suya ve neme dayanıklı, üretim kolaylığına sahip malzemelerdir.

PU köpükler farklı renk, yoğunluk ve yüzey şekillerine sahiptirler. Bu yüzey özelliği ile yutucu yüzey alanı artırılarak daha yüksek bir performans elde edilir. Bunlar:

- Düz
- Profil
- Labirent
- Piramit
- Transpiramit

Ayrıca yine bu köpükler;

- kendinden yapışkanlı,
- laminasyonlu,
- polietilen film
- alüminyum folyo - suni deri vb.
- yangın geciktirici boyalı,
- kumaş kaplı,
- bariyerli olabilmektedirler.

Yangın geciktirici boyalı tiplerde, boyanın açık gözenekleri tıkamaması ve dökülmemesi önemlidir. Bunlara ek olarak yangın geciktirici boya zamanla solma, sararma yapmamalı, çatlamamalı, yangın dayanımlı ve estetik olmalıdır.

Melamin Köpüğü

Son derece hafif olan (11 kg/m³) melamin köpük malzemeler, poliüretan köpüklere göre daha düşük ses yutma katsayısına sahiptirler. Buna karşılık yangın dayanımı daha yüksek olan melamin köpükler, hafif olmaları, kolay uygulanabilmeleri, estetik görünümleri ile günümüzde sıkça kullanılan akustik malzemelerdendir.

Melamin köpükler de poliüretan köpükler gibi farklı yüzey şekillerinde üretilebilmektedir. Kullanıcı tarafından talep edildiği takdirde; üretim esnasında, tutuşmasını önleyici ve yüzeyde alevin yayılmasını geciktirici katkı malzemeleri ile takviye edilerek BS 476'ya göre Class 0 için gereken tüm özellikler sağlanabilmektedir.

Melamin köpük malzemelerin uygulamaları son derece kolaydır. Uygulamalar, malzemenin asılması suretiyle tavandan sarkıtarak veya sıvı/çimento bazlı yapıştırıcı ile monte edilerek yapıştırılabilir.

TESİSATTA TİTREŞİM YALITIMI

Titreşim Yalıtımının Amacı

Titreşim yalıtımında sorun, titreşim yoluyla gürültüye neden olan mekanik bir sistemin varlığıdır. Dolayısıyla titreşim yalıtımında amaç; titreşim alıcıları ve sönümleme elemanlarının yardımı ile makineden yapıya geçen kuvvetlerin etkileri azaltmak, mekanik sistemi de olası yapı hareketlerinden ve sarsıntılardan korumaktır.

Geçirgenlik ve Verim Kavramları

Titreşim yalıtımında karşımıza çıkan iki önemli kavram geçirgenlik ve verim kavramlarıdır. Bu iki kavramın matematiksel değerleri bize titreşim yalıtımının geçerliliği hakkında fikir vermektedir. Geçirgenlik, titreşim alıcılarından yapıya geçen titreşim miktarıdır. Verim de, titreşim alıcılar tarafından geçişi engellenen titreşim miktarıdır.

Geçirgenlik = % 100 - Verim

Örneğin,

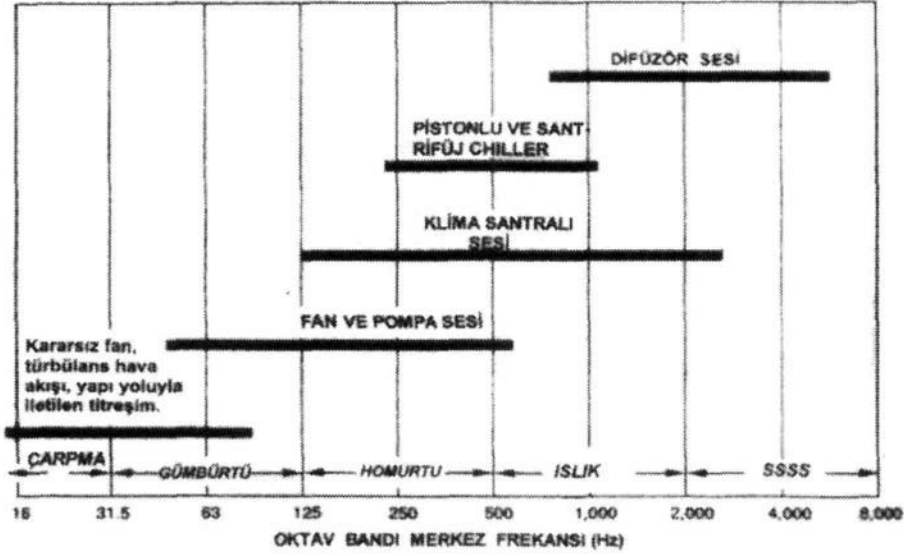
Geçirgenlik = %20

%20 = %100 - Verim → Verim = %80 olur.

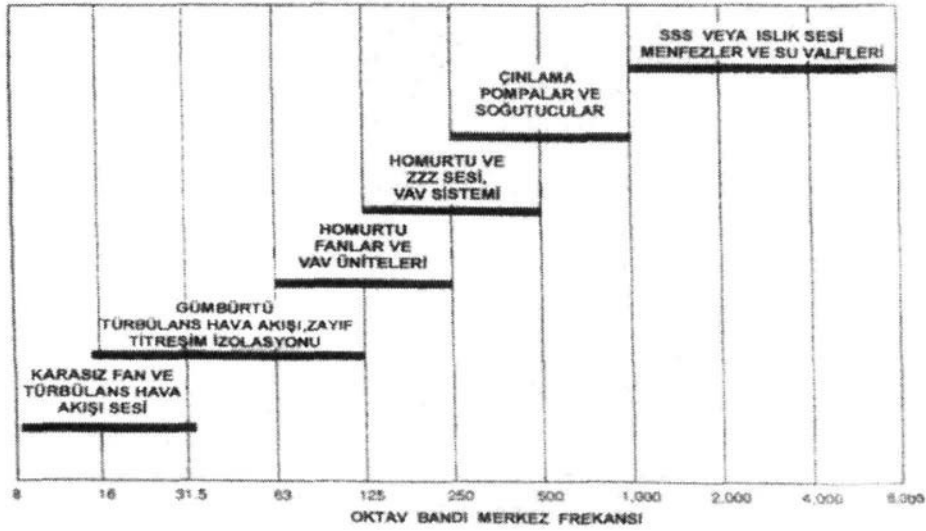
Tesisatta Gürültü ve Titreşimin Oluştığı Yerler

Mekanik tesisat sistemlerinde başlıca gürültü ve titreşim kaynakları;

- pompalar,
- kazanlar,
- hidroforlar,
- kompresörler,
- aspiratör ve vantilatörler,
- kazan baca bağlantıları ve destekleri, • ekipmanların boru bağlantı ve destekleri, • kazan daireleridir.

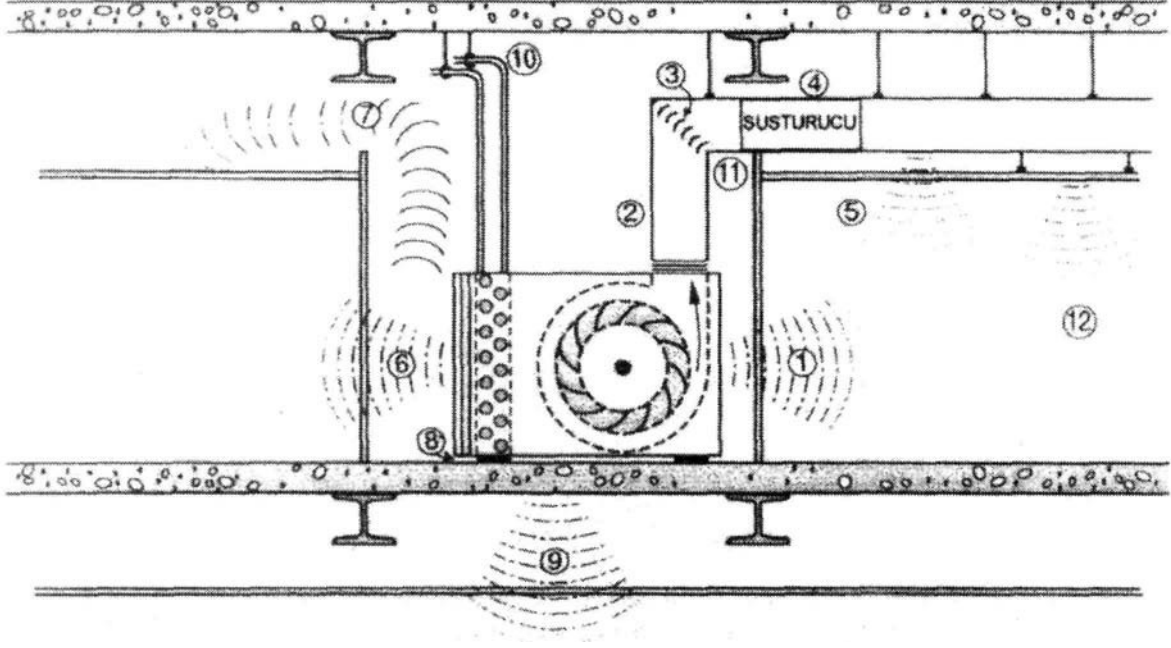


Değişik mekanik ekipmanlardan kaynaklanan seslerin frekansları



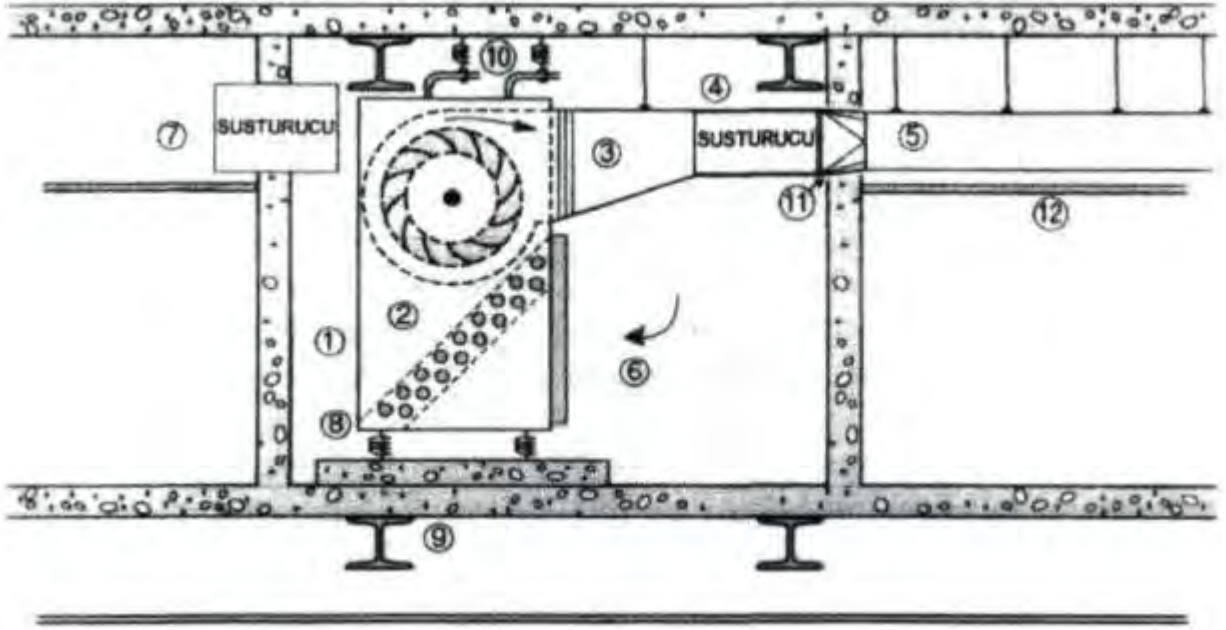
Yaygın akustik şikayetlerin kaynaklarının frekans aralıkları

Aşağıdaki örnekte akustik problemlere sahip bir klima santrali odası ele alınmış ve 12 ayrı noktada bu sorunlar analiz edilmiştir. Bir sonraki örnekte ise aynı cihazın yerleşimi ve bağlantı detaylarına ilişkin yöntemler değiştirilmiş, optimal akustik özelliklere kavuşmuş bir klima santrali odası tasarlanmıştır.



Akustik problemlere sahip klima santral odası

1. Klima santralı hücre panelinin titreşimi, alçıpandan yapılmış oda duvarının çok yakın olması sebebiyle, duvar vasıtasıyla komşu alanlara iletilir.
2. Vantilatörün saat yönünün tersi istikamette dönmesi ile oluşan hava akımı, santralden hemen sonraki dirsekte yön değiştirmek zorunda kalıyor. Bu da; türbülansa, düşük frekanslı gürültüye ve basınç kaybına yol açar.
3. Dirseğe yerleştirilen kanatların çok kısa olması durumunda, hava akımının düzeltilmemesi ve tür-bülansın kontrol edilememesi sebebiyle yukarıda bahsedilen problemler daha da artar.
4. Susturucunun, dirseğe çok yakın yerleştirilmiş olması türbülansı artırır.
5. Dikdörtgen kanallar ve susturucular, türbülans sonucu oluşan titreşim ve gürültüyü engelleyemez.
6. Klima santralının girişinin duvara çok yakın olması, giriş sesinin duvarlara iletilmesine; havanın girişte sıkışmasından dolayı da kararsız vantilatör hareketlerine ve gürültüye yol açar.
7. Makine dairesinin dönüş havası girişinde susturucu kullanılmaması,, vantilatör sesinin tavana ve daha sonra da binaya iletilmesine yol açar.
8. Ünitenin; neopren izolator tabakalar üzerine yerleştirilmesi, titreşim yalıtımı için yetersiz kalır.
9. Ünitenin, neopren tabakalarıyla beraber esnek döşeme üzerine yerleştirilmesi, titreşimin binaya iletilmesine yol açar.
10. Soğutma suyu borularının tavana rijit bir şekilde asılması, titreşimin tavana iletilmesine yol açar.
11. Susturucunun olduğu bölümde kanal duvarlarının binaya temas etmesi, titreşimin ve gürültünün duvarlar vasıtasıyla kullanım alanlarına iletilmesine yol açar.
12. Asma tavanın, hava veriş kanallarına asılması; tavanın oluşan sesi yaymasına yol açar.



Akustik problemlere sahip olmayan klima santral odası

1. Santral ile duvar arasında 600 mm mesafe bırakılarak ses iletiminin önlenmesi ve örme veya beton duvarlar kullanılması, mükemmel şekilde düşük frekanslı ses yalıtımı sağlayacaktır.
2. Yatay deşarjlı klima santrali kullanılmasıyla, türbülans yaratan dirsek kullanımına gerek kalmayacaktır.
3. Klima santrali çıkışındaki düzgün geçiş parçası (redüksiyon), türbülansı en aza indirecektir.
4. Susturucunun ünite deşarjından yeterli uzaklığa yerleştirilmesi, aşırı türbülans ve gürültü oluşumunu engelleyecektir.
5. Dairesel kanal sistemi kullanılması, düşük frekanslı gürültünün kullanım alanlarına iletimini kontrol edecektir.
6. Ünite girişindeki yeterli mesafe, titreşimin duvara iletilmesini ve girişteki aşırı türbülansı engelleyecektir.
7. Dönüş havası girişine konulan susturucu, bu yolla taşınan sesi engellemektedir.
8. Ünite; yüksek esneklikte, çelik yaylı titreşim izolatörleri üzerine yerleştirilmiştir.
9. Ünitenin üzerine yerleştirildiği döşeme, alttan en az bir kirişle desteklenmiş ve ünitenin altına ilave kaide yapılarak sıklık ve kütle artırılıp titreşimin döşemeye iletimi kontrol altına alınmıştır.
10. Soğutma suyu boruları, yaylı askılarla tavana bağlanmıştır.
11. Hava veriş kanalının etrafı, duvarla teması engellemek için 13 mm kalınlığında esnek izolasyon malzemesi veya esnek macun ile doldurulmuştur.
12. Kullanım alanındaki asma tavan hava veriş kanalına asılmamıştır.