

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

139663

**SANAYİ YAPILARININ MİMARİSİNDE
GÜRÜLTÜNÜN TASARIM ÖLÇÜTÜ
OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

139663

Mimar M. Nuri İLGÜREL

F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN (YTÜ)

İkinci Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ (YTÜ)

~~Prof. Müjgan Şerefhanoglu Sözen~~

Yrd. Doç. Dr. Neşe Akdağ

Prof. Dr. Zekai Görgülü

Prof. Dr. Feriye Aköz

İSTANBUL, 2003

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. SANAYİ YAPILARININ TASARIM SÜRECİ.....	3
2.1 İşyeri Düzeninin Oluşturulması	4
2.1.1 İş Akışının Programlanması.....	4
2.1.2 Üretim Sisteminin Belirlenmesi	5
2.1.3 Makine Yerleşim Düzeninin Oluşturulması	7
2.2 Yapı Programının Oluşturulması ve Tasarım Aşaması	7
2.3 Organize Sanayi Bölgelerinin Planlanması	11
3. SANAYİ YAPILARINDA GÜRÜLTÜ ETKENİ ve ETKİLERİ.....	13
3.1 Gürültü Kaynaklarının Genel Özellikleri	13
3.2 Sanayi Yapılarında Gürültü Kaynakları	17
3.2.1 Üretimde Yer Alan Makine ve Mekanik Donanımlar	18
3.2.2 Destek Hizmeti Veren Makine ve Mekanik Donanımlar	21
3.2.3 Sanayi Yapılarında Karşılaşılan Diğer Gürültü Kaynakları	24
3.3 Sanayi Yapılarında Titreşim Sorunu	24
3.4 Gürültünün Çalışanlar Üzerindeki Etkileri	26
3.4.1 Fizyolojik Etkilenmeler	26
3.4.2 Psikolojik Etkilenmeler	28
4. SANAYİ YAPILARININ MİMARİSİNDE GÜRÜLTÜNÜN TASARIM SÜRECİ İÇİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ	30
4.1 Sanayi Yapılarında İşyeri Düzeninin Oluşturulmasında Gürültü Etkeni	34
4.2 Sanayi Yapılarında Yerleşim Planlama ve Yapı Tasarımı Süreçlerinde Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesi	38
4.2.1 Üretim – Yönetim – Sosyal İşlevlerin Aynı Yapıda Planlanması	43
4.2.2 Yönetim – Sosyal İşlevlerin Üretim Hacminden Ayrı Planlanması	53
4.2.2.1 Yönetim - Sosyal İşlevlerin Üretim Hacmi ile İlişkili Olarak Tasarlanması	55
4.2.2.2 Yönetim – Sosyal İşlevlerin Bağımsız Yapılar Şeklinde Tasarlanması	59
4.3 Üretim Hacminin Tasarımında Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesi	62
4.3.1 Üretim İşlemlerinin Aynı Hacim İçinde Planlanması	63
4.3.2 Üretim İşlemlerinin Ayrı Hacimlerde Planlanması	66
4.4 Üretim Hacminin Mimari Özelliklerinin Gürültü Ortamına Etkisi.....	68

4.4.1	Üretim Hacminin Biçimsel Özelliklerinin Gürültü Ortamına Etkisi	69
4.4.2	Üretim Hacminin Yüzey Özelliklerinin Gürültü Ortamına Etkisi	72
4.5	Üretim Hacimlerinde Yansıymış Ses Düzeyinin Gürültü Ortamına Etkisinin İncelenmesi	74
4.6	Üretim Hacmi İçinde Engellerin Etkinliğinin İncelenmesi	78
4.7	Bölme Elemanlarının Etkinliğinin İncelenmesi	80
4.8	Üretim Hacmi İçinde Gürültü Kaynaklarının Hücre İçine Alınması	83
4.8.1	Hücre Etkinliğini Belirleyen Etmenler	85
4.8.2	Hücre Tasarımı ve Üretimi	88
4.9	Gürültünün Yapı Taşıyıcı Sistemi Aracılığı ile Yayılmasında Alınabilecek Önlemler	92
4.10	Yapı Kabuğu Tasarımında Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesi	97
4.11	Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesinde Akış Şeması Oluşturulması.....	99
5.	SONUÇ.....	100
	KAYNAKLAR.....	104
	ÖZGEÇMİŞ	106



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Bir sanayi yapısında temel ilişkiler	3
Şekil 2.2 Malzeme akışı – üretim ilişkileri bakımından sürekli üretim sistemleri	5
Şekil 2.3 Oluşuma göre üretim sistemi	6
Şekil 2.4 Gruplar ile üretim sistemi	6
Şekil 3.1 Doğup yayıldığı ortama göre gürültünün sınıflandırılması	13
Şekil 3.2 Gürültü kaynağının hacim içinde konumlandırılmasında farklı seçenekler	14
Şekil 3.3 Birbirinden ayrı özellik gösteren gürültü tayfı modelleri	16
Şekil 3.4 Sanayide yer alan bazı makinelerin gürültü düzeyleri ve tayf özellikleri	21
Şekil 3.5 Gürültüye bağlı işitme eşiği yükselmesinin değişik evreleri	27
Şekil 4.1 Kentsel ölçekte organize sanayi bölgelerinin planlanması	31
Şekil 4.2 Kentsel planlamada sanayi yerleşimi – sessiz yerleşim bölgeleri ilişkisine bir örnek	32
Şekil 4.3 Kentsel planlamada konut bölgelerinin sanayi yerleşimlerinden kaynaklanan gürültüden korunmasına bir örnek	32
Şekil 4.4 Sanayi yerleşimlerinin planlanmasında topografik yapının değerlendirilmesine bir örnek	33
Şekil 4.5 Sürekli üretim sisteminde gürültülü işlemlerin bir araya getirilerek bulundukları ortandan soyutlanması	37
Şekil 4.6 Oluşuma göre üretim sisteminde farklı nitelikteki işlemlerin ayrılması.	37
Şekil 4.7 Üretim hacminde makinelerin iki ayrı düzende yerleştirilmeleri.	38
Şekil 4.8 Sanayi yapılarının arsa üzerinde yerleşiminde iki temel yaklaşım.	40
Şekil 4.9 Üretim – sosyal – yönetim işlevlerinin aynı yapıda planlanması	42
Şekil 4.10 Yönetimle ilgili işlevlerin ayrı yapıda planlanması.	42
Şekil 4.11 Yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacminden ayrı bağımsız yapılarda planlanması.	43
Şekil 4.12 Yönetim – sosyal işlevlerin üretim hacminden ayrı birarada planlanması	43
Şekil 4.13 Üretim hacmi içinde kaynak ve alıcıda gürültü denetiminin gelişme süreci.	44
Şekil 4.14 Yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacmi ile aynı yapı içinde planlanması	44
Şekil 4.15 Üretim – sosyal – yönetim işlevleriyle ilgili hacimlerin planlanmasında gürültünün yönlendirici etkisi.	47
Şekil 4.16 Yönetim – sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin ayrı bölgelerde planlanması.	47
Şekil 4.17 Yönetim – sosyal işlevlerin ayrı katlarda planlanması	48
Şekil 4.18 Sessiz yapı bölümlerini ayıran cidara etki eden gürültüler	48
Şekil 4.19 Üretim hacmi içinde asma kat oluşturulması	48
Şekil 4.20 Asma kat uygulanması durumunda alınabilecek önlemler	49
Şekil 4.21 Üretim yapısının çok katlı olmasında iki temel durum.	50
Şekil 4.22 Üretim hacminin katlara dağılması.	51
Şekil 4.23 Üretim hacminde galeri oluşturulması.	51
Şekil 4.24 Üretim alanında galeri boşluğunun gürültünün yayılmasındaki etkisi	52
Şekil 4.25 Yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacminden ayrı bağımsız yapı / yapılarda toplanması.	54
Şekil 4.26 Yönetim – sosyal işlevlerin aynı katta planlanması	56
Şekil 4.27 Yönetim ve sosyal işlevlerin ayrı katlarda planlanması.	56
Şekil 4.28 Yönetim ve sosyal işlevlerin yüksek bir yapıda toplanması	57
Şekil 4.29 Yönetim birimlerinin sosyal hacimlerden ayrılması.	58
Şekil 4.30 Yönetim yapısının üretim hacminin farklı bölgeleri ile ilişkilendirilmesi.	59
Şekil 4.31 Yönetim ve sosyal alanların üretim hacmi ile organik ilişkisinin kurulması	59

Şekil 4.32	Sosyal işlevlerin yüksek bir yapıda planlanmasıyla yönetim yapısının akustik gölge altında bırakılması	60
Şekil 4.33	Üretim yapısı ile yönetim – sosyal işlevleri içeren yapının ilişkilendirilmesine bir örnek	70
Şekil 4.34	Yönetim – sosyal alanların bağımsız yapılar şeklinde tasarlanması	62
Şekil 4.35	Gürültülü üretim bölgelerinin ayrılmasına bir örnek	64
Şekil 4.36	Üretim hacmi içinde gürültülü işlemleri içeren oda hücreler	64
Şekil 4.37	Üretim alanı içinde gürültülü işlemlerin bölmelerle ayrılması	65
Şekil 4.38	Gürültülü üretim birimlerinin bölmelerle birbirinden ve hacim genelinden ayrılması	66
Şekil 4.39	Gürültülü ve gürültüsüz üretim birimlerinin ayrılmasına bir örnek	67
Şekil 4.40	Üretim hacimlerinin birbirinden ayrılmasında tampon hacimlerden yararlanılmasına bir örnek	67
Şekil 4.41	Üretim işlemlerinin farklı kat düzeylerine dağılımında gürültü etkeninin değerlendirildiği bir örnek	68
Şekil 4.42	Kare planlı bir hacimde yüzeylerden olan yansımaların etkisi	69
Şekil 4.43	Gürültü kaynaklarının yerleştirilmesinde üretim hacmi geometrisinin değerlendirilmesi	70
Şekil 4.44	Çatı altından olan ilk yansımalarda çatı eğiminin etkisine bir örnek	71
Şekil 4.45	Tonoz tipi çatı örtüsünde sesin odaklanması	72
Şekil 4.46	Tavan – döşeme –duvar yüzeylerinden gerçekleşen yansımalar	73
Şekil 4.47	Toplam yutuculuğun artırılmasıyla birlikte dolaysız sesin etki alanının genişlemesi	76
Şekil 4.48	Bir hacimde ses gücüne göre uzaklığın bir fonksiyonu olarak ses düzeyi değişimleri	76
Şekil 4.49	Hacim içinde engelin etkin kullanımı için yüzeylerin yutucu yapılması	79
Şekil 4.50	Gürültülü'nün alt ve üst katları değişik yollardan etkilemesi	81
Şekil 4.51	Gürültülü makinelerin bulunduğu hacimlerin bölünmesine bir örnek	82
Şekil 4.52	Gürültü kaynağının hücre içine alınması	84
Şekil 4.53	Gürültü kaynağının kısmi hücre içine alınması	84
Şekil 4.54	Hücre kullanımının değişik durumları için gürültü düzeylerindeki azalmalar	86
Şekil 4.55	Mekanik donanımın hücre içine alınmasında kısmi hücreden tam hücreye doğru gelişim süreci	90
Şekil 4.56	Prefabrikasyon üretim sistemleri kullanılarak üretilebilecek modüler hücreler	92
Şekil 4.57	Katıda doğup yayılan gürültülere karşı taşıyıcı sistemde alınabilecek önlemler	93
Şekil 4.58	Gürültülü üretim hacminin sessiz yapı bölümlerinden strüktürel olarak ayrılması	95
Şekil 4.59	Titreşim üreten ağır makineler için özel temel oluşturulması	95
Şekil 4.60	Titreşim üreten ağır makineler için yapı taşıyıcı sisteminde alınabilecek önlemler	96
Şekil 4.61	Titreşim üreten mekanik donanımın eylemsizlik kitlesi üzerine yerleştirilmesi ve yüzer döşeme uygulanması	96
Şekil 4.62	Yapı strüktürüne geçen titreşimlerin yalıtımında kullanılan değişik nitelikte gereçler	97
Şekil 4.63	Gürültü etkeninin sistematik değerlendirilmesinde akış şeması	99

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	Sanayide yer alan tipik gürültü kaynaklarının ses düzeyleri	20
Çizelge 4.1.	Bazı gürültü kaynaklarının 500Hz'den 4000Hz'e kadar dört oktav bant için toplam ses gücünü bulmakta kullanılan çevirme katsayıları	35
Çizelge 4.2	Hücre üretiminde kullanılabilecek yapım teknikleri	91



ÖNSÖZ

Ülke nüfusunun istihdamı ve ekonomik gönencin sağlanmasında yadsınamayacak öneme sahip sanayi kuruluşlarında ortaya çıkan gürültülerin azaltılması; insan sağlığı açısından olduğu gibi iş verimi ve ülke ekonomisi açısından da önem taşıyan, toplumsal boyutu olan bir konudur. Bu çalışmada; sanayi kuruluşlarında yaşanan “gürültü” sorununa, sanayi yapısı üretime başladıktan sonra çözüm aranması yerine, sanayi yapısının mimari tasarımı süreci içinde “gürültü” sorununun ele alınarak çözüm üretilmesi amaçlanmıştır.

Sanayi yapılarının mimari tasarımı süreci içinde “gürültü”n n bir tasarımı  l t  olarak değerlendirilmesini amaçlayan bu çalışmaya başlarken; tez konusunu bana öneren, çalışmam süresince bana y n verip değerli katkılarda bulunan Tez Danışmanım Hocam Prof. Müjgan şerefhanoğlu Sözen’e öncelikle teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, Hocam Yrd. Doç. Dr. Neşe Y ğr k Akdağ’a ve Mimarlık Fakültemiz şBP Bölüm Başkanı Hocam Prof. Dr. Zekai Görgülü’ye değerli katkılarından ötürü teşekkür etmek isterim.

Tez çalışmam süresince maddi-manevi desteğini gördüğüm aileme de teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Sanayiye yönelik çalışmaların artması ve ülke genelinde yaygınlaşması, özellikle yüksek düzeyli gürültülerin söz konusu olduğu belli sanayi kollarında çalışan kişilerin gürültüden korunmasını giderek daha da önemli hale getirmektedir. Ayrıca, bölge, kent ve yerleşim ölçeğinde gürültü etkeninin göz ardı edildiği plansız oluşumlar, sanayi yapılarının yakın çevresindeki sessiz yerleşimler açısından olumsuz durumlar ortaya koyabilmektedir.

Tez kapsamında; sanayi yapıları ile ilgili gürültü sorunu; çevre yerleşimler açısından, bölge planlama, kent planlama, yerleşim planlama aşamalarında ele alınmış; sanayi çalışanları açısından ise, sanayi yapısının tasarım süreci içinde tasarım – gürültü ilişkisi bağlamında incelenmiştir. Bu amaçla, sanayi yapılarının mimari tasarım sürecinde alınan kararların gürültüye etkisi incelenerek, gürültünün tasarımı yönlendirici bir veri olarak değerlendirilmesine çalışılmıştır.

Sanayi yapılarının mimari tasarım süreci ve organize sanayi bölgelerinin planlanması tezin 2. Bölümü içinde ele alınmıştır. Sanayi yapılarındaki tipik gürültü kaynaklarının ve gürültü özelliklerinin sistematik olarak tanıtıldığı 3. Bölümde, sanayi yapılarında titreşim sorununa değinildikten sonra gürültünün çalışanlar üzerindeki etkilerine fizyolojik ve psikolojik etkilenmeler olarak iki ayrı başlık altında yer verilmiştir.

Sanayi yapılarının mimarisinde gürültünün tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesini amaçlayan 4. Bölümde, öncelikle sanayi yapılarının yerleşim bölgelerinin belirlenmesinde bölge ve kent ölçeğinde gürültü etkeni incelenmiştir. Sanayi yapılarının arsa üzerinde yerleşiminde, gürültü etkeni farklı yerleşim durumları açısından değerlendirildikten sonra üretim hacmi ile yönetim ve sosyal işlevler ile ilgili hacimler açısından tasarım – gürültü ilişkisi bağlamında alınabilecek önlemler üzerinde durulmuştur. 5 ana bölümden oluşan tezin sonuç bölümünde, sanayi yapılarından kaynaklanan gürültü sorununun bölge, kent ve yerleşim planlama süreci içinde değerlendirilmesinin önemi ve yapı tasarımı aşamasında konuya sistemli bir biçimde yaklaşılmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sanayi yapısı, mimari tasarım, sanayi gürültüsü, işçi sağlığı, gürültü denetimi.

ABSTRACT

Because of the increase of the industrial activities widespread over the country , protecting from industrial noise gradually becomes more importance; especially for the workers in certain industrial plants, where high levels of noise are available. Moreover, unplanned formations at the scales of region, city and settlement planning cause generally undesired effects for the settlements that have to be quiet.

In this thesis, the noise matter related to industrial buildings is considered for the workers in plants and neighborhood settlements; also in this context the noise matter is investigated in the phases of region, city, settlement planning and building design from the point of view of architectural design – noise factor relation. For this aim, during the architectural design process of an industrial building, the effects of the designing decisions to noise in building units is investigated and an evaluation of noise factor as a design criterion is tried.

The architectural design process of an industrial building and the planning stages of an organized industrial district are considered in chapter 2 of the thesis. In the 3th chapter the typical noise sources in industrial buildings and their characteristics related to noise are explained. The effects of noise on the workers are considered under the main titles; physiological - psychological effects, after the vibration matter in industry is mentioned.

In the 4th chapter of the thesis, which aims the evaluation of the noise factor as a design criterion in the architectural design of the industrial buildings , the noise factor in determining of the settlement districts of industrial buildings in region and city planning phases is investigated. At the stage of emplacing the industrial building on the site, the noise factor is evaluated for the different settlement types. At the building design stage precautions for the places in production, management and social units of the industrial building are mentioned from the point of view of architectural design – noise factor relation.

In the conclusion chapter of the thesis, which consists of 5 main chapters, the importance of the evaluation of the noise factor related to industrial buildings in the phases of region, city and settlement planning and the necessity of the systematic approach to the matter at the designing stage of the building are emphasized.

Key words : Industrial building, architectural design, industrial noise, worker's health, noise control.

1. GİRİŞ

Anamadde ya da yarı ürünün değişik yöntemler ve araçlar kullanılarak bitmiş ürün haline getirilmesi işlemlerinin bütünü sanayi üretimini tanımlar. Bir ülkedeki sanayi üretimi, o ülke için toplumsal gönencin gerçekleştirilebilmesi, öz kaynakların değerlendirilebilmesi ve ekonomik bağımsızlığın korunabilmesi gibi birçok yönden önem taşır. Bu nedenle bir ülkedeki sanayileşme, o ülkenin gelişmişlik düzeyini yansıtan önemli bir göstergedir. Sanayileşmenin doğal bir sonucu, üretim eylemlerini içinde barındıran sanayi yapılarıdır.

Sanayi yapılarının tasarımında üzerinde durulması gereken en önemli konulardan birisi de çalışanları türlü yönlerden olumsuz etkileyen “gürültü sorunu”dur. Sanayide makine ve mekanik donanımlarla gerçekleştirilen işlemlerin bir sonucu olarak, üretimin özelliğine göre değişiklik gösteren düzey ve nitelikte gürültü ortaya çıkar. Sanayi gürültüsünün denetlenmesi, çalışanların sağlığı ve iş güvenliği açısından olduğu kadar, iş verimi yönünden de önem taşır. Bununla beraber, sanayi yapılarından kaynaklanan gürültüler, plansız kentleşmenin görüldüğü kimi durumlarda çevrede bulunan sessiz yerleşim alanlarını etkileyen bir çevre sorununa dönüşebilir. Bu nedenle, sanayi yapılarında makine ve mekanik donanımlardan kaynaklanan gürültülerin yapı kullanıcıları ve çevre yerleşimler açısından denetlenmesi gerekir.

Sanayide, üretimin özelliğine bağlı olarak ortaya çıkan gürültüler nicelik ve nitelik yönünden birbirine göre ayrımlar gösterse de, sanayi yapılarındaki temel gürültü kaynaklarını üretimi sağlayan ve motor gücüyle çalışan makineler ve diğer mekanik - elektronik sistemler oluşturur. Bu sistemlerin teknolojilerinin çevreye daha az gürültü yayacak biçimde geliştirilmeleri kuşkusuz üretim kaynaklı gürültülerin denetlenmesinde atılacak ilk adımdır. Ancak, mekanik sistemlerin gürültülerinin bütünüyle ortadan kaldırılması söz konusu değildir. Bu nedenle, sanayi yapılarında gürültü etkisini azaltmaya yönelik bazı önlemlerin yapının mimari kurgusu içinde çözümlenmesinin sağlanması, sanayi yapılarında üretim sırasında ortaya çıkan gürültülerin denetlenebilmesi açısından önem taşır. Sanayi yapılarında üretime geçildikten sonra ortaya çıkabilecek geriye dönüşü olmayan olumsuz durumları ortadan kaldırmak için, gürültünün tasarımın ilk evrelerinden başlayarak tüm sürecin içinde yer alması sağlanmalıdır. Sanayi alanlarının planlanmasında gürültü etkeninin bir veri olarak değerlendirilmesi ise, öncelikle bölge ve kent ölçeğinde ele alınması gereken bir konudur.

Sanayi yapılarında, yapı içi gürültülerinin olduğu gibi, kimi zaman yapıdan çevreye yayılan gürültülerin de yapının üretime geçmesinin ardından azaltılmaya çalışılması genellikle

yetersiz kalarak çoğu zaman, ekonomik olmaktan uzak ya da uygulanması zor değişiklikler gerektirir. Bu nedenle sanayi yapılarında gürültü sorunu, yapının tasarımı aşamasında ele alınması gereken bir tasarım ölçütü olmalıdır.

Tez kapsamında; sanayi kuruluşlarında çalışanların gürültüden etkilenmelerini denetleyebilmek ve yapıdan çevreye yayılan gürültüleri denetim altına alabilmek için sanayi yapılarının tasarımı aşamasında alınması gereken temel ilke kararlarının belirlenmesine çalışılmıştır. *

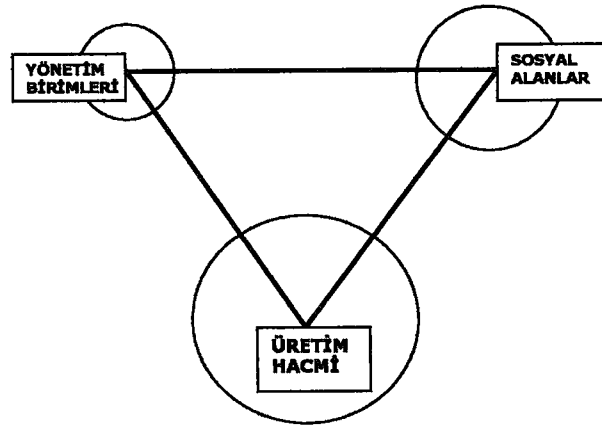
* Sanayi yapılarında mimari tasarım - gürültü ilişkisini kurmayı amaçlayan bu çalışmanın yanında, ülkemizde var olan bugünkü durumu saptamak açısından, Prof. Müjgan Şerefhanoglu Sözen yönetiminde yürütölen bir araştırma projesi kapsamında; farklı nitelikte üretim yapan tipik sanayi yapıları da incelenerek yerinde gürültü ölçümleri yapılmaktadır.

2. SANAYİ YAPILARININ TASARIM SÜRECİ

Üretim eylemleri, başlangıçta makinelerin ve bunları kullanan çalışanların bulunduğu, üzeri örtülü, basit, geniş alanlarda yürütülmüştür. Sanayinin hızla gelişmesi sonucunda üretim süreçleri git gide karmaşıklaşmış, böylece işgücü-makine-malzeme arasındaki ilişkiler yeniden tanımlanmıştır. Üretim sürecinin programlanması gerekliliği, bu süreçte yer alacak birimlerin önceden planlı bir şekilde birarada organizasyonunu gerekli kılmıştır. Sanayi yapısı, günümüzdeki mimari niteliklerini böyle bir sürecin sonunda elde etmiştir. Bu bölümde, üretim özelliklerine göre farklılıklar taşıyan sanayi yapılarının tasarım süreci incelendikten sonra sanayi yapılarında gürültü sorunu ele alınarak gürültü kaynakları ile ilgili bilgi verilmiştir.

Sanayide üretimlerin gerçekleştirildiği yapılar, üretim özelliklerine göre birbirinden ayrıldığı gibi üretim kapasitelerine göre de ayrımlar gösterebilir. Bu bağlamda, sanayi üretimlerinin gerçekleştirildiği yerler, küçük bir atölyeden geniş alanlar üzerinde kurulu yapı gruplarına kadar değişik tür ve boyutta olabilir.

Sanayi yapılarının mimari programı içinde yer alan temel işlevler; üretim, yönetim ve sosyal işlevlerdir. Sanayi yapılarının tasarımında temel işlevler arasındaki ilişkilerin doğru bir biçimde programlanması gerekir. Bu ilişkilerin programlanmasında, günün önemli bir bölümünü üretim hacminde geçiren işçilerin türlü gereksinimlerini karşılayabilecekleri sosyal hacimlere kolay ulaşımının sağlanması önem taşır. Yönetim alanlarının da benzer biçimde üretimin ilgili alanları ile ilişkisinin kurulması önemlidir.



Şekil 2.1 Bir Sanayi Yapısında Temel İlişkiler.

Sanayi yapılarının planlanması, öncelikle işletme planlamasının yapılması ve iş akış programının oluşturulması ile başlar.

2.1 İşyeri Düzeninin Oluşturulması

Sanayi yapısında işyeri düzeni, işgücü-makine -malzeme arasındaki ilişkileri programlayarak, ürünün en az işgücü ile, en kısa sürede ve en ekonomik şekilde ortaya çıkması için gerekli altyapıyı oluşturur. İşyeri düzeninin, bir sanayi yapısında üretim hacminin tasarlanması için en temel verileri içermesi gerekir. Sanayi yapısında, işyeri düzeninin oluşturulması süreci, iş akışının programlanması, üretim sisteminin belirlenmesi, makine yerleşim düzeninin oluşturulması ve fiziksel etkenlerin değerlendirilmesi işlerini kapsar

İşyeri düzenini etkileyen etmenler;

- Ürün tipi ve üretim hacmi,
- Makine – araç ve donatının özellikleri, (kullanım özellikleri, , çevreye yaydıkları ısı, titreşim, gürültü, atık maddeler vb.)
- Malzeme dolaşımının en kısa yoldan en kolay biçimde sağlanması,
- İleride gerekebilecek değişikliklere ve / ya da gelişmelere olanak sağlaması

gibi sıralanabilir.

2.1.1 İş Akışının Programlanması

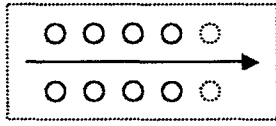
Sanayide ürünün ortaya çıkması için gereksinim duyulan üretim sürecinin tanımlanması, iş akışının programlanmasını gerekli kılar. İş akışının programlanması, işyeri düzeninin oluşturulması için atılmış ilk adım sayılabilir.

İş akışının programlanması, ürün haline getirilecek anamaddenin, depolardan üretim bölgelerine dağılımı, üretim işlemlerinin birbirleri ile ilişkileri, ardışık sıralanma durumu ve ürünün depolara ulaştırılması süreçlerinin kroki olarak anlatılmasıdır. Bu krokide malzeme akışı ile üretim işlemleri arasındaki ilişkiler tanımlanır. Bu krokiden yararlanarak değişik üretim sistemleri arasından, üretimin verimliliği açısından amaca en uygun üretim sisteminin belirlenmesi gerekir.

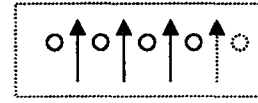
2.1.2 Üretim Sisteminin Belirlenmesi

Üretim sisteminin belirlenmesinde, iş akışının gerektirdiği yerleşim düzenini sağlayabilecek üretim sisteminin belirlenmesi amaçlanır. Buna bağlı olarak sürekli, oluşuma göre ve gruplar ile üretim sistemlerinden yararlanılabilir.

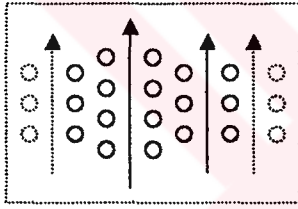
- **Sürekli üretim sistemleri** : Sürekli üretim sistemleri, malzemenin kesintisiz akışını ve değişik işlemlerden geçmesini gerekli kılan durumlarda kullanılan sistemlerdir. (şeker, çimento, kimya sanayindeki gibi)



- Tek Ürün Çok İşlem



- Çok ürün az işlem



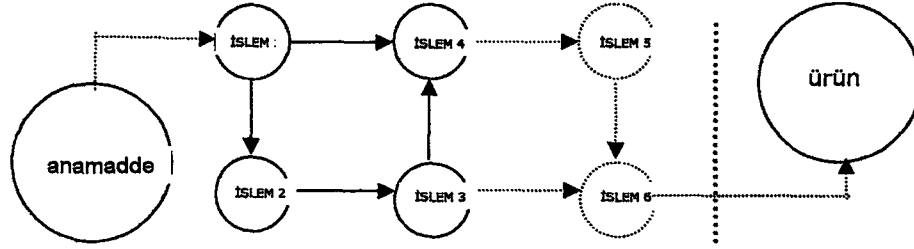
- Çok ürün çok işlem

Şekil 2.2 Malzeme Akışı – Üretim İlişkileri Bakımından Sürekli Üretim Sistemleri.

(Altay, D., 1979)

Sürekli üretim sistemlerinde, üretim işlemlerinin süreklilik taşıması bunların aynı hacmi içinde toplanmasını gerektirir. Bu nedenle, kesintisiz üretim akışının istendiği durumlarda sürekli üretim sistemi tercih edilir. Bu sistemde, tüm üretim işlemlerinin aynı kat düzeyinde ve genellikle zemin kotunda planlanması söz konusudur. Böyle bir üretim sisteminde, üretimin süreklilik göstermesi, üretim işlemlerinin ayrı hacimlerde planlanmasını güçleştirebilir.

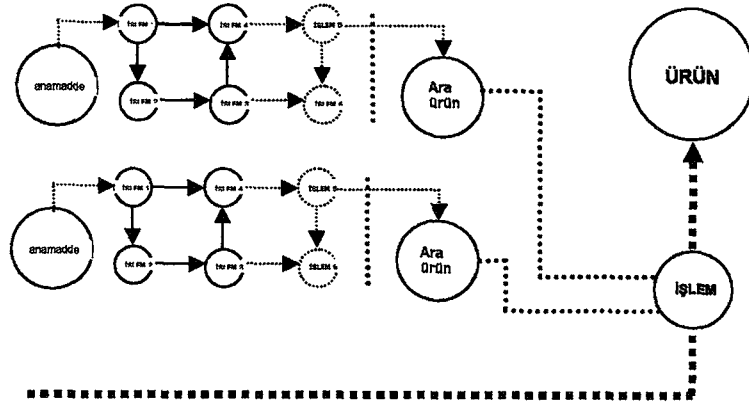
- **Oluşuma göre üretim sistemi** : Oluşum, üretim sürecinde bir parçanın üretilmesi veya bir ürünün montajı gibi belirli bir sonuca götüren üretim eylemlerinin sıralanışı şeklinde tanımlanabilir. Oluşuma göre üretim sisteminde aynı sonuca götüren üretim işlemlerinin bir yerde toplanması söz konusudur. (motor ve makine sanayinde olduğu gibi)



Şekil 2.3 Oluşuma Göre Üretim Sistemi (Altay, D., 1979)

Oluşuma göre üretim sistemlerinde, birbirinden ayrı özellikler içeren üretim işlemlerinin ayrı hacimlerde planlanması olanaklıdır. Bu işlemlerin ardışık sıra izlemesi koşulu olmadığı gibi, oluş süreleri de birbirinden ayrı olabilir. Oluşuma göre üretim sistemi, işlemlerin ayrı planlanmasına izin verdiği için; toz, zararlı gazlar, değişik atıklar ya da gürültülü işlemler söz konusu olduğunda, bunların planlamada üretim alanından ayrılması sağlanabilir.

• **Gruplar ile üretim sistemi** : Gruplar ile üretim sistemi, bir ürünün ortaya çıkabilmesi için birbirinden ayrı üretim süreçlerinin bir araya getirilmesini gerekli kılar. Bu nedenle, gruplar ile üretim sisteminde, ürünün elde edilmesi için birbiri ile ilişkisi fazla bölümler bir araya getirilir. Bu şekilde üretilen bitmiş parçalar daha sonra bir araya getirilerek son ürün elde edilir. (otomobil sanayindeki gibi)



Şekil 2.4 Gruplar ile Üretim Sistemi. (Altay, D., 1979)

2.1.3 Makine Yerleşim Düzeninin Oluşturulması

Sanayi yapılarının tasarlanmasında gerek duyulan planlama verileri, makine yerleşim düzenine bağlı olarak oluşturulan işyeri düzeni ile elde edilir. Makine yerleşim düzeni, üretim sürecinde yer alan her bir oluşum evresinin verimliliğini en üst düzeye çıkaracak şekilde bir arada organizasyonunu amaçlar. Bu nedenle, makine yerleşim düzeninin oluşturulması, malzeme akışının planlanması, makine – insan ilişkilerinin tanımlanması ve dolaşım alanlarının belirlenmesi işlerini kapsar.

Makine yerleşim düzeninin;

- Makine sıralaması,
- Makine aralıkları,
- Makine kullanım alanları,
- Gerekli dolaşım alanları

gibi bilgileri içermesi gerekir.

Sanayi yapılarında, mekanik donanımlardan kaynaklanan gürültülerin denetlenmesi; sanayi çalışanları yönünden önem taşımaktadır. Bu nedenle makine yerleşim düzeni, makinelerin kullanımları için gereksinim duyulan alanlar ile çalışanların ve malzemenin dolaşım alanları yönüyle değerlendirilmesinin yanında gürültü açısından da etüt edilmelidir.

2.2 Yapı Programının Oluşturulması ve Tasarım Aşaması

Sanayi yapılarının mimari programlama süreci, üretim – sosyal – yönetim ile ilgili işlevlerin tanımlanmasının ardından hacimler arasındaki ilişkilerin kurulmasını içerir.

Sanayi yapılarının programı içinde yer alan birimler sanayi yapısının türüne, üretimin özelliğine ve üretim kapasitesine göre değişiklik göstermekle beraber, farklı işlevleri üstlenen bu birimlerin yapı genelindeki dağılımı :

Üretim alanı:

- Tüm üretim süreçlerinin aynı yerde toplandığı kesintisiz bir üretim alanı ve / veya
- Üretim süreçlerinin birbirinden ayrıldığı bağımsız birimler,
- Depolar,
 - Anamadde deposu

- Malzeme depoları,
- Bitmiş ürün deposu
- Destek birimler (jeneratör, kompresör, , klima santrali, transformatör vb.)

Yönetim Alanı:

- Yönetici büroları,
- Toplantı Odası,
- Satış büroları
- Teknik personel odaları (Mühendis, teknisyen odaları),
- Yemekhane, kantin
- WC

Sosyal Alanlar:

- Seminer Salonu
- Yemekhane, kantin,
- Dinlenme Salonu,
- Spor salonu,

Servis Hacimleri:

- Mutfak,
- Soyunma Odaları – Duşlar,
- WC,
- Depolar

Teknik ve Sosyal Altyapı Donatıları:

- Destek birimler (Trafo, jeneratör, soğutma kulesi, klima santrali arıtma tesisi vb)
- Tamir atölyeleri
- Spor alanları,
- Lojmanlar
- Otopark alanı,
- Gelişmeye açık alan

Sanayi yapılarının tasarım sürecinde, arsa üzerinde yerleşim aşamasında genellikle iki farklı yaklaşım söz konusudur :

- Üretim – yönetim – sosyal alanların aynı yapı içinde ve çoğunlukla aynı taşıyıcı sistem içinde tasarlanması,
- Yönetim ve sosyal alanlarla ilgili işlevlerin tümünün ya da bir bölümünün üretimin gerçekleştiği yapıdan ayrı bağımsız yapı veya yapılarda tasarlanması,

• **Bütün işlevlerin aynı yapıda toplanması durumu :** Bu durumda yapının yapım ve işletme giderleri azalır, ancak bu durum beraberinde bazı sakıncalar getirebilir ;

- Üretim hacminde ya da destek ünitelerinde çıkabilecek yangının,
- Gürültü ve titreşimin,
- Gaz - toz- koku gibi hava yoluyla yayılan atık maddelerin,

yönetim birimleri ve sosyal donatı alanlarını içeren tüm birimlere yayılma durumu olabileceği gibi değişik hacim yükseklikleri, değişik yükler ve belli hacimler için gelişme olanaklarının kısıtlanması gibi mimari zorlamalara neden olabilir.

• **İşlevlerin ayrı yapılarda yer alması durumu :** Üretim hacmi, sosyal donatı alanları ve yönetim birimlerinin ayrı yapılarda planlanabilmesine olanak tanıyan bu tip yerleşimde arsanın sağladığı olanaklar iyi değerlendirilmelidir. Bu tip yerleşimde farklı işlevlere yönelik hacimler daha esnek planlanabilir, aynı zamanda gelişme olanaklarının kısıtlanması önlenir. Bu durumda bağımsız yapıların yapım teknikleri ve strüktürel kurguları birbirinden ayrı olabilir. (Altay, D., 1979)

Yapı programının belirlenmesinin ardından planlama aşamasında, yapı içinde yer alan farklı işlevlere hizmet eden hacimlerin boyutları belirlenerek fiziksel büyüklükleri ortaya çıkarılmalıdır. Sonraki aşamada ise yapının arsa üzerindeki konumuyla ilgili temel kararların alınması gerekir. Göz önünde bulundurulması gereken konular;

- Ana üretim alanının (fabrika, atölye) arsa içinde işlevine en uygun şekilde yerleştirilmesi, yön, giriş, çıkış; arsa topoğrafyasını en az değiştirecek yer ve düzenin bulunması,
- Birinci kararla bağlantılı olarak yönetim ve sosyal alanların en kısa iç ulaşımı sağlayacak şekilde yerleştirilmeleri,
- Bütün işlevlerin kendi içinde genişleme olanaklarının sağlanması,

- Yük ve insan ulaşımının en az yol yüzeyi ile gerçekleştirilmesi ve bunun giriş-çıkış kontrolünün sağlanması gibi fonksiyonel problemlerin çözüme ulaştırılması olarak sıralanabilir. (Tekeli, D., Sisa, S., 1977)

Sanayi yapılarının tasarımında, değişik işlevleri üstlenen birimler arasındaki bağlantıların kurulmasından sonra mekansal büyüklüklerin saptanması gerekir. Kütlelerin bir araya getirilerek mimari kurgunun tasarlanması süreci sonraki aşamayı oluşturur. Bu süreçte düşünülmesi gerekenler; yapı strüktürünün kurgulanması, fiziksel ortam koşullarının değerlendirilerek yapı kabuğu ve malzemesinin belirlenmesi gibi konulardır.

Bir sanayi yapısında üretim – yönetim – sosyal alanlar belli tasarım ilkeleri doğrultusunda planlanmalıdır. Bu temel bileşenler içinde, sanayi yapısında ana işlevi üstlenen üretim alanının tasarlanması ayrı önem taşır. Sanayi yapılarında üretim etkinlikleri genellikle zemin kotunda planlanmakla birlikte, iş yeri düzenine bağlı olarak ayrı kat düzeylerine de dağıtılabilir. Yayıldığı alan ve hacimsel büyüklük olarak da yönetim ve sosyal alanlardan ayrılan bu hacmi tasarlarırken, mekansal düzenlemelerde, yapı strüktürünün belirlenmesinde ve döşeme-duvar-çatı gibi yüzeylerde kullanılacak yapı malzemelerinin seçiminde, strüktürel ve fonksiyonel gereklilikler dışında üretim özelliğine ve çalışanların konfor gereksinimlerine göre karar verilmelidir. Bu bağlamda yapılacak olan çalışma, üretim hacmi için belirlenen gerekimler arasında denge kurularak yürütülecek bir optimizasyon çalışmasıdır.

Sanayi yapılarında üretim hacminin fiziksel koşullarının belirlenmesinde ışık, ses, ısı – nem gibi etkenler önem taşır. Bununla birlikte üretim özelliğine bağlı olarak değişiklik gösteren çalışma koşulları, üretim hacminde sağlanması gereken konfor koşullarını farklılaştırır. Sanayi yapılarının planlanmasında, üretim hacminde ısı –nem, ışık, ses ve koku yönünden uygun fizik ortam koşulları sanayi yapısının, mimari tasarım süreci içinde ele alınmalıdır.

Taşıyıcı sistemin kurgulanması sanayi yapılarında önemli bir karar aşamasını oluşturur. İş yeri düzenine bağlı olarak belirlenen aks aralıkları yapı iskeletinin (taşıyıcı sistemin) kurgulanması için gerekli verileri sağlar. Taşıyıcı sistemi tasarlarırken geçilecek açıklık, rüzgar yükü ve deprem gibi faktörler değerlendirilir.

Sanayi yapılarında yapı kabuğunun tasarlanmasında, duvar, döşeme ve çatı gibi elemanların gereşsel özelliklerinin iyi bilinmesi önem taşır. Yapı kabuğunda yer alan malzemelerin, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları ve mekandaki fiziksel konfor koşulları konusundaki belirleyici özellikleri göz önünde tutulmalıdır.

2.3 Organize Sanayi Bölgelerinin Planlanması

Sanayi birimlerinin dağınık ve birbirinden kopuk olması planlama açısından olduğu gibi, sanayi faaliyetlerinin çevrede yaratacağı etkilerin denetlenmesi açısından da olumsuz durumlar ortaya koyar. Sanayi birimlerinin topluca yer aldıkları alanlarda çevrenin olumsuz etkilenmesine karşı daha kolay ve ucuza önlem alınabilir. Bu nedenlerden dolayı, sanayi yapılarının “Sanayi Bölgeleri”nde topluca planlanması yoluna gidilmelidir.

“Sanayi Bölgesi”, üzerinde oluşan sanayi faaliyetlerinin diğer faaliyetlere egemen olduğu arazi parçasıdır. Bu anlamda, tekil sanayi kuruluşlarının bir araya gelmesiyle ortaya çıkan her türlü kompleks oluşum “Sanayi Bölgesi” olarak adlandırılabilir. Sanayi Bölgesi, türlü nedenlerden, tekil sanayi kuruluşlarının belli bir arazi parçası üzerinde kurulmaları sonucunda kendiliğinden meydana gelebileceği gibi, bir imar planı ile bu işe ayrılmış ve hatta altyapısı geliştirilmiş bir arazi parçası olabilir. (organize sanayi bölgesi veya küçük sanayi siteleri gibi)

Bu bağlamda, “Organize Sanayi Bölgesi”, fiziksel yönden yol, su, kanalizasyon, enerji vb. gibi altyapı tesisleri tamamlanarak sanayinin kullanımına sunulmuş bir arazi parçasıdır. Sanayi Bölgesi’nin organizasyonu, arsa üzerinde yer alacak ve tekil sanayi yapılarına hizmet edecek olan teknik ve sosyal altyapı donatılarına bir bütün olarak yer vermeyi gerektirir. Bu amaçla, enerji, su, kanalizasyon, arıtma, ulaşım ile ilgili teknik altyapı donatıları ve spor alanları, rekreasyon alanları, otopark alanları gibi sosyal altyapı donatıları tüm yapılara hizmet edecek bir biçimde ortak planlanır.

Organize Sanayi Bölgesi’nin planlanmasının gerektirdiği özellikler;

- Ekip çalışmasını gerektiren çok yönlü bir uğraş alanı olması,
- Fiziksel planlama bir bütün olarak ele alınmalı ve her aşamasında ekonomik hedefler ile çakıştırılması,
- Fiziksel öğelerin işlevini düzenleyen bir araç olarak değerlendirilmeli ve ekonomik yapının olanak ve gereksinimler ile sınırlandırılması,

- Organizasyon ve standartların uygulanmasında fiziksel planlamanın çok önemli bir rol oynayacağı ve çoğu kere düşünülenin aksine olarak “Organize Sanayi Bölgesi” nin fiziksel açıdan yörenin nitelikli ve estetik değeri olan bir yerleşmesi olabileceği, gibi sıralanabilir..

Organize Sanayi Bölgesi’nin fiziki planlamasında, önceden kararlaştırılmış hedeflere yönelmek gerekir. Bu hedefler;

- Toplumun ortaklaşa kullanabileceği her yerleşmede olduğu gibi, tüm yerleşim elemanlarına yer verecek biçimde bir bütün olarak planlanması,
- Hizmetlerin veya işleyişin tek tek işletmeler tarafından yapılması yerine, yönetim tarafından bir bütün olarak planlanması,
- Fiziksel planlama, bölgenin işletilmesinde uygulanacak standartlarla birlikte ele alınmalı ve standartların eksiksiz uygulanmasını sağlayacak biçimde oluşturulması,
- Organize Sanayi Bölgesi nitelikli bir kuruluş olma ve çalışanlara en iyi koşulları sağlamak durumundadır. Bu nedenle, planlamanın modern, çağdaş, gerek bölgenin gerekse çevrenin fiziksel değerlerini koruyabilecek, ilişkileri sağlıklı kuran, estetik değeri yüksek nitelikleri içermesi,.

olarak sıralanabilir. (Onat, E., 1969)

3. SANAYİ YAPILARINDA GÜRÜLTÜ ETKENİ ve ETKİLERİ

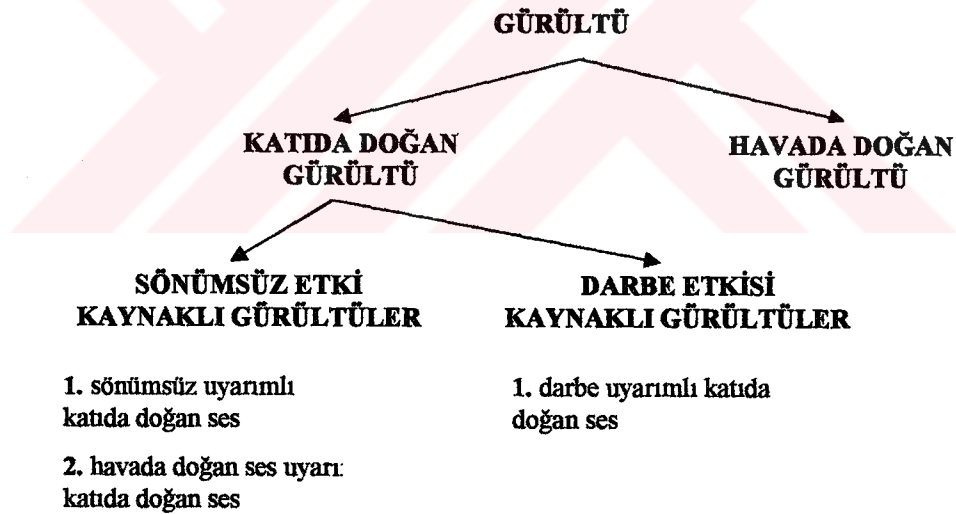
3.1 Gürültü Kaynaklarının Genel Özellikleri

- **Gürültünün doğup yayıldığı ortamlar**

Sanayi yapılarındaki gürültü kaynakları, duvar, tavan ve döşemeye bağlı çeşitli nitelikte mekanik donanımlar ve elektronik sistemlerdir. Bunların oluşturduğu gürültü yapı içinde iki ayrı yoldan yayılır;

- 1- Katıda doğup yayılan gürültüler,
- 2- Havada doğup yayılan gürültüler

Yapı elemanlarına geçen titreşimler, özellikle homojen bir yapı oluşturan betonarme sistem içinde az bir kayıpla yol alıp, duvar – döşeme gibi geniş yüzeyli yapı elemanlarını kaynak haline dönüştürerek gürültüye neden olur. Bu titreşimler kesintisiz yapı strüktürü boyunca kolayca ilerleyerek yapıdaki bitişik veya bitişik olmayan tüm hacimleri etkileyebilir. Bu nedenle sanayi yapılarında mekanik donanımların titreşimlerinin yapı elemanlarına geçmesinin önlenmesi büyük önem taşır.

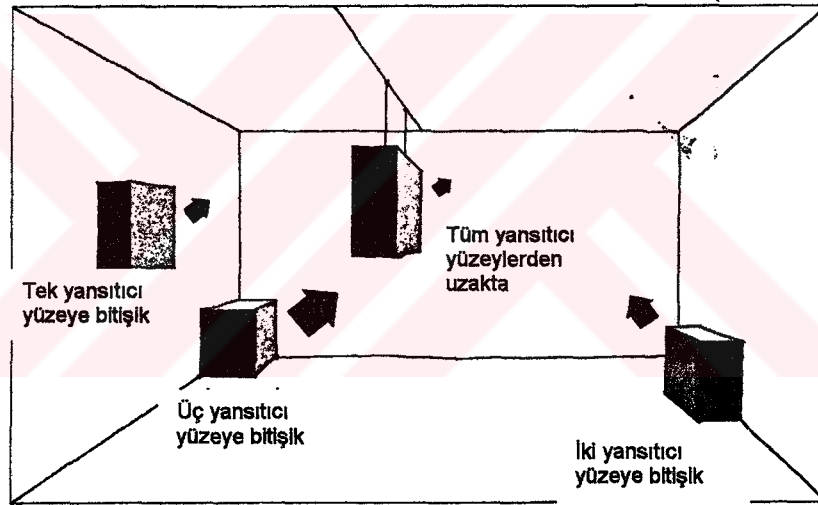


Şekil 3.1 Doğup yayıldığı ortama göre gürültünün sınıflandırılması.

Darbe gürültüsünün geçişiyle ilgili olarak döşemenin kesit ve gereçsel niteliği, döşemeye düşen ya da etkileyen nesnenin kuvvet etkisini (pulse) etkileyeceği için önemlidir. Esnek yüzey katmanlı döşemedeki darbe yalnız alçak frekanslı ses üretilirken, sert yüzey katmanlı döşemedeki darbe, yüksek frekanslarda geniş frekans aralığında bir tayf verir. (Erdoğan, S., 2000)

Perçinleme makinesi, baskı makinesi, giyotin vb. makineler, demirin-çeliğin dövülmesi işlemleri darbe etkisi kaynaklı katıda doğan gürültülerdir. Sönümsüz etki kaynaklı gürültüler ise, darbe gürültüsünde olduğu gibi ani olarak ortaya çıkıp hemen sönümlenmezler. Bunlar doğrudan mekanik donanımların yapı elemanlarını titreşime sokmasıyla ya da havadaki titreşimlerin yapı elemanlarına geçmesi sonucu ortaya çıkarlar. Otomatik dokuma tezgahları, öğütücüler, karıştırıcılar, motorlar sönümsüz etki kaynaklı gürültülerdir.

Sanayi üretiminde kullanılan makinelerin önemli bir bölümü için gürültülerin hem hava ortamında hem de katı ortamda denetlenmesi önem taşır. Mekanik donanımlardan kaynaklanan ve havada doğup yayılan gürültü ve titreşimler, devamlı olarak makine başında bulunması gereken operatörü birinci dereceden etkiler. Ancak, hava içinde yol alan ses erkesi, aynı hacimde bulunan diğer çalışanları da büyük oranda etkiler.



Şekil 3.2 Gürültü kaynağının hacim içinde konumlandırılmasında farklı seçenekler. (Ingemasson, 1996)

- **Gürültü kaynağının konumu**

Gürültü kaynağı yansıtıcı yüzeylere yakın yerleştirilmesi, ortama yaydığı gürültüde artışa neden olur. Kaynağın bir yansıtıcı yüzey önünde bulunması, iki ya da üç yüzeyin birleşim noktasında bulunması birbirinden ayrı durumlar ortaya koyar. Yansıtıcı bir döşeme üzerinde konumlandırılan bir gürültü kaynağından yayılan ses, yansıtıcı yüzeylerden uzak hacim ortasında asılı bulunduğu duruma göre yansıyan ses enerjisinin katkısıyla 3 dB'lik bir düzey artışı gösterir. Aynı kaynak iki yüzeyin birleşim noktasında konumlandırıldığında bu artış

6dB, üç yüzeyin birleşim noktasında konumlandırıldığında 9 dB olur. Bu açıdan bakıldığında gürültü yayan bir ekipmanın yerleştirilebileceği en kötü yer üç yüzeyin birleşme noktası olan köşeler, en iyi yer ise yüzeylerden uzakta hacmin ortasında asılı olduğu durumdur. (Sound Research Laboratories, 1991)

• Gürültü Kaynağının Doğrultululuk Özelliği

Doğrultululuk özelliği bir ses kaynağının yapısıyla ilgili olarak kaynağın çevresindeki eş ses basınç düzeyi alanlarını anlatmaktadır. Kaynaktan sabit uzaklıkta ama değişik doğrultularda ölçülen ses basınç düzeyleri kaynağın doğrultululuk özelliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu ayrımlar yüksek frekanslarda belirgin bir biçimde ortaya çıkarken, alçak frekanslar için hemen hemen yok gibidir. Bir kaynağın doğrultululuk özelliğinin belirlenmesinde doğrultuluk modelleri kullanılır. Doğrultululuk modelleri, kaynak çevresindeki eş ses basıncı eğrilerinin çizilmesiyle elde edilen grafiksel gösterimlerdir. Bir kaynağın doğrultululuk özelliğinin ortaya çıkarılması için genelde, yatay ve düşeydeki doğrultululuk modellerinin belirlenmesi yeterli olmaktadır. (Karabiber, Z.,1988)

• Nokta – Çizgi Kaynaklar

Gürültünün, kaynağını merkez kabul eden küresel dalgalar şeklinde yayılması durumunda nokta kaynaktan söz edilebilir. Alıcının bulunduğu konuma göre kaynağın büyüklüğü onun nokta kaynak olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceği konusunda belirleyicidir. Çizgi kaynakların ise nokta kaynakların yan yana dizilmesiyle oluştuğu kabul edilebilir. Bu durumda yayılan dalganın karakteri bu nokta dizisini eksen kabul eden silindirler şeklindedir. Örnek vermek gerekirse, tek bir öğütme makinesi nokta kaynak olarak kabul edilebilirken, otomotiv sanayinde araba montaj bandı çizgi kaynak olarak gösterilebilir.

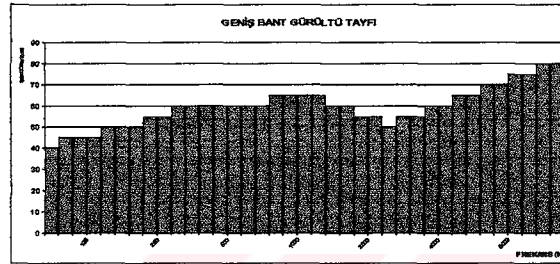
• Gürültü Kaynaklarının Genel Özellikleri

Gürültüler, genelde frekans ve yeğinlik dağılımları gelişigüzel olan, az ya da çok sayıda frekansın bileşiminden oluşur. Ses enerjisinin frekans tayfindaki dağılım durumuna göre gürültüler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

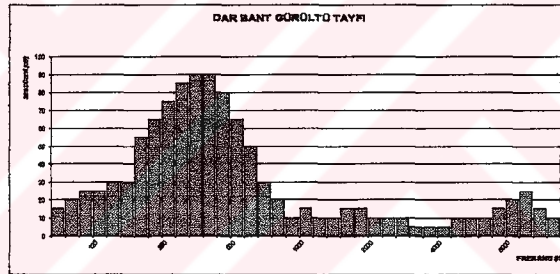
Geniş Bant Gürültüler : Ses enerjisinin tüm frekanslara dağıldığı gürültülerdir. Gürültü kaynaklarının genelinde görülen bir durumdur.

Dar Bant Gürültüler : Ses enerjisinin belli bir frekans bölgesinde yoğunlaştığı gürültülerdir. Bu bölgenin yüksek frekanslarda olması insan kulağının yüksek frekanslara daha duyarlı olması nedeniyle daha çok zarar vericidir.

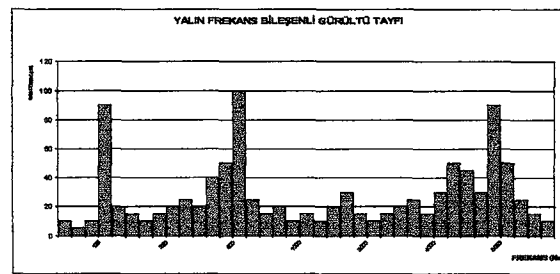
Yalın Frekans Bileşenleri Bulunduran Gürültüler : Ses enerjisinin belli frekans ya da frekanslarda toplanması sonucu frekans tayfi içinde belli noktalarda zirve karakteri gösteren dar ya da geniş bant özelliği gösterebilen gürültülerdir. Enerjinin belli frekanslarda toplanmış olması işitsel yönden özellikle risk oluşturur.



Geniş Bant Gürültü Tayfi



Dar Bant Gürültü Tayfi



Yalın Frekans Bileşenli Gürültü Tayfi

Şekil 3.3 Birbirinden ayrı özellik gösteren gürültü tayfi modelleri. (İlgürel, N., 2003)

Gürültüler, zaman içindeki değişimlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

Durağan Gürültü : Gözlem süresinde, gözardı edilebilir düzey değişimleri olan gürültüdür.

Durağan Olmayan Gürültü : Gözlem süresinde, düzeyi belirgin biçimde değişen gürültüdür.

Değişken Gürültü : Gözlem süresince, düzeyi sürekli ve önemli ölçüde değişken olan gürültüdür.

Aralıklı Gürültü : Gözlem süresince, düzeyi defalarca, aniden fon gürültüsünün altına düşen gürültüdür.

İmpulsif Gürültü : Süreleri 1 saniyeden kısa olan, bir ya da daha çok sayıda ses enerjisi patlamalarından oluşan gürültüdür.

Yarı-durağan, İmpulsif Gürültü : Bağımsız patlamalar arasındaki, zaman aralıkları, 0,2saniyeden az olan karşılaştırılabilir genlikteki, gürültü patlamaları dizisidir.

İzole Ses Enerjisi Patlamaları : Patlama Dalgasının genlik zarfı, sabit ya da hemen hemen sabit genlikte, ya da süresiz azalmalı olabilir. (Karabiber, Z., 1992)

3.2 Sanayi yapılarında gürültü kaynakları

Sanayi yapılarında karşılaşılan ve çalışanları olumsuz yönde etkileyen gürültüler, makineler ve mekanik sistemlerle gerçekleştirilen üretim eylemleri sırasında atık olarak ortaya çıkmaktadır. Değişik alanlarda üretim yapan birçok sanayi kolu arasında gürültü düzeyleri kabul edilebilir sınırlar içinde kalanlar olmakla birlikte sanayi kuruluşlarının bir çoğunda üretim kaynaklı gürültüler sınır değerlerin üzerinde yer alır. Bu gürültüler, üretimin özelliğine bağlı olarak değiştiği gibi üretimin değişik aşamalarında farklı düzey ve nitelikte olabilir.

Üretimde kullanılan değişik makine ve mekanik sistemlerin, bulundukları hacimde çalışan kişileri etkilemesinin yanında değişik yollarla diğer hacimlere geçerek burada çalışan kişileri etkilemesi de söz konusudur. Bu etkilemede, gürültülü hacim içinde bulunan kişiler için, makinelerin tipleri, yerleşim düzeni, tespit biçimleri, gürültü kaynaklarının uzaklıkları, hücre içinde bulunmaları, engel arkasında yer almaları, hacim özellikleri gibi etkenler rol oynarken, gürültülü hacim dışında bulunanlar için daha çok mimari yerleşim düzeni ve gürültünün yayılma ortamındaki yapı elemanlarının özellikleri önem kazanır.

Makinelerden yayılan gürültünün kapalı alanda oluşturduğu dolaysız ve yansımış ses alanları hacimde bulunan çalışanları farklı biçimde etkiler. Bu etkilemede, gürültünün düzeyi, tayfsal yapısı, düzey ve nitelikteki değişimleri, sürekli ya da anlık (impulsif) olması, etkilenme süresi gibi etkenlerin dışında üretim hacminin özellikleri de rol oynar. Makinelerle doğrudan ilişkili kişiler dışında alıcı durumundaki diğer kişiler için, etkisi altında kalınan gürültünün düzeyi ve

niteliği, gürültü kaynağından ne kadar uzakta bulunduklarına ve kaynakla aralarındaki ortam özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir.

Sanayi yapılarında çalışanları etkileyen gürültüler arasında ilk sırayı genellikle üretim eylemleri sırasında makine ve mekanik donanımlardan kaynaklanan gürültüler almakla beraber; değişik amaçlara hizmet eden elektronik sistemler, çeşitli donatı ve döşem, malzeme ulaşımını sağlayan araçlar(vinç, forklift, yük asansörü vb. taşıyıcı araçlar) ve kişilerin neden olduğu gürültüler ikinci sırada yer alır.

3.2.1 Üretimde yer alan makine ve mekanik donanımlar

Sanayi yapılarında üretim sırasında ortaya çıkan gürültüler şu etkiler sonucunda oluşur :

- **Darbe etkisi:** Bir nesnenin bir nesneye çarpmasıyla ortaya çıkan, darbe etkisinin neden olduğu titreşimler sanayi gürültüleri içinde yaygın olarak karşımıza çıkan darbe gürültüsünü oluşturur. Darbe gürültüsü sadece vurma etkisiyle değil, dişli çarkların dişlerinin birbiriyle etkileşimi sırasında da ortaya çıkabilir. Birbirine vuran yüzeylere sönümleyici gereçler uygulanması durumunda ortaya çıkan enerjinin azalmasıyla birlikte ses alçak frekanslara kayarak daha az problem oluşturur.
- **Periyodik hareketler :** Bir makine parçasının periyodik hareketi ya da titreşimi alt duyma eşiğinin üzerinde olursa, bu parça gürültü kaynağı durumuna gelir. Bu tür titreşimlerin en bilinen örneklerinden biri hızla dönen dengesiz makine parçaları ya da dengesiz pistonlu sistemlerdir. Bu yolla yayılan ses çoğunlukla alçak frekanslıdır.
- **Sürtünme etkisi:** Birbiriyle ortak yüzeyi bulunan kayıcı yüzeylerdeki gerilmeler sürtünme kuvvetini oluşturur. Öğütme ve kumlama gibi işlemler sırasında sürtünme yoluyla oluşan gürültü, diğer sanayi işlemlerindeki kadar büyük değildir. Sürtünme, torna tezgahlarının kenarında, diğer makine parçalarında, frenlerde, kötü yağlanmış mil yataklarında, taşıyıcılarda görülür. Gürültünün tayfi genellikle rahatsız edici yüksek frekanslı bileşenler içerir.
- **Hidrolik kuvvetler :** Pompa ve benzeri ekipmanlar tarafından hareket ettirilen akışkanların iletim boruları içinde yol alırken boru duvarlarına etki etmeleri ya da hızla hareket eden akışkanda ortaya çıkan ani basınç değişimleri gürültüye neden olur. Akışkanların etkisiyle ortaya çıkan gürültülerin düzeyi, bunların iletim boruları içindeki hızlarına bağlı olarak hızla artmaktadır. Hidrolik etkilerden kaynaklanan gürültü, motor, pompa, valf ve sistemdeki diğer

bileşenlerin tasarımı ile bağlantılıdır. Keskin dönüşler, kelebek vanalar ve kanal içindeki diğer düzensizlikler özellikle gürültüye neden olmaktadır.

• **Aerodinamik kuvvetler:** Fan, üfleyici, kompresör gibi ekipmanlar tarafından harekete geçirilen veya basınç altında sıkıştırılan hava veya gazların neden olduğu gürültülerdir. Aerodinamik kuvvetlerden kaynaklanan gürültüler ikiye ayrılmaktadır:

1- Dolaysız aerodinamik etkilerden kaynaklanan gürültü: Hava akışının neden olduğu türbülansın sonucu ortaya çıkan gürültüdür.

2- Dolaylı aerodinamik etkilerden kaynaklanan gürültü: Hava akışı ve katı yüzeylerin etkileşimleri sonucu ortaya çıkan gürültüdür. (Cheremisinoff, P., N., ..., Erdoğan, S., 2000)

• Elektrik motorlarından kaynaklanan gürültüler

Elektrik motorlarındaki gürültü kaynakları, ana hatlarıyla havalandırma, mekanik ve manyetik kaynaklar olmak üzere üç başlık altında sınıflandırılabilir. Havalandırmadan kaynaklanan gürültü, genellikle geniş bant karakterlidir ama motor, fan pervanesi gibi elemanlardan kaynaklanan gürültünün tek frekanslı birleşenleri vardır. Mekanik kaynaklardan çıkan gürültü, motorun yataklanmasıyla ilgilidir. Milin parçaları bir şekilde deforme olursa veya yataklardaki aşırı boşluklar aksiyal harekete izin verirse bu gürültü fark edilir hale gelebilir. Genellikle, mekanik gürültü, rotor-şaft bütünüünün mekanik dengesizliğiyle alakalıdır. Manyetik etkilerden çıkan gürültü genellikle, büyük çoğunlukta stator ve rotorun arasındaki hava boşluğunda oluşan periyodik kuvvetlerden kaynaklanır. Düşük devirli doğru akım motorları için gürültü kaynakları, önem sırasına göre; manyetizma, eksantrisite, fırça sürtünmesi ve motor soğutma havalandırmasıdır. Yüksek devirli motorlarda gürültü kaynakları önem sırasına göre; motor soğutma havalandırması, fırça sürtünmesi, eksantrisite ve manyetizmadır. Motor gürültüsünü azaltmaya yönelik ortak metotlar giriş susturucuların kullanılmasını ve motorun çevresine engeller ve çevreleme yerleştirilmesini kapsar. (S. Erdoğan, 2000)

• Dizel motor gürültüsü

Dizel motorlar, karayolu taşıtlarında kullanıldığı gibi fabrika ortamı içinde de jeneratörlerde, pompa ve kompresör sistemlerinde sıklıkla kullanılır. Bir dizel motorun ürettiği toplam gürültüyü ortaya çıkaran gürültü kaynakları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

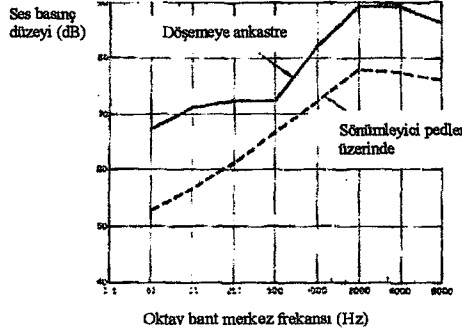
1. Motor gövdesinin ve buna bağlı yapıların titreşimleri,
2. Hava emilimi,

3. Eksoz çıkışı,
4. Soğutma fanları,
5. Pompa, jeneratör gibi yardımcı ekipmanlar

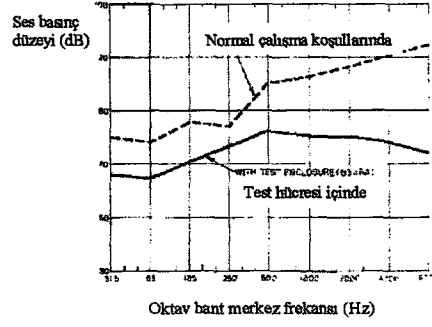
Sanayi üretimleri sırasında ortaya çıkan gürültüler, ses düzeyleri, frekans tayfindaki dağılımları ve zaman içindeki değişkenlikleri yönüyle çok çeşitlidir. Bazı üretim alanlarında ortaya çıkan gürültü 100 dB'in üzerine çıkabilir. Sanayi gürültülerinin frekans tayfindaki dağılımları birbirinden çok farklı olabilir; ses enerjisi kimi durumlarda belli frekans aralıklarında yoğunlaşırken kimi durumlarda da yüksek enerjili saf tonlar içerebilir. Zaman içindeki değişimi yönüyle ise; düzey ve frekans fonksiyonunda değişiklik gösterebilir, düzenli - düzensiz aralıklarla ortaya çıkan impulsif karakterli olabilir ya da periyodik karakterli olabilir. Çizelge 3.1'de ve Şekil 3.4'de sanayide yer alan bazı tipik gürültü kaynaklarının değişik frekanslardaki gürültü düzeyleri ve tayf özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 Sanayide yer alan tipik gürültü kaynaklarının ses düzeyleri (Moore, J.,E., 1978)

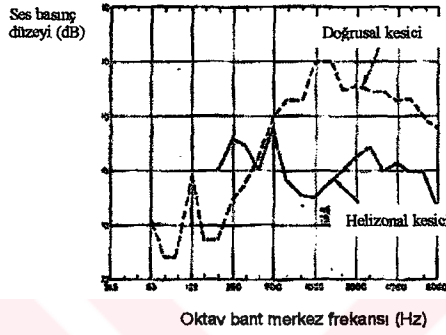
Gürültü kaynağı Gürültü düzeyleri (dB)	Oktav bant merkez frekansları (Hz)						Toplam düzey
	125	250	500	1000	2000	4000	
Dizel jeneratör (1700hp) (yansıtmış ses alanı)	82	88	82	83	79	75	92
Metal bıçkı, elektrikli testere (yansıtmış ses alanı)	75	84	86	93	105	106	109
Susturucusuz pnömatik delgi (3m uzaklık)	94	93	89	91	92	88	99
Büyük çelik plakaları perçinleme (3m uzaklık)	94	101	103	107	106	110	114
Dokuma (yansıtmış ses alanı)	92	95	95	96	98	97	104
Ahşap rende (yansıtmış ses alanı)	88	94	101	102	102	95	107
Ahşap bıçkı, silindirik bıçkı	71	72	78	78	86	88	91



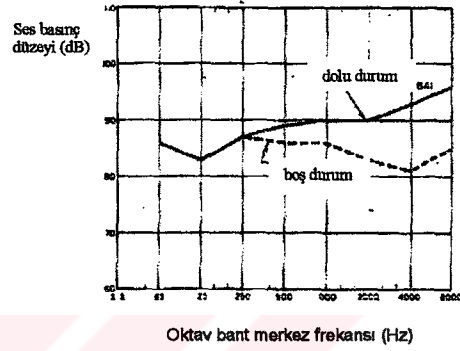
(1) Tekstil örme makinesi



(2) Perçin makinesi



(3) Ahşap rende



(4) Keski Makinesi

Şekil 3.4 Sanayide yer alan bazı makinelerin gürültü düzeyleri ve tayf özellikleri.
(Foreman, J.,E.,K., 1990)

3.2.2 Destek Hizmeti Veren Makine ve Mekanik Donanımlar

Bir sanayi tesisinde doğrudan üretim işlemleri içinde yer almayan, ancak üretimin gerçekleştirilmesine dolaylı yollardan katkıda bulunan yardımcı mekanik – elektrik donanımlar şeklinde tanımlanabilir. Bir sanayi yapısında yer alan transformatör, jeneratör, kompresör, havalandırma ve hava koşullaması sistemleri, soğutma kuleleri gibi yardımcı donanımlar destek birimlerini oluşturur. Destek birimleri genellikle ana üretim hacmi dışında ayrı hacimlerde planlanabilir.

- **Transformatör:** Transformatörler, elektrik akımının yarattığı manyetik kuvvetlerin etkisinde demir çekirdeklerinin titreşime girmesi sonucu vızıltı şeklinde gürültü üretir. Transformatörlerden çıkan vızıltı sesi bir temel frekans ile bunun uyumlularından oluşan devrinsel bir dalga yapısına sahiptir. Yüksek güçlü transformatörlerde bulunan havalandırma fanları ve pompalar ayrıca gürültü kaynakları durumundadır. Sanayi bölgelerinde kullanılan güçlü transformatörler genelde trafolar içine yerleştirilir.

• **Jeneratör:** Sanayide üretim sırasında gereksinim duyulan elektrik enerjisi bazı durumlarda jeneratörler tarafından karşılanabilir. Jeneratörler, hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek yoluyla elektrik üretilmesinde kullanılan elektrik üreteçleridir. Gereksinim duyulan hareket enerjisi genellikle bir sıvı yakıtın yanmasıyla ortaya çıkan hareketin elektrik enerjisine dönüştürülmesinden elde edilir. Bu sistemde hareket enerjisini sağlayan genellikle dizel motor, hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ise elektrik motoruna benzer yapıda olan jeneratördür. Jeneratör sistemi bir dizel motor ve buna bağlı bir elektrik üreticiden kurulu olduğu zaman ortaya çıkan gürültü de düzey ve nitelik olarak nicelik olarak dizel motor gürültüsü ile elektrik motoru gürültüsünün birlikteliği ile ortaya çıkar.

• **Kompresör :** Sanayide birçok³ alanda gereksinim duyulan basınçlı havanın veya basınçlı gazların üretilmesinde kompresörler kullanılır. Kompresörler, dönme ya da yer değiştirme hareketiyle havanın dar bir hacme itilerek sıkıştırılmasını ve basınçlı duruma gelmesini sağlar. Basınç kazandırılmış hava veya gaz iletim boruları aracılığıyla kullanılması düşünülen yere iletilir. Kompresörlerden kaynaklanan gürültüler giriş ağzı gürültüsü, vanalar, çıkış ağzı gürültüsü, motor gürültüsü ve motor soğutma fanından kaynaklanan gürültülerdir.

• **Pompa:** Pompalarda hidrolik ve mekanik olmak üzere iki ayrı gürültü kaynağı vardır. Hidrolik gürültünün kaynağını kavitezyon ve basınç dalgalanmaları oluşturur. Mekanik gürültünün kaynağı ise dişliler, dengesizlik, mekanik paçalarda oluşan rezonans ve benzerleridir. Pompalardan kaynaklanan gürültü akışkan ve gövdenin bağlandığı yapı elemanının titreşimiyle yayılır. Pompalar, genellikle 3000Hz'in üzerinde yoğunlaşan geniş bantlı gürültüyle beraber temel frekansı pompalama frekansına bağlı olan gürültü yayar.

• **Havalandırma ve Hava Koşullaması Sistemleri :** Havalandırma ve hava koşullaması sistemlerindeki gürültü ve titreşim kaynakları aşağıdaki gibi gruplanabilir;

- Büyük merkezi sistemlerin motorları, kompresörleri, pompaları, vantilatörleri ve benzerleri nedeniyle oluşan gürültüler. Bu gürültüler hava ile birlikte kanallardan geçerek hacimlere iletilirken, aynı zamanda yapı taşıyıcı sistemine geçerek, hizmet etmediği bölümleri bile kötü etkiler,
- Kanallardaki yüksek hava akış hızı, sert dönen kanal köşelerindeki hava akışı, basınç düzenleyici sistemlerden ve ızgaralardan çıkan sesler,

- Hacimlere açılan üfleme ve emme ağızlarından kanal aracılığı ile seslerin bir hacimden başka bir hacme geçmesi,
- Dışardan kanala giren seslerin yine kanal yolu ile yapı içine aktarılması,

Havalandırma ve hava koşullaması sistemlerinin gürültü denetiminde özellikle üç bölüm üzerine dikkati çekmek gerekir.

- Merkezi mekanik aygıtlar,
- Üfleme ve emme (dönüş havası) kanalları,
- Üfleme ve emme ağızları,

Sistemde önemli gürültü kaynağını vantilatör (fan) dan çıkan ses oluşturur. Vantilatörler başlıca iki tiptir.

- Merkezi akışlı – Pervaneli,
- Merkezkaç sistemli (santüfijli)

Gürültü çıkartan ana aygıtların gürültüsünün azaltılmasında önemli nokta, bunların özellikle gürültüden korunması gereken hacimlerden ve döşemelerden uzak tutmaktır. Eğer olabiliyorsa ayrı bir yapıda ya da bodrumda ayrı bir döşeme üzerinde olması iyi bir çözümdür. Vantilatörler yalıtımlı bir biçimde asılırsa titreşimler önlenabilir. Bu durumda döşemeye temas ettiği zaman asılmasının anlamı kalmaz.

Eğer merkezi aygıtları ayrı bir yapıya koyma olanağı yoksa, gürültü ve titreşimlerin havadan ve katı cisimlerden yapının bünyesine ve bitişik hacimlere geçmesini olabildiğince azaltmak için gerekli önlemler alınmalıdır. Bunun için;

- Özel kanal kesitleri, kanal içindeki hava hızını düşürme gibi önlemler almak, emme ve üfleme ağızlarında özel detaylar (ızgara palet vb.) uygulamak,
- Üfleme ve emme ağızlarının hacimde iyi dağılmasını sağlamak,
- Hacimde yutucu yüzeyler yaparak üflenilen havanın gürültüsünü yutmak,

gibi önlemler düşünülmelidir. (Şerefhanoglu M., 1984)

3.2.3 Sanayi Yapılarında Karşılaşılan Diğer Gürültü Kaynakları

Sanayi yapılarında karşılaşılan diğer gürültü kaynakları arasında donatı ve döşemden kaynaklanan gürültüler, çeşitli taşıyıcı araçlar ve çalışanların eylemleri bulunur.

Sanayi yapılarında donatı ve döşemden kaynaklanan gürültüler genellikle akışkan iletim hatları ve havalandırma kanalları aracılığı ile yayılan gürültülerdir. Donatı ve döşemden kaynaklanan gürültülerin denetlenmesinde, akışkan iletim hatlarında ve havalandırma kanallarında ortaya çıkan gürültülerin azaltılması ve bunların yapı elemanlarından yalıtılması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Sanayide kullanılan taşıyıcı araçlar yük asansörleri, yürüyen bantlar, değişik boyut ve biçimde vinçler veya forklift gibi hareketli yer araçları olabilir. Bunların çıkardığı gürültüler çalışma özelliklerine ve yükleme durumlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bunlardan kaynaklanan gürültülerin denetlenmesinde makine üzerinde teknik önlemler alınması ve gerekli durumlarda taşıyıcı sistemden yalıtılmaları önem taşır.

Çalışanların neden olduğu gürültüler, aralarında konuşup şakalaşmaları, birbirlerine bağırmaları, müzik dinlemeleri, eşya düşürmeleri, malzemeleri taşıırken dikkatsiz davranmaları vb nedenlerden kaynaklanabilir. Bazı durumlarda özellikle küçük atölyelerde çalışanların, ortamdaki rahatsız edici gürültüyü maskeleyerek veya çalışma temposunu artırıp hoşça vakit geçirebilmek amacıyla müziği çok yüksek düzeylerde dinledikleri görülmektedir.

3.3 Sanayi yapılarında titreşim sorunu

Sanayi yapılarında gürültü ve titreşim problemleri sıklıkla birbiriyle yakından ilgili olarak ortaya çıkar. Üretimden kaynaklanan gürültüler, ağırlıklı olarak mekanik titreşimlerin kontrol altına alınamamasından kaynaklandığı için titreşim yalıtımı en az havada doğup yayılan seslerin denetimi kadar önem taşır. Bu nedenle sanayi yapılarında gürültü sorununa yaklaşımda öncelikle önemli olan, ses ve titreşimlerin doğup yayıldıkları ortamın belirlenmesi ve gerekli önlemlerin buna göre alınmasıdır.

Zorlayıcı kuvvetlerin etkisi altındaki mekanik sistemleri uyaran kuvvetler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Bir nesnenin başka bir nesneye çarpmasıyla ortaya çıkan, darbe etkisinin yarattığı titreşimler,
- Döner ya da pistonlu düzeneklerdeki dengesizlik,
- Makinenin birbiriyle temas eden kayıcı parçalarının geometrik kayma ayarlamalarının ve kayıcı hızlarının kombinasyonundaki düzensizliklerden ve yağlamadan kaynaklanan değişken sürtünme kuvvetleri,
- Kompresör, pompa, fan veya üfleyici gibi akışkanı hareket ettiren çeşitli ekipman bileşenlerinde ortaya çıkan, yer değiştiren akışkan kuvvetleri,
- Elektrik motoru ve transformatörlerde görülen manyetik alandaki dalgalanmadan kaynaklanan kararsız manyetik kuvvetler,
- Bilyalı yataklar, rulmanlar veya dişli çarkların dişlerinin birbirine geçmesi durumunda oluşan, yeri değişen mekanik içsel kuvvetler. (Harris, 1979)

Titreşimin etkilerinin nesneler üzerindeki olumsuz sonuçları aşağıdaki gibi gruplandırılabilir;

- İnsanlar üzerindeki etkileri,
- Yapılar üzerindeki etkileri,
- Makineler üzerindeki etkileri

Titreşimlerin insan üzerindeki olumsuz etkileri; yoğun etkilenme durumunda genel olarak yorulma, dikkat zayıflaması, sakatlık, nervovasküler bozukluklar, kemik ve eklem yerlerinde hasar, kaslarda ağrı ve uyuşukluk ortaya çıkabilir. (Harris, 1979) Ancak, yapılarda etkisi altında kalınan mekanik titreşimler, insanı fizyolojik olarak etkilemekten çok, sese dönüşüp gürültüye yol açarak olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Gürültünün insan üzerindeki olumsuz etkilerine üçüncü bölümde yer verilmiştir.

Sanayide kullanılan çekiç, kompresör gibi birçok makine üzerinde yapılan gözlemler, yapıların duyarlı olduğu titreşimlerin genelde 5-50 Hz arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Yapılarda makinelerin oluşturduğu titreşimler kuramsal olarak, frekansları titreşim kaynağının oturduğu yapının doğal frekansına yakın veya eşit olduğunda, yapı ile rezonansa girerek, yeterli enerjiye sahipse yapıya ciddi zarar verebilir. Ancak, sanayi yapıları içinde bulunan makinelerin titreşimleri, yapı içinde dağıldıkça yapının değişik elemanların birleşiminden meydana gelmiş olmasından dolayı değişiklik gösterir ve rezonans olayı ortadan kalkar. Bundan dolayı sanayi yapılarında titreşim üreten kaynakların taşıyıcı sistem

ile birlikteliğini, yapı içindeki insanları ve titreşime karşı hassas aygıtları etkilemeyecek şekilde düzenlemek yeterlidir.

3.4 Gürültünün Çalışanlar Üzerindeki Etkileri

Sanayi yapılarında üretim sırasında ortaya çıkan gürültülerin denetlenmesi, çalışanların fizyolojik ve psikolojik gereksinmelerini karşılamamanın yanında iş verimini arttırmak yönünden de önem taşır. Gürültü, nesnel ve öznel yaklaşımlarla açıklanabilir bir olgudur. Nesnel açıdan gürültü; fiziksel olarak düzensiz, birbiri ile uyumlu frekans bileşenleri olmayan, karmaşık ses topluluğu olarak tanımlanabilir. Öznel açıdan ise gürültü; istenmeyen, hoş gitmeyen ses biçiminde tanımlanabilen bağıl bir olgudur.

Yaşadığımız ortamlarda gürültü, rahatsız edici, ve bazı koşullarda zarar verici bir etken olarak karşımıza çıkabilir. Üretim kaynaklı gürültüleri içinde barındıran sanayi yapıları, insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen gürültülü yerlerin başında gelir. Bu konuda, kişilerin gün boyu gürültü etkisi altında çalışmalarının yanı sıra gürültü düzeylerinin yüksek oluşu ve gürültünün niteliği de önem taşır. Gürültünün, dolaylı ve dolaysız, geçici ve kalıcı olmak üzere insan üzerinde, kanıtlanmış değişik olumsuz etkileri bulunur.

İnsanın gürültüden etkilenmesi fizyolojik ve psikolojik etkilenmeler olarak iki ayrı grupta incelenebilir.

3.4.1 Fizyolojik Etkilenmeler

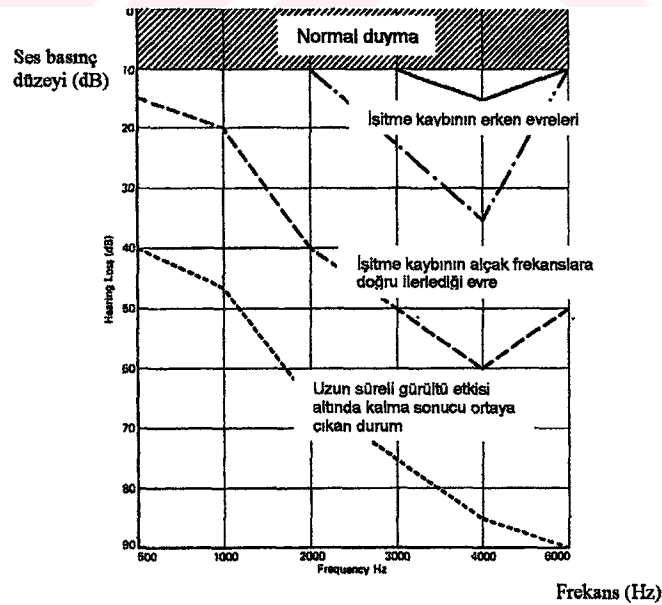
Gürültünün insan üzerindeki fizyolojik etkileri, gürültünün düzeyine, gürültü niteliğine ve gürültüden etkilenme süresine bağlı olarak kısa süreli ya da uzun süreli fizyolojik etkilenmeler olarak karşımıza çıkar.

Gürültünün kısa süreli fizyolojik etkileri, gürültü etkisi altına giren insanda ilk andan başlayarak gözlemlenen ve gürültülü ortamdan ayrıldıktan bir süre sonra kaybolan bir dizi değişimi içerir. Bunlar soluk alıp vermede görülen değişiklikler, kalp atışının hızlanması, kan basıncının artması, mide salgısının artması, istemli kaslarda görülen refleksler, göz bebeğinde büyüme, cilt direncinde oluşan değişimler, renk algılamadaki değişiklikler ve geçici işitme eşiği değişimleri olarak sıralanabilir.

Gürültünün fizyolojik açıdan işitme organı dışındaki uzun süreli etkileri, strese bağlı olarak gelişen ve insanın sinir sistemi ile hormonal denge yoluyla savunma yapması durumunda ortaya çıkan başta kalp ve dolaşım sistemi ile ilgili hastalıklar olmak üzere uyku bozuklukları, iştahsızlık, baş dönmesi gibi belirtileri veren rahatsızlıklardır. Bunun dışında strese bağlı olarak gelişen gastrit, ülser, astım, migren gibi hastalıkların ortaya çıkmasında da gürültü bir stres faktörü olarak sorumlu tutulabilir.

• **Gürültünün işitme organı üzerindeki etkileri :** Gürültünün insan üzerindeki etkileri arasında en yaygın olarak bilineni fizyolojik tepkinin açık olması nedeniyle işitme organı üzerindeki etkileridir. Gürültünün işitme organı üzerinde yol açtığı olumsuz etkiler, gürültünün düzeyi, etki süresi, frekansı, tayfsal yapısı başta olmak üzere, pek çok etkenin etkileşimleri sonucunda, değişik derecelerde işitme kayıpları olarak ortaya çıkar. Gürültünün işitme üzerindeki etkileri, Geçici İşitme Eşiği Değişimi, Kalıcı İşitme Eşiği Değişimi ve Akustik Travma, olarak üç grupta incelenebilir.

• **Geçici işitme eşiği değişimi :** Kısa bir süre için yüksek düzeyli gürültü etkisi altında kalan kişilerde görülen, işitsel duyarlılığın geçici bir süre için azalması olayıdır. Bu kişilerde işitme eşiği geçici bir süre için yükselerek alçak düzeyli seslerin algılanmasını güçleştirir. Kişi gürültülü ortamı terk ettikten bir süre sonra eski durumuna döner.



Şekil 3.5 Gürültüye Bağlı İşitme Eşiği Yükselmesinin Değişik Evreleri
(Sound Research Laboratories, 1991)

- **Kalıcı işitme eşiği değişimi** : Uzun yıllar boyunca yinelenen gürültü etkisi altında kalınması ya da ani gelişen akustik travma sonucu ortaya çıkan kalıcı işitme eşiği değişimi, zamanla giderilemeyen, iyileşme umudu olmayan kalıcı bir zarardır. Görülen kalıcı işitme eşiği değişimlerinin büyük bir çoğunluğu gürültünün kümülatif (birikim yaratan) etkisinin söz konusu olduğu birinci gruba girer.

- **Akustik travma** : Çok yüksek yeğinlikteki sesin, anlık etki sonucu işitme organında kalıcı zarara neden olmasıdır. İç kulakta bulunan korti organındaki işitme sinirlerinin tümüyle zarar görmesi sonucu, kulakta tümünden ve aynı zamanda kalıcı olan işitme kayıpları oluşur.

3.4.2 Psikolojik Etkilenmeler

Gürültünün insan üzerindeki psikolojik etkileri arasında rahatsızlık, yorgunluk hissi, baş ağrısı, dikkatin azalması, dayanma gücünün azalması, öğrenmede yavaşlama, bellekle ilgili sorunlar, sinirlilik, saldırgan davranışlar ve performansın düşmesi sayılabilir.

- **Rahatsızlık**: Gürültüden psikolojik yönde etkilenmelerin başında rahatsızlık gelir. Gürültünün rahatsızlık boyutu kişiden kişiye ve kişinin koşullarına göre değiştiği için bağlı bir nitelik taşır. Kısaca, gürültünün insan üzerinde sıkıntı, gerginlik, isteksizlik yaratması rahatsızlık olarak tanımlanır. Rahatsızlık bireysel ve toplumsal olmak üzere iki grupta incelenebilir.

Bireysel rahatsızlık : Benzer gürültü koşullarında bulunan küçük homojen bir topluluğun ortalama rahatsızlığı olarak tanımlanır. Bireysel rahatsızlıkta birincil etkilenmelerde yer alan gürültünün düzeyi, frekansı ve süresi rahatsızlığı şu yönlerde etkileyebilir. Eğer, yüksek düzeyde gürültülü bir ortam ise, gürültü daha çok yüksek frekanslardan oluşuyorsa, uzun süreli ve ani tekrarlanan gürültü ise, rahatsızlık artar.

Toplumsal rahatsızlık : Kendi yaşam çevrelerindeki bir topluluğun, gürültüye karşı duyduğu ortalama rahatsızlık toplumsal rahatsızlık olarak tanımlanır. Bireysel rahatsızlıktan farklı olarak, dinleyici toplumun sosyolojik, politik, ve demografik etkilenmeleri birinci derecede önem taşır. Toplumsal rahatsızlık, geniş boyutlu sosyal gözlemler ve anketlerle belirlenir.

- **Performans Değişimleri** : Gürültünün en önemli uzun süreli etkilerinden birisi de çalışma isteğini azaltarak çalışanların iş ortamındaki performansını düşürmesidir. Ortamdaki

gürültünün çalışanların performansını ne derecede etkileyeceği yaş, cinsiyet, eğitim durumu, sağlık durumu gibi kişisel özelliklerle birlikte gürültünün düzey, süre, nitelik gibi özellikleriyle de yakından ilgilidir. Bir gürültünün aniden kesilmesi ve çıkarılmasının artmasıyla orantılı olarak düşen performans, alışılmış ve düzenli aralıklı sesler söz konusu olduğunda daha az etkilenir. Ayrıca, gürültünün performans üzerindeki olumsuz etkileri 95 dB'in üzerinde ve yüksek frekanslarda daha belirgin olarak ortaya çıkar.

Gürültünün tüm fizyolojik ve psikolojik etkilerinin dışında en önemli olumsuz etkilerinden birisi bireyler arası iletişime engel olmasıdır. Gürültülü bir ortamda hem konuşan kişi, hem de dinleyici durumundaki kişi daha fazla çaba harcamak durumundadır. Bu da çalışma ortamında kişiler arası iletişimi olumsuz yönde etkileyerek çalışanların sosyal ilişkilerine zarar verebilir. Ayrıca çalışma ortamındaki gürültü, konsantrasyonu güçleştirir, istemsiz hareketlere sebep olması ve sesleri maskeleyici etkisi gibi nedenlerle iş kazalarının nedenleri arasında yer alır.

(Kepçeoğlu, H., E., 2002)

4. SANAYİ YAPILARININ MİMARİSİNDE GÜRÜLTÜNÜN TASARIM SÜRECİ İÇİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez çalışmasının bu bölümünde; sanayi yapılarından kaynaklanan gürültü sorununun, sırasıyla bölge planlama , kent planlama, yerleşim planlama ve yapı tasarımı süreçleri içinde incelenmesi ve gürültü etkeninin sanayi yapılarının mimari tasarım sürecinde bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, yapının mimari bütünü oluştururken, yerleşim planlama ve yapı tasarımı aşamalarında alınan kararlarının, üretim kaynaklı yapı içi gürültülere olduğu gibi dış ortama yayılan gürültülere etkileri araştırılmıştır.

Sanayi yapılarında üretim alanında olduğu gibi yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerde bulunan kişilerin gürültüden etkilenmesinde, üretim sırasında ortaya çıkan gürültüler etkili olur. Üretim işlemlerine bağlı olarak üretim alanında yüksek düzeyli gürültülerin öngörüldüğü durumlarda; yerleşim planlama aşamasında değişik yapı bölümlerinin yerleşim durumu, yapı tasarımı aşamasında ise sanayi yapısının mimari tasarım süreci içinde alınan kararlar yapı kullanıcılarının gürültüden etkilenmesinde belirleyicidir. Bununla beraber, yakın çevrede bulunan sessiz olması gereken yerleşimlerin (konut, ticaret, eğitim, vb.) sanayi yapılarından kaynaklanan gürültülerden korunmasında, özellikle bölge ve kent planlama süreçleri içinde alınacak önlemler önem taşır. Sanayi yapılarından kaynaklanan ve yapı dışını etkileyen gürültülerin bir çevre sorunu haline gelmesinin önlenmesi, gürültü etkeninin bölge ve kent planlama süreçleri içinde değerlendirilmesine bağlıdır. Bu nedenle, bölge genelinde sanayi bölgelerinin planlanmasında, kent ölçeğinde ise sessiz olması istenen yerleşim alanlarının gürültüden korunmasında belli ilke kararları göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu bağlamda ülke genelinde gerçekleştirilen bölge planlama çalışmalarında, sanayi yapılarının yerleşim alanlarının belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken temel yaklaşımlar;

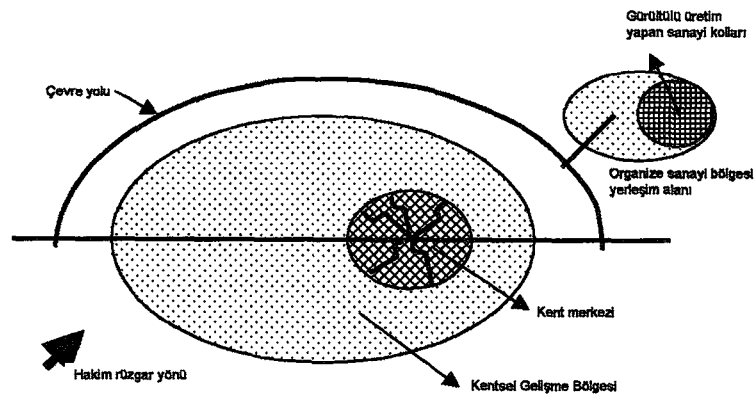
- Sanayi bölgelerinin bölge ölçeğinde yerleşim alanlarının belirlenmesinde yoğun kentsel yerleşim bölgelerinden yeterli uzaklıkta, gürültünün etki alanı dışındaki bölgelerin tercih edilmesi,
- Sanayi yerleşimlerinin bölge ölçeğinde planlanmasında, kentsel gelişme bölgelerinin ve gelecekte ortaya çıkabilecek yeni yerleşim bölgelerinin gürültüden etkilenme durumunun göz önünde bulundurularak, geleceğe yönelik bölge planlama çalışmalarında sanayi yerleşimleri ile bu bölgeler arasında yeterli uzaklığın korunması,

- Sanayi bölgelerinin yerleşim alanlarının belirlenmesinde sessiz olması istenen yerleşim bölgelerinin gürültüden korunması açısından topografik özelliklerden yararlanılması,
- Turistik açıdan önem taşıyan bölgeleri gürültü açısından etki altında bırakabilecek alan içinde sanayi yerleşimlerine izin verilmemesi,
- Doğal hayatı olumsuz etkileyebileceği göz önünde bulundurularak doğal sit bölgelerini gürültü açısından etki altında bırakabilecek alan içinde sanayi yerleşimlerine izin verilmemesi

olarak sıralanabilir.

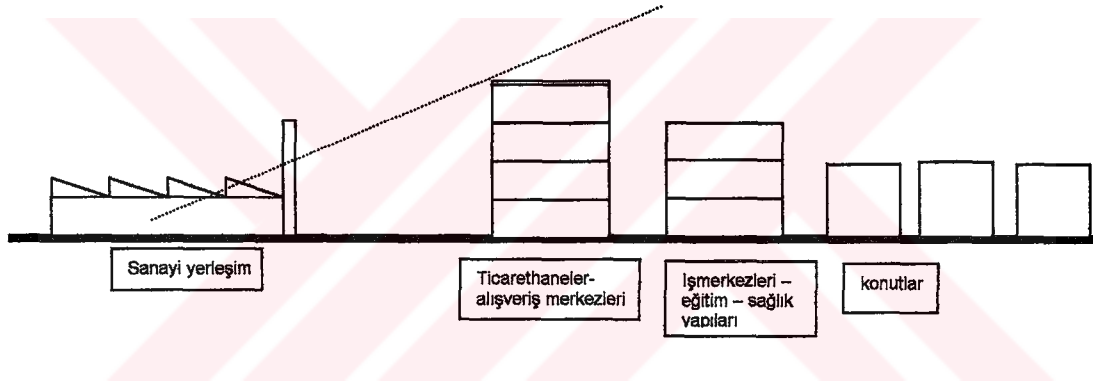
Bölge planlama çalışmalarından sonra kentsel ölçekte sanayi yerleşimlerinin planlanmasında göz önünde bulundurulması gereken temel ölçütler;

- Kentsel planlama sürecinde imar planlarının hazırlanmasında, kent içinde planlanması zorunlu olan sanayi yerleşimlerine olabildiğince kent merkezi dışında ve sessiz yerleşimlerden, özellikle konut bölgelerinden uzakta yer verilmesi,
- Büyük ölçekli ve gürültülü sanayi kuruluşlarının bir araya getirilerek kent dışında denetimli bir bölgede, organize sanayi bölgelerinin içinde toplanması,
- Organize sanayi bölgelerinin kenti ve özellikle sessiz olması önem taşıyan yerleşim bölgelerini gürültü açısından etkilemeyecek yeterli uzaklıkta planlanması,
- İmar planlarının oluşturulmasında ve kentsel gelişme alanlarının planlanmasında; kentin sessiz olması istenen gelişme bölgelerinin gelecekte organize sanayi bölgelerinin gürültü etkisi altında kalmaması yönünde gerekli önlemlerin alınması,

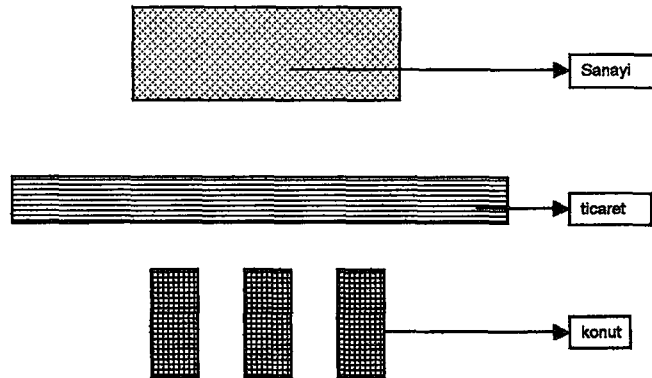


Şekil 4.1 Kentsel ölçekte organize sanayi bölgelerinin planlanması. (İlgürel, N., 2003)

- Organize sanayi bölgelerinin kent dışındaki yerleşim alanlarının belirlenmesinde gürültünün kent bölgelerine taşınmasını önleyebilecek topografik özelliklerden ve varsa bitki örtüsünden yararlanılması,
 - Organize sanayi bölgelerinin kent dışındaki yerleşim alanlarının belirlenmesinde bölgede yıl boyunca etkili olan hakim rüzgar yönü dikkate alınması,
 - Kent için imar planlarının hazırlanmasında sanayi yapılarının kent içindeki sessiz yerleşim bölgeleri ile olan (konut – ticarethane – eğitim ve benzeri yerleşim bölgeleri) ilişkileri belirlenirken gürültüden etkilenme yönünden belli bir önem sırasının gözetilmesi,
 - Organize sanayi bölgesi ile bağlantılı ağır taşıt trafiği ve / veya demiryolu ulaşımının gürültü etkeninin de göz önünde bulundurulduğu ulaşım ilkeleri açısından değerlendirilmesi
- olarak sıralanabilir.

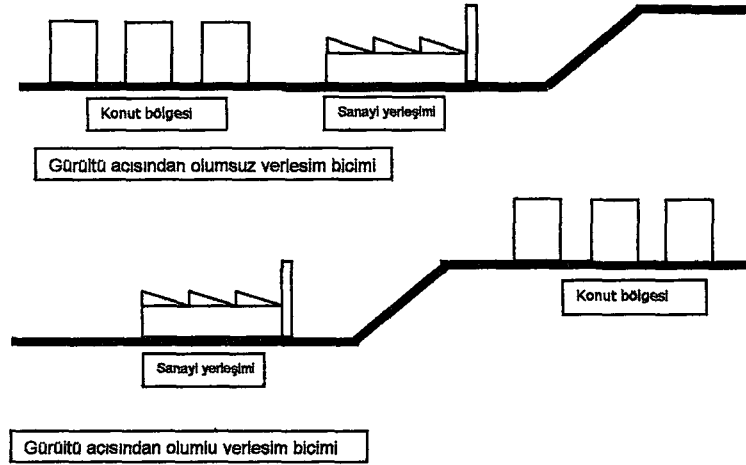


Şekil 4.2 Kentsel planlamada sanayi yerleşimi – sessiz yerleşim bölgeleri ilişkisine bir örnek. (Şerefhanoglu, S., M., 2003)



Şekil 4.3 Kentsel planlamada konut bölgelerinin sanayi yerleşimlerinden kaynaklanan gürültüden korunmasına bir örnek. (Şerefhanoglu, S., M., 2003)

Kentsel yerleşimde sanayi bölgeleri ile sessiz yerleşim bölgelerinin birbirine yakınlaştığı durumlarda topografik özelliklerden ve bitki örtüsünden yararlanılmalıdır.



Şekil 4.4 Sanayi yerleşimlerinin planlanmasında topografik yapının değerlendirilmesine bir örnek. (İlgürel, N., 2003)

Organize sanayi bölgelerinin planlanmasında çevre yerleşimler, hakim rüzgar yönü ve arsa topografyası gibi planlama verilerinden, organize sanayi bölgesi içinde sessiz alanların oluşturulması ve çevre yerleşimlerin gürültüden korunmasında yararlanılması gerekir.

Organize sanayi bölgelerinin planlanmasında, tasarım – gürültü ilişkisi bağlamında göz önünde bulundurulması gereken temel ilke kararları ;

- Arsa üzerinde sosyal eylemlerle ilgili alanların (spor alanları, yeşil alanlar gibi) olabildiği ölçüde bir araya getirilerek organize sanayi bölgesi içinde gürültülü üretim yapılarından uzakta planlanması,
- Sosyal eylemlerle ilgili sanayi kuruluşları tarafından ortak kullanılabilen yapı grupları oluşturularak, bunların gürültülü üretim alanlarından uzak bir bölgede planlanmaya çalışılması,
- Trafo, jeneratör, soğutma kulesi gibi üretim yapıları ile doğrudan ilişkisi bulunmayan tekil gürültü kaynaklarının, çalışanların dolaşım alanlarından ve sessiz olması istenen yapı gruplarından uzakta, olabildiği ölçüde doğal – yapay engellerin arkasında planlanması,
- Gürültülü üretim bölgelerinde yapı aralarının yeterli genişlikte olması ve bu bölgelerde gürültülü havalandırma açıklıklarına ve dışarıya açılan gürültülü fan vb. donanıma izin verilmemesi,

- Çalışanların ulaşımının sağlandığı gürültülü bölgelerde engellerden yararlanılması olarak sıralanabilir.

4.1 Sanayi Yapılarında İşyeri Düzeninin Oluşturulmasında Gürültü Etkeni

İşyeri düzeninin oluşturulmasında, makinelerin kullanım özelliklerine bağlı olarak ortama yaydığı, gürültü-titreşim, ısı-nem, gaz-toz, radyasyon gibi atıklar göz önünde bulundurulmalı, makinelerin yerleştiği üretim alanı ışık, ısı-nem ve gürültü gibi fizik etkenler açısından değerlendirilmelidir. Makine yerleşim düzenine bağlı olarak oluşturulan iş yeri düzeni, çalışanları etkileyecek olan fiziksel ortamın belirlenmesinde gerekli altyapıyı oluşturur. Bu amaçla, makinelerin tüm teknik özellikleriyle birlikte ortama yaydıkları gürültü ve titreşimle ilgili veriler elde edilmelidir.

Bu veriler;

- Makinenin ses gücü (watt),
- Makinenin yatay ve düşeydeki doğrultululuk modeli,
- Laboratuar ortamında operatör konumunda ölçülen gürültü düzeyleri (makine boş ve dolu çalışırken L_{eq} , L_{min} , L_{max} , $maxPeak$ değerleri),
- Gürültünün tayfsal analizi,
- Gürültünün zaman fonksiyonundaki değişimini gösteren analizi (durağan, değişken, aralıklı, impulsif karakterli gürültüler),
- Normal üretim akışı içinde makinenin çalışma durumunu simüle eden grafik anlatım,
- Mekanik sistemin doğal titreşim frekansı,
- Titreşimin genliği ve frekansı

gibi sıralanabilir. Makinenin çevreye yayacağı gürültü düzeyinin ve gürültü karakterinin önceden bilinmesi makine yerleşim düzeninin oluşturulmasında gürültüyle ilgili gerekli düzenlemelerin yapılabilmesini sağlar.

Makinenin çevreye yayacağı gürültüyü önceden saptamanın bir yolu gürültü kaynağının ses gücü düzeyinin bilinmesidir. Gürültü kaynağının ses gücü düzeyi yapımcı firma tarafından verilebileceği gibi makinenin teknik özelliklerinden yola çıkılarak belli yaklaşımlarla hesaplanabilir. Her makine kullandığı toplam gücün değişik bir oranını ses gücüne dönüştürür. Bir makinenin ses gücünü yaklaşık olarak bulmak için;

$$W = F W_m \quad (4.1)$$

eşitliği kullanılabilir.

W_m : makinenin gücü [watt]

W : makinenin yaklaşık ses gücü [watt]

F : makinenin türüne bağlı çevirme katsayısı'dır.

(Webb, J.B.1972)

Sanayide kullanılan bazı makineler için çevirme katsayıları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bazı gürültü kaynaklarının 500Hz'den 4000Hz'e kadar dört oktav bant için toplam ses gücünü bulmakta kullanılan çevirme katsayıları (F). (Webb, J.B.1972)

Çevirme Katsayısı (F)			
Gürültü Kaynağı	Düşük	Orta	Yüksek
Hava kompresörleri	3×10^{-7}	$5,3 \times 10^{-7}$	1×10^{-6}
Dişli kutuları	$1,5 \times 10^{-8}$	5×10^{-7}	$1,5 \times 10^{-6}$
Hoparlörler	3×10^{-2}	5×10^{-2}	1×10^{-1}
Dizel motorları	2×10^{-7}	5×10^{-7}	$2,5 \times 10^{-6}$
Elektrik motorları (1200devir/dakika)	1×10^{-8}	1×10^{-7}	3×10^{-7}
Pompalar(1600devir/dakika)	$3,5 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-5}$	5×10^{-5}
Pompalar(1200devir/dakika'dan yavaş)	$1,1 \times 10^{-6}$	$4,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-5}$
Gaz tribünleri	2×10^{-6}	5×10^{-6}	5×10^{-5}

Bu değerler kullanılarak hesaplanan ses gücü 500, 1000, 2000, 4000Hz oktav bantlarındaki toplam ses gücü düzeyidir. Ses gücü bilinen ya da hesap yoluyla bulunan monopol bir gürültü kaynağının belli bir uzaklıkta oluşturacağı ses basınç düzeyini hesaplayabilmek için şu formülden yararlanılabilir;

$$SPL(\text{Ses basınç düzeyi}) = SWL - 20 \log r - 11 \text{ dB} \quad (4.2)$$

$$SWL(\text{Ses gücü düzeyi}) = 10 \log W/W_0$$

W : Kaynağın ses gücü.

W_0 : Referans ses gücü (10^{-12} Watt)

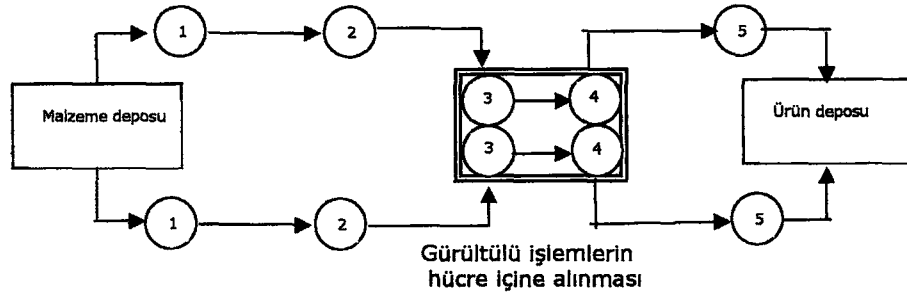
r : Kaynaktan uzaklık (m)

Bir makinenin belli bir uzaklıkta oluşturacağı ses basınç düzeyinin belirlenmesinde makinenin gürültü kaynağı olarak doğrultululuk özelliği dikkate alınmalı, yatay ve düşey doğrultululuk modellerinden yararlanılmalıdır.

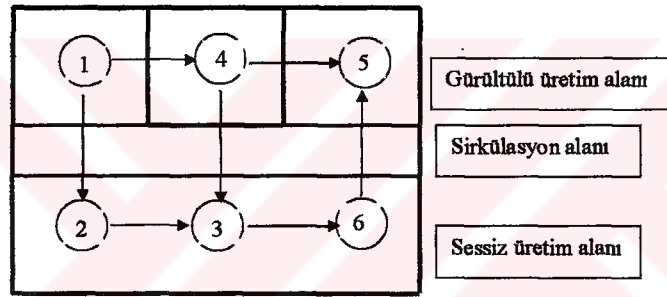
Üretim yapısının büyüklüğü, bir ya da birden fazla hacimden oluşması, tek ya da çok katlı olması, üretim birimlerinin kendi içindeki organizasyonu, dolaşım alanlarının belirlenmesi, üretim alanının planlanmasından yani işyeri düzeninden elde edilen verilerle gerçekleştirilir.

İşyeri düzeninin oluşturulması aşamasında gürültü etkeninin değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler;

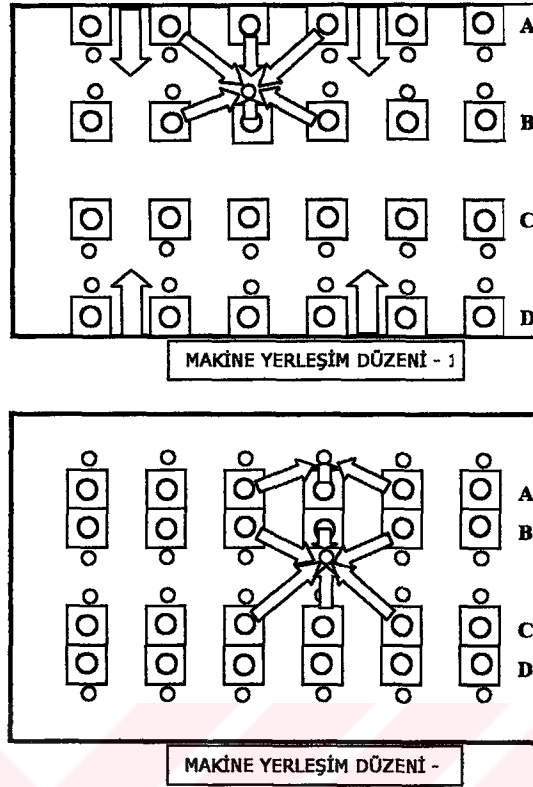
- Gürültülü makine ve mekanik donanımların üretim akışının izin verdiği ölçüde işyeri düzeni içinde yatay ve düşeyde bir arada toplanması (böylece, gürültünün yayıldığı alan daralır ve gürültü denetiminin yapılacağı bölge küçültülmüş olur.) ,
- Yüksek düzeyde gürültü yayan makinelerin üretim alanının planlanması aşamasında duvar ve köşe bölgelerden uzakta planlanmaları (yansıtıcı yüzeyler nedeniyle ses düzeyinde artışa neden olmamak) ,
- Operatörlerin diğer makinelerin gürültüsünden etkilenmelerini en aza indirmek amacıyla makinelerin birbirine göre yeterli uzaklıkta yerleştirilmesi,
- Ses güçleri birbirine yakın gürültü kaynaklarının üretim alanı içinde olabildiğince eşit dağılımlarının sağlanması,
- Yüksek düzeyde gürültü yayan makinelerin üretim alanı içinde insan dolaşım alanlarından uzakta planlanması,
- Yüksek düzeyde gürültü yayan veya titreşim genliği yapı strüktürünü uyarabilecek nitelikte olan makinelerin zemine oturan döşeme kotunda planlanmaya çalışılması,
- Döşemeye titreşim geçiren makine ve mekanik donanımların olabildiği ölçüde alt katlarda ve aynı kat düzeyinde planlanmaya çalışılması,
- Titreşim genliği büyük ağır makine ve mekanik donanımların zemine oturan döşeme üzerinde planlanmalarının sağlanamadığı durumda, bunların döşeme plağı ortasına gelecek biçimde yerleştirmekten kaçınılması, bunun yerine kiriş üzerinde veya kirişe yakın bölgelerde yer verilmesi olarak sıralanabilir.



Şekil 4.5 Sürekli üretim sisteminde gürültülü işlemlerin bir araya getirilerek bulundukları ortamdan soyutlanması.(İlgürel N., 2003)



Şekil 4.6 Oluşuma göre üretim sisteminde farklı nitelikteki işlemlerin ayrılması. (İlgürel N., 2003)



Şekil 4.7 Üretim hacminde makinelerin iki ayrı düzende yerleştirilmeleri. (Ingemasson, 1996)

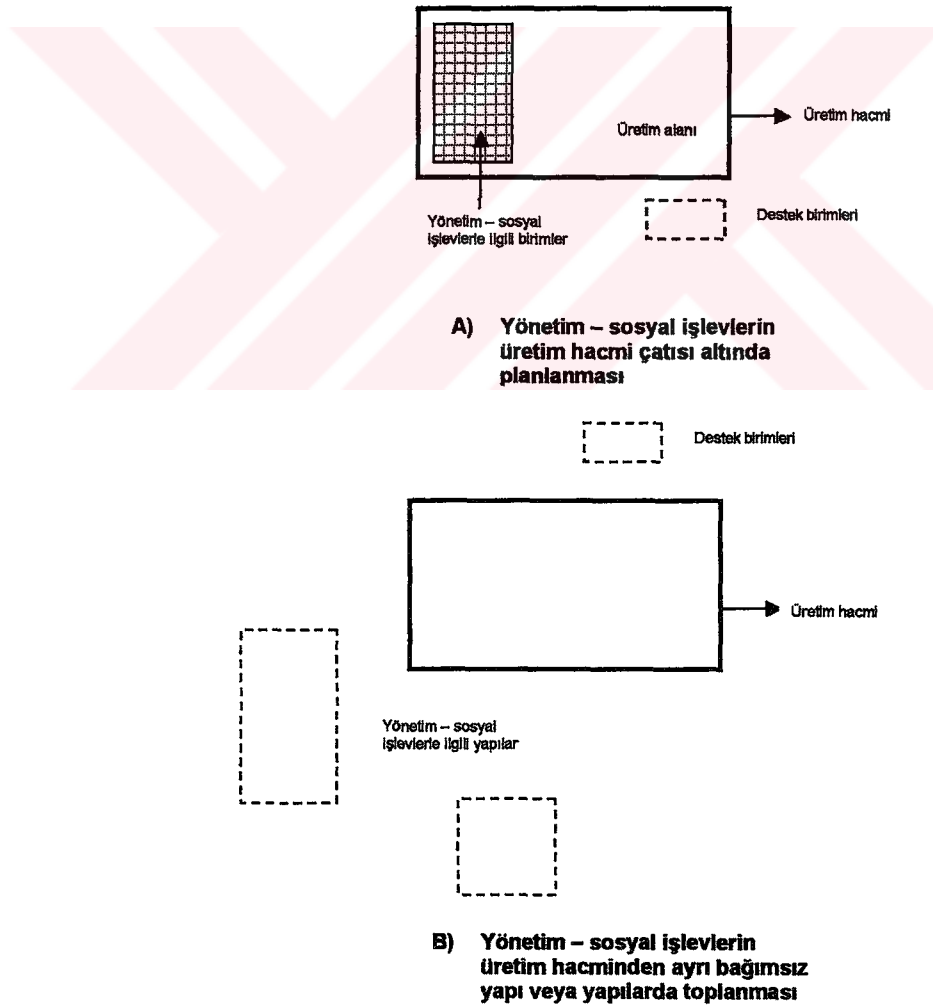
Şekil 4.7’de dikdörtgen planlı bir üretim hacmi içinde makinelerin iki farklı düzende yerleştirilme durumu gösterilmiştir. 1. yerleşim düzeninde A ve D sıralarındaki makineler için duvar yüzeyinden doğrudan yansıyan sesler makine başında çalışan kişiler ile birlikte özellikle duvar tarafındaki geçiş alanlarını etkiler. İkinci düzenlemede ise makineler ikişerli olarak bir araya getirilerek iki sıra oluşturacak bir düzende yerleştirilmiştir. Bu durumda A ve D sıralarında bulunan operatörler ve duvar boyunca yer alan geçişler diğer makinelerin gürültüsünden daha az etkilenir.

4.2 Sanayi Yapılarında Yerleşim Planlama ve Yapı Tasarımı Sürecinde Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesi

Sanayi yapılarının mimari tasarım sürecinde, üretim hacmi ile yönetim - sosyal işlevlerle ilgili yapı bölümlerinin karşılıklı ilişkilerinin tanımlanması önem taşır. Bu yapı bölümlerinin mekansal olarak kurgulanmaları ve arsa üzerinde belli bir ana düşünce (konsept) çerçevesinde bir araya getirilmeleri ile belli bir mimari kompozisyon oluşturmaları sağlanır. Sanayi yapısının mimari tasarım sürecinin ilk aşamalarında üretim ve yönetim - sosyal işlevlerle ilgili

birimlerin arsa üzerinde belli bir kompozisyon içinde bir araya getirilmelerinde, tasarımın sonraki evrelerinde ise mekansal ilişkilerin tanımlanmasında, gürültü bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmelidir.

Sanayi yapısının tasarım sürecinin her aşamasında, gürültü etkeninin tasarım kararlarını yönlendiren bir veri olarak ele alınması, özellikle gürültü düzeylerinin yüksek olduğu ve gürültünün zaman içinde süreklilik gösterdiği büyük üretim yapılarının planlanmasında önem taşır. Sanayi yapılarının mimari tasarım sürecinde gürültü sorununun çözümlenebilmesi, üretim hacmi içinde gürültü düzeylerinin azaltılmasına ve sessiz olması istenen yapı bölümlerinin gürültüden etkilenmesinin önlenmesine bağlıdır. Çevredeki konut, işyeri ve benzeri yerleşimlerin gürültüden korunması konusunda ise, arsa üzerinde yapıların yerleştirilme biçimi ve üretim hacminin yapı kabuğunun ses geçirmezlik özelliği önem taşır.



Şekil 4.8 Sanayi yapılarının arsa üzerinde yerleşiminde iki temel yaklaşım.
 (Şerefhanoglu, S., M., İlgürel, N., 2003)

Bir sanayi yapısında üretim –yönetim – sosyal alanların planlanmasında bu alanlara ait işlevlerin aynı yapıda toplanması veya değişik yapılarda planlanması, sessiz olması önem taşıyan hacimlerin gürültüden etkilenmesi açısından değişik durumlar ortaya koyar.

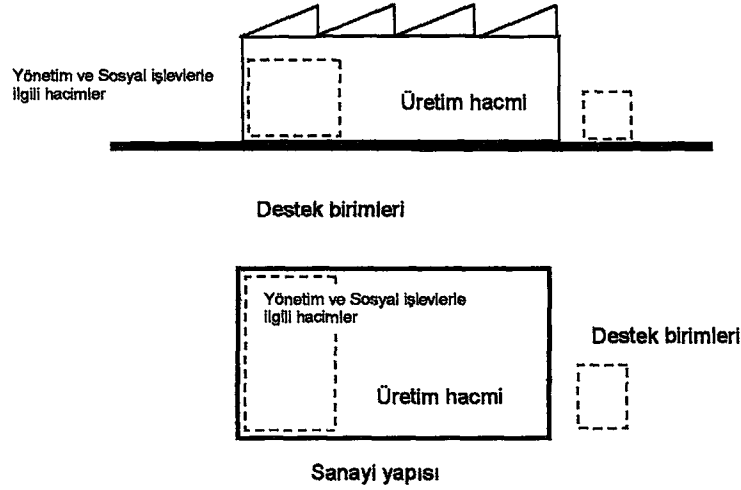
Yönetim ve sosyal alanların üretim hacmi ile aynı yapıda planlandığı durumda, yönetim ve sosyal alanlarda yer alan sessiz hacimler, üretim alanında ortaya çıkan gürültülerden etkilenebilir. Yönetim – sosyal alanlarla ilgili hacimlerin, üretim alanından ayrı bağımsız yapı / yapılarda tasarlanması, bu birimlerin üretim hacminde ortaya çıkan gürültülerden etkilenme durumunu azaltır veya tamamen ortadan kaldırır.

Üretim – yönetim – sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin aynı yapı içinde planlanması durumunda, sosyal ve yönetim işlevleriyle ilgili hacimlerin gürültüden etkilenmesi kolaylaşır. Bu durumda sessiz olması istenen hacimler üretim alanında ortaya çıkan, hava ortamı veya yapı taşıyıcı sistemi aracılığı ile yayılan gürültülerden etkilenebilir. Bununla birlikte, üretim – yönetim – sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin aynı yapı içinde planlanması ekonomik nedenlerden veya yer yetersizliğinden dolayı mimari tasarımda tercih edilebilir bir yaklaşımdır.

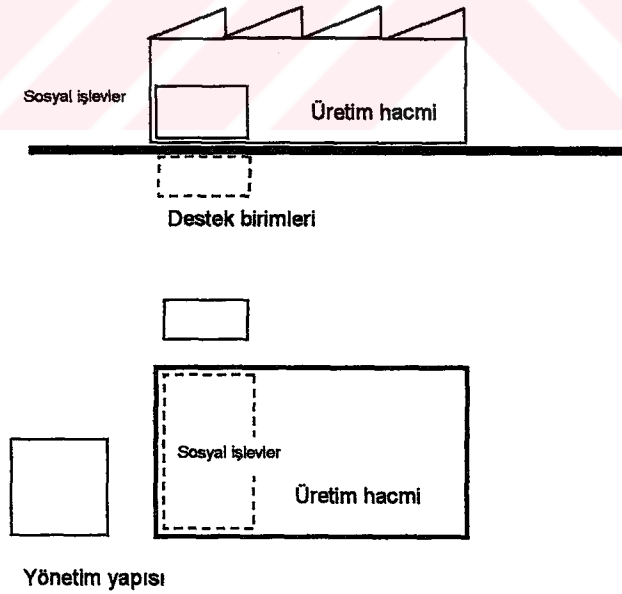
Üretimin özelliğine bağlı olarak yüksek düzeyli gürültülerin ortaya çıkması olası durumlarda, yönetim ve sosyal alanlarla ilgili işlevlerin tümünün veya sessiz olması özellikle istenen hacimlerin ayrı yapı veya yapılarda tasarlanması tercih edilmelidir. Yönetim – sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üretim hacminden ayrı bağımsız yapılarda tasarlanması yönetim alanında yönetici büroları ve toplantı salonu gibi, sosyal alanda ise seminer salonu, yemekhane ve dinlenme hacimleri gibi sessiz olması önem taşıyan hacimlerin gürültüden korunması açısından olumlu bir yaklaşımdır.

Yönetim ve sosyal alanlar ile ilgili hacimlerin bir arada planlanması durumunda, bunların kendi içinde birbirleri ile olan mekansal ilişkilerinde de gürültü etkeni göz önünde bulundurulmalıdır. Sessiz olması istenen yönetici bürolarının, toplantı, seminer salonu gibi hacimlerin yemekhane, kantin gibi görece gürültülü yerlerin etkisinden korunması önem taşır. Bu amaçla, mimari tasarım aşamasında yapılacak planlamada gürültülü ve sessiz hacimlerin yatayda ve düşeyde biraraya gelmeleri önlenmeli, olabildiği ölçüde araya tampon hacimler yerleştirilmeli, gerekiyorsa cidarlarda özel önlemler alınmalıdır.

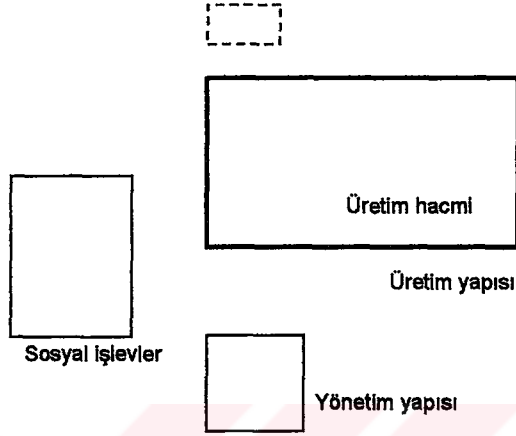
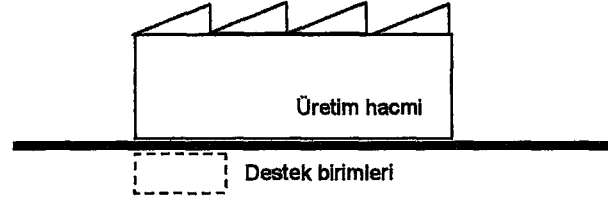
Üretim – sosyal – yönetim alanlarının arsa üzerindeki olası yerleşim biçimleri ve destek birimlerinin planlanabileceği bölgeler aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



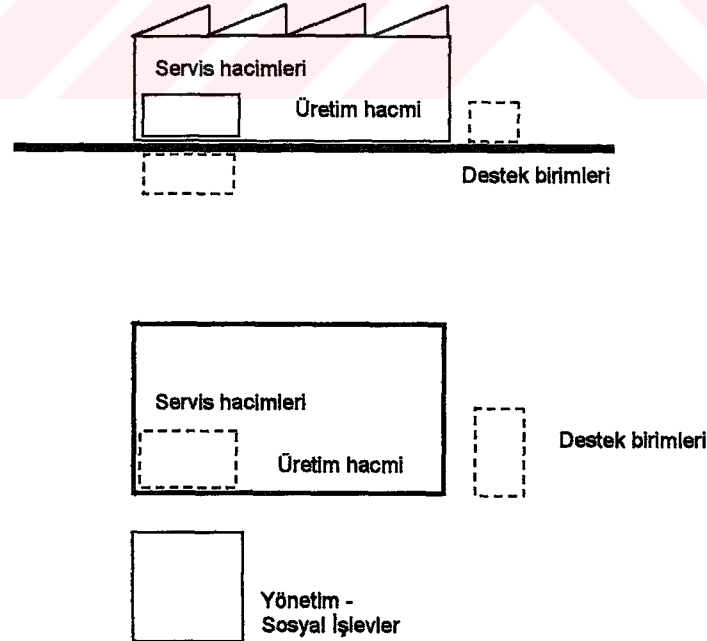
Şekil 4.9 Üretim – Sosyal – Yönetim İşlevlerinin Aynı Yapıda Planlanması
(Şerefhanoglu, S., M., İlgürel, N., 2003)



Şekil 4.10 Yönetimle İlgili İşlevlerin Ayrı Yapıda Planlanması.
(Şerefhanoglu, S., M., İlgürel, N., 2003)



Şekil 4.11 Yönetim ve Sosyal İşlevlerin Üretim Hacminden Ayrı Bağımsız Yapılarda Planlanması. (Şerefhanoglu, S., M., İlgürel, N., 2003)

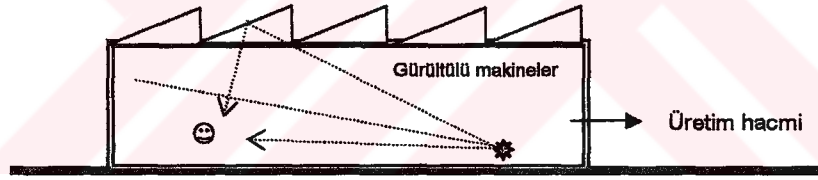


Şekil 4.12 Yönetim - Sosyal İşlevlerin Üretim Hacminden Ayrı Birarada Planlanması. (Servis hacimleri üretim yapısında) (Şerefhanoglu, S., M., İlgürel, N., 2003)

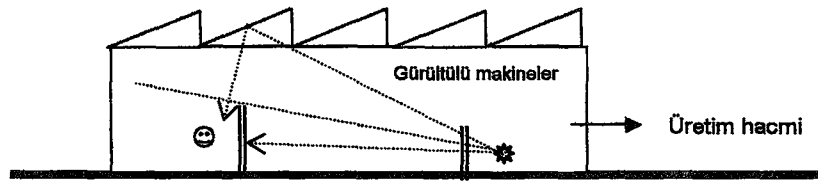
4.2.1 Üretim – Yönetim – Sosyal İşlevlerin Aynı Yapıda Planlanması Durumu

Bir sanayi yapısında üretim – yönetim – sosyal işlevlerin aynı yapıda planlanması durumunda, yönetim ve sosyal alanlara göre çok daha geniş yer tutan ve hacimsel olarak da büyük olan üretim alanında ortaya çıkan gürültüler, yönetim ve sosyal alanlara ait sessiz hacimleri etkileyebilir. Bu durumunda, üretim sırasında ortaya çıkan gürültülerin doğrudan veya yapı taşıyıcı sistemi aracılığı ile iletilerek yemekhane, kantin, dinlenme hacimleri, seminer salonu gibi sosyal hacimleri ve yönetici büroları, toplantı salonu gibi yönetimle ilgili birimleri etkilemesi durumu ortaya çıkabilir.

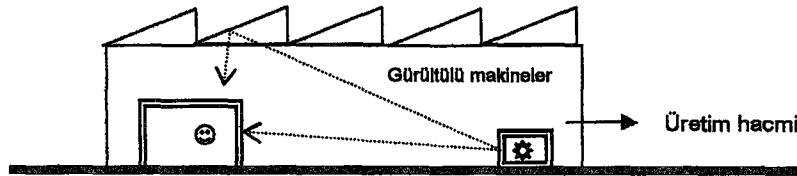
Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üretim hacmi ile aynı yapı içinde planlandığı durumda, tasarım sürecinde üretim hacmi içinde gürültüyü azaltmaya yönelik yapılacak değişiklikler ve alınacak önlemler; üretim alanında çalışanlar açısından gürültüyü azaltmaya yönelik bir çalışma olduğu gibi, aynı zamanda yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlere etki eden gürültüyü azaltmaya yönelik bir çalışmadır. Üretim hacmi içinde gürültü kaynağında ve alıcıda gürültü denetiminin aşamaları Şekil 4.10'da şematik olarak gösterilmiştir.



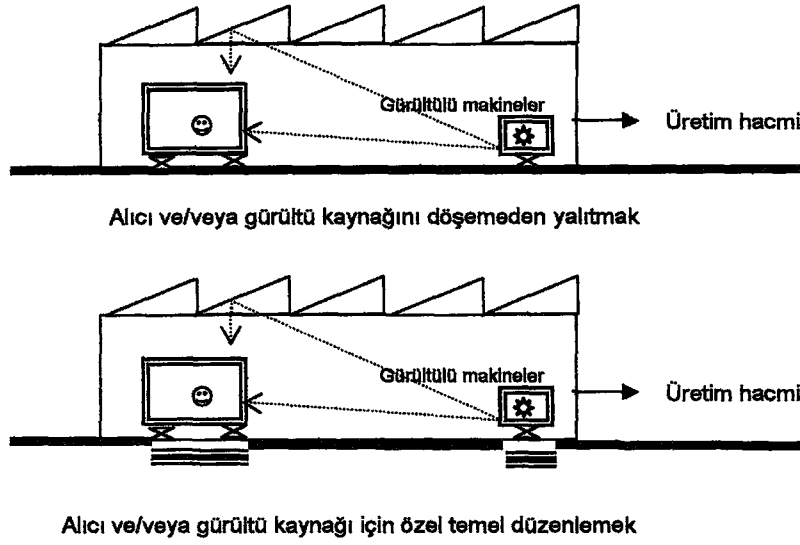
Hacim yutuculuğunun artırılması



Alıcı ve/veya gürültü kaynağında engel oluşturmak

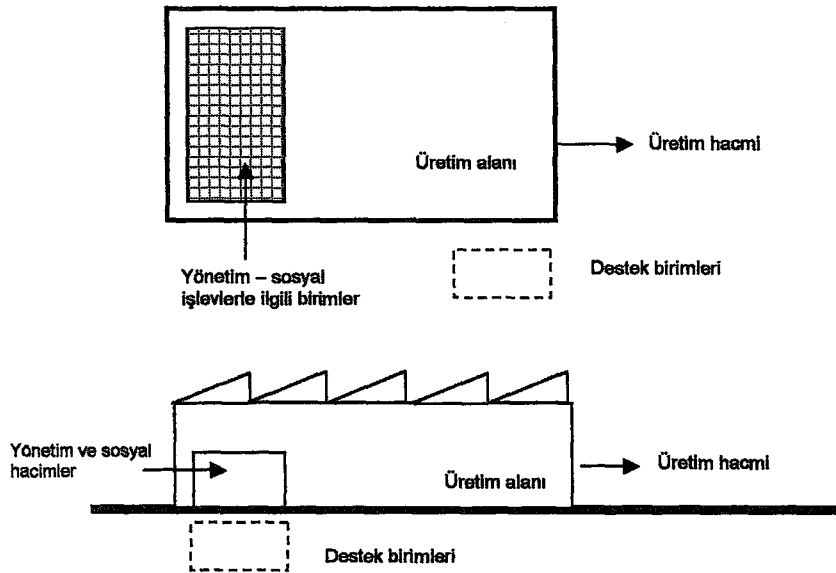


Alıcı ve/veya gürültü kaynağını hücre içine almak



Şekil 4.13 Üretim hacmi içinde kaynak ve alıcıda gürültü denetiminin gelişme süreci.
(Sözen, Ş., M., İlgürel, N., 2003)

Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili birimlerin üretim hacmi ile aynı yapı içinde planlanması durumunda bu işlevlerle ilgili sessiz hacimlerin gürültüden korunmasında, üretim hacminde gürültü düzeylerinin azaltılmasının yanı sıra yönetim ve sosyal işlevlerin hacim içinde planlanmasıyla ilgili temel ilke kararları da etkili olur.



Şekil 4.14 Yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacmi ile aynı yapı içinde planlanması.

Sanayi yapısının ilk tasarım evrelerinde üretim alanının yerleşim planının kesinleşmesi, üretim alanı içinde gürültülü ve görece gürültüsüz alanların belirlenmesini sağlar. Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili alanların yapı içinde yerinin saptanmasında üretim hacminin öngörülen gürültü ortamı değerlendirilmeli, sessiz olması istenen hacimler için görece gürültüsüz bölgeler tercih edilmelidir.

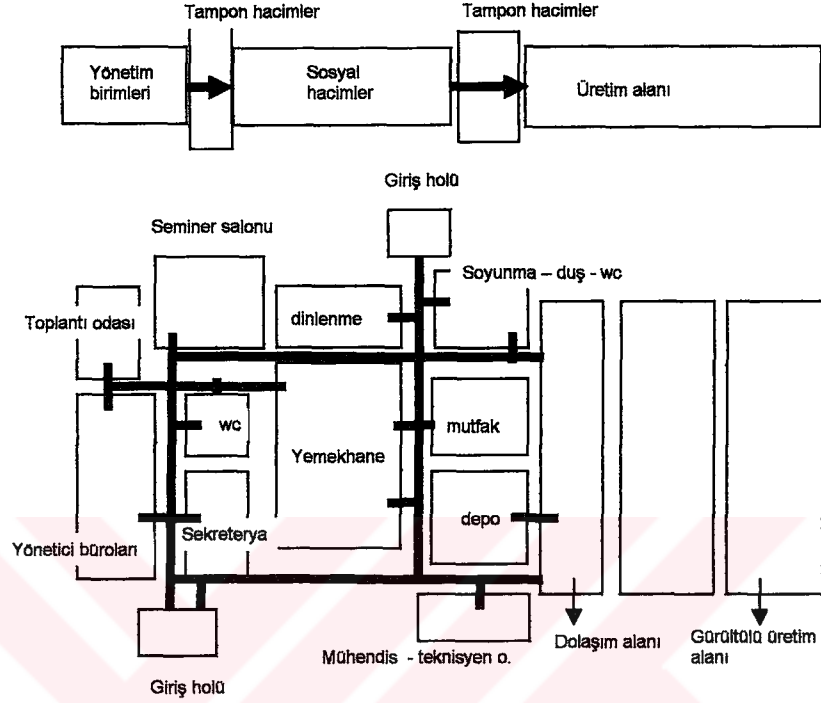
Yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacmi ile aynı yapı içinde planlanması durumunda, bu işlevlerle ilgili hacimlerin bir araya getirilerek üretim hacminin görece gürültüsüz bir bölgesinde toplanması önem taşır. Tasarımın özelliğine bağlı olarak, sessiz hacimlerin yan cidarları (duvarları) aracılığı ile olduğu gibi üst ve alt cidarları (döşemeler) aracılığı ile de gürültü etkisi altında kalabilecekleri göz önünde bulundurularak, tasarım süreci bu cidarların ses geçiş kaybını arttırmaya yönelik önlemler düşünülmelidir. Üretim alanında döşemeye etki eden yapı strüktürünü uyarabilecek nitelikte titreşim veya darbe etkisinin söz konusu olduğu ve yerinde önlem alınamadığı durumlarda yönetici büroları, toplantı salonu gibi sessiz olması önem taşıyan hacimlerin döşemeden yalıtılmaları önem taşır.

Trafo, jeneratör, kompresör gibi destek birimlerinin yapı dışında veya yapı içinde bodrum kat kotunda planlanması bu donanımlardan kaynaklanan gürültünün yapı genelini etkilemesini önler ya da azaltır. karşı. Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili sessiz hacimlerin gürültüden korunmasını sağlamak açısından destek birimlerinin planlanabileceği en uygun yer yapı dışında ayrı bir yapı içinde planlandığı durumdur. Destek birimlerinin, yönetim ve sosyal işlevlerin alt kotunda aynı taşıyıcı sistem içinde planlanması durumunda sessiz olması önem taşıyan hacimlerin gürültüden etkilenmesi durumu ortaya çıkabilir. Bu durumda, destek birimlerinin yer aldığı bölümde, gürültünün yapı taşıyıcı sistemine geçmesini önlemeye ve hacim içinde gürültüyü azaltmaya yönelik önlem alınmalıdır.

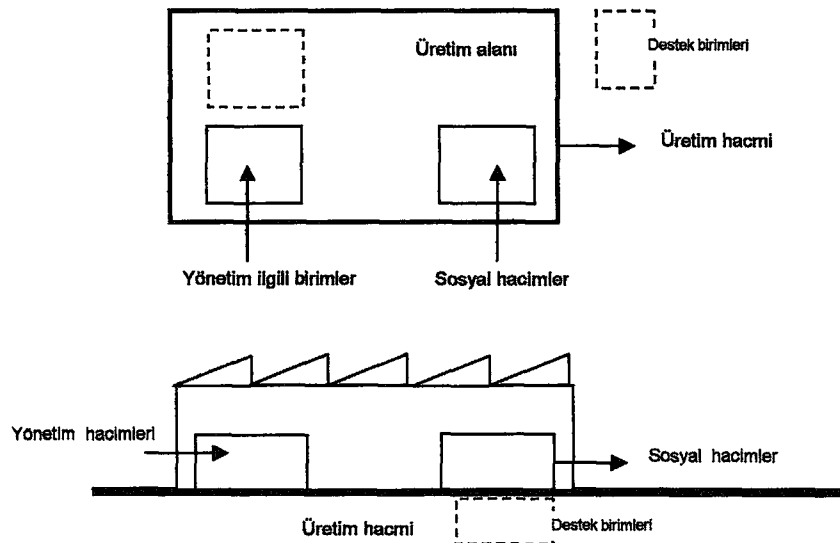
- Yönetim – sosyal işlevlerin üretim hacmi ile aynı yapıda planlanmasında tasarım – gürültü ilişkisi bağlamında göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler ve alınabilecek önlemler ;
 - Üretim alanı genelinde gürültü düzeylerini düşürmeye yönelik önlem alınması, (Bu konuya üretim alanında gürültü etkeninin değerlendirilmesiyle ilgili olarak bölüm 4.4’de yer verilmiştir.)

- Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin olabildiği ölçüde bir araya getirilmesi ve bunların gürültülü üretim alanından mekansal olarak ayrılması ,
- Yönetim ve sosyal eylemlerle ilgili yapı bölümlerinin üretim alanının görece gürültüsüz bölümlerinde planlanması ve mekansal ilişkilerin kurulmasında gürültü etkeninin dikkate alınması,
- Yönetimle ilgili sessiz olması önem taşıyan yönetici büroları, toplantı odaları gibi birimlerin olabildiği ölçüde gürültülü üretim alanından uzakta, gürültüden etkilenmesi önem taşımayan (ıslak hacimlerin, mutfak, depo gibi servis hacimlerinin) hacimlerin gerisinde planlanmaya çalışılması,
- Farklı işlevleri içeren değişik nitelikte hacimlerin gürültüden etkilenmede önem sırasına göre ayrılması, (Yönetim birimlerini oluşturan yönetici büroları, sekreteryaya, toplantı salonu, seminer salonu gibi birimlerin birinci derece sessiz alanlar; yemekhane, kantin, dinlenme odası, revir gibi yapı bölümlerinin ikinci derece sessiz alanlar olarak ayrılması)
- Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin planlamada uygun yerinin araştırılmasında gürültü etkeninin dikkate alınması, birbirinden ayrı işlevleri dolayısı ile ayrı fon gürültü düzeyleri olan hacimlerin üretim hacmi ile olan uzaklık ilişkisinin kurulmasında gürültüden etkilenmedeki önem sırasının gözetilmesi,
- Sosyal alanlar ve yönetim ile ilgili işlevleri içeren hacimler arasında sessiz olması özellikle önem taşıyan yönetici büroları, toplantı salonu ve benzeri hacimlerin biraraya getirilerek gürültülü üretim bölgelerinden olabildiğince uzak yapı bölümlerinde planlanmaya çalışılması,
- Üretim hacmi içinde yönetim – sosyal işlevlerle ilgili yapı bölümlerine yakın bölgelerde gürültülü ve döşemeye titreşim geçiren makine yerleşimine izin verilmemesi, bu bölgelerin daha çok dolaşım alanı olarak değerlendirilmesine çalışılması,
- Yönetim – sosyal işlevleri içeren yapı bölümlerini üretim alanından ayıran cidara yüksek düzeyli gürültülerin etki etmesi durumunda, bu cidarın ses geçiş kaybını arttırmaya yönelik önlem alınması ve gerekli durumlarda sessiz olması önem taşıyan yönetici büroları, toplantı salonu gibi hacimlerde özel önlem alınması,
- Üretim hacminde döşeme aracılığı ile yapı taşıyıcı sistemine geçen ve yapı geneline yayılan gürültülerin yönetim – sosyal işlevleri içeren yapı bölümlerini etkilemesi söz

konusu olduğunda bu yapı bölümlerinin taşıyıcı sistem olarak üretim hacminden ayrılması, olarak sıralanabilir.

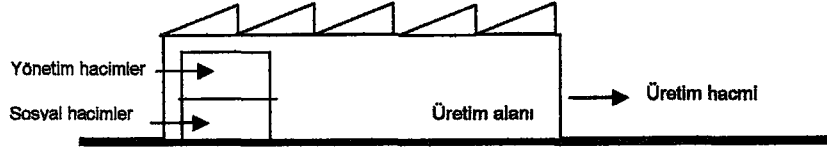


Şekil 4.15 Üretim – sosyal – yönetim işlevleriyle ilgili hacimlerin aynı kotta planlanmasında gürültünün yönlendirici etkisi. (İlgürel, N., 2003)



Şekil 4.16 Yönetim – sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin ayrı bölgelerde planlanması.

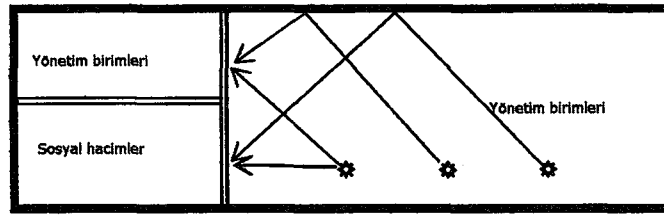
Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin ayrılması, bunları gürültü etkisine daha açık bir duruma getirirerek alınması gereken önlemleri güçleştirebilir.



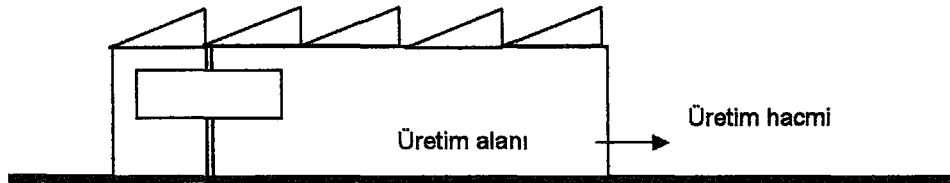
Şekil 4.17 Yönetim – sosyal işlevlerin ayrı katlarda planlanması .

Yönetim – üretimle ilgili yapı bölümünün üretim alanından ses geçiş kaybı yüksek bir cıdarla ayrılması bu bölümlerin gürültüden korunmasında olumlu bir yaklaşım oluşturur. Yönetim ve sosyal hacimlerin planlanmasında yönetim alanının tercihen üst katta yer alması, sessiz hacimlerin yatayda ve düşeyde bir araya getirilmeleri birbirinden ayrı işlevi olan hacimlerin birbirinin gürültüsünden etkilenmesini önlemek için gereklidir.

Yönetim ve sosyal işlevlerin bulunduğu yapı bölümlerinde düşeyde bağlantıyı sağlayan merdivenlerin, üretim hacmine doğrudan açılan hol, koridor ve benzeri alanlar ile ilişkili planlanması durumunda gürültünün sessiz yapı bölümlerini etkileyebileceği yollar araştırılarak gerekli önlemler alınmalıdır.



Şekil 4.18 Sessiz yapı bölümlerini ayıran cidara etki eden gürültüler.



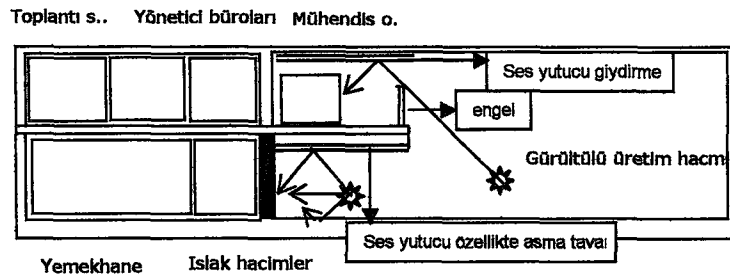
Şekil 4.19 Üretim hacmi içinde asma kat oluşturulması.

Planlamada yönetim – sosyal alanlarla ilgili bazı hacimlerin, üretim hacmi içinde asma katta planlanması gürültü açısından türlü yönlerden olumsuz durumlar ortaya koyabilir :

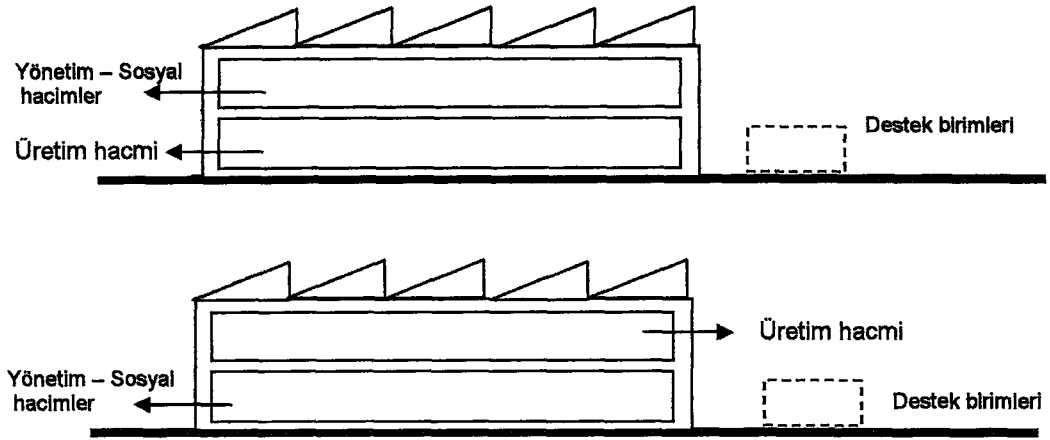
- Üretim alanının içine doğru sokulan asma katta yer alan hacimler, cepheleri aracılığı ile gürültü etkisinde kaldıkları gibi taban döşemeleri aracılığı ile de gürültü etkisine açık duruma gelebilir,
- Asma kat döşemesi altında gürültülü üretim işlemlerinin yer alması durumunda tavandan olan yansımalar nedeniyle üretim alanının bu bölümünde gürültü düzeyinde artış ortaya çıkabilir,
- Asma kat döşemesi altından yansıyan seslerin asma kat gerisinde düzenlenmiş hacimleri etkilemesi söz konusu olabilir,

Üretim alanı içinde asma kat planlanması durumunda göz önünde bulundurulması gereken ilkeler şunlar olabilir;

- Makine yerleşim planında, makinelerin bulunduğu veya gürültülü işlemlerin yer aldığı bölgelerde sessiz hacimleri taşıyan asma kat yapılmaması,
- Mimari planlamanın gerektirdiği özel durumlarda asma katı taşıyan döşemenin yeterli ses geçiş kaybı sağlaması ve gerekli durumlarda ses geçiş kaybını artırıcı önlem alınması,
- Asma kat altından olan yansımaların etkisini azaltabilmek için döşeme altında ses yutucu gereç kullanılması,



Şekil 4.20 Asma kat uygulanması durumunda alınabilecek önlemler.



Şekil 4.21 Üretim yapısının çok katlı olmasında iki temel durum.

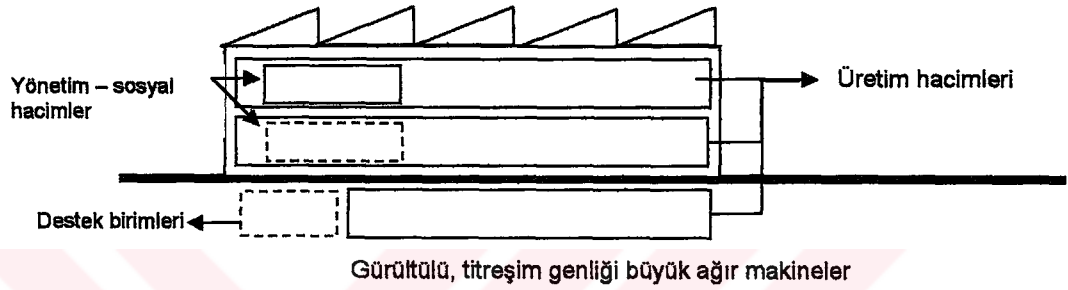
Yönetim – sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin şekildeki gibi üretim alanı ile düşeyde bir araya gelmesi, sessiz hacimlerin gürültüden etkilenmesinde olumsuz durumlar ortaya koyabilir. Yönetim – sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üst katta planlanması, sessiz hacimlerin gürültüden korunması açısından tercih edilebilir. Ancak, gürültüsüz üretim işlemlerinin söz konusu olduğu durumlarda hacme çatı ışıklıklarından günışığı sağlamak amacıyla üretim hacmi üst katta planlanabilir.

Üretim hacminin yönetim – sosyal hacimlerle düşeyde bir araya gelmesi durumunda göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler ;

- Gürültülü üretim işlemlerinin sessiz yapı bölümlerinden düşeyde ayrılması,
- Taşıyıcı sistem tasarımında döşemenin yeterli ses geçiş kaybı sağlayabilecek kalınlıkta ve özellikle olmasının sağlanması,
- Üretim hacminin üst katta yer alması durumunda, döşemenin ses geçirmezlik özelliklerinin yanında yeterli darbe yalıtımı sağlaması,
- Üretim alanında ortaya çıkan gürültünün katlar arasında yayılarak sessiz yapı bölümlerini etkilemesine neden olabileceği için katlar arasında galeri oluşturulmaması,
- Açık merdivenlerin üretim alanında ortaya çıkan gürültülerin sessiz yapı bölümlerine yayılmasına neden olabileceği için, merdivenlerin üretim hacmine açılan sessiz yapı bölümlerinden uzakça ve merdiven evleri içinde kapalı olarak tasarlanması,
- Gürültülü üretim işlemlerinin yer aldığı hacimlerde gürültüyü azaltmaya yönelik önlemler alınması,

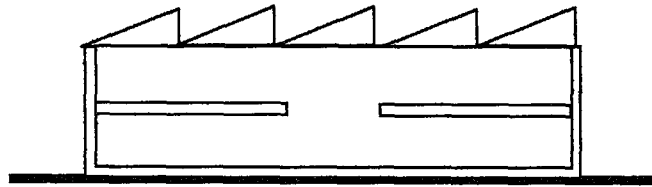
- Gürültülü üretim işlemlerinin yer aldığı hacimlerde yapı strüktürü aracılığı ile yayılabilecek gürültülere karşı gerekli önlemlerin alınması,
- Gerekli durumlarda yönetimle ilgili sessiz olması önem taşıyan birimlerin cidarlarında ses geçiş kaybını artırıcı önlemler alınması,
- Yönetimle ilgili sessiz olması önem taşıyan birimlerin, yapı taşıyıcı sistemi aracılığı ile yayılan gürültü ve titreşim etkisinden koruması için yapı taşıyıcı sisteminde gerekli önlemlerin alınması,

olarak sıralanabilir.



Şekil 4.22 Üretim hacminin katlara dağılması.

Üretim hacminin farklı katlara dağılması durumunda gürültülü işlemlerin ve özellikle döşemede darbe etkisi oluşturan veya titreşim genliği büyük ağır makinelerin zemin veya bodrum katta planlanması, üretim sırasında ortaya çıkan gürültülerin yapı genelini daha az etkilemesini sağlar. Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin planlanmasında bunların gürültülü işlemlerden yatayda ve düşeyde olabildiğince ayrılmasına çalışılmalıdır. Tasarım anlayışına bağlı olarak yönetim ve sosyal işlevler bir arada planlanabileceği gibi ayrı yapı bölümlerinde de planlanabilir. Bu durumda, yönetimle ilgili hacimlerin görece gürültüsüz işlemlerin gerçekleştirildiği bir katta toplanması tercih edilmelidir.



Şekil 4.23 Üretim hacminde galeri oluşturulması.

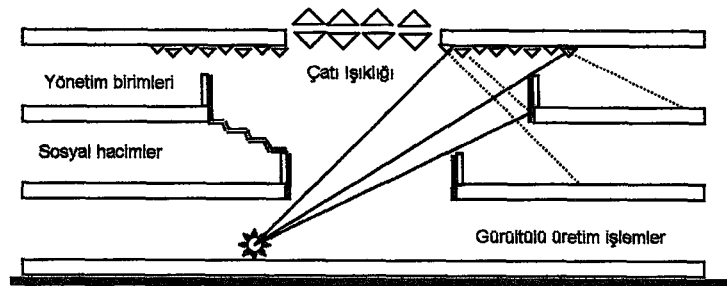
Üretim hacimleri arasında galeri oluşturulması, gürültünün katlar arasında yayılmasına neden olarak sessiz yapı bölümlerinin gürültüden etkilenmesine neden olabilir. Bununla beraber yapı içinde katlar arasında galeri oluşturulması gürültü konusunu olduğu kadar, havalandırma, günışığı gereksinimi, katlar arasında görsel ilişki kurulması gereksinimi gibi konuları da ilgilendirdiğinden üretim hacminin tasarımında optimum yararlar gözetilerek karar verilmelidir.

Katlar arasında galeri oluşturulması düşünülüyorsa dikkat edilmesi gereken noktalar şunlar olabilir;

- Galeri boşluğu altında ve yakın çevresinde gürültülü işlemlere yer verilmemesi,
- Gürültülü işlemlerin galerinin açıldığı ana mekandan soyutlanması,
- Galerinin engel niteliğinde bir parapet duvarı ile çevrilmesi,
- Döşeme altlarından yansıyan seslerin etkisini azaltmak için galeride kat döşemelerinin kademeli olarak geri çekilmesi,

Galeri boşluğu üzerinde bulunabilecek ışıklığın geometrik yapısı buradan yansıyabilecek seslerin katlara iletilmesinde etkili olabilir. Bu nedenle ışıklığın sesi dağıtacak nitelikte kırıklı ya da parçalı bir yapıda tasarlanması, galeri çevresindeki parapetlerin yutucu malzeme ile giydirilmesi, bu yüzeylerden yansıyabilecek seslerin etkinliğini azaltır.

Üretim hacimleri arasında galeri tasarlanması bir taraftan gürültünün katlar arasında yayılmasına neden olarak olumsuz bir durum oluştururken diğer kat düzeylerinde tavan yüzeylerinde yutucu sanal alanlar oluşturarak hacim yutuculuğunun arttırılmasına katkıda bulunur.



Şekil 4.24 Üretim alanında galeri boşluğunun gürültünün yayılmasındaki etkisi.

4.2.2 Yönetim - Sosyal İşlevlerin Üretim Hacminden Ayrı Planlanması

Yönetim - sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üretim hacminin bulunduğu yapı dışında, ayrı taşıyıcı sistem içinde bağımsız yapı veya yapılar olarak tasarlanması, bu hacimlerin üretim hacminde ortaya çıkan gürültülerden korunması yönünde etkili bir yaklaşım sunar. Yönetim – sosyal işlevlerin üretim hacmi dışında bağımsız yapı / yapılar içinde tasarlanmasında ;

- Yönetim ile ilgili sessiz olması özellikle önem taşıyan hacimlerin üretim hacminden ayrılarak bağımsız bir yapıda tasarlanması, ancak sosyal işlevlerin üretim hacmi ile aynı yapıda tasarlanması,
- Yönetim ile ilgili hacimlerle beraber sosyal işlevlerle ilgili sessiz olması istenen bazı hacimlerin (yemekhane, kantin, dinlenme hacimleri gibi) üretim hacminden ayrılarak yönetim birimleriyle birlikte aynı yapıda tasarlanması,
- Yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacminden bağımsız iki ayrı yapıda tasarlanması, gibi üç temel durum söz konusu olabilir.

Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üretim hacminden ayrı bağımsız yapılarda tasarlanması durumunda, üretim hacminde üretim sırasında ortaya çıkan gürültülerin sessiz alanları etkilemesi durumu ortadan kalkar veya güçleşir. Bu nedenle, yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacminden ayrı bağımsız iki ayrı yapıda tasarlandığı durum; yönetim birimlerinin üretim hacminden ve sosyal işlevlerden kaynaklanan gürültülerden, sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin ise üretim hacminden kaynaklanan gürültülerden korunduğu, gürültü açısından optimum yaklaşımı oluşturur. Bu durumda yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili yapıların gürültüden etkilenmesinde, bu yapıların üretim hacmine göre uzaklıklarının yanı sıra üretim hacmini saran yapı kabuğunun ses geçiş kaybı önem kazanır.

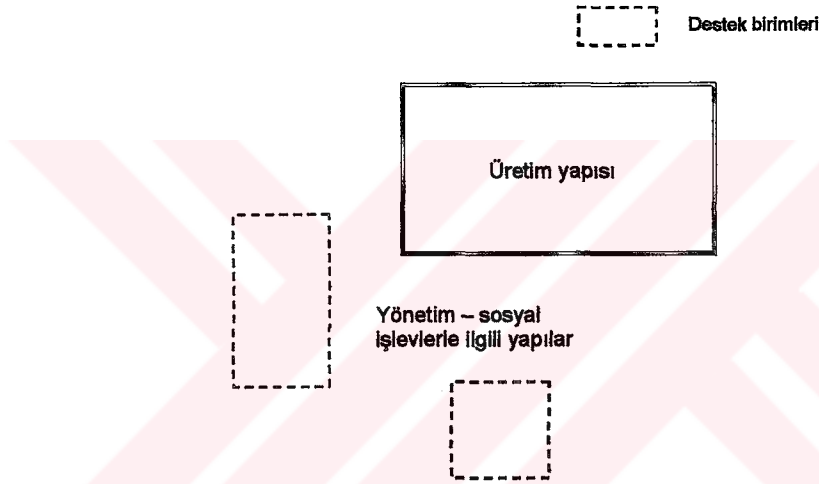
Gürültüden korunması önem taşıyan yönetim ile ilgili bazı hacimleri üretim hacminin dışında yönetim yapısı içinde toplamak veya belli sosyal hacimleri üretim yapısı dışında tasarlamak, bu hacimlerin gürültüden korunmasını sağlar. Bununla birlikte yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin bir bölümü ve genellikle gürültüden etkilenmesi önem taşımayan soyunma – duş – wc gibi servis hacimler üretim yapısı içinde planlanabilir.

Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üretim hacmi dışında bir arada planlandığı durumda yemekhane, spor salonu gibi hacimlerden kaynaklanan gürültülerin yönetimle ilgili

_sessiz olması gereken hacimleri etkilemesine karşı, mekanların yapı genelindeki yerleşimi ve yapı elemanlarının ses geçirmezlik özellikleri yönünden yeterli önlem alınması sağlanmalıdır.

Üretim yapısı ile yönetim ve sosyal işlevlerin bulunduğu yapı veya yapıların birbirleri ile olan ilişkilerinde şu temel durumlar ortaya çıkabilir :

- Yönetim ve sosyal işlevlerin bulunduğu yapı veya yapılar üretim yapısı ile ilişkili olarak planlanabilir,
- Yönetim – sosyal işlevlerin yer aldığı yapı veya yapılar üretim yapısından ayrı, bağımsız yapı veya yapılar olabilir.



Şekil 4.25 Yönetim ve sosyal işlevlerin üretim hacminden ayrı bağımsız yapı / yapılarda toplanması.

Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üretim yapısından ayrı, bağımsız yapı / yapılar içinde planlanmaları, ancak üretim yapısına yakın olarak konumlandırılmaları durumunda, bunların gürültüden etkilenmesinde üretim hacminde gürültü düzeylerini düşürmeye yönelik önlemlerin yanı sıra üretim hacmini kapsayan yapı kabuğunun ses geçiş kaybı önem kazanır.

Üretim hacmine hizmet eden destek birimlerinin yapı dışında planlanması durumunda arsa üzerinde yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili yapıyı / yapıları etkilemeyecek bir konumda yerleştirilmesine, yapı içinde planlanmasının gerektiği durumlarda ise bodrum katlarda yer verilmesine çalışılmalıdır.

Yönetim ve sosyal alanların üretim hacmi dışında planlanmalarında şu temel durumlar söz konusu olabilir:

- Yönetim ve sosyal alanların aynı yapı içinde ve aynı katta planlanması,
- Yönetim ve sosyal alanların ayrı yapılarda planlanması.

4.2.2.1 Yönetim - Sosyal İşlevlerin Üretim Hacmi ile İlişkili Olarak Tasarlanması

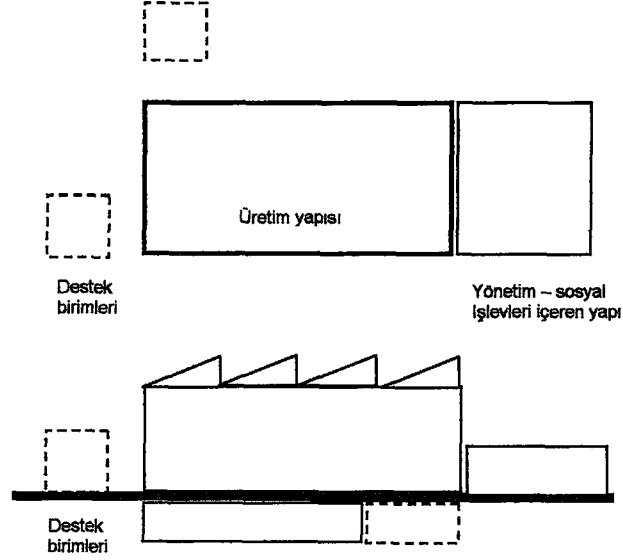
Üretim hacminden bağımsız olarak tasarlanan yönetim ve sosyal işlevlerin yer aldığı yapı / yapıların üretim hacmi ile ilişkili olarak tasarlanması durumunda yönetim – sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin bu gürültülerden etkilenme durumu ortaya çıkabilir. Bu durumda soyunma – duş – wc, mutfak, depo gibi servis hacimlerine üretim hacmi tarafında yer verilmesi, yönetimle ilgili sessiz olması önem taşıyan hacimlerin ise üretim hacminin olmadığı yapı bölümünde planlanması tasarım sürecinde gürültüden korunma açısından alınabilecek kararlar arasındadır.

Üretim hacmi genelinde yüksek düzeyli gürültülerin söz konusu olduğu durumlarda, üretim hacminin yapı kabuğunun bütününde veya yönetim – sosyal alanları içeren yapı kabuğunda ses geçiş kaybını artırıcı önlemler alınması gerekebilir.

Yönetim ve sosyal alanların üretim hacmi ile ilişkili olarak tasarlanması durumunda mimari tasarım – gürültü ilişkisi bağlamında göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler;

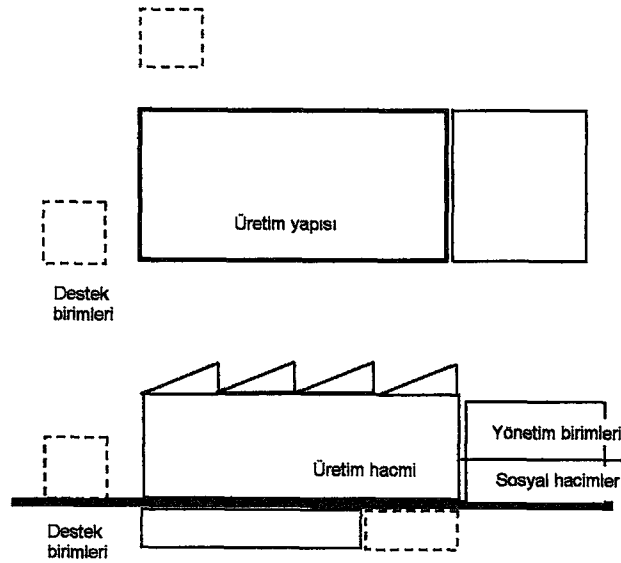
- Yönetim – sosyal işlevlerle ilgili yapıların üretim yapısı ile bitişik olarak tasarlanması durumunda bunların taşıyıcı strüktürlerinin birbirinden yalıtılması, aynı çatı sistemi altında yer aldıkları durumda yapıların birleşim düzlemi içinde çatı sistemlerinin de birbirinden yalıtılması,
- Üretim hacminde gürültü düzeylerinin yüksek olduğu durumlarda üretim hacmini kapsayan yapı kabuğunun yeterli ses geçiş kaybı sağlayacak biçimde tasarlanması,
- Yapı kabuğu bütününde yeterli ses geçiş kaybı sağlanmasının ekonomik olmadığı durumlarda üretim hacminin yönetim ve sosyal işlevleri içeren yapı tarafında yer alan cidarda ses geçiş kaybını arttırmaya yönelik önlem alınması,
- Sessiz hacimlerin bulunduğu yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili yapı / yapılarda yapı kabuğunun ses geçiş kaybının arttırılması,
- Yönetimle ilgili sessiz hacimlerin çatı kotu üzerinde planlandığı durumlarda çatı cidarının yeterli ses geçiş kaybı sağlaması ve

çatıda yer alan ışıklıklarının diğer yönde açılmasının sağlanması, olarak sıralanabilir.



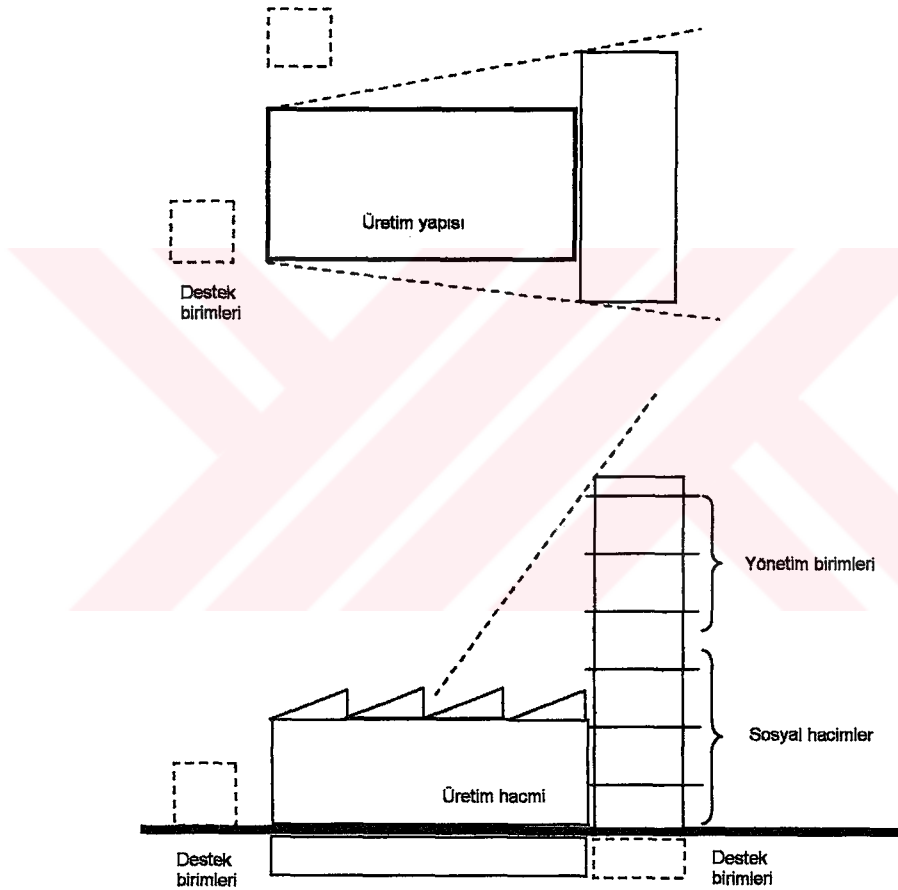
Şekil 4.26 Yönetim – sosyal işlevlerin aynı katta planlanması .

Yönetim ve sosyal işlevlerin aynı katta planlanması durumunda; soyunma – duş – wc, mutfak, depo gibi servis hacimlerinin üretim yapısı ile sessiz olması önem taşıyan hacimler arasında tampon bölgeler olarak planlanması, yönetimle ilgili sessiz hacimlerin üretim hacminin yer almadığı yönde planlanması gürültüden korunma açısından olumlu bir yaklaşımdır.



Şekil 4.27 Yönetim ve sosyal işlevlerin ayrı katlarda planlanması.

Yönetim ve sosyal işlevlerin ayrı katlarda planlanması durumunda, planlamaya bağlı olarak yönetimle ilgili hacimlerin gürültüden etkilenme durumu ortaya çıkabilir. Bu nedenle, üretim hacmini kapsayan yapı kabuğunun yeterli ses geçiş kaybı sağlayamadığı durumlarda, yönetim ve sosyal alanlarla üretim hacmini ayıran cidarın yeterli ses geçiş kaybı sağlaması gerekir. Üretim hacminin yönetim ve sosyal işlevleri içeren yapı yönündeki cidarına yüksek düzeyli gürültünün etki etmesinin beklendiği durumlarda, bu bölgede depo ve benzeri hacimlerden tampon bölgeler oluşturulması veya cıdarda ses geçiş kaybını arttırıcı önlemler alınması düşünülmelidir.

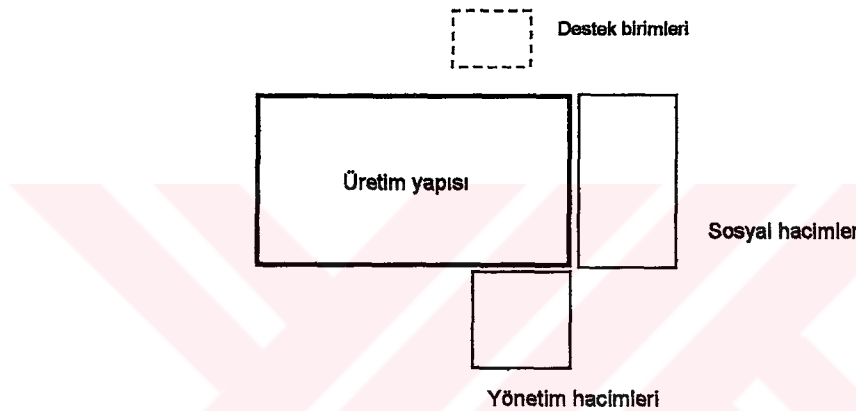


Şekil 4.28 Yönetim ve sosyal işlevlerin yüksek bir yapıda toplanması. (Sözen, Ş., M., 2003)

Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili hacimlerin üretim hacmi ile ilişkili yüksek bir yapı olarak tasarlandığı durumda sosyal alanlarla ilgili hacimlerin alt katlarda, yönetimle ilgili hacimlerin ise üst katlarda planlanması, işlevsellik yönünden olduğu kadar, yönetimle ilgili sessiz hacimlerin gürültüden daha az etkilenmesi açısından da uygundur. Bu durumda, yönetim ve sosyal işlevlere hizmet eden destek birimleri aynı yapının bodrum katında planlanabilir.

Yönetim ve sosyal alanlarla ilgili yüksek yapının yeterli yükseklikte ve uzunlukta olması durumunda, önündeki alanı belli oranda akustik gölge altında bırakması söz konusu olabilir. Bu durumda arsa içinde sessiz olması istenen bazı yapı ve işlevler (lojmanlar, spor alanları vb.) bu bölge içinde planlanabilir.

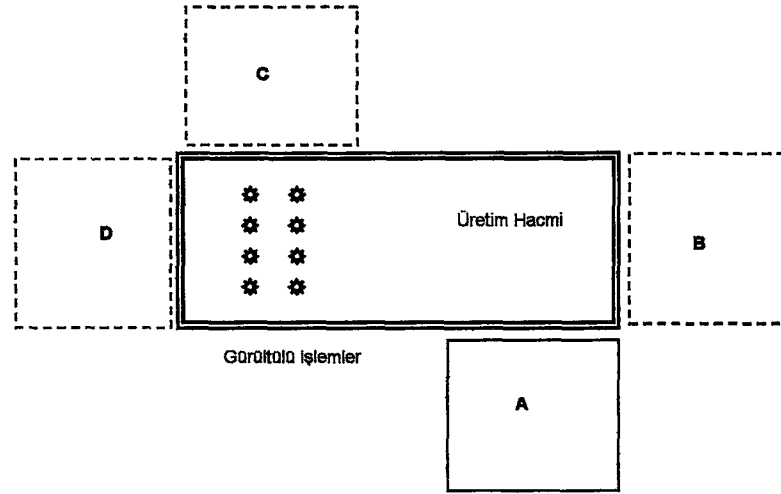
Üretim hacminde yüksek düzeyli gürültülerin söz konusu olması durumunda, üretim hacmini saran yapı kabuğunun tasarımında özellikle çatı alanının yeterli ses geçiş kaybı sağlaması için uygun çatı cidarının oluşturulması önem taşır. Çatı ışıklıklarının yönetim ve sosyal alanları içeren yapıya zıt yönde açılmasına çalışılmalıdır.



Şekil 4.29 Yönetim birimlerinin sosyal hacimlerden ayrılması.

Yönetim ve sosyal işlevlerin ayrı yapılarda tasarlanması durumunda, yönetim yapısının üretim hacminin görece gürültüsüz bölümleri ile ilişkilendirilmesi gerekir. Destek birimlerinin yapı dışında planlandığı durumlarda, bunlara üretim yapısının diğer tarafında yer verilerek yönetimle ilgili hacimlerin gürültüden korunması sağlanabilir. Destek birimlerinin yapı içinde yer alması gereken durumlarda ise sosyal hacimlerle bağlantılı servis hacimlerinin altında bodrum katta planlanması düşünülebilir.

Şekil 4.29'da yönetim ve / veya sosyal işlevlerle ilgili hacimleri barındırabilecek bir yapının, örnek bir makine yerleşim düzeni içeren üretim hacmi ile ilişkisi dört farklı biçimde kurulmuştur. Bu yapının üretim hacmi ile ilişki kurduğu yapı bölümüne bağlı olarak gürültüden etkilenmesinde birbirinden ayrı durumlar söz konusu olabilir. A ve B durumu, sessiz olması istenen yapının gürültüden korunması açısından olumlu, C ve D durumu ise olumsuz yerleşim durumunu oluşturur.

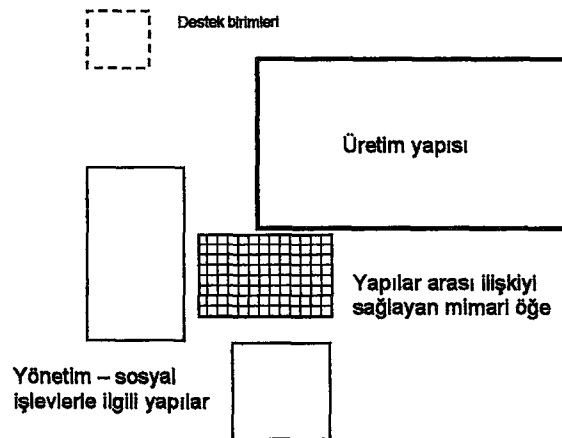


Şekil 4.30 Yönetim yapısının üretim hacminin farklı bölgeleri ile ilişkilendirilmesi.

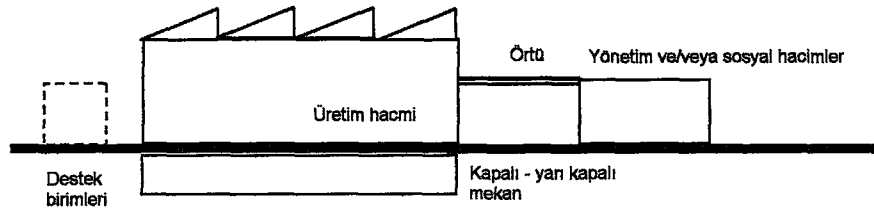
4.2.2.2 Yönetim – Sosyal İşlevlerin Bağımsız Yapılar Şeklinde Tasarlanması

• Yönetim – sosyal işlevlerin üretim hacmi ile organik ilişki içinde tasarlanması

Yönetim ve sosyal hacimleri gürültünün etkisinden koruyabilmek, aynı zamanda yönetim ve sosyal işlevlerin üretim yapısı ile ilişkisini organik bir biçimde sağlayabilmek için yönetim ve sosyal alanları içeren yapı veya yapılar, arada bağlayıcı bir mimari öge (açık avlu, kapalı-yarı kapalı mekan, köprü vb.) olmak koşuluyla üretim hacminden belli bir uzaklıkta planlanabilir.



Şekil 4.31 Yönetim ve sosyal alanların üretim hacmi ile organik ilişkisinin kurulması
(Şerefhanoglu, S., M., 2003)

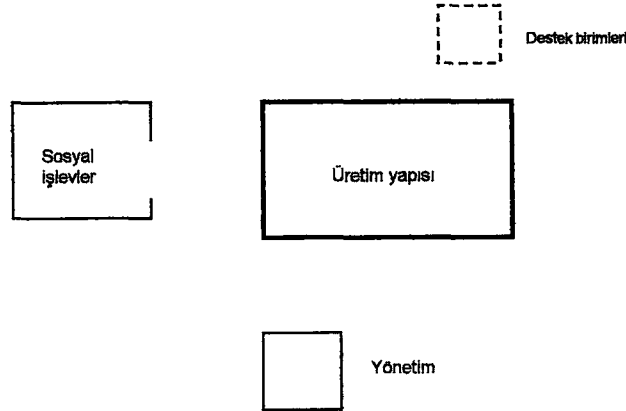


Şekil 4.33 Üretim yapısı ile yönetim – sosyal işlevleri içeren yapının ilişkilendirilmesine bir örnek. (İlgürel, N., 2003)

Üretim hacmi ile yönetim - sosyal işlevleri içeren yapılar arasında kapalı veya yarı kapalı bir mekan oluşturulması ya da bu yapıların bir köprü aracılığı ile bağlanması gürültü açısından farklı durumlar ortaya koyabilir. Bu bölgede kapalı veya yarı kapalı bir mekan oluşturulması durumunda, üretim hacmi ile yönetim - sosyal işlevleri içeren yapı / yapılar arasında gürültünün sessiz hacimlere doğrudan ulaşamayacağı denetimli bir ilişki sağlanması düşünülmelidir. Kapalı veya yarı kapalı ortam koşullarında üretim hacminden kaynaklanan gürültünün artış gösterebileceği göz önünde bulundurularak bu bölgede akustik açıdan daha konforlu bir mekan oluşturabilmek için ses yutucu malzeme kullanılması gibi önlemler ele alınmalıdır. Ayrıca, iki yapıyı birbirine bağlayan strüktürün, üretim hacminde ortaya çıkan ve taşıyıcı sistem aracılığı ile yayılan gürültüyü yönetim – sosyal alanları içeren yapılara taşıyabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bakımdan, yapıları birbiri ile ilişkilendiren strüktürün her iki yapıda taşıyıcı sistemle birleştiği bölgelerde yalıtılmaları, üretim hacminde ortaya çıkan ve taşıyıcı strüktüre geçen gürültü ve titreşimlere bağlı olarak gerekli duruma gelebilir.

Yapılar arasındaki ilişkinin bir köprü aracılığı ile kurulduğu durumlarda da köprü strüktürünün yapı taşıyıcı sisteme oturduğu bölgelerde titreşime karşı taşıyıcı sistemden yalıtılması düşünülmelidir. Yapılar arası ilişkinin kapalı köprüler aracılığı ile sağlandığı durumda ise, duruma göre köprünün tek boyutlu ortam özelliğini ortadan kaldırmak için iç yüzeylerinin yutucu malzeme ile giydirilmesi gerekli olabilir.

• **Yönetim – sosyal işlevlerin ayrı yapılarda tasarlanması.**



Şekil 4.34 Yönetim – sosyal işlevlerin bağımsız yapılarda bulunması.

Bu planlama biçimi yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili sessiz hacimlerin üretim hacminden kaynaklanan gürültüden korunması açısından en olumlu durumu ortaya koyar. Bu işlevler ayrı yapılarda yer alabileceği gibi tek bir yapıda da toplanabilir. Yönetim ve sosyal işlevlerin bulunduğu yapı veya yapıların üretim hacmine göre konumları gürültüden etkilenmeleri konusunda belirleyici olur. Sessiz olması en çok önem taşıyan hacimlerin üretim yapısının bulunmadığı yönde planlanması bunların gürültüden en az derecede etkilenmelerini sağlar. Yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili yapıların üretim hacmine yakın olduğu durumlarda, üretim hacminin yapı kabuğunun sağladığı ses geçiş kaybı sessiz hacimleri etkileyecek gürültü düzeyleri konusunda belirleyici olur. Yönetim ve sosyal işlevlere bağlı destek birimler bu yapıların bodrum katlarında uygun bir yerde planlanabilir.

4.3 Üretim Hacminin Tasarımında Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesi

Sanayi yapılarının tasarımında işyeri düzeni, üretimin gerçekleştirildiği fiziksel birimlerin yatay ve düşeydeki yerleşim düzenini belirler. Bu düzen sanayi yapısının üretim alanının tek bir düzlemde ya da birden çok düzlem üzerinde yerleşeceğini gösterir. Yatayda ve düşeyde üretimle ilgili birimlerin birbirleri ile ilişkisi tanımlandıktan sonra bunların mekansal olarak kurgulanması ve ilişkilendirilmesi tasarım verileri çerçevesinde gerçekleşir. İşyeri düzeninin ve üretimle ilgili diğer belirleyici etmenlerin gerektirdiği mekansal kurgu değişik sanayi kollarında birbirinden çok ayrı olabilir. Bu ayrım üretim alanının yerleşim düzeninde ve birimlerin üretim alanı içindeki organizasyonunda kendini gösterir.

Üretim alanı, işyeri düzenine bağlı olarak seri üretim akışına ve esnek planlama anlayışına uygun geniş bir hacim olarak tasarlanabildiği gibi değişik nitelikteki işlemlerin mekansal olarak ayrıldığı değişik büyüklükteki hacimlerin bir araya gelmesiyle de oluşabilir. Üretim alanı üretimin özelliğine bağlı olarak kimi durumlarda çok katlı olarak da tasarlanabilir. Üretim alanının birbirinden ayrı bu biçimlenişlerinde gürültü etkenine bağlı tasarımı yönlendirici özellikler değişiklik gösterebilir.

Üretim alanında gürültü kaynaklarının neden olduğu gürültüleri azaltmak konusunda alınabilecek önlemlerin sırası ile değerlendirilmesi ve mimari tasarım sürecinde, bunların hangilerinden yararlanılabileceğinin ortaya konulması gerekir. Bu önlemler planlama ile ilgili kararları içerebileceği gibi, tasarıma yön verebilecek nitelikte yapısal değişiklikler de olabilir.

4.3.1 Üretim İşlemlerinin Aynı Hacim İçinde Planlanması

Günümüzde teknolojik ilerlemenin bir sonucu olarak seri üretim anlayışının yaygınlaşması sonucu sürekli üretim akışının gerçekleştirilebileceği kesintisiz büyük hacimler önem kazanmıştır. Üretim hacminin, üretimin özelliğine bağlı olarak değişmekle birlikte, esnek planlama gereksinimi, ortaya çıkan ısı-nem, kimyasal gazlar, toz ve duman gibi atıklar nedeniyle genellikle hacimsel olarak büyük olması gerekir. Gürültülü üretim alanlarında ise, bu tür zorlayıcı nedenlerin dışında gürültü etkeni de üretim hacminin yüksek tavanlı ve hacimsel olarak büyük olmasını gerektirir.

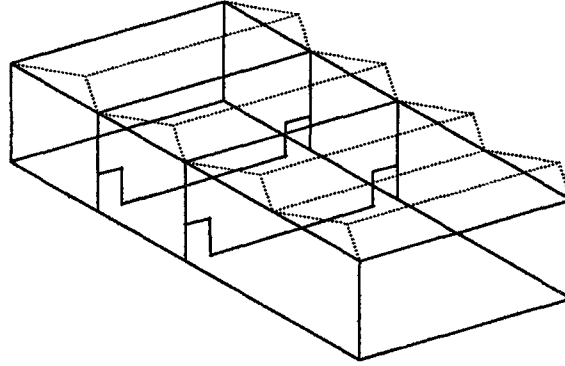
Kesintisiz üretim akışının gerçekleştiği sürekli üretim sistemlerinde üretimle ilgili bütün fiziksel birimlerin genellikle aynı hacimde toplanması uygun olurken, oluşuma göre üretim sistemlerinde ise üretimle ilgili farklı işlemlerin ayrı hacimlerde yürütülmesi tercih edilebilir.

Üretim işlemlerinin tümünün ortak büyük bir hacim içinde gerçekleştirilmesinin gürültü açısından ortaya koyacağı durumlar;

- Gürültülü üretim işlemleri sırasında ortaya çıkan gürültüler, üretim hacmi geneline yayılarak aynı hacimde bulunan çalışanların tümünü az ya da çok etkiler.
- Gürültülü işlemlerin büyük bir hacimde yer alması aynı ortalama yutuculuğa sahip küçük bir hacme oranla yansımalarla ortaya çıkan ses düzeyi artışını azaltır.

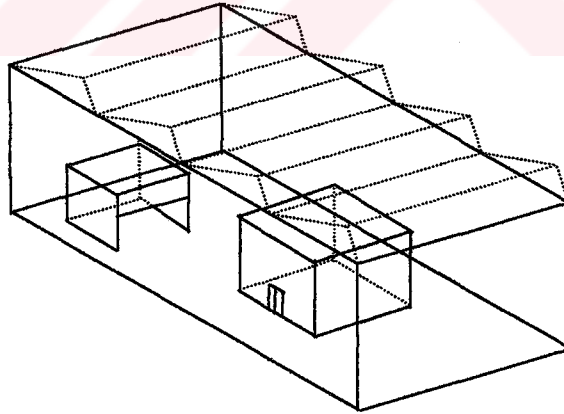
Üretim işlemlerinin tümünün ortak büyük bir hacim içinde gerçekleştirilmesi durumunda tasarım sürecinde göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler ve alınabilecek önlemler ;

- Gürültülü üretim işlemlerinin üretim hacmi genelinden ayrılması ve iş akışının izin verdiği ölçüde bunların ayrı hacimlerde planlanmaları,



Şekil 4.35 Gürültülü üretim bölgelerinin ayrılmasına bir örnek.
(Şerefhanoglu, S., M., 2003)

- Gürültülü makine ve mekanik donanımlar arasından çalışma koşulları uygun olanların üretim akışının izin verdiği ölçüde hücre veya odalar içine alınmaya çalışılması,

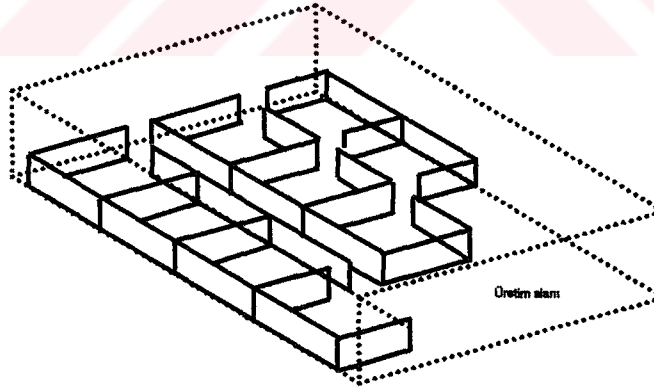


Şekil 4.36 Üretim hacmi içinde gürültülü işlemleri içeren oda hücreler.
(İlgürel, N., 2003)

Çok gürültülü üretim işlemleri, nitelikleri ve makinelerin çalışma koşulları gereği hücre içine alınamıyorsa bunların büyük birer hücre niteliğinde olan odalar içine alınması düşünülebilir. Bu odaların cidarlarının yeterli ses geçiş kaybı sağlaması gerekir. Ayrıca, odaların içinde gürültü düzeyini azaltmaya yönelik önlem alınması gerekebilir.

Bu yapıların döşemeye önemli ölçüde titreşim ileten makine veya mekanik donanımlar içerdiği durumda üretim alanının döşemesinden yalıtılarak özel temellere oturtulması uygun olur.

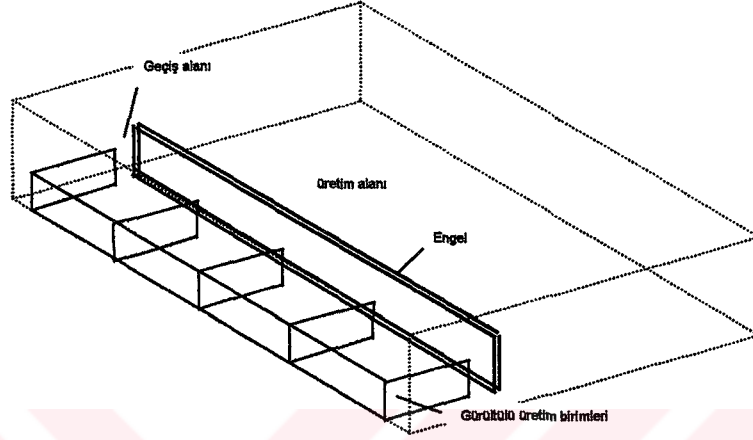
- Hücresine alınamayan makine ve mekanik donanımların kısmi hücre içine alınması veya engellerle çevrelenmesi,
- Üretim hacminin toplam yutuculuğunun artırılması (üretim alanında yayınık ses alanı içinde gürültü düzeylerinin azaltılmasını sağlar.)
- İlk yansımaların etkisini azaltmak ve hacmin iki boyutlu ortam özelliğini ortadan kaldırmak için özellikle yüksekliği az olan üretim hacimlerinde çatı-tavan kaplamasının yutucu yapılması,
- Döşemede kuvvetli darbe etkisine neden olan veya döşemeyi titreşime sokabilecek özellikte titreşim üreten ağır makine ve mekanik donanımlar için yapı taşıyıcı sisteminde önlem alınması, (Bkz. Bölüm 4.10)
- Üretim hacmi genelinde makine başında çalışan kişilerin diğer makinelerin gürültüsünden etkilenmelerini önlemek amacıyla birbiri ile doğrudan ilişkisi bulunmayan gürültülü işlemlerin, üretim akışının izin verdiği ölçüde ses yutucu malzeme giydirilmiş bölmelerle birbirinden ayrılması,



Şekil 4.37 Üretim alanı içinde gürültülü işlemlerin bölmelerle ayrılması.
(Şerefhanoglu, S., M., 2003)

- Üretim alanı içindeki dolaşım alanlarının engellerle üretim hacmi genelinden ayrılması, (esnek planlama anlayışının geçerli olduğu durumlarda sökölüp – takılabilir hareketli bölme elemanları kullanılabilir.)

- Üretim alanının görece gürültüsüz bölümlerinde mühendis ve teknisyenlere yönelik sessiz hücreler veya engellerle korunmuş görece sessiz alanlar oluşturulması,
- Üretim hacminde döşemede ortaya çıkabilecek katı doğuşlu gürültülerin üretim alanı genelini etkilemesini önlemek amacıyla taşıyıcı sistemde uygun bölgelerde süreksizlik oluşturulması,



Şekil 4.38 Gürültülü üretim birimlerinin bölmelerle birbirinden ve hacim genelinden ayrılması. (İlgürel, N., 2003)

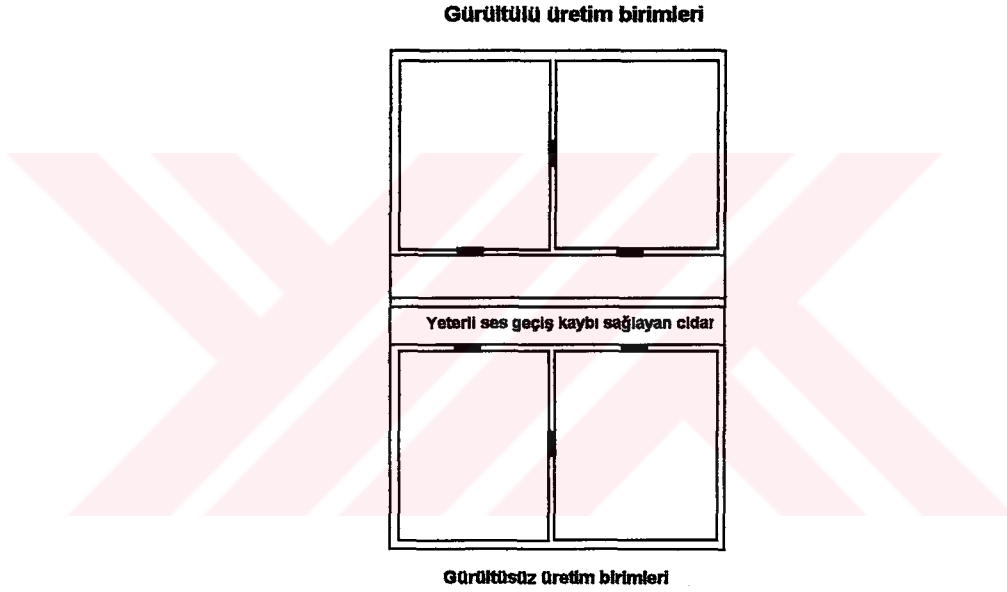
4.3.2 Üretim İşlemlerinin Ayrı Hacimlerde Planlanması

Üretime hizmet eden üretim işlemlerinin bir bölümünün veya tümünün bağımsız hacimlerde planlanması durumunda gürültülü işlemlerden kaynaklanan gürültüler üretim alanı genelini daha az etkiler. Bununla beraber gürültülü işlemlerin yer aldığı hacimlerin üretim alanı içindeki yeri, hacim cidarlarının ses geçiş kaybı gibi planlama ve yapım özellikleri gürültünün diğer hacimleri etkilemesi konusunda belirleyici olur. Gürültülü işlemlerin yer aldığı hacimlerde gürültü düzeylerini azaltmaya yönelik önlemler almak gerekebilir.

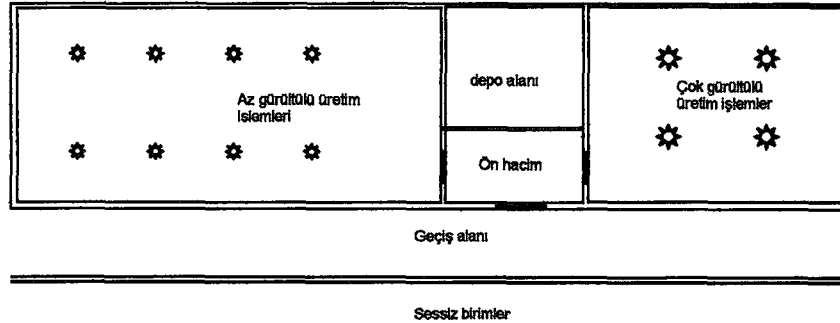
Gürültülü işlemlerin bulunduğu hacimlerin üretim alanı içinde planlanmasında göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler ;

- Gürültülü işlemlerin bulunduğu hacimlerin üretim alanı genelinde planlanmasında yönetim – sosyal alanların yer aldığı yapı bölümlerinden uzakta planlanması,
- Üretim alanında gürültülü üretim birimlerinin yatayda ve düşeyde bir araya getirilmeye çalışılması, bu birimler ile sessiz olması istenen hacimlerin ayrılması,

- Gürültülü üretim hacimleri ile sessiz olması istenen hacimler ve gürültüsüz üretim hacimleri arasında depo ve benzeri hacimlerden yararlanılarak tampon bölgeler oluşturulması,
- Gürültülü işlemlerin yer aldığı hacimlerin hacimsel olarak büyük ve yüksek tavanlı mekanlar olarak tasarlanması,
- Gürültülü işlemleri içeren hacimlerin üretim alanının merkezi bölümlerinde planlanmasından kaçınılması,
- Gürültülü işlemlerin gürültü düzeyleri ve gürültünün sürekliliği yönünden değerlendirilerek birlikte veya ayrı hacimlerde planlanmasına yönelik karar verilmesi, olarak sıralanabilir.



Şekil 4.39 Gürültülü ve gürültüsüz üretim birimlerinin ayrılmasına bir örnek.

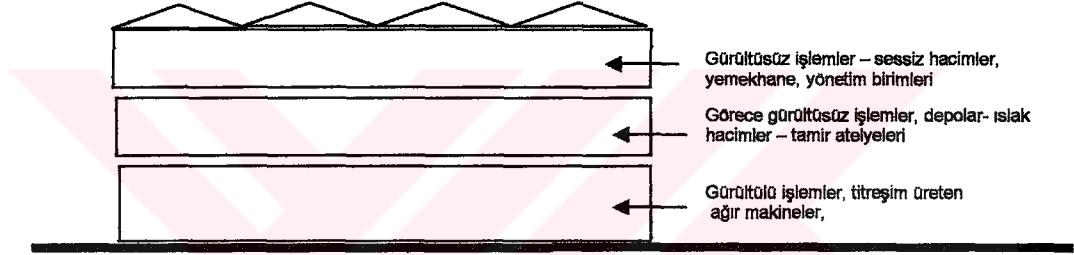


Şekil 4.40 Üretim hacimlerinin birbirinden ayrılmasında tampon hacimlerden yararlanılmasına bir örnek.

Şekil 4.40'da gürültülü üretim birimlerine bir ön hacim aracılığı ile ulaşılması ortak geçiş alanının gürültüden korunmasını sağlamıştır. Ayrıca, ön hacim ve depo alanı, gürültü durumları farklı üretim hacimleri arasında tampon bölge oluşturur.

- **Üretim işlemlerinin üretim yapısı içinde ayrı katlarda planlanması**

Birbirinden ayrı nitelikteki üretim işlemlerinin söz konusu olduğu veya yapı alanının sınırlı olduğu durumlarda üretim alanı ayrı kat düzeylerinde planlanabilir. Üretim ile ilgili değişik birimlerin ayrı katlarda planlanmasında gürültü etkeni de planlamayı yönlendirici bir ölçüt olmalıdır. Planlamada üretim işlemlerinin ayrı kat düzeylerine dağıtılması düşünülüyorsa gürültülü işlemler belli bir katta toplanarak yatayda taşıyıcı sistem aracılığı ile yayılan gürültünün sessiz hacimleri etkilemesi önlenmelidir.



Şekil 4.41 Üretim işlemlerinin farklı kat düzeylerine dağılımında gürültü etkeninin değerlendirildiği bir örnek.

4.4 Üretim Hacminin Mimari Özelliklerinin Hacim İçi Gürültü Ortamına Etkisi

Üretim hacmi içindeki gürültü ortamı, alıcının bulunduğu konuma göre değişebilen gürültü düzeylerini ve gürültü karakterini (tayfsal yapı, zaman içindeki değişim durumu, impulsif karakterli olması vb...) anlatır. Üretim hacminde üretime geçildikten sonra oluşacak gürültü ortamı, makinelerin konumuna, ses güçlerine, doğrultululuk özelliklerine, tayfsal yapılarına olduğu gibi üretim hacmini sınırlayan yüzeylerin ses ile ilgili fiziksel özelliklerine de bağlı olarak ortaya çıkar.

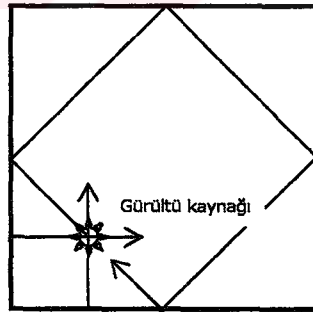
Bu bağlamda, üretim hacmini sınırlayan cidarların gereçsel özelliklerinin belirlenmesinde üretimin özelliğine bağlı olarak ortaya çıkması öngörülen gürültü düzeyleri dikkate alınmalı, hacim yutuculuğunun arttırılması gereken gürültü düzeylerinin yüksek olduğu durumlarda hacim içinde ek yutucu gereç kullanılması için mimari tasarım sürecinde gerekli

düzenlemeler yapılarak yapı tamamlandıktan sonra bu gereçlerin yerinde uygulanabilmesi için uygun alt yapı hazırlanmalıdır.

4.4.1 Üretim Hacminin Biçimsel Özelliklerinin Gürültü Ortamına Etkisi

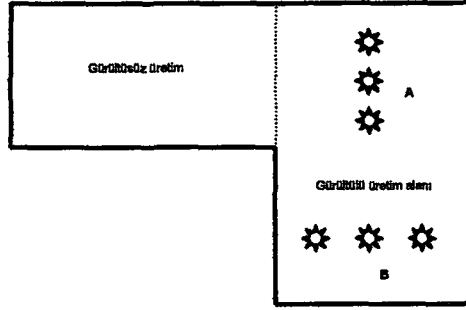
Üretim hacminin biçimsel özelliklerinin üretim hacmi içindeki gürültü ortamına etkisi, hacmi sınırlayan yüzeylerin bütününe oluşturduğu geometrik yapıya bağlıdır. Bu geometrik yapı genellikle asal geometrik biçimlerden olan dikdörtgenden veya dikdörtgenlerin değişik kombinasyonlarda bir araya gelmesinden oluşur. Üretim hacmi üç boyutlu bir geometrik yapı olduğu için üçüncü boyut olan tavan veya çatı yüksekliği ayrı bir değişken olarak önem kazanır. Üretim hacminin boyutları, üretim eylemlerinin gerçekleştirilmesi sırasında ortaya çıkması öngörülen gereksinimlere göre belirlenir. Çatı ise, tasarım aşamasında genellikle doğal aydınlatma gereksinimine göre şekillenir. Böylece, üretim hacminin geometrik yapısını, boyutlarını, çatı biçimini ve yüzey gereçlerini belirleyen etmenler hacmin akustik ortamını da belirlemiş olur.

Hacim içinde ses ışınlarının belli noktalarda kesişmesi odaklanmaya neden olarak bu noktalarda gürültü düzeyinde artışa neden olabilir. Bu nedenle odaklanmaya neden olabilecek kare, daire ve çokgen planlı hacimler üretim hacmi olarak uygun bir geometrik yapı oluşturmaz.



Şekil 4.42 Kare planlı bir hacimde yüzeylerden olan yansımaların etkisi.

Kare planlı hacimlerde özellikle gürültü kaynaklarının köşe birleşimlerine yakın konumlandırıldığı durumda ses ışınlarının odaklanması sonucu olumsuz durumlar ortaya çıkabilir.



Şekil 4.43 Gürültü kaynaklarının yerleştirilmesinde üretim hacmi geometrisinin değerlendirilmesi.

Şekil 4.43'deki gibi L biçiminde bir üretim hacminde gürültülü makinelerin iki ayrı biçimde yerleştirilebileceği kabul edilirse, A'daki yerleşim düzeni hacmin bütününe gürültü etkisi altında bırakırken B'deki yerleşim düzeni, gürültüsüz üretimlerin gerçekleştiği alanı belli oranda gürültünün etkisinden korumaktadır.

Üretim hacmi olarak uygun bir akustik ortam oluşturmayan hacim tipleri aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- Boyu enine göre oransız bir biçimde uzun olan üretim hacimleri;
 - Birbirine yakın paralel yüzeylerden olan karşılıklı yansımalar etkili olur.
 - Hacim tek boyutlu ortamlarda olduğu gibi gürültünün azalmaya uğramadan iletilmesine neden olur.

Üretim akışının bu tür bir üretim hacminin tasarlanmasını gerektirdiği durumlarda alınabilecek önlemler :

- Gürültünün hacim içinde iletilmesini önlemek amacıyla hacmin belli aralıklarla bölünmesi,
 - Hacmin karşılıklı paralel yüzeylerinin sesi yutucu / dağıtıcı özellikte gereçlerle kaplanması,
- Tavan veya çatı yüksekliğinin hacim boyutlarına göre oransız biçimde az olduğu üretim hacimleri ;
 - Tavandan veya çatı altından olan yansımalar etkilidir.
 - Hacim iki boyutlu ortam gibi davranarak gürültünün hacim içinde azalmaya uğramadan iletilmesine neden olur.

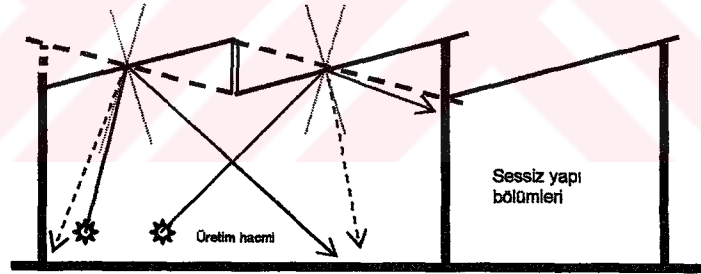
Üretim hacminin üçüncü boyutta yeterli yüksekliğe sahip olması özellikle gürültülü üretim hacimleri için önem taşır. Alçak tavanlı üretim hacimlerinde alınabilecek önlemler :

- Tavanın sesi yutucu / sesi dağıtıcı özellikte malzemelerle giydirilmesi,
- Tavandan ses yutucu panolar sarkıtılması,

Üretim hacminin üçüncü boyutta yeterli yüksekliğe sahip olması özellikle gürültülü üretim hacimleri için önem taşır. Ayrıca, üretim hacmini örten çatı altından yansıyan sesler çatı biçimine bağlı olarak hacimde belli bölgelerde gürültü düzeyinde artışa neden olabilir. Bu nedenle çatı geometrisi üretim hacminin tasarımı aşamasında ilk yansımalar yönünden etüt edilmeli ve çatı alanının yeterli yutuculukta olması sağlanmalıdır.

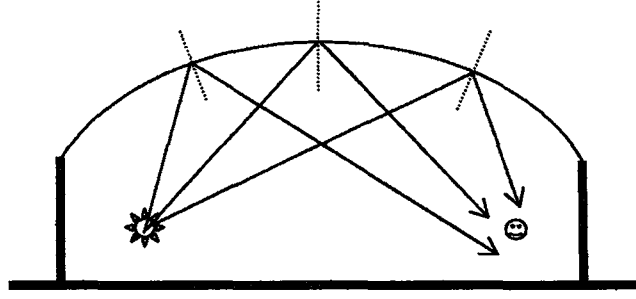
• Çatı Biçiminin İlk Yansımalar Yönünden Değerlendirilmesi

Sanayi yapılarında üretim hacmini örten çatının biçimlenmesinde hacme günışığı sağlayan ışıklıklar önemli bir yere sahiptir. Sesi belli doğrultulara yönlendirme, ses enerjisinin belli bölgelerde toplama veya dağıtma özellikleri çatının geometrik yapısına bağlıdır.



Şekil 4.44 Çatı altından olan ilk yansımalarda çatı eğiminin etkisine bir örnek.

Şekil 4.44’de üretim hacminde gürültülü işlemlerin yer aldığı bölümde çatı eğimi iki farklı yönde uygulanmıştır. Düz çizgilerle gösterilen ilk durumda makinelerden kaynaklanan gürültü, doğrudan sessiz yapı bölümlerine ulaşmakla birlikte çatıdan olan yansımalar yoluyla da bu bölgeye yönlendirilmiştir. Kesik çizgilerle gösterilen ikinci durumda ise ses ışınlarının farklı doğrultularda kırılması ile sessiz yapı bölümlerinin çatıdan olan ilk yansımaların etkisinden korunması sağlanmıştır.



Şekil 4.45 Tonoz tipi çatı örtüsünde sesin odaklanması..

Şekil 4.45'deki gibi içbükey geometrik yapı oluşturan tonoz tipi çatı örtüleri ses enerjisinin belli bölgelerde yoğunlaşmasına neden olabilir. Bu tip çatıları oluşturan gereçlerin yeterli yutuculukta olması önem taşır.

4.4.2 Üretim Hacminin Yüzey Özelliklerinin Gürültü Ortamına Etkisi

Üretim hacmini sınırlayan yüzeylerin ses ile ilgili fiziksel özellikleri, üzerlerine düşen ses erkesini hacme ne oranda ve nasıl geri yansıttıkları (yansıtma biçimi) ile ilgili bir konudur. Üretim hacminin gereşsel özelliklerinin gürültü ortamına etkisi yüzeylerden olan yansımalar ve üretim hacminin toplam yutuculuğu yönünden ele alınabilir.

Üretim hacmi içinde yüzeylerden olan yansımalar, tavan veya çatı yüzeyinden olan yansımalar ve gürültülü makinelere yakın yüzeylerden olan yansımalar yönünden incelenebilir. Gürültülü üretim hacimlerinde çatı-tavan kaplamasında ve makinelere yakın yüzeylerde ses yutucu ve dağıtıcı özellikte gereçler kullanılması uygundur.

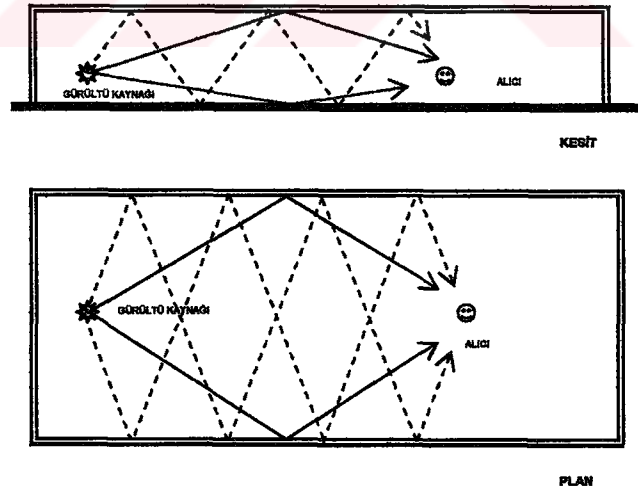
Üretim hacminde yüzeylerde kullanılması öngörülen gereçlerin ve yüzey kaplamalarının belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler ;

- Hacim içinde dengeli bir yutuculuk sağlamak amacıyla yüksek frekanslarda yutuculuk sağlayan gözenekli ve lifli malzemelerin yanı sıra titreşen levha özelliği gösteren elemanlar kullanılması,
- Makinelere ortamı yayılan gürültünün tayf özelliklerinin bilindiği durumlarda yüzeylerde kullanılması düşünülen yutucu gereçlerin belirlenmesinde, bu gereçlerin

- yutuculuk özelliklerinin makinelerin ortama yaydıkları gürültülerin tayf özellikleri ile örtüşmesinin sağlanması,
- Gürültülü üretim hacimlerinde tavan veya çatı kaplamasının yutucu yapılması, gerekli durumlarda tavan veya çatı altında ek yutucu gereçler kullanılması,
- Yutucu gereçlerin üretim hacmi içinde olabildiğince gürültülü makinelere yakın bölgelerde kullanılması,
- Hacim yüzeylerine uygulanması düşünülen malzemenin, ses yutuculuk özelliklerinin uygun olmasının yanında üretim hacmi içindeki fiziksel koşullara (ısı-nem, yağ, çeşitli kimyasal atıklar,...) uygunluğunun değerlendirilmesi,
- Döşeme kaplaması olarak üretimin özelliği de göz önünde bulundurularak yansıtıcı özellikte olmayan esnek gereçlerin tercih edilmesi,

olarak sıralanabilir.

Üretim hacimlerinde en geniş kaplanabilir kesintisiz yüzeyi oluşturan çatı alanının yutucu yapılması önem taşır. Özellikle alçak tavanlı üretim hacimlerinde tavanın veya çatı alanının sesi yutucu malzemelerle giydirilmesi, ses yutucu panolar sarkıtılması veya sesi dağıtıcı dış bükey elemanlar kullanılması uygun olur.



Şekil 4.46 Tavan – döşeme – duvar yüzeylerinden gerçekleşen yansımalar.

4.5 Üretim Hacimlerinde Yansımış Ses Düzeyinin Gürültü Ortamına Etkisinin İncelenmesi

Toplam yutuculuğun az ya da çok olması özellikle hacmin iç yüzeyleri yutma çarpanlarına bağlı olarak hacimdeki yansımış ses düzeyini etkilediği için, bu durum, hacimde ses düzeyinin koşullara göre olumlu ya da olumsuz yönde etkilenmesine neden olur. Hacimde ses düzeyinin olumsuz yönde etkilenmesi, bir başka deyişle, yansımış ses düzeyinin artmasından ötürü, konfor koşullarının bozularak gürültü sorununun ortaya çıkması, gürültü denetimi açısından özellikle ağırlık taşıyan bir konudur.

Bir hacimde gürültü ya da ses düzeyi;

- Kaynaktan gelen (Dolaysız) ses ile,
- Yansımış (Dolaylı) ses'ten

oluşur. Kaynaktan gelen ses, kaynağın hacmin içinde ya da hacmin dışında olmasına göre birbirinden ayırım gösterir. Eğer kaynak hacim içinde ise, hacimdeki gürültü düzeyi özellikle;

- Kaynak niteliğine,
- Hacmin toplam yutuculuğuna

bağlıdır. Ses kaynağının;

- Gücü,
- Tayfsal yapısı,
- Ses dağılımı

gibi özellikler, kaynağın niteliğini belirlediği için dolaysız gelen ses yönünden gürültü düzeyini etkileyen önemli etkenlerdir. Bununla birlikte;

- Kaynakla ilgili titreşimlerin katı cisimlere geçmesi,
- Kaynağın bulunduğu hacmin ufak yada büyük olması,
- Özellikle büyük hacimlerde (fabrikalar, açık planlı bürolar gibi) kaynağın yeri gibi etkenler de hacimde gürültü düzeyini etkiler.

Hacimde yansımış sesin oluşturduğu ses düzeyi, ses kaynağının gücüne ve hacmin toplam yutuculuğuna bağlı olduğu için, toplam ses yutuculuğundaki değişimler hacimdeki ses düzeyini etkiler, fakat kuramsal olarak yayınlık ses alanının olduğu hacimlerde değişik noktalarda ayırım göstermez. Yansımış ses ya da gürültü düzeyindeki azalmalar değişen toplam yutuculukların oranına bağlı olarak hesaplanabilir. (Şerefhanoglu, M., 1987)

$$GA = 10 \log A_2 / A_1 \quad (4.3)$$

GA = Gürültü (ses) düzeyinde azalma (dB)

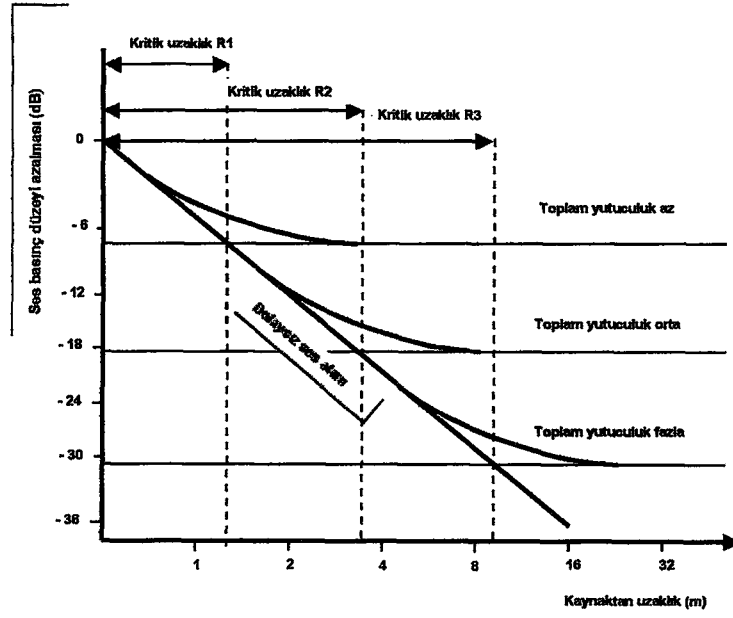
A_2, A_1 = Toplam yutuculuk (Sabine)

($A_2 > A_1$)

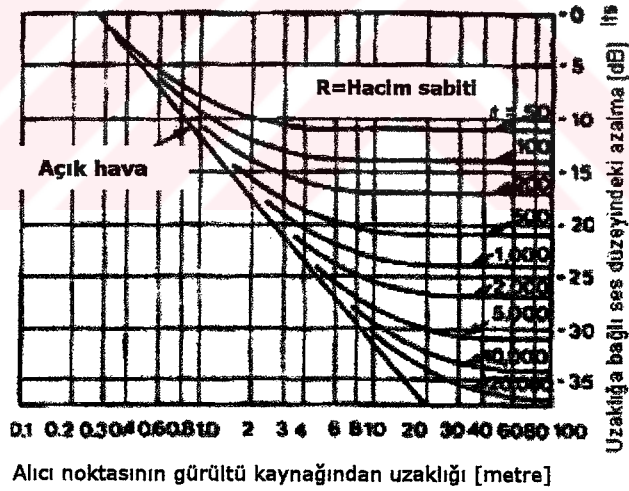
Sanayi üretimlerinin gerçekleştirildiği üretim hacimleri genellikle geniş yüzeylerin sınırladığı büyük mekanlar olduğu için bu tür hacimlerde yüzeylerin yutuculuğu önem kazanır. Üretim hacminde ortaya çıkan gürültülerin denetlenmesinde, hacmi sınırlayan yüzeylerin yutuculuğu ile ilişkili olan yansımış ses düzeyinin denetlenmesi önem taşır. Üretim hacminde yüzey yutuculuklarının belirlenmesinde makinelerin yerleşim düzeni, makinelerin kritik uzaklık sınırı içinde ve dışında bulunan çalışanların oranı, çalışanların makine başında geçirdikleri süre gibi etmenler belirleyici olmalıdır.

- **Kritik uzaklık :**

Dolaysız ses düzeyi, gürültü kaynağından uzaklaştıkça azalarak yansımış ses düzeyinin altına düşer. Dolaysız ses ile yansımış sesin düzey olarak eşitlendiği durumda gürültü kaynağından olan uzaklık, kritik uzaklık olarak tanımlanır ve R_c olarak gösterilir. Üretim hacmi içinde toplam yutuculuğun artırılması, kritik uzaklık sınırı içinde bulunan alıcı noktasında ses düzeyini azaltmaz, ancak makineye göre kritik uzaklık sınırı dışında bulunan çalışanlar için gürültü düzeyinin azalması söz konusu olabilir. Bu durumda üretim hacminde birçok makine olması ve çalışanların kendi makinelerinin kritik uzaklık sınırı içinde bulunmaları durumunda hacmin toplam yutuculuğunun artırılması bir yarar sağlamaz. (M. J. Crocker, F. M. Kessler, 1982)



Şekil 4.47 Toplam yutuculuğun artırılmasıyla birlikte dolaysız sesin etki alanının genişlemesi. (Karabiber, Z., 1988)



Şekil 4.48 Bir hacimde ses gücüne göre uzaklığın bir fonksiyonu olarak ses düzeyi değişimleri (Crocker, M., J., Kessler, F., M., 1982)

$$L_p (\text{alıcı noktasındaki ses düzeyi}) = L_w + 10 \log_{10} [1 / 4\pi r^2 + 4 / R] \quad (4.4)$$

$$R (\text{hacim sabiti}) = S \times \bar{a} / 1 - \bar{a}$$

$$S \times \bar{a} (\text{toplam yutuculuk}) = S_1 a_1 + S_2 a_2 + S_3 a_3 + \dots + S_n a_n$$

$$L_w : (\text{Ses gücü düzeyi}) 10 \log_{10} [W / 10^{-12}]$$

r : alıcı noktasından uzaklık [metre]

W : Gürültü kaynağının ses gücü düzeyi [watt]

(M. J. Crocker, F. M. Kessler, 1982)

Üretim hacmi içinde yansımış ses düzeyinin azaltılması dolaysız sesin etki alanını genişletir. Bu ise insanlar tarafından genelde yeğlenen gürültü kaynağının yerini belirleyebildiğimiz bir akustik ortam oluşturur. Üretim hacmi içinde yer alan makinelerin gürültü düzeyleri ve tayflarıyla birlikte yüzeylerde kullanılan gereçler ve yüzey kaplamalarının ses bağlı fiziksel özellikleri üretim hacmi içindeki yansımış ses düzeyini belirler. Yüzeylerin yutuculuk özellikleri değişmemek koşuluyla üretim hacminin hacimsel olarak büyümesi toplam yutuculuğu artırarak yansımış ses düzeyini azaltır.

Üretim hacminde üretime geçildikten sonra ortaya çıkması beklenen yansımış ses düzeyi, makinelerin ses güçlerine bağlı olarak belli yaklaşıklıklarla hesaplanabilir.

$$L_y (\text{yansımış ses düzeyi}) = 4W / A \quad (4.5)$$

W [watt] : makinelerin ses gücü.

A (toplam yutuculuk) = $S \times \bar{\alpha}$

Yansımış ses düzeyinin hesaplanmasının ardından, üretim hacminin tasarımı aşamasında tatonman yöntemine başvurularak standartlarca belirlenmiş kabul edilebilir gürültü düzeyi değerlerinin altına inilmeye çalışılması, üretime geçildikten sonra hacmin yutuculuğunu arttırmak üzere hacim içinde değişiklik yapılmasına gerek bırakmayarak üretim hacminin mimari özelliklerinin korunmasını sağlar.

Üretim hacmi içinde ek yutuculuk sağlayabilecek mimari uygulamalar şunlar olabilir;

- Tavan veya çatı kaplamasının yutucu gereçlerle oluşturulması,
- Çatı veya tavan altında yutucu gereçlerden asma tavan oluşturulması,
- Yutucu panolar sarkıtılması,
- Yutucu levhalardan grid sistemi oluşturulması,
- Ses yutucu üç boyutlu nesneler sarkıtılması,
- Duvar yüzeylerinin ses yutucu malzemelerle kaplanması,
- Hacim içinde titreşebilen levha elemanlar kullanılması,
- Gürültünün alçak frekanslarda belli bölgelerde yoğunlaştığı durumlarda makine yakınındaki yüzeylerde rezonatörlerden yararlanılması,

4.6 Üretim Hacmi İçinde Engellerin Etkinliğinin İncelenmesi

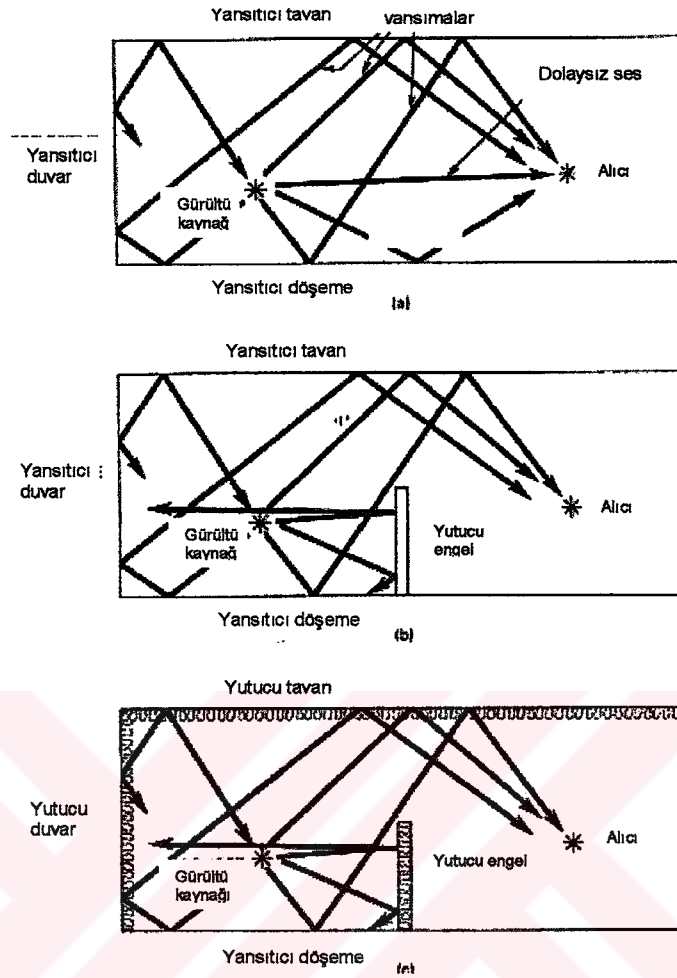
Gürültünün yayılması sırasında gürültü kaynağı ile alıcı arasında yer alan engeller gürültünün azalmasında oldukça etkili olabilir. Bu etkilemede engellerin,

- Kaynak ve alıcıya olan uzaklıkları,
- Yükseklikleri,
- Uzunlukları,
- Nitelikleri

rol oynar. Bunlara bağlı olarak kaynaktan alıcıya gelen gürültü (ses) engel nedeniyle kırınarak, engelin arkasında akustik gölge denilen bir bölge oluşturur. Sesin kırınmasında dalga boyu önemli bir etkidir. Bu nedenle akustik gölge, değişik dalgaboylu seslerin kırınması yönünden ayrı özellik gösterir. (Şerefhanoglu, M., 1988)

Engellerden, üretim hacmi içinde yansımış ses düzeyinin düşük olduğu açık hava ortamına yakın koşullarda etkin bir biçimde yararlanılabilir. Engeller, üretim hacmi içinde gürültü kaynakları önünde kullanılarak gürültünün hacim genelini etkilemesini önler, alıcı önünde kullanılarak sessiz çalışma bölgeleri oluşturulmasını sağlar.

Engel kullanımı ile sağlanabilecek ses azalması, gürültü kaynağını alıcı noktasına birleştiren doğrunun üzerinde kalan etkin engel yüksekliğine ve engelin kaynak – alıcı arasındaki konumuna bağlıdır. Engelin en fazla yarar sağladığı durum, kaynak veya alıcı önünde kullanıldığı durumdur. Engellerle sağlanan gürültü azalması alçak frekanslarda yüksek frekanslara oranla daha az olmak üzere frekansa bağlı olarak değişiklik gösterir. Engeli, üzerinde delik veya açıklık olmamak koşulu ile herhangi bir frekans için hesaplanan ses azalması değerinden 5 – 10 dB'den daha fazla gürültü azalması sağlayan bir malzemedan üretmek veya inşa etmek, gereksizdir. (C.M. Harris, 1994)



Şekil 4.49 Hacim içinde engelin etkin kullanımı için yüzeylerin yutucu yapılması.
(Harris, C., M., 1994)

Tavandan ve yakın yüzeylerden olan yansımaların denetlenmesi engelin etkin biçimde kullanılabilmesinde önem taşır. Bu nedenle, mimari uygulamalarda tavan veya çatı yüzeyi, engelin gürültü kaynağına bakan yüzeyi ve yakın duvar yüzeyleri yutucu malzemelerle giydirilmelidir.

Engeller gürültü kaynağına olabildiğince yakın konumlandırılmalı, ancak kaynak ile fiziksel bağlantı kurmamalarına özen gösterilmelidir. Engellerin, makinenin çalışma koşullarının izin verdiği ölçüde gürültü kaynağını sarması engel etkinliğini artırır. Engeller, üretim hacmi içinde sabit mimari elemanlar olarak yer alabileceği gibi esnek planlama anlayışına bağlı olarak sökülüp takılabilen modüler parçalarla da oluşturulabilir.

Üretim hacmindeki uygulamalarda engellerin oluşturulabileceği malzemeler;

- tuğla örgü duvar,
- cam tuğla örgü duvar,
- alçıpan levha elemanlar,
- yeterli kalınlıkta sunta levhalar,
- yeterli ses geçiş kaybı sağlayan belli kalınlıktaki cam levhalar,
- kontrplak elemanlar veya fiber levhalar arasında lifli ses yutucu malzemeler kullanılmasıyla oluşturulabilecek sandviç sistemler,
- Modüler prefabrike elemalar,
- Metal - ahşap taşıyıcı konstrüksiyona sahip kaplama sistemler,

gibi sıralanabilir.

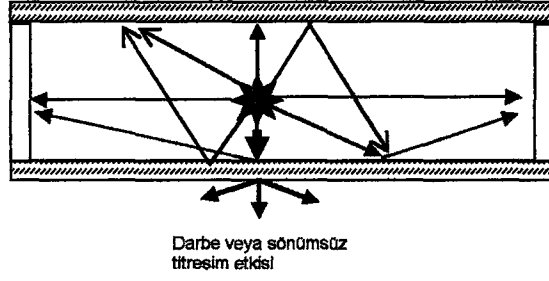
4.7 Bölme Elemanlarının Etkinliğinin İncelenmesi

Sanayi yapılarında bölme elemanlarının etkinliği, gürültülü işlemlerin üretim alanı genelindne ayrıldığı veya sessiz olması önem taşıyan hacimlerin yapı genelinden ayrıldığı durumlarda önem kazanır.

Sanayi yapılarının tasarımında bölme elemanlarının ses geçiş kaybı;

- Sessiz olması önem taşıyan yapı bölümlerini üretim hacminden ayıran bölücü elemanlar olarak kullanılması,
- Gürültülü üretim işlemleri ile gürültüsüz işlemleri ayıran bölücü elemanlar olarak kullanılması,
- Üretim hacmi içinde gürültülü makineleri içeren oda hücre veya hücrelerin cidarlarını oluşturduğu durumlarda,
- Üretim hacmi içinde sessiz hücrelerin cidarlarını oluşturduğu durumlarda,
- Çok gürültülü (örneğin mekanik ekipman odası) veya çok sessiz olması gereken bir hacmin (örneğin toplantı salonu) yapı genelinden yalıtılmasında, bu hacimlerin cidarlarını oluşturduğu durumlarda,

durumlarında önem taşır.

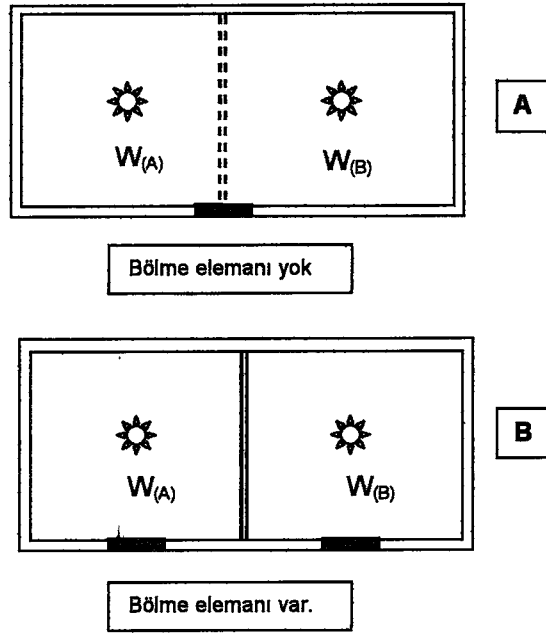


Şekil 4.50 Gürültünün alt ve üst katları değişik yollardan etkilemesi.

Bir bölme elemanının ses geçiş kaybı, ses erkesine karşı gösterdiği dirençle ilgilidir. Bu nedenle bir bölme elemanı ne kadar ağır ve rijit bir yapı oluşturuyorsa ses geçiş kaybı o oranda fazladır.

Bölme elemanlarının gerekli ses geçiş kaybı değerlerinin belirlenmesinde şu verilerden yararlanılabilir:

- Üretim hacmi içinde bulunan makinelerin yerleşim düzeni,
- Gürültü kaynaklarının özellikleri,
 - o ses gücü düzeyleri,
 - o tayfsal yapı,
 - o doğrultusal özellikleri,
 - o döşemede darbe etkisi,
 - o sönümsüz uyarımlı etkiler,
- Gürültülü üretim hacmi dışında etkilenmesi söz konusu olan hacimlerin gürültülü üretim birimi ile yatayda ve düşeydeki ilişkisi,
- Etkilenmesi olası hacimlerdeki kabul edilebilir gürültü düzeyleri,
- Gürültülü üretim hacimlerinde gerçekleşecek işlemler sırasında gürültünün ağırlıklı olarak hangi ortamda doğup yayılacağı, (hava – katı veya her ikisinde birden) saptanarak tasarım aşamasında alınabilecek önlemler belirlenmelidir.



Şekil 4.51 Gürültülü makinelerin bulunduğu hacimlerin bölünmesine bir örnek.
(İlgürel, N., 2003)

Şekilde A durumunda hacim içinde iki gürültülü makine bulunmaktadır. B durumunda bu hacim ortadan bir bölme elemanı aracılığı ile bölünmüştür. Hacmin bu şekilde ortadan bölünmesi makine başında çalışanların, diğer makinenin gürültüsünden etkilenmesini bölme elemanının ses geçiş kaybına bağlı olarak önlemekle birlikte, ancak gürültülü makine daha küçük bir hacme alındığı için yüzeylerden yansıyan sesler etkili olabilir.

Eş dağılımlı ses güçleri birbirine yakın makineler için, bölme elemanının yeterli ses geçiş kaybı sağladığı ve yeni oluşturulan hacimlerin yutucu gereçlerle giydirildiği durum için hacimlerin bu şekilde bölünmesinin makine başında çalışanların etkisi altında kaldıkları gürültü düzeylerini azaltmada olumlu sonuç verdiği söylenebilir. Makinelere birinin ortama yaydığı gürültünün diğerine göre belirgin biçimde fazla olduğu durumlarda hacimlerin bu şekilde ayrılması uygun olur.

Buna göre bölme elemanının sağlayabileceği yarar şu etkenlere bağlı olarak artar;

- Bölme elemanının yatayda ve düşeyde hacmi bütünüyle ayırması ve açıklıkların yalıtılması,
- Bölme elemanının ses geçiş kaybı değerinin yeterli olması,
- Her iki hacmin yutucu malzemelerle giydirilmesi,

- Makinelerden kaynaklanan gürültü düzeyleri arasındaki ayrımın artması,
- Makinelerin çalışma periyotlarının farklılık göstermesi,

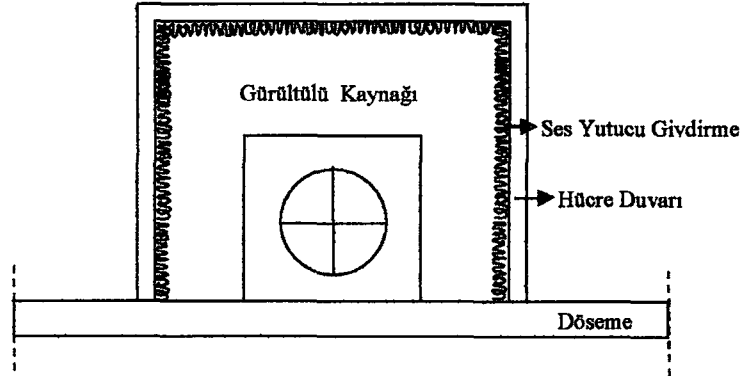
Gürültülü üretim hacimlerinde döşemeye darbe kuvvetinin etki ettiği durumlarda, döşemenin darbe yalıtım değerinin artırılması gerekebilir. Böyle durumlarda döşeme kalınlığının artırılması, yüzer döşeme uygulanması veya özel detaylar oluşturulması yoluna gidilebilir. Ayrıca, hacim içinde darbe etkisiyle oluşan gürültüleri önlemek amacıyla yüzer döşeme uygulanması veya döşemenin sönümleme özelliği taşıyan malzemelerle kaplanması düşünülebilir. Döşeme üstüne kaplanan lastik, kauçuk, mantar ve benzeri esnek yapıya sahip malzemeler, üzerine etkiyen kuvvetleri belli oranlarda sönümleyerek döşemenin darbe yalıtım özelliğini arttırdığı gibi darbe etkisiyle hacim içine yayılan gürültüleri de azaltır.

4.8 Üretim Hacmi İçinde Gürültü Kaynaklarının Hücre İçine Alınması

Üretim sürecinin herhangi bir aşamasında yer alan, çevreye gürültü yayan bir makinenin bulunduğu ortamdan soyutlanması; makinenin bütününün ya da üretime engel olmayacak biçimde en gürültülü bölümünün kapatılması, çevrelenmesi veya hücre içine alınması biçiminde olur. Gürültü kaynaklarının hücre içine alınması, mimari tasarım sürecinde ele alınması gereken bir gürültü denetimi yöntemi olmakla beraber, hücrenin uygulanmasıyla ilgili ayrıntılar yapının tamamlanmasından sonra makinelerin yerleşimi aşamasında da çözümlenebilir.

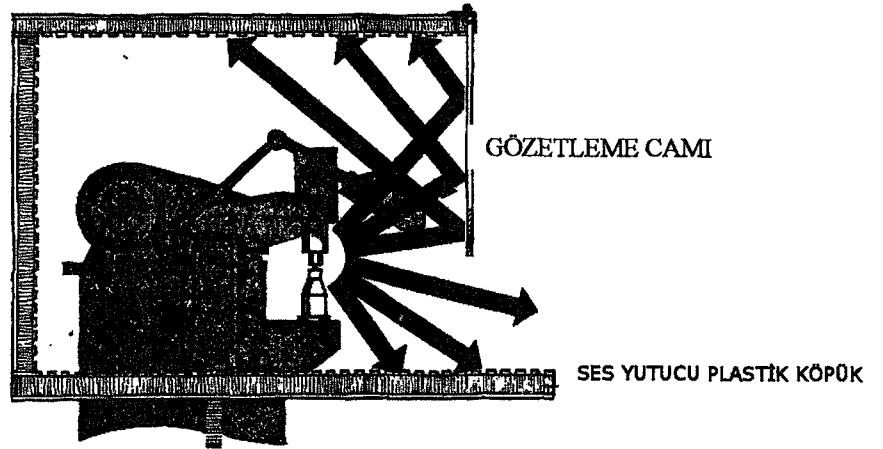
Hücreler, gürültü kaynağı çevresinde yüksek derecede ses yalıtımı sağlayan kapsül benzeri bir yapı oluşturarak ses alanını bütünüyle hapsedmek üzere tasarlanmış odacıklardır. Hücreler, bir makine ya da mekanik donanımın tamamını veya en gürültülü bölümünü içermek üzere tasarlanırlar. Bununla birlikte, sanayide gürültülü mekanik donanımların bütünüyle hücre içine alınmasının olanaksız veya zor olduğu durumlarda kısmi hücre uygulamasına gidilebilmektedir. Kısmi hücre uygulaması, üretimin akışını bozmayacak, makinenin çalışmasını engellemeyecek veya makine kullanımını güçleştirmeyecek şekilde gürültü kaynağının bölme elemanları tarafından en uygun biçimde çevrelenmesini gerektirir. Gürültülü bir makine ya da mekanik donanımın hücre içine alınmasında tercih edilecek yöntem (gürültü kaynağının bütünüyle hücre içine alınması ya da kısmi hücre uygulanması) bu makine veya mekanik donanımın çalışma koşulları ve üretim akışı içindeki yeri ile yakından ilgilidir. Makinelerin çalışma koşullarının hücre içine alınmasına uygun olmaması,

hücrenin üretim akışına engel oluşturması ve bazı makinelerin hücre içinde kullanımının ve bakımının zor olması, hücrenin yaygın bir gürültü denetim aracı olarak kullanılmasına engel oluşturur.



Şekil 4.52 Gürültü Kaynağının Hücre İçine Alınması.

Hücrelerde makine ile ilgili kişinin makinenin çalışmasını izleyebilmesi ve makineye gerektiği anda komut verebilmesi için uygun düzenlemeler yapılmalıdır. Bu amaçla hücrenin gerekli bölümlerinde görsel iletişimi sağlamak üzere cam, pleksiglas ve benzeri ışık geçiren malzeme kullanılabilir. Şekil 4.53'deki örnekte gürültü kaynağı durumundaki bir delik açma makinesinin engellerle çevrelenerek kısmi hücre içine alınışı görülmektedir.



Şekil 4.53 Gürültü Kaynağının Kısmi Hücre İçine Alınması. (Ingemasson, 1994)

Bir hücrede aranan özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Belirlenen alıcı noktaları için istenen gürültü azalmasını sağlaması(hücrenin etkinliği),
- Üretimin akışını engellememesi ya da yavaşlatmaması,
- Makine için kullanım kolaylığı sağlaması,
- Bakım, onarım gibi durumlar için kolay ulaşılabilir olması,
- Malzeme atıklarının dışarı atılabilmesi için gerekli kolaylığı sağlaması,
- Gerekli durumlarda hava girişinin sağlanmış olması,
- Hücre içinde ortaya çıkan ısı ve nemin denetim altında tutulabilmesi için gerekli havalandırma sistemine sahip olması,
- Özel durumlarda gerekli yangın dayanımına sahip olması.

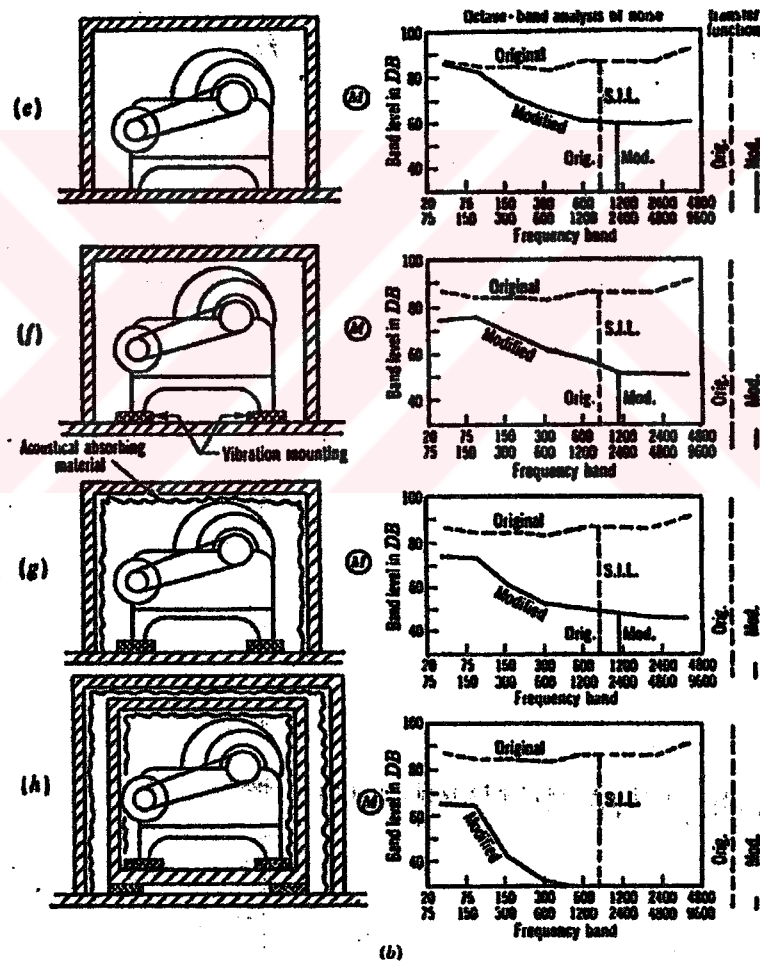
4.8.1 Hücre Etkinliğini Belirleyen Etmenler

Bir hücrenin sağladığı yarar (hücreye bağlı olarak alıcı noktasında sağlanan ses düzeyi azalması), gürültü kaynağından belli bir uzaklıkta, kaynağın hücre içinde bulunması ve bulunmaması durumlarında yapılan ölçümler sonunda belirlenir. Bu iki durumda gerçekleştirilen ölçümlerin arasındaki ayırım dB cinsinden hücrenin etkinliğini (hücre performansını) gösterir. İyi bir hücrenin iç yüzeylerinin ses yutuculuğunun fazla, duvarlarının ses geçiş kaybının yüksek olması gerekir. Bununla birlikte bir hücrenin etkinliği birçok etmen tarafından belirlenmektedir. Hücre etkinliğini belirleyen etmenler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Hücreyi meydana getiren bölmelerin ses geçiş kaybı değeri (Bölme elemanlarının ses geçiş kaybı arttıkça hücre etkinliği artar.) ,
- Hücre iç yüzeylerinin ses yutma özelliği ve buna bağlı olarak hücre içi toplam yutuculuk (hücre iç yüzeylerinin yutuculuğu arttıkça hücre etkinliği artar.) ,
- Hücrenin hacimsel büyüklüğü (Hücre hacim olarak büyüdükçe hücre etkinliği artmaktadır.)
- Hücre duvarındaki açıklıklar (Havalandırma açıklıkları, kablo – tesisat delikleri, atık malzeme çıkışı vb)
- Kapı, cam bölme gibi hücre üzerindeki elemanların ses geçiş kaybı,
- Hücre içinde bulunan makinelerde titreşime yönelik yalıtımın yapılmış olması,

- Hücre duvarlarının katı biçimde d  emeye oturması veya d  emeyle arasında titreşim yalıtımının yapılmış olması,
- Havalandırma giriş ve çıkışlarının açık olması, kanallara ba lanmış olması ve / veya susturucu kullanılması,
- Hücre içinde, mekanik donanımına bağlı titreşen elemanların hücre duvarına esnek bağlantısının yapılması,
- Gürültü kaynağının tayfsal yapısı.

Şekil 4.54'de hücre kullanımının değişik durumları için standart bir hücrenin sağladığı gürültü azalmasında frekans tayfında ortaya çıkan bağlı değişimler gösterilmiştir..



Şekil 4.54 Hücre kullanımının değişik durumları için gürültü düzeylerindeki azalmalar.

(Foreman, E., K., J., 1990)

Hücre duvarlarında ses köprüsü oluşturan açıklıklar, çatlaklar veya havalandırma amaçlı açılmış olan boşluklar, hücrenin sağladığı ses azalmasını önemli ölçüde etkiler. Örneğin, çatlakların ya da açıklıkların hücre duvarlarının toplam alanının %1'ini oluşturması durumunda, iç yüzeyleri yutucu malzeme ile giydirilmiş bir hücrenin sağlayacağı ses azalması 20 dBA'dan daha büyük olmaz. Hücre duvarlarının ne kadar ağır olduğu önemli olmamakla birlikte bu örnek için ses kaynağının tüm doğrultularda eş dağılımlı enerji yaydığı kabul edilmesi gerekir. Hücre duvarının oluşturulmasında kullanılacak elemanlar delikli olmamalıdır. Delikli elemanlardan oluşturulan hücreler dikkate değer bir gürültü azalması sağlayamaz. Bunların sağlayacağı gürültü azalması 3 dB'den daha azdır; bu nedenle delikli elemanlardan hücre oluşturmaktan kaçınılmalıdır. (C. M. Harris, 1994)

Açıklıklara bağlı olarak neden olduğu hücre etkinliğinin azalmasını önlemek için şu adımlar izlenebilir;

- Hücre duvarını geçen tüm kanal, boru, kablo ve diğer bağlantıların çevresinin yalıtılması,
- Hücre duvarında yer alan kapıların ya da açılabilir cam bölmelerin hava sızdırmayacak bir biçimde yerlerine oturmalarını sağlamak üzere kenarlarının lastik conta ile çevrelenmesi;
- Havalandırma açıklıklarının iç yüzeyleri giydirilmiş kanallara bağlanması veya bu açıklıklara susturucu takılması,
- Hücre duvarında bulunan küçük çaplı çatlakların yalıtılması, açıklıkların kapatılması.

• Kısmi Hücre Etkinliğini Belirleyen Etmenler

Bir hücrenin etkinliği, yani ne oranda ses azalması sağlayacağı, çevrelediği ya da içine aldığı gürültü kaynağının özellikleri ile de yakından ilgilidir. Kısmi hücrelerde, sesin kırınması olayı önem taşıdığından daha çok yüksek frekanslı seslerin engellenmesi söz konusudur. Alçak frekanslı sesler için dalga boyunun uzunluğu oranında engel etkinliği azalır. Bu nedenle, frekans tayfında enerjisi alçak frekanslarda toplanan gürültüler için kısmi hücrelerin etkinliği yok denecek kadar azdır.

Kısmi hücre uygulamalarında, kısmi hücre etkinliği gürültü kaynağının bütünüyle hücre içine alınması durumundan farklı olarak, gürültü kaynağının tayfsal yapısı ve doğrultusal özelliği

etkilidir. Hücre içine alınan makine veya mekanik donanımların döşemeden yalıtılmadığı durumlarda, döşemeye geçen titreşimler hücre duvarlarını kaynak haline getirerek hücre etkinliğini azaltabildiği için makinenin ve hücre duvarlarının esnek gereçlerle döşemeden yalıtılması önem taşır. Makinenin üretim özellikleri ve sahip olduğu çalışma koşulları hücre tasarımını birinci derecede etkileyerek kimi durumlarda hücre içine alınmasına olanak tanırken, kimi durumlarda da kısmi hücre veya engel uygulanmasına izin vermektedir.

Gürültü kaynağını bütünüyle kapatmayan kısmi hücreler kimi durumlarda, makine ya da mekanik donanımı çevreleyen bir engel gibi işlev görür. Kısmi hücreler, pres, perçinleme, hız testeresi gibi enerjileri yüksek frekanslarda yoğunlaşan makinelerde daha etkili olur.

Bir makine veya mekanik donanım için kısmi hücre uygulanmasında genel ilkeler;

- Tavanın ve yakında bulunan duvar yüzeylerinin ses yutucu malzeme ile giydirilmesi,
- Kısmi hücrenin olabildiğince kaynağa yakın konumlandırılması, ancak kaynağa temas etmemesine özen gösterilmesi,
- Kısmi hücrenin düşeyde ve yatayda kaynağı görüş çizgisinden öteye uzatılması,
- Kısmi hücrenin ses yutma çarpanı en az 0,8 olan ses yutucu malzeme ile giydirilmesi,
- Kısmi hücre oluştururken üzerinde açıklık veya delik bulunmayan bölme elemanları kullanılması ve STC değeri en az 20 dB olmak üzere istenen ses geçiş kaybı değerinin en az 10 dB üzerinde olması,

olarak sıralanabilir. (C. Harris, 1994)

4.8.2 Hücre Tasarımı ve Üretimi

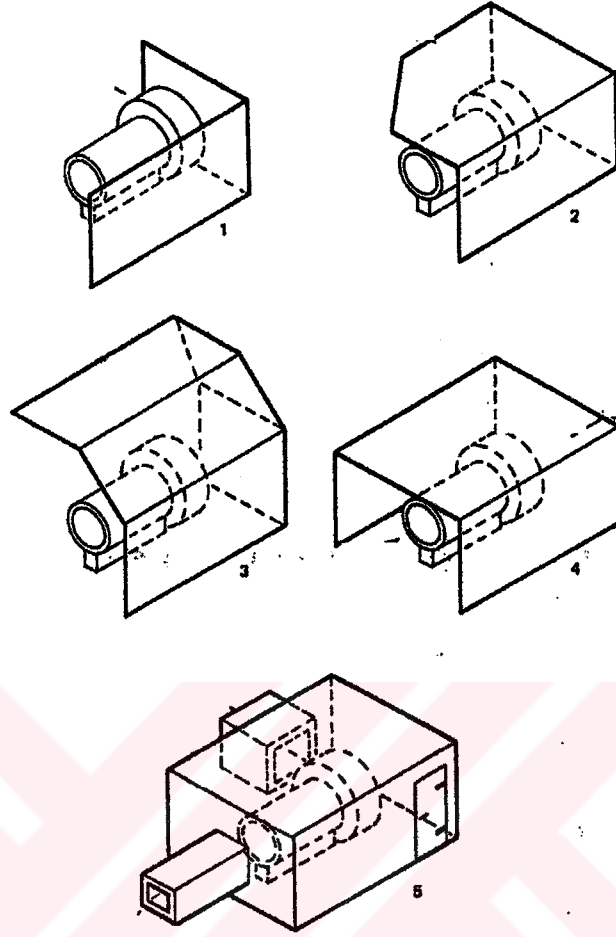
Gürültü kaynağı durumundaki bir makine veya mekanik donanımın çevresinden soyutlanmasını, dolayısı ile bunlardan yayılan gürültünün çevreyi daha az etkilemesini amaçlayan hücreler, kendilerinden beklenen gürültü azalmasını sağlayabilmeleri, bununla birlikte makine – operatör ilişkisini daha az etkilemeleri için tasarım ve üretim aşamalarında belli ilkeler çerçevesinde ele alınmalıdır. Hücre biçimlenişinde temel ilke, makinenin işlevine engel olmayacak ve operatör- makine ilişkisinin gereklerini karşılayacak bir biçimde, gürültü kaynağının ses geçiş kaybı yüksek bölme elemanlarınca çevrelenmesidir. Hücrenin biçimsel olarak doğru şekilde tasarlanması, üretim akışının göz önünde bulundurulmasına ve makinenin çalışma koşullarının iyi bilinmesine bağlıdır.

Gürültü kaynağını içine alan bir hücrenin tasarlanmasında göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler;

- Öngörülen Hücre Etkinliği (alıcı noktasına göre hücrenin sağlaması gereken ses azalması) ,
 - Gürültü Kaynağının Özellikleri,
 - Ses gücü düzeyi ve tayfsal yapı,
 - Gürültü kaynağının doğrultululuk modeli,
 - Döşemeye geçen titreşimin genliği ve frekansı,
 - Makinenin Çalışma Koşulları,
 - Makine- operatör ilişkisi,
 - Malzeme girdi – çıktıları,
 - Atıklar (ısı, nem, toz, koku, radyasyon ve atık gazlar),
 - Yapım tekniği ve gereçsel özellikler.
- olarak sıralanabilir.

Hücrenin hacimsel büyüklüğü, hücrenin boyutlarına ve dolayısı ile içine aldığı makine veya mekanik donanımın büyüklüğüne bağlı olarak değişiklik gösterir. Bununla birlikte, hücrenin içine girilebilir nitelikte olması ya da yalnızca makine veya mekanik donanımı içermek üzere planlanmış olması da hücrenin boyutlarını etkiler.

Hücrenin tasarımı kendisinden beklenen ses azalmasını sağlayacak biçimde gerçekleştirilmelidir. Hücrenin hava ortamında yayılan gürültüde sağlayacağı azalma; hücrenin gürültü kaynağını bütünüyle kapattığı durumda, duvarlarının ses geçiş kaybına ve iç yüzeylerde kullanılan malzemeye, hücrenin gürültü kaynağını kısmi olarak kapattığı durumda ise, hacmin akustik koşullarına, alıcı noktasının konumuna ve gürültü kaynağının özelliklerine bağlıdır.



Şekil 4.55 Mekanik donanımın hücre içine alınmasında kısmi hücreden tam hücreye doğru gelişim süreci. (Sound Research Laboratories, 1991)

Şekil 4.55’de uygulanan farklı kısmi hücre biçimlenişlerinin makinenin kullanım şeklini değiştirerek operatör - makine ilişkisini etkilediği farklı durumlar görülebilir..

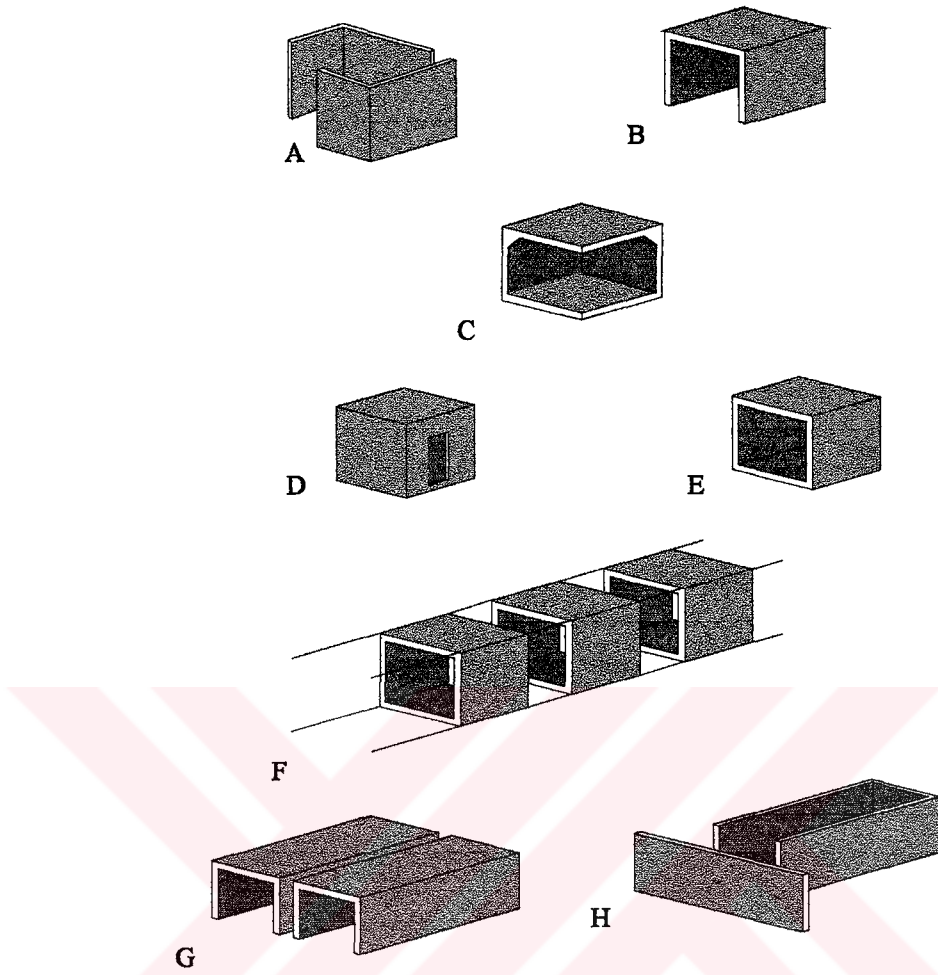
Hücrenin uygulanması aşamasında kullanılan yapım tekniği ve yapı malzemesi de hücrenin biçimlenmesinde etkili olabilir. Gürültü kaynağını çevresinden soyutlamak amacıyla tasarlanan hücreler, tuğla, briket, gazbeton, betonarme gibi konvansiyonel malzemelerden geleneksel yöntemlerle oluşturulabileceği gibi hazır olarak üretilen prefabrikasyon elemanların bir araya getirilmesiyle de oluşturulabilir. Bir başka yöntem ise, bu amaçla projelendirilip üretilmiş olan standart modüler hücrelerin tek başlarına veya birkaçının bir araya getirilerek kullanılması olabilir. (Şekil 4.56)

Çizelge 4.2 Hücre üretiminde kullanılabilecek yapım teknikleri.

HÜCRELER	
Hazır üretim yapım teknikleri	Konvansiyonel yapım teknikleri
Prefabrikasyon elemanlar - Hazır üretim prekast elemanların yerinde birleştirilmesi - Bitmiş hazır modüllerin kullanılması	- Tuğla örgü - Briket örgü - Gaz beton örgü - Yerinde dökme betonarme - Çelik konstrüksiyon üzeri kaplama

Hücrelerin oluşturulmasında, tuğla, briket, gazbeton gibi yapı malzemeleri ile birlikte konvansiyonel yapım teknikleri kullanılabileceği gibi hazır üretim yapı elemanlarından ve prefabrikasyon tekniklerinden de yararlanılabilir. Uygulanma yerinde bir araya getirilerek montajı yapılan hazır üretim prekast elemanlar ya da bitmiş modüller hücreler, hazır üretim yapım teknikleri kapsamında üretim hacmi içinde uygulanabilir.

Hücre içine alınması öngörülen aynı tipte birçok makine bulunuyorsa veya makinelerin yer değiştirmesinin söz konusu olduğu durumlarda prefabrikasyon modüler hücreler kullanılması ya da sökülüp takılabilen hazır üretim bölme elemanlarından yararlanılması düşünülebilir. Prefabrikasyon üretim teknikleri, hücre üretiminde gereksinimlere göre değişik tip ve boyutta üretim yapılmasına olanak tanır.



Şekil 4.56 Prefabrikasyon üretim sistemleri kullanılarak üretilebilecek modüler hücreler. (İlgürel, N., 2003)

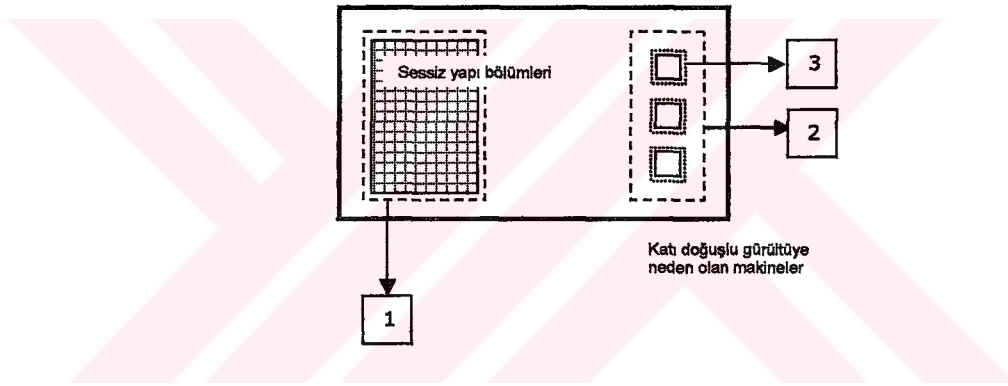
4.9 Gürültünün Yapı Taşıyıcı Sistemi Aracılığı ile Yayılmasında Alınabilecek Önlemler

Katıda doğup yayılan gürültülere neden olan darbe etkili veya sönümsüz uyarımlı titreşim kaynakları olan makine veya mekanik donanımlar, sanayi yapılarının tasarımında taşıyıcı sistem aracılığı ile yayılan gürültülere neden olur. Makine ve mekanik donanımlardan yapı elemanlarına ve özellikle döşemeye geçen titreşimlerin denetlenmesi, titreşimlerin strüktüre geçişini azaltmak ve titreşimlerin genliğini azaltmak gibi iki ayrı ilke olarak ele alınmalıdır.

- **Titreşimlerin Strüktüre Geçişini Azaltmak :** Titreşim enerjisinin strüktüre geçişini azaltmak için titreşim yalıtım sistemleri kullanılır. Makine altlarında veya ayaklarında esnek gereçler kullanmak, strüktürde devamsızlıklar oluşturmak, yüzer döşeme uygulamak titreşim yalıtım sistemleri arasındadır. Kısa süreli impulsün neden olduğu

darbe gürültüsünü azaltmada başarılı bir biçimde kullanılabilirler. Ancak, makinenin çalışmaya başlaması ve durması sırasında meydana gelen titreşimlerde ya da çalışması sırasında ortaya çıkan rezonans durumunun önlenmesinde yetersiz kalabilirler.

- **Titreşimlerin Genliğini Azaltmak :** Gürültü kaynağından döşemeye geçen titreşimlerin genliğini azaltmada kullanılan sistemler titreşim sönümleme sistemleri olarak adlandırılır. Sönümleme uygulamak rezonans durumunda meydana gelen titreşimleri engeller. Uygulamada en çok kullanılan sönümleyiciler; viskoz sönümleyici, gereç iç sönümleyicisi, kuru sürtünme sönümleyicisi, sıkıştırılmış yağ sönümleyicisi, elektromanyetik sönümleyici olarak sıralanabilir. Titreşim sönümleme sistemleri arasında kaynağa kütle ve / veya sönümleyici eklemek, kaynağın rijitliğini arttırmak, eylemsizlik kütlesi eklemek sayılabilir. (S. Erdoğan, 2000)



Şekil 4.57 Katıda doğup yayılan gürültülere karşı taşıyıcı sistemde alınabilecek önlemler.

Gürültünün yapı taşıyıcı sistemi aracılığı ile yayılmasını önlemede üretim hacminin mimari tasarım süreci içinde alınabilecek önlemler;

1. Sessiz yapı bölümlerini üretim hacmi genelinden strüktürel olarak ayırmak,
2. Makinelerin yerleştiği alanda döşemede süreksizlik oluşturmak,
3. Makineler için bağımsız temeller oluşturmak,

olarak üç aşamada ele alınabilir.

Taşıyıcı sistem tasarımında katıda doğup yayılan gürültülerin üretim hacmi genelini ve sessiz yapı bölümlerini etkilemesini önlemede alınabilecek önlemler ;

- Sessiz olması önem taşıyan yapı bölümlerinin strüktürel olarak ana yapıdan ayrılması,

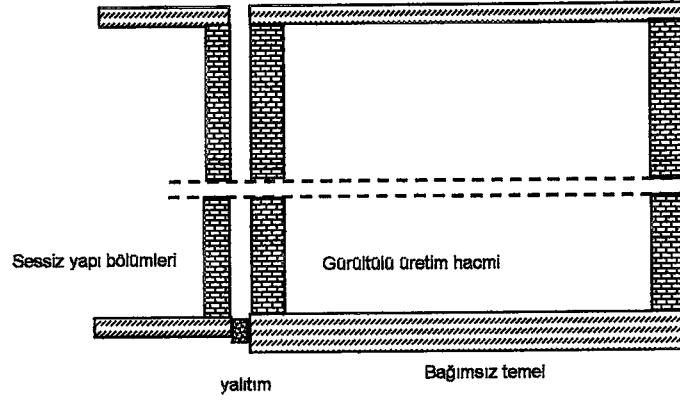
- Süreksizlik oluşturarak döşemede titreşim etkisi oluşturan gürültü kaynaklarının üretim hacmi genelinden yalıtılması,
- Titreşim genliği büyük ve özellikle yapı strüktürünü uyarabilecek nitelikte olan veya darbe etkisi büyük ağır makineler için özel temeller oluşturarak bunların döşemeden yalıtılmasını sağlamak,
- Yapı strüktürü tarafından taşınan vinç ve benzeri araçlardan kaynaklanan gürültü ve titreşimlerin yapı geneline yayılmasını engellemek amacıyla bu tür taşıyıcı araçlar için yapı strüktüründen ayrı bağımsız taşıyıcı sistemler oluşturulması,
- Darbe veya titreşim etkisinin sönümlenmesini gerektiren durumlarda, döşemede gerekli strüktürel altyapıyı oluşturarak uygulama aşamasında yüzer döşeme yapılmasını sağlamak,
- Yapı tamamlandıktan sonra makinelerin yerleştirilme aşamasında uygun titreşim yalıtıcı ve sönümleyici gereçlerin doğru biçimde uygulanmasını sağlamak,

olarak sıralanabilir.

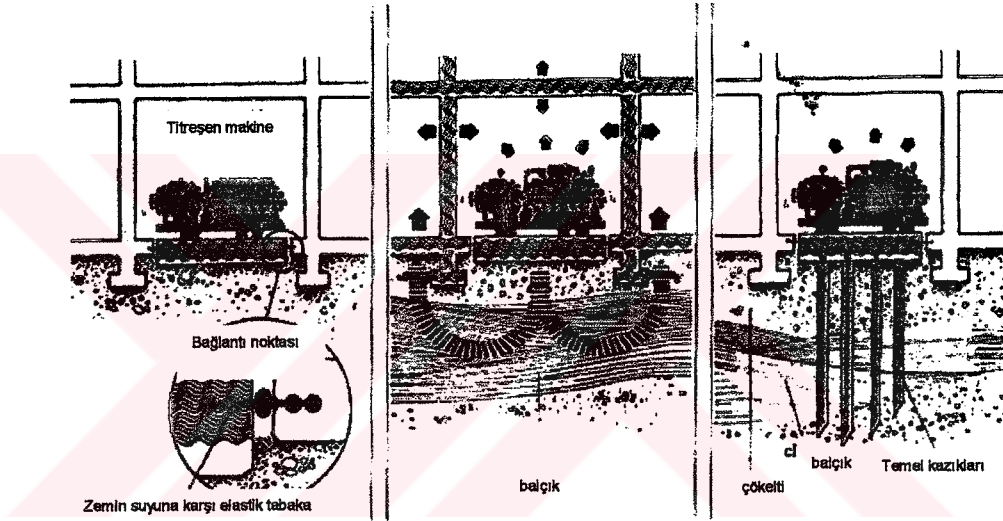
Yapı tamamlandıktan sonra makine ve mekanik donanımların yerleştirilmesi aşamasında uygulanabilecek titreşim denetim yöntemleri ;

- Titreşim üreten makine ve mekanik donanımların çelik yaylar üzerine oturtulması,
- Makine ayaklarında ve altlarında titreşim sönümleyici pedler veya esnek altlıklar kullanılması,
- Makine ayaklarında ve altlarında yay ve titreşim sönümleyici esnek gereçlerin birlikte uygulanması,
- Titreşim genliği büyük ağır makinelerin eylemsizlik kitleleri üzerine yerleştirilmesi,
- Esnek askılardan yararlanılmasını sağlamak,
- Pnömatik sönümleyiciler kullanılmasını sağlamak,

olarak sıralanabilir.

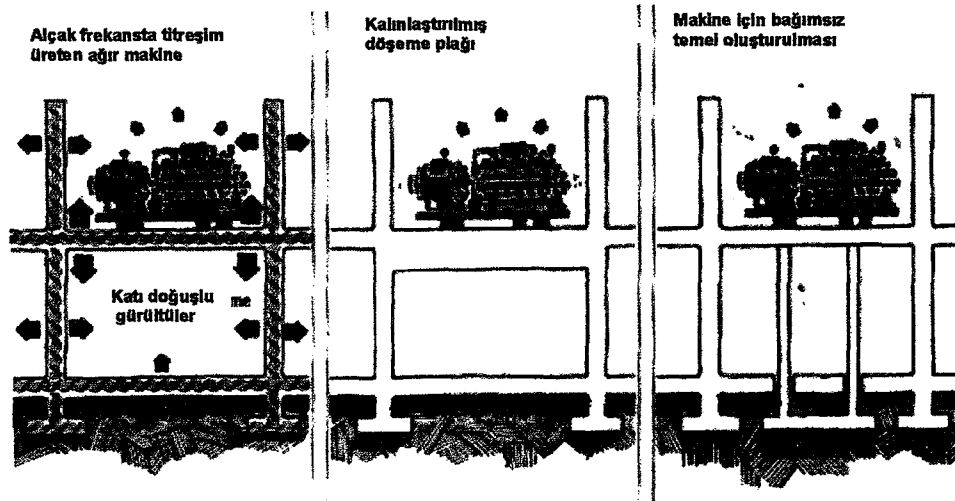


Şekil 4.58 Gürültülü üretim hacminin sessiz yapı bölümlerinden strüktürel olarak ayrılması.



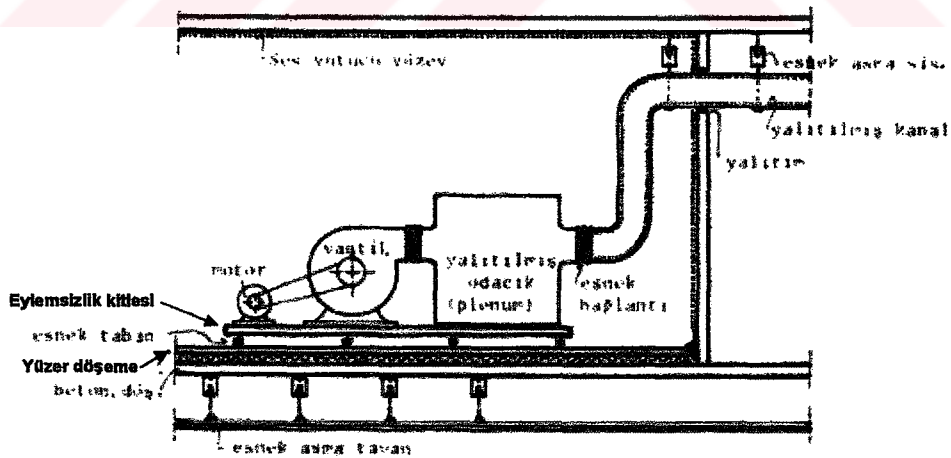
Şekil 4.59 Titreşim üreten ağır makineler için özel temel oluşturulması.
(Ingemasson, 1998)

Zemine titreşim geçiren ağır makinelerin bağımsız temeller üzerine oturtularak döşeme genelinden yalıtılması önem taşır. Zemin yapısının zayıf olduğu durumlarda kazık temel uygulanması zemine geçen titreşimin zemin katmanları içinde etkisini kaybetmesini sağlayarak titreşimin yapıyı etkilemesini önler.

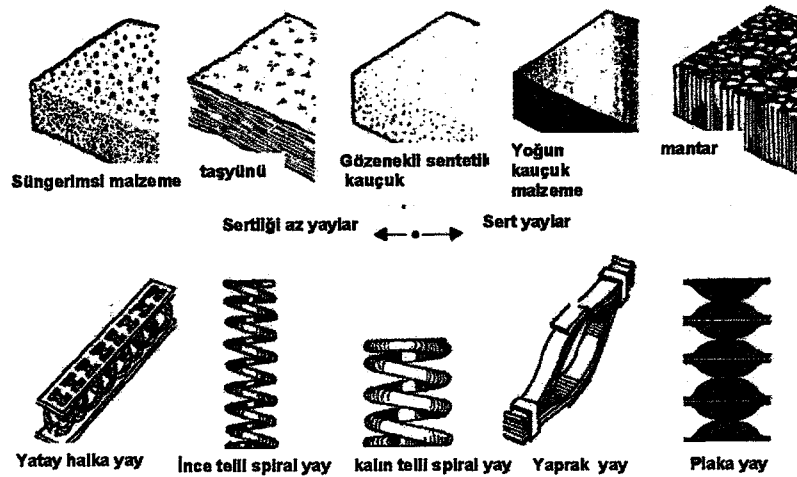


Şekil 4.60 Titreşim üreten ağır makineler için yapı taşıyıcı sisteminde alınabilecek önlemler. (Ingemasson,1998)

Yapı strüktürünü uyarabilecek nitelikte alçak frekanslarda titreşim üreten ağır makinelerin zemine oturan döşeme üzerinde planlanamadığı durumlarda bunların oturduğu döşemenin yeterli kalınlıkta ve rijitlikte olması sağlanmalı, gerekli durumlarda makineler ayrı kolon sistemi ile desteklenmelidir.



Şekil 4.61 Titreşim üreten mekanik donanımın eylemsizlik kitlesi üzerine yerleştirilmesi ve yüzer döşeme uygulanması. (Şerefhanoglu, S., M., 1984)



Şekil 4.62 Yapı strüktürüne geçen titreşimlerin yalıtımında kullanılan değişik nitelikte gereçler. (Ingemasson, 1998)

4.10 Yapı Kabuğu Tasarımında Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesi

Sanayi yapılarında, iklimsel koşullara dayanıklılık, ısıнын korunumu, ısı-nem dengesinin sağlanması, günışığı aydınlığından yararlanma ve gürültüden korunma gibi birçok gereksinim yapı kabuğu tasarımını yönlendirir. Sanayi yapılarında yapı kabuğu tasarımında gürültü etkeninin bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesi, yerleşilen arsa içinde başka yapıların bulunması veya yakın çevrede yerleşimlerin bulunması durumunda önem taşır. Üretim yapısı ile ilişkili sessiz olması önem taşıyan yönetim veya sosyal işlevlerle ilgili hacimleri içeren yapı veya yapıların bulunması durumunda, üretim hacmini kapsayan yapı kabuğunda bütünüyle veya bölgesel olarak ses geçiş kaybını arttırıcı önlem almak gerekebilir.

Yapı kabuğunda çatı örtüsünü oluşturan yapı elemanlarının duvarları oluşturan gereçlere göre genellikle daha hafif olmaları ve çatıda yer alan çatı ısıklıkları, çatı alanını ses geçiş kaybı açısından zayıf bir cidar durumuna getirebilir. Arsa içinde veya yakın çevresinde gürültüden korunması gereken yapılar bulunduğu çatı örtüsünün ses geçiş kaybının arttırılması için gerekli önlemler düşünülmelidir.

Yapı kabuğu tasarımında yapı kabuğunun ses geçiş kaybının belirlenmesi sürecinde;

- Üretim hacmine bitişik sessiz alanların belirlenmesi,
- Gürültüden etkilenmesi önem taşıyan arsa içi yapıların, sessiz alanların ve yakın çevrede bulunan sessiz yerleşimlerin konumunun ve uzaklığının belirlenmesi,

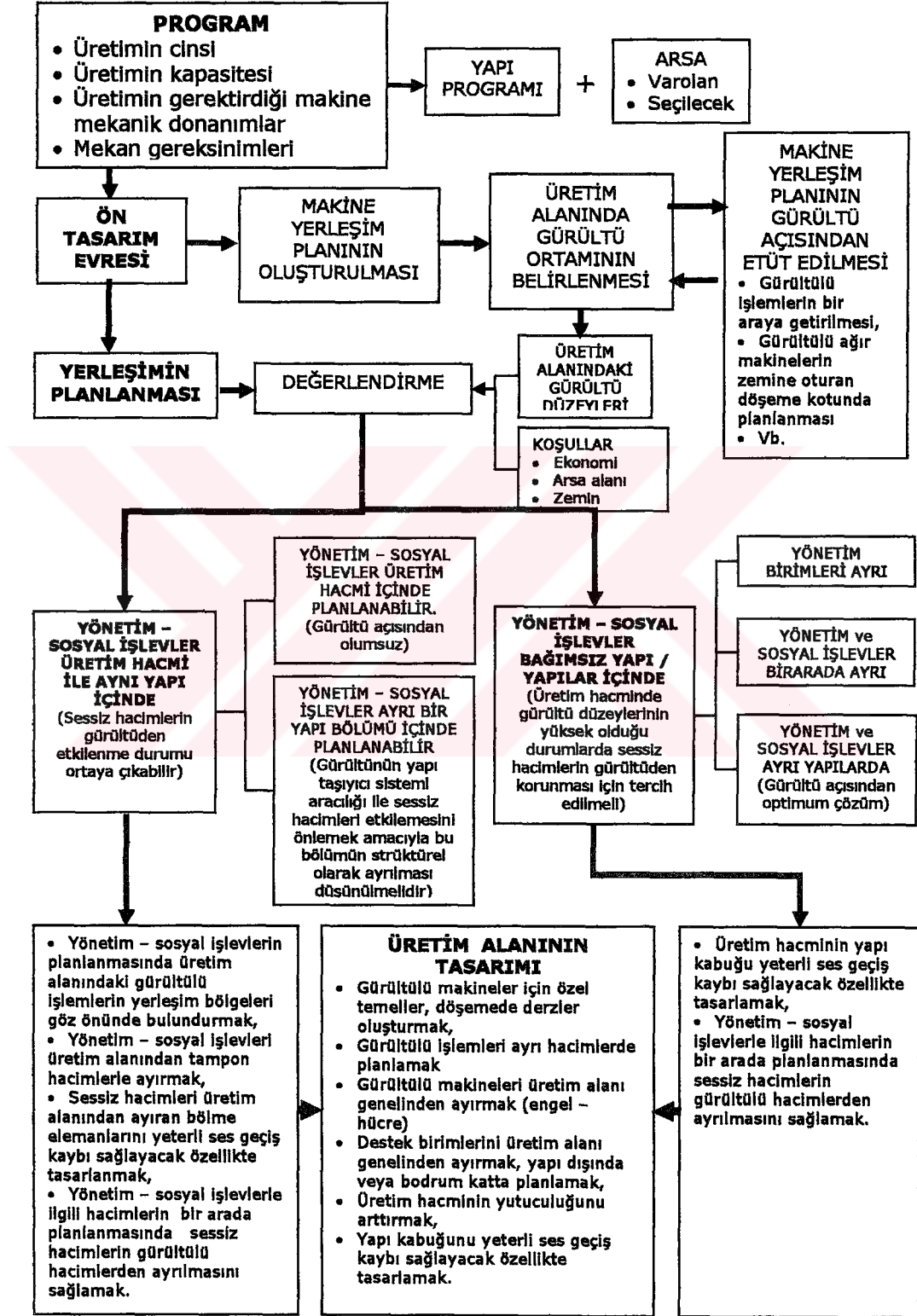
- Etkilenmesi olası hacimler için standartlarda yer alan kabul edilebilir gürültü düzeylerinin belirlenmesi,
- Üretim hacmi ile bu yerler arasında bulunan doğal – yapay engellerin, bitki örtüsünün ve bölge için hakim rüzgar yönünün değerlendirilmesi,
- Yapı kabuğunu oluşturan cidarların (yapıyı saran duvarların ve yapıyı örten çatı cidarının) sağlaması gereken ses geçiş kaybı değerlerinin saptanması,
- Yeterli ısı yalıtımı özelliği, iklimsel koşullara dayanıklılık, hacim içine yeterli günışığı sağlama gibi konular göz önünde bulundurularak yeterli ses geçiş kaybı sağlayabilecek kesit özelliklerinde duvar ve çatı cidarlarının tasarlanması,

aşamaları izlenebilir.



4.11 Gürültü Etkeninin Değerlendirilmesinde Akış Şeması Oluşturulması

Mimarların, tasarım aşamasında konuya daha kolay yaklaşabilmeleri ve tasarım süreci içinde gürültü etkenini sistematik olarak değerlendirebilmeleri için Şekil 4.63'teki akış şeması oluşturulmuştur.



Şekil 4.63 Gürültü etkeninin sistematik değerlendirilmesinde akış şeması. (Şerefhanoglu, S., M., Ilgürel, N., 2003)

5. SONUÇ

Ülke genelinde önemli bir çalışan nüfusu barındıran sanayi yapıları, üretim kaynaklı gürültülerin denetlenmesi gereken önemli bir alanı oluşturur. Ayrıca, yanlış kentsel planlama ve çarpık kentleşmenin bir sonucu olarak sanayi gürültüsü, çevre gürültüleri arasında yerleşim bölgelerini etkileyen önemli gürültü kaynakları arasında yer alır.

Sanayi yapılarının tasarımında gürültü etkeninin, bölge planlama, kent planlama, yerleşim planlama ve yapı tasarımı süreçlerinde bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesi, gürültüye bağlı olarak ortaya çıkacak olumsuzlukları baştan denetim altına alabilmek açısından önem taşır. Sanayi yerleşimlerinin bölge ve kent ölçeğinde planlamasında, sessiz olması gereken yerleşim bölgelerinin gelecekte gürültü etkisi altında kalmalarını önleyebilmek için belli ilke kararlarına uyulmalıdır.

Sanayi yapılarının mimarisinde gürültünün tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesini amaçlayan bu çalışmadan çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir :

- Sanayi yapılarının tasarımında gürültü etkeninin, bölge planlama, kent planlama, yerleşim planlama ve yapı tasarımı süreçleri içinde bir bütün olarak ele alınması,
- Ülke genelinde sanayi bölgelerinin yer seçiminin, gürültü etkeninin de çevresel bir veri olarak planlamanın içinde yer aldığı bölge ve kent ölçeğindeki geniş kapsamlı planlama çalışmaları sonucunda belirlenmesi,
- Sanayi yapılarının olabildiği ölçüde kent dışında denetimli bölgelerde ve organize sanayi bölgeleri olarak planlanmaya çalışılması ve yer seçimi ölçütlerinin bu şekilde belirlenmesi,
- Sanayinin türü bağlamında kent içinde planlanması zorunlu olan sanayi yapılarının olabildiğince kent merkezinden ve kent içindeki yerleşim bölgelerinden uzakta planlanması,
- Sanayi yapılarının arsa üzerine yerleşiminde gürültü etkeninin göz önünde bulundurularak, üretim hacmi içinde yüksek düzeyli gürültülerin ortaya çıktığı sanayi kollarında, koşulların izin verdiği ölçüde yönetim ve sosyal işlevlerle ilgili sessiz olması gereken hacimlerin üretim hacminden ayrı bağımsız yapılarda planlanmaya çalışılması,

- Yapı içindeki üretim – yönetim – sosyal alanlardaki hacimlerin planlanmasında bu hacimlerin birbiriyle olan ilişkilerinde gürültü etkeninin göz önünde bulundurulması,
- Üretim hacmi içinde gürültü düzeylerini azaltmaya yönelik alınabilecek önlemlerin, sanayi yapısının tasarımının ilk evresinden başlayarak planlı bir şekilde ele alınması,
- Yapı taşıyıcı sistemine geçebilecek gürültülerin yapı geneline yayılmasına karşı gerekli önlemlerin taşıyıcı sistem tasarımı içinde ele alınması,
- Yakın çevrede sessiz yerleşimlerin bulunması veya arsa içinde sessiz olması önem taşıyan yapıların yer alması durumunda yapı kabuğu tasarımı aşamasında gürültü etkeninin göz önünde bulundurularak yapı kabuğunun yeterli ses geçiş kaybı sağlayacak özellikte tasarlanması,

Tez kapsamında, sanayi yapılarının arsa üzerinde yerleşimlerinin planlanmasında tasarım – gürültü ilişkisi bağlamında iki temel yaklaşım olarak üretim– yönetim – sosyal işlevlerinin aynı yapı içinde toplanması durumu ile sosyal – yönetim işlevlerinin üretim hacminden ayrıldığı durum, üretim hacmindeki gürültülerin azaltılması ve sessiz hacimlerin gürültüden korunması yönünden incelenmiştir. Buna göre;

- Sosyal – yönetim işlevlerinin üretim hacmi ile aynı yapıda planlandığı durumda, üretim hacmi içinde gürültü düzeylerini düşürmeye yönelik önlem alınması, üretim hacminde çalışan kişileri gürültüden korumak açısından olduğu kadar, değişik yapı bölümlerine etki eden gürültü düzeylerini azaltmak açısından da önem taşır.
- Sosyal – yönetim alanlarının ayrı yapılarda planlandığı durumda, bu işlevlerle ilgili sessiz hacimler üretim hacmi içinde ortaya çıkan gürültülerin etkisinden genellikle korunmuş olur. Ancak, sosyal – yönetim işlevleriyle ilgili hacimlerin, üretim yapısına göre yapı içindeki yerleri ve üretim hacminin yapı kabuğunun ses geçiş kaybı bu konuda etkilidir.
- Üretim hacmi ile aynı yapı içinde planlanan sosyal ve yönetim işlevleriyle ilgili hacimlerin gürültüden etkilenmeleri iki temel yoldan gerçekleşir :

1. Yapı strüktürüne geçen gürültünün taşıyıcı sistem aracılığı ile sessiz hacimlere ulaşması,
2. Üretim hacminde ortaya çıkan gürültünün açık yollar bularak sessiz hacimlere ulaşması veya sessiz hacimlerin cidarına etki etmesi.

Bu bağlamda tasarım sürecinde alınabilecek önlemler;

1. Taşıyıcı sistemde gürültünün yayılmasını önlemeye yönelik önlemler,
2. Üretim hacmi içinde gürültü düzeylerini düşürmeye yönelik önlemler,
3. Bölme elemanlarının ses geçiş kaybını arttırmaya yönelik önlemler olarak belirlenmiştir.

- Sanayi yapılarında üretim hacmi içinde ortaya çıkan gürültülerin denetlenmesinde mimari tasarım sürecinde alınabilecek önlemler :

1. Gürültü kaynaklarında alınabilecek önlemler;
 - 1.1 Gürültü kaynaklarının hücre içine alınması,
 - 1.2 Gürültü kaynaklarının özel temeller üzerine oturtulması.
 - 1.3 Titreşim denetimine yönelik kaynakta alınabilecek diğer önlemler. (yüzer döşeme oluşturulması, esnek mesnetler kullanılması vb.)

2. Gürültü kaynağı – alıcı arasında alınabilecek önlemler;
 - 2.1 Hacim yutuculuğunun artırılması,
 - 2.2 Kaynak yakınında engel kullanılması,
 - 2.3 Alıcı yakınında engel kullanılması,
 - 2.4 Taşıyıcı sistemde süreksizlik oluşturulması,
 - 2.5 Bölme elemanlarından yararlanılması.

3. Alıcıda alınabilecek önlemler;

- 3.1 Üretim hacmi içinde yapı strüktüründen yalıtılmış sessiz hücrelerin planlanması olarak belirlenmiştir.

Ülkemizde yüksek düzeyli gürültülerin söz konusu olduğu sanayi yapılarında, üretim hacmi içinde ortaya çıkan gürültülerin denetlenmesi ve sessiz olması önem taşıyan yapı bölümlerinin

korunmasına yönelik çalışmalar, genellikle yapı tamamlandıktan sonra iyileştirme projeleri ile gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Üretime geçildikten sonra uygulanmaya çalışılan iyileştirme projeleri çoğunlukla, üretim hacmi içinde yeterli gürültü azalması sağlayamamakta veya ekonomik olmayan güç değişiklikler gerektirmektedir. Özellikle yapı strüktürü aracılığı ile yayılan gürültülerin denetlenmesi söz konusu olduğunda veya planlama ile ilgili yetersizliklere bağlı olarak sessiz hacimlerin etkilenmesi durumunda başarısız olunmakta veya istenilen çözüme ulaşılamamaktadır. Sanayi yapılarında, yapı tamamlanıp üretime geçildikten sonra gürültü denetiminin gündeme gelmesi durumunda, gürültü denetimi ile ilgili iyileştirme projelerinden her zaman yeterli sonuç alınamayacağı, tasarım sürecinde alınabilecek basit önlemlerin yapı tamamlandıktan sonra çözümü büyük harcamalar gerektirebilecek sorunlara dönüşebileceği ve bu durumun ülke genelinde büyük ekonomik kayıplara neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu nedenlerden dolayı, sanayi yapılarının tasarımında gürültü etkeninin, bölge, kent ve arsa ölçeğindeki planlamadan yapı ölçeğindeki tasarıma doğru sistematik biçimde ele alınması önem taşır. Gürültü etkeni, sanayi yapılarının mimari tasarım sürecinin bütününde bir tasarım ölçütü olarak ele alınmalı ve her aşamasında tasarımı yönlendirebilecek bir veri olarak değerlendirilmelidir.

Sanayi yapısının mimari tasarım süreci içinde gürültü etkeninin değerlendirildiği, yapının projesine uygun olarak yapıldığı ve makine - mekanik donanımlarla ilgili gerekli önlemlerin alındığı kimi durumlarda, yine de üretim hacmi içinde kabul edilebilir gürültü düzeyi değerlerine ulaşamayabilir. Üretim hacmi içinde gürültü düzeylerinin gerekli şekilde düşürülemediği böyle durumlarda çalışanların gürültülü ortamlardaki çalışma sürelerine sınırlandırma getirmeli veya kulak tıkacı, kulaklık, başlık gibi kişisel korunma yöntemlerine yer verilmelidir.

Tez çalışmasına koşut olarak ülkemizde sanayi yapılarındaki mevcut gürültü ortamını saptamak amacıyla yürütülen araştırma projesi kapsamında; ölçme yapılan sanayi kuruluşlarının tümünde üretim hacmi içinde gürültü düzeylerinin 80 dB(A) Leq'dan yüksek olduğu, gürültünün zaman içinde süreklilik gösterdiği ve çalışanların genelde gürültüye karşı herhangi bir önlem almadıkları saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Akdağ N., (1996), “Gürültüden Etkilenme ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği”, Yapı Endüstri Merkezi’nin düzenlediği Yapıda Ses ile İlgili Problemler ve Çözüm Önerileri adlı seminer, 29 Şubat 1996, İstanbul.

Altay, D., (1979), “Endüstri Yapılarında Mimari Programlama Araştırmaları”, YTÜ, Fen B.E. ,Mim. A.B.D. Yapı Fiziği Programında hazırlanan yüksek lisans tezi, 1979, İstanbul.

American Industrial Hygiene Association, (...), Industrial Noise Manual.

Cheremisinoff P. N., Young R. A., (...), Pollution Engineering Practice Handbook.

Crocker M. J., Kessler F. M., (1982), Noise and Noise Control, Florida.

Doelle, L. L., (1972), Environmental Acoustics, McGraw – Hill Book Company.

Erdoğan S., (2000), “Titreşim – Gürültü Denetimi ve Gereç Seçimi”, YTÜ, Fen B.E. ,Mim. A.B.D. Yapı Fiziği Programında hazırlanan yüksek lisans tezi, 2000, İstanbul.

Etüd Ve Proje, (1980), Endüstri Yapıları / Üretim – İşleme – Verim, Yaprak Kitabevi, Ankara.

Foreman J. E. K., (1990), Sound Analysis and Noise Control, New York.

Harris C. M., (1994), Noise Control in Buildings, Columbia University, USA.

Harris C. M., (1979), Handbook of Noise Control, Columbia University, USA.

Hızıroğlu E., (1979), Endüstri Yapıları Tasarımında Kullanılabilir Bir Yönetim Modeli, İnsan Ögesi ve Üretim Oluşumu Değerlendirmesi, İstanbul.

İlgürel N., Şerefhanoglu, M., (2003). “Measurements in an Industrial Building Related to Noise and the Influence of the Noisy Environment on the Workers”, 5th European Conference on Noise Control, 19 – 21 May 2003, Naples / Italy.

Irvine L. K. And Richards R. L., (1998), Acoustics and Noise Control Handbook for Architects and Builders.

Karabiber Z., (1988), Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Karabiber Z., (1992), Mimari Akustikte Ses Ölçmeleri, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Kayılı, M., (1981), Hafif Bölme Elemanlarının Ses Geçiş Kaybının Helmholtz Rezonatörleri İlavesi ile Arttırılması, İTÜ Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Denetimi Lisansüstü Programında hazırlanan Doktora tezi.

Maekawa, Z., Lord, P., (1994), Environmental and Architectural Acoustics, London.

Kepçeoğlu H. E., (2002), “Tekstil Sanayi’nde Gürültü Denetimi ve Bir Örnek İnceleme”, YTÜ, Fen B.E. ,Mim. A.B.D. Yapı Fiziği Programında hazırlanan yüksek lisans tezi, 2002, İstanbul

Lord, P. And Templeton, D., (1986), Detailing for Acoustics.

Onat, E., (1969), Organize Sanayi Bölgeleri Fiziki Planlama Esasları Üzerine.

Sound Research Labrotories Ltd., (1991), Noise Control in Industry, London.

Şerefhanoglu, M., (1987a). Gürültü Denetiminde Kabul Edilebilecek Gürültü Düzeylerinin Belirlenmesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1987b). Hacimde Gürültü (Ses) Düzeyi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1999b). Havalandırma ve Hava Koşullaması Sistemlerinin Gürültüsü ve Denetimi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1988)., Gürültünün Açık Havada Yayılmasında Dış Etkenler ve Gürültü Denetimi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., İlgürel N., (2002)., “Çevre Gürültülerinin Mimari Tasarıma Etkisi”, 4. Mühendislik – Mimarlık Sempozyumu, 11 – 13 Eylül 2002, Balıkesir.

Şerefhanoglu, M., Kepçeoğlu, H., E., İlgürel N., (2002)., “Tekstil Sanayi’nde Gürültü ve Bir Örnek İnceleme”, 6. Ulusal Akustik Kongresi, 26 – 28 Ekim 2002, Kaş / Antalya.

Sirel Ş., (1974), Yapı Akustiği 1 / Temel Bilgiler, İ.D.D.M.A. Yayınları, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	21.05.1977	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1988 – 1995	Üsküdar Anadolu Lisesi
Lisans	1995 – 200	Balıkesir Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	200 – 2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programı

Çalıştığı Kurum(lar)

2002 –YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi. (devam ediyor.)

