

POMPALARDA GÜRÜLTÜ

(Noise in Pumps)

Reşat Gün Taşel
Alarko-Carrier

1973 yılında İstanbul'da doğan Reşat Gün Taşel, Özel Saint Michel Fransız Lisesi'nden 1991 yılında mezun oldu. İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü 1995 yılında bitirdikten sonra Boğaziçi Üniversitesi Makina Mühendisliği ve İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi'nde Sanayi İşletmeciliği bölümlerinde Yüksek Lisans eğitimlerini tamamladı. 1997'den beri Alarko-Carrier'da makina mühendisi olarak çalışmaktadır.

Özet :

Gürültü, günümüzün en önemli çevre kirliliği unsurlarından biridir. Teknolojinin de gelişmesiyle birlikte gelişmek mecburiyetinde kalan makineler de çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Makina boyutlarının büyümesi sonucu oluşan ses ve ortaya çıkarttığı gürültü çevreyi rahatsız etmektedir. Pompalar da performanslarına bağlı olarak gürültüye neden olabilecek gruptandır. Bu çalışmada ilk olarak pompalarda gürültünün ve bunu oluşturan titreşimin meydana geldiği etkenler gruplandırılmış ve bunlar açıklanmıştır. Daha sonra gürültü ölçüm tekniği ve standardı üzerinde durulmuştur.

1. GİRİŞ

Pompaların çok farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Bunların çoğunda da kullanıcı genelde pompanın varlığından haberdar değildir. Örneğin apartmanda oturan bir kişi musluğundan suyun nasıl aktığıyla ilgilenmez. Kullanıcı pompanın varlığından pompada bir arıza olduğu zaman haberdar olur. Gürültü de pompa çalışmasında normal olmayan bir durumdur. Dolayısıyla asıl amaç bu gibi kullanımlarda pompanın gürültü çıkartmayacak şekilde dizayn edilmesidir. Burada gürültü ve ses terimlerini açıklamak yerinde olur. Gürültüyü, insanları rahatsız eden ses olarak tanımlayabiliriz. Sesi ise; havada, suda ya da herhangi başka bir ortamda oluşan ve insan kulağının algılayabileceği basınç değişimi olarak tanımlamak mümkündür. Sesin doğuşu ve yayılması, ortamdaki parçacıkların titreşimi ve bu titreşimlerin komşu parçacıklara iletilmesiyle olur. Ortamdaki parçacıkların titreşmesiyle oluşan dalgalar havada basınç değişiklikleri oluşturur. Bu basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilir ve beyin tarafından ses olarak algılanır.

2. SES VE GÜRÜLTÜ

Bir ses kaynağından yayılan güçtür ve sonucunu ses basıncı olarak gösterir. Gerçek neden ses gücüdür. Bizim duyduğumuz ses basıncıdır, ancak bunun nedeni ses kaynağının yaydığı ses gücüdür. İnsanların duyma yeteneği ile ilgili fiziksel büyüklük ses basıncıdır. Bu nedenle sese karşı insanların verdiği tepkiyi incelemek için ses basıncı ölçülür. Ancak bir makinanın ne kadar gürültülü çalıştığını belirlemek için ses basıncı ölçümünden yararlanmak mümkün değildir. Çünkü ses basıncı kaynağa olan uzaklığa ve çevrenin (ses alanının) akustik özelliklerine (ses alanının büyüklüğüne ve yüzeylerin ses yutma özelliklerine) bağlıdır. Fakat ses gücü çevre özelliklerine fazla bağımlı değildir ve ses kaynağının yaydığı gürültüyü bulmak için ses gücü ölçülür. Ses gücü ölçümünün nedeni, gürültü kaynaklarının yaratacakları gürültü düzeyinin saptanmasıdır.

Günümüzde endüstrideki ses düzenlemeleri için yapılan uygulamaların artması ve gürültüye verilen önemin artması sonucu tahmine dayanan hesap ve ölçümler artık yetmemeye başlamıştır. Buna karşın çeşitli gürültü standartları ile birlikte gürültü ölçüm teknikleri ortaya atılmıştır.

Bir pompada meydana gelen gürültü normal olabilir. Gürültünün normal mi yoksa bir problemin başlangıcı mı olup olmadığının tesbiti, gürültünün nedenini ve kaynağının belirlenmesinde de ilk evreyi oluşturur. Pompalama sistemlerinde pompa parçalarının mekanik bağlantıları ve pompa ve boru tesisatındaki sıvı ortam gürültüyü karakterize edebilir. Bu sıvı ve mekanik karakterli gürültü ortama değişik yollarla iletilir. Bu yolların bazıları pompa ve bağlantıları, birleştirilmiş boru tesisatı, borulardaki sıvılar ve tesisatı çevreleyen hava sayılabilir. Dolayısıyla, pompalarda gürültü üç farklı yolla dışarıya iletilir. Bunlar hidrolik iletim, yapısal iletim ve hava yolu ile iletimdir.

Hidrolik iletim : Pompa tarafından oluşturulan basınç darbeleri sıvı tarafından iletilir ve akışa yakın yerlerdeki yapılarda akustik enerjiyi yayarlar. Bu tip iletimi engellemenin yolları arasında akustik filtreleri veya kenar bağlantı akümülatörleri gibi diğer basınç darbeleri kontrol ekipmanları sayılabilir.

Yapısal iletim : Pompa bağlantı sistemleri ve boru bağlantıları yapısal iletimin ana unsurudur. Atmosfere akustik gürültü olarak yayınmadan önce yapısal gürültü olarak iletilen ve basınç darbeleri kaviteasyon ve türbülans gibi etkenler sonucu pompa yakınlarında oluşan osilasyon enerjisidir. Ayrıca, motor-pompa sisteminden kaynaklanan titreşimin komşu bağlantılara teması ile oluşan gürültü tipidir.

Hava iletim : Işının ses hava kanalı ile iletilir ve ölçümler yapılır.

Bir akışkanı hareketlendirebilmek için yapılan pompa montajı esnasında üretici firma müşteriye doğal olarak motoru da vermektedir. Bu yüzden üretici sadece pompayı gözönüne almaktansa pompa-motor çiftini birlikte gürültü ve titreşim bakımından incelemelidir. Bu yüzden pompa konusunda motor da önemli bir yer tutmaktadır.

Pompa-motor çiftinde titreşimi ve buna bağlı olarak gürültüyü meydana çıkartan nedenler hidrolik ve mekanik 2 ana başlık altında gruplanabilir:

Hidrolik etkenler :

- siren etkisi : Bu hidrolik etken tipi, fan kanadı ile sabit parçalar arasındaki ilişki sonucu oluşur. Özellikle santrifüj pompalarda yüksek hız ve fan kanatlarında oluşan basınç değişimleri gürültüye neden olabilir. Pompanın fan ve sabit parçalarında yapılan düzenlemelerle bu etki minimize edilebilir. Bunun için sabit ve hareketli parçalar arasındaki boşluk artırılabilir.
- kaviteasyon : Bu durum hidrolik mühendislerin çok karşılaştığı bir durumdur. Sebepleri basınca, sıcaklığa ve kullanılan akışkanın fiziksel özelliklerine bağlıdır. Etkisine genelde fanın emiş kısmında rastlanır. Bu da net emme basıncının yetersiz olduğu koşullarda meydana çıkar. Birçok araştırma gösterdi ki bu tip gürültü sebebi 2 temel nedenden dolayı oluşur :
 - a) Emişteki buhar taneciklerinin büyümesi, irileşmesi
 - b) Buhar taneciklerinin patlaması
- türbülans : Bu tip kaynaklı gürültü, akışkan hızının hem değer hem de yön olarak ani değişimlerinin sonucu olarak ortaya çıkar. Bu durum ise tasarım hatalarının bir

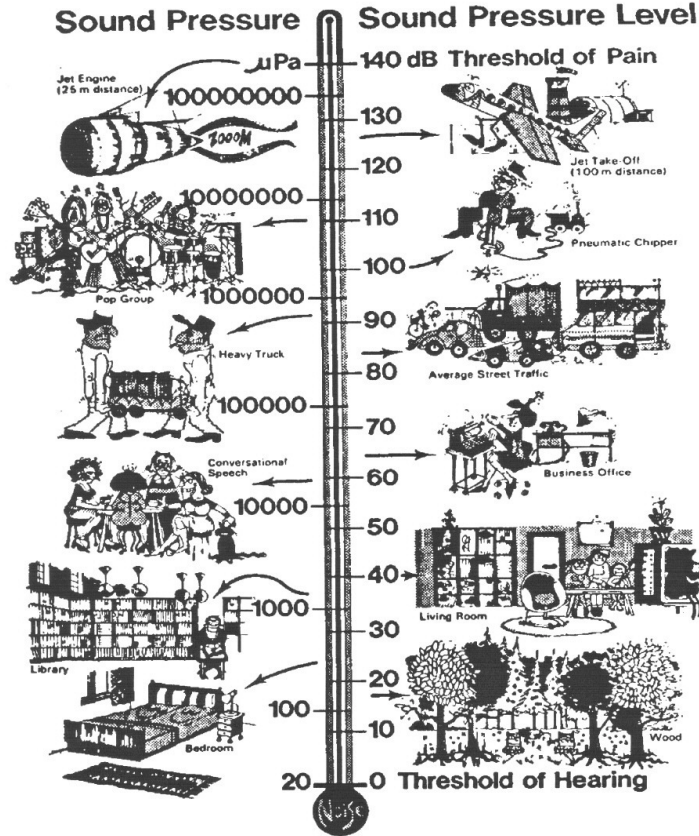
sonucudur. Türbülans kaynaklı gürültünün meydana gelmemesi için pompanın hareketli aktif parçalarının uygun tasarlanması gerekmektedir.

- akış : Akan akışkanın dış cidarıyla pompa cidarlarının birbirine temasıyla oluşan sürtünme kuvvetinin oluşturduğu ses akış kaynaklı gürültü sayılabilir. Şiddeti akış hızına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, bir binada tesisattan geçen suyun hızının maksimum 1.5 m/sn. olması tavsiye edilir.

Mekanik etkenler :

Mekanik gürültü, iki hareketli parçanın birbirine teması sonucu meydana gelen gürültü çeşitidir. Pozitif iletim pompalarında, gürültü pompa hızı ve pompa piston sayısı ile karakterize edilir. Sıvı darbeleri gürültü artırıcı ana nedendir ve bunlar hem pompa hem de tesisattaki bağlantılarda mekanik titreşime neden olurlar.

- Mekanik bağlantıların, kullanılan sıvı özelliklerine ve kullanıldığı koşullara uygun olması halinde kayda değer bir gürültü çıkmayacaktır.
- Başta da belirtildiği gibi değme yüzeyinde kayan ve dönen parçaların sürtünmesiyle de gürültü meydana gelmektedir. Bilyalı yatakların gürültü seviyesi uygun bilya ve yataklama sıvısı ile giderilebilir. Hatta montaj koşullarının kalitesi bile gürültü seviyesini dolaylı olarak etkileyebilir. Balanssızlık ve pompa ve motor milinin birbirine bağlantısındaki eksen kaçıklığı titreşime ve dolayısıyla gürültüye neden olan mekanik unsurlardandır. Hidrodinamik radyal yataklar (journal bearings) bilyalı yataklara kıyasla gürültüsüz çalışırlar. Uygun bir yataklama koşullarıyla bu tip yataklarda çok az oranda ses duyulsa da yaklaşık 40 dB civarlarında olur.[1,2,3]



3. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ

Terimlerin Açıklanması

Ses, dalgalar halinde yayılan bir enerji şeklidir. Sesin tanımını, “kulak tarafından algılanabilen hava, su ya da benzeri bir ortamdaki basınç değişim” olarak verebiliriz. Sesin doğuşu ve yayılması, ortamdaki parçacıkların titreşimi ve bu titreşimlerin komşu parçacıklara iletilmesiyle olur. Ortamdaki parçacıkların titreşmesiyle oluşan dalgalar, havada basınç değişiklikleri oluşturur. Bu basınç değişiklikleri beyin tarafından ses olarak algılanır.

Desibel, sesi oluşturan basınç değişimlerinin ölçüsü ya da genliğidir. Sağlıklı bir insan kulağının ayırt edebileceği en zayıf ses 20 mPa’dır. Bu değer çok küçüktür. Ancak insan kulağı ses basıncını bir milyon kez daha hassas şekilde ayırt etme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle, ses Pa cinsinden ölçülecek olursa, başa çıkılamayacak kadar büyük rakamlar ortaya çıkar. Bunu önlemek için desibel (dB) birimi kullanılır.

Desibel, mutlak bir ölçme birimi değil, bir referans değerle, ölçülen büyüklük arasındaki orandır. Dolayısıyla desibel (dB) ile ölçtüğümüz büyüklüklere düzey adı verilir. DB değeri logaritmiktir ve referans düzeyi olarak duyma eşiği olan 20 mPa’ı alır. Buna 0 dB denir.

Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne *ses gücü* (akustik güç), bu gücün düzeyine ise *ses gücü düzeyi* (L_w) adı verilir. Referans gücü olarak uluslararası referans $W_0=10^{-12}$ W tır. Bir makinanın ses gücü, bu makinanın toplam gücünün ses olarak yayılan kısmıdır ve genel olarak toplam gücün çok küçük bir kısmıdır. Ses gücü W olan bir kaynağın ses gücü düzeyi L_w ,

$$L_w = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} \quad (1)$$

Ses, kulak zarıyla temasta bulunan havanın basıncının değişmesiyle algılandığından, bir ses kaynağının ses gücünden daha çok, belli bir noktada yarattığı ses basıncının tayini önem taşır. Ses basıncı düzeyi L_p ,

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Burada p ses basıncının ortalama kare değerinin karekökü (rms değeri), p_0 ise uluslararası referans basıncı olarak kabul edilen 20 mPa’dır.

Sesin, kaynağının bulunduğu ortamın akustik ve geometrik özellikleriyle, kaynaktan olan uzaklığa bağlı olarak değişen bir özelliği de *ses şiddeti* dir. Ses şiddeti düzeyi L_I ise,

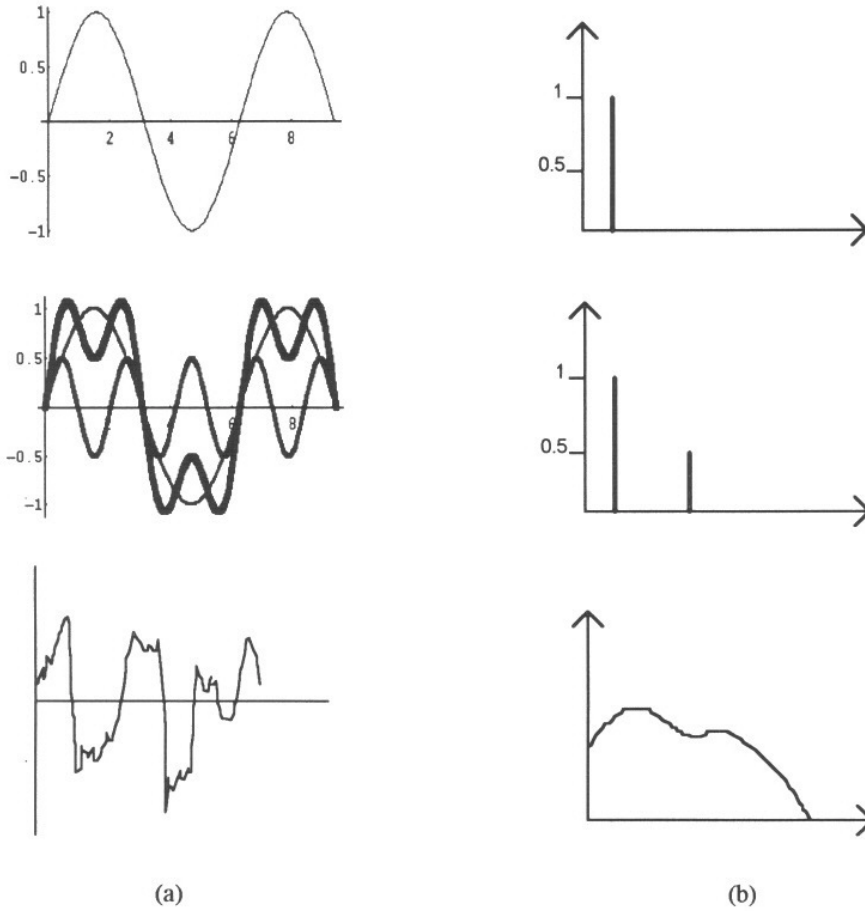
$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (3)$$

olarak tanımlanır. I_0 olarak 10^{-12} W/m² alınmaktadır.

Ses gücü birim zamanda yayılan enerjinin bir ölçüsü idi. Ses şiddeti ise, birim alandan geçen enerjinin ölçüsünü verir. Enerji akışı bazı yönlerde olacağından, ses şiddeti ölçümüyle yön

hakkında da bazı bilgiler elde edilebilir. Bu nedenle ses şiddeti, hem ses şiddetini hem de enerjinin akış yönünü veren bir vektör büyüklüğüdür.

Peryodik sesler kendilerini oluşturan harmoniklere ayrılabilirdiği gibi, peryodik olmayan karmaşık sesler de sonsuz sayıda harmonik fonksiyonun toplamı şeklinde düşünülebilir. Böyle bir analize girdiğimizde, teorik olarak sıfırdan sonsuza kadar her frekanstaki fonksiyonun, verilen karmaşık bir fonksiyonu oluşturmada katkısının olabileceği görülür. Her frekanstaki fonksiyonun katkısını frekansın fonksiyonu olarak çizersek sürekli bir eğri elde ederiz. Bu tür eğrilere frekans dağılımı eğrisi veya *frekans spektrumu* denir. (Şekil 1)

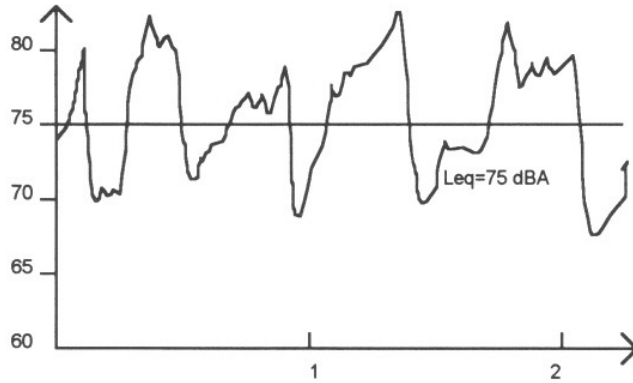


Şekil 1 - (a) Harmonik, Peryodik ve Karmaşık Seslerin Yaratacağı
Ses Basıncı Değişimleri
(b) Bu Fonksiyonların Frekans Dağılımları

Basıncı değişimlerinin genliğini desibel ile ifade ettiğimiz zaman, artık ses basıncından değil, ses basınç düzeyinden ya da kısaca ses düzeyinden bahsetmiş oluruz. Kulak her frekans bandındaki sese aynı derecede duyarlı değildir. Temel ilke, her frekans bandındaki ses basıncı düzeyini belli bir ağırlıkta alıp, toplam ses basıncı düzeyini bulmaktır. Kısacası, kulağın duyarlılığı ile orantılı ağırlıklar kullanmaktır. Dolayısıyla ses düzeyi ölçme aletleri de, aynı

insan kulağına benzer şekilde, eşdeğer gürültü eğrilerini simüle eden 4 ayrı tip ağırlık eğrileri uygular. Bunlardan A, B ve C adı verilen ilk üç tip, sırasıyla, düşük, orta ve yüksek ses düzeyleri için kullanılmışsa da şu anda A tipi her yükseklik düzeyi için, işitme bozulması ve sesin yarattığı rahatsızlıklar açısından, insanların gürültüye gösterdikleri tepkiyi ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Ses düzeyinin birimi, kullanılan ağırlık eğrisine göre dBA, dBB ya da dBC dir.

Ses düzeyinde alçalıp yükselmelerin olduğu ya da ses düzeyinin zamanla gelişigüzel değiştiği tür gürültülerin değerlendirilmesinde, ses düzeyinin zamanla değişiminin incelenmesi yerine, sesin eşdeğer sürekli ses düzeyi incelenir. Genellikle L_{eq} ile gösterilen eşdeğer sürekli ses düzeyi, verilen bir zaman aralığında, söz konusu ses ile aynı toplam enerjiye sahip, sabit düzeydeki sesin ses düzeyi olarak tanımlanır. (Şekil 2)



Şekil 2 - Zamanla Değişen Ses Düzeyinin, Eşdeğer Sürekli Ses Düzeyi (L_{eq}) ile Gösterilmesi

L_{eq} , A ağırlıklı ses düzeyini verir ve dBA ile ölçülür. Ses düzeyi ölçü cihazları istenen bir zaman aralığındaki eşdeğer sürekli ses düzeyini doğrudan hesaplayarak verir.[4,5,6,8]

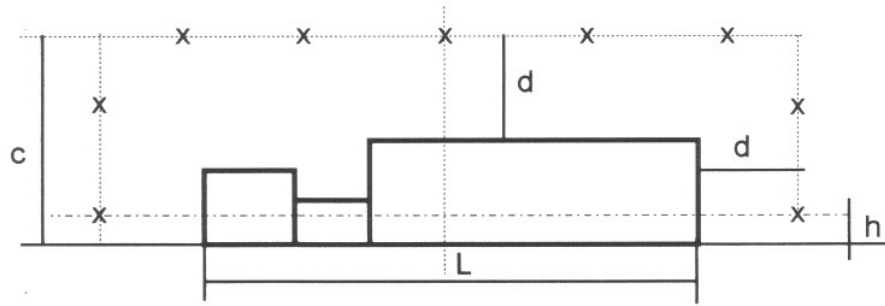
Gürültü Ölçümü

Gürültü kontrolünde gürültü ölçümü önemli yer tutar. Gürültü ölçümlerinde amaç, gürültü kaynağını bulmak veya belli bir noktadaki gürültü düzeyini saptamaktan, gürültünün frekans dağılımını bulmaya ya da darbe gürültüsünü saptamaya kadar çok çeşitli olabilir. En çok kullanılan ölçüm, istenilen bir yerdeki gürültü düzeyinin saptanmasıdır. Bu tür ölçümler, genellikle, çevre gürültüsünün standartlara uygulunu ya da bir işyerindeki gürültü düzeyinin istenen sınırlar içinde olup olmadığını kontrol etmek için yapılır.

Ses düzeyinin ölçümü için her banttaki ses basıncı düzeyini bulup, ağırlıklanmış toplam basınç düzeyini hesaplamak yerine; bu amaç için geliştirilmiş ses düzeyi ölçerler kullanarak, istenilen bir noktadaki ses düzeyi doğrudan ölçülebilir. Bu tür ölçmeler için A-ağırlıklı ses seviyesi gözönünde bulundurulur.

Deneye başlamadan önce duvarlardan ve deney odasındaki cisimlerden gelen ses yansımalarının ölçmeler üzerine önemli etkisi olmamalıdır. Uygunluk, ölçme noktaları ve bunların kaynağa olan yarı uzak değerlerindeki ortalama ses gücü seviyelerinin tayini ile bulunabilir. Bu iki ortalama arasındaki fark en azından 5 dB olmalıdır. Ölçme noktalarının

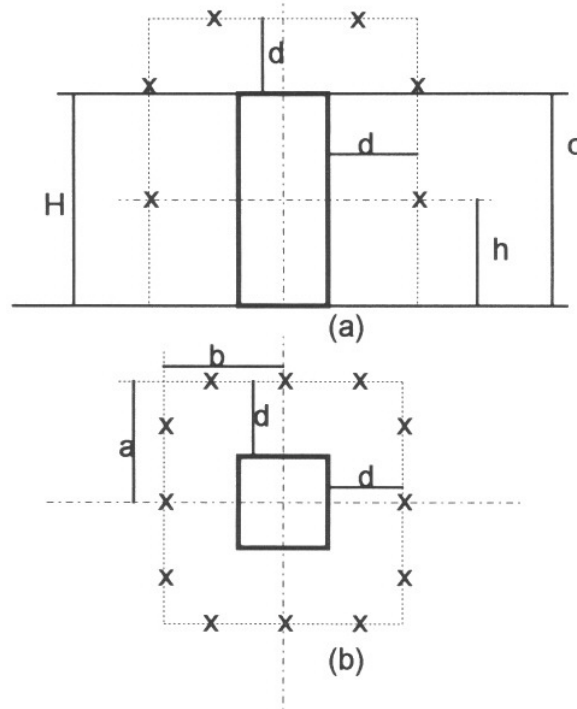
konumu ve sayısı makinanın büyüklüğüne ve akustik yayılmasının simetrisine bağlı olarak en az 5 adet olmalıdır. (Şekil 3, Şekil 4)



Düşey düzlemde tanımlanan yol

L (metre)	d (metre)
≥ 0.25	1
< 0.25	$4L \leq d \leq 1$ $d > 0.25$

Şekil 3 - Yatay makinalar için tanımlanan yollar ve ölçme noktalarının konumu



Şekil 4 - Düşey makinalar için tanımlanan yollar ve ölçme noktalarının konumu

(a) Düşey düzlemde tanımlanan yol

(b) Yatay düzlemde tanımlanan yol ($h=H/2$, fakat 0.25 den az olamaz.)

Ölçüm noktaları 1 metreden büyük olmayan aralıklarla yerleştirilmelidir. En büyük lineer boyutu, L, 0.25 m. ye eş veya aşan makinalar için bu çizgisel yolların makina yüzeyine olan en yakın uzaklığı 1m. olmalıdır. L nin 0.25 m. den küçük olması halinde, bu çizgisel yollar ile makina yüzeyi arasındaki en yakın uzaklık 4L ile 1 m. arasında olmalı ve 0.25 m. den de az

olmamalıdır. Cihazların ve gözlemcinin yeri yansılardan oluşan hataları azaltmak için mikrofondan en az 1m. uzakta olmalıdır.

Sürekli çevre gürültüsü, makina çalışmıyorken, deney için kullanılan noktalarda saptanmalıdır. Makinanın çalışması sırasında her bir noktada yapılan ölçmelerin değerleri, yalnız sürekli çevre gürültüsü için yapılan ölçme değerlerinden , en az, 10 dB büyük olmalıdır. Fark 6 dan 9 a kadarsa ölçülen değerlerden 1 dB; 4 den 5 e kadarsa 2 dB; 3 ise 3 dB çıkartılır. Eğer fark 3 dB in altında ise ölçümler herhangi bir değer taşımaz.

Ortalama ses seviyesi bütün deney noktalarında yapılan ölçüm sonuçlarından aşağıdaki denklem ile ortalama alınarak hesaplanmalıdır.

$$L_A(m) = 10 \text{Log}_{10} \left[\frac{1}{n} \left(\text{antiLog} \frac{L_A(1)}{10} + \text{antiLog} \frac{L_A(2)}{10} + \dots + \text{antiLog} \frac{L_A(n)}{10} \right) \right] \quad (4)$$

$L_A(m)$ = Ortalama ses seviyesi (dBA)

$L_A(1)$ = 1 nci konumdaki ses seviyesi

$L_A(n)$ = n nci konumdaki ses seviyesi

Ölçmelerin yapıldığı makina çevresinde varsayılan eşdeğer yarıküre çapı (r_s) :

$$r_s = \left[\frac{a(b+c)}{2} \right]^{1/2} \quad (5)$$

Aynı sınıf içindeki makinaların ölçüm neticelerinin indirgendiği referans yarıçapı (3m.) taki ortalama ses seviyesi :

$$L_A(r_0) = L_A(n) + 20 \text{Log}_{10} \frac{r_s}{r_0} \quad (6)$$

$L_A(r_0)$ = 3 m. lik yarıçapta ortalama ses seviyesi
 r_0 = 3 m.

Son aşama olan ortalama ses seviyesinden A ağırlıklı ses gücü seviyesinin hesaplanması ise aşağıdaki gibi yapılır : [4,7]

$$L_{PA} = L_A(n) + 10 \text{Log}_{10} \frac{2\pi r_s^2}{S_0} - 10 \text{Log}_{10} \left[\frac{423}{400} \left(\frac{273}{273+t} \right)^{1/2} \frac{P_a}{1000} \right] \quad (7)$$

L_{PA} = A ağırlıklı ses gücü seviyesi

$L_A(n)$ = Ortalama ses seviyesi

r_s = Eşdeğer yarıküre çapı

S_0 = 1 m²

t = °C hava sıcaklığı

P_a = Basınç (mbar)

$t = 20$ °C ve $P_a = 980$ mbar için negatif terim sıfırdır.

KAYNAKLAR

- 1- Amand, A., Brunet, C., Matte K.P., and Pottier L.C., Development of Noise and Vibration Performance of Building Services Pumps, World Pumps, June 1993.
- 2- Karassik, I.J., Krutzsch, W.C., Fraser, W.H., and Messina, J.J., Pump Handbook, Mc.Graw Hill Book Company, 1986.
- 3- King, A.J., The Measurement and Suppression of Noise, Chapman & Hall, 1965.
- 4- Özgüven, N., Endüstriyel Gürültü Kontrolü, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No:118, 1986.
- 5- Peterson, A.P.G., and Beranek, L.L., Handbook of Noise Measurement, General Radio Company, 1956.
- 6- Rothbart, H.A., Mechanical Design & Systems Handbook, Mc.Graw Hill Book Company, 1986.
- 7- TS2773, Türk Standartları Enstitüsü, Döner Elektrikli Makinaların Havada Oluşturduğu Gürültüyü Ölçmek için Deney Kodu.
- 8- Saenz, A.L., and Stephens R.W.B., Noise Pollution, John Wiley & Sons, 1986.