



Karadeniz Teknik Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

end2012 ergonomi

MEKANİK TİTREŞİMLER

Dr.-Mak.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ



Titreşimin Tanımı ve Önemi

- Çalışma hayatının pek çok dalında işçiler, çalışırken gün boyunca mekanik titreşimlere maruz kalmaktadır.
- Mekanik titreşim, insan sağlığını ve iş başarısını olumsuz etkiler.
- Titreşimin etkisi hem insan sağlığı ve çalışma konforu yönünden hem de iş verimi, iş kalitesi ve iş güvenliği açılarından önem taşımaktadır.
- Taşıt sürücüleri, iş makinası operatörleri, eleme, kırma-öğütme, matkap-delme, dokuma, tarım ve ağaç kesme makinaları çalışanları vb. mekanik titreşimin etkisi altında kalırlar.
- Titreşimler, tıpkı ses dalgaları gibi, tekrarlayan ve saniyede belirli bir sayısı olan dalgalardır; sesten başlıca farkı, sesin hava yoluyla, titreşimin ise vücudun sert kısımlarından vücuda girmesidir.

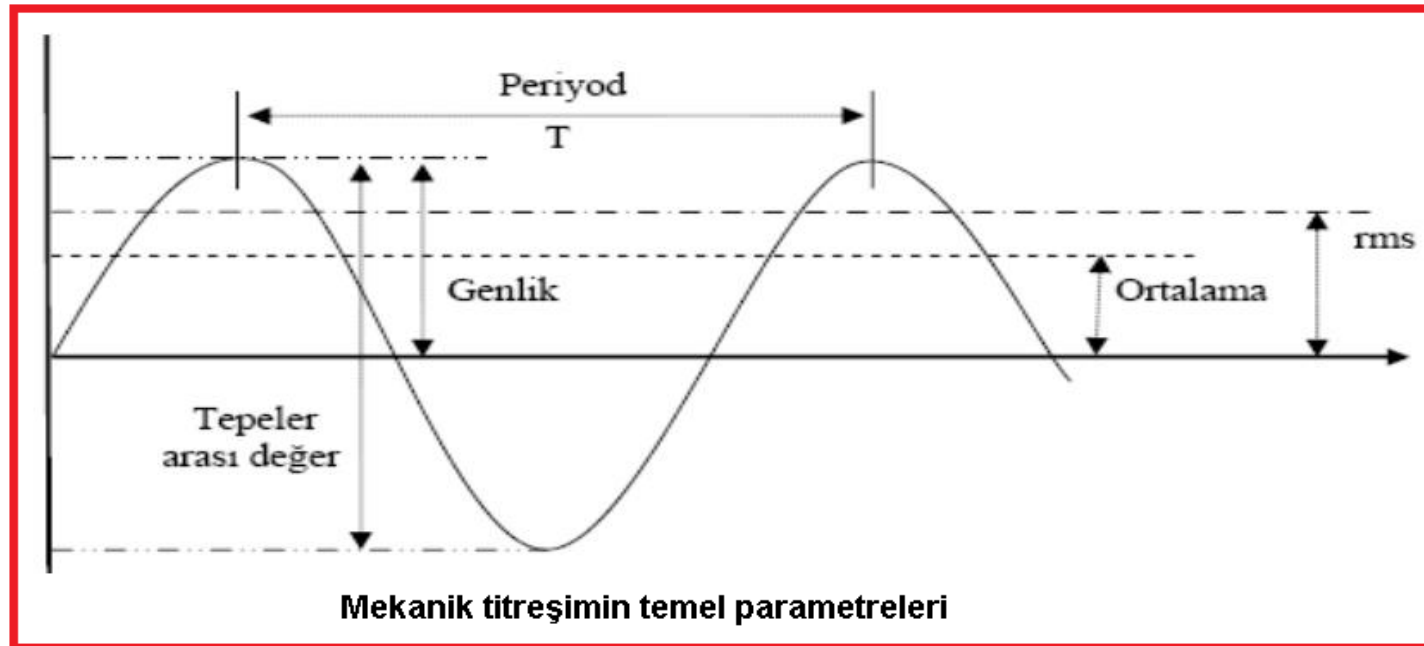
Titreşimin Tanımı ve Önemi

- **Titreşim (Vibrasyon)**, mekanik bir sistemin zamana bağlı olarak denge konumu civarında yapmış olduğu düzenli veya düzensiz salınım hareketleridir.
- Titreşim, el-kol ve bütün vücudu etkileyebilir.
- Denge durumu etrafında periyodik bir hareket yapan cisme genellikle “**titreşim yapan cisim**” denir.
- Titreşim yapan bir cismin yer değişiminin zamana göre fonksiyonu $x(t) = x(t + nT)$ olarak ifade edilir.
 - Burada, x yer değiştirme (m, rad), t zaman (s), T periyot (s) ve n periyot sayısıdır.

Titreşimin Tanımı ve Önemi

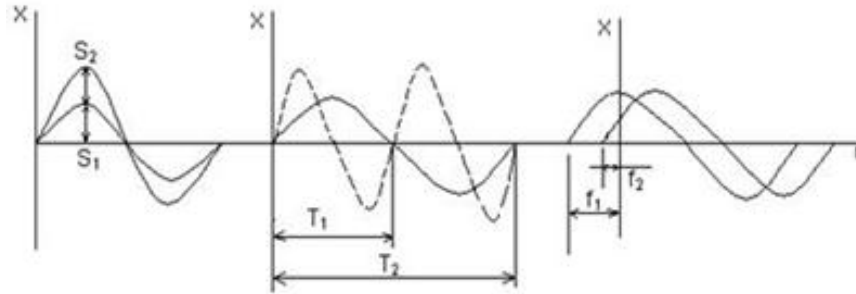
- **Titreşimin üç parametresi vardır:** titreşimin frekans, genliği (amplitüt) ve faz farkı.
- Saniyedeki titreşim sayısına **frekans** denir.

$$f = 1/T[\text{Hz}]$$



Titreşimin Tanımı ve Önemi

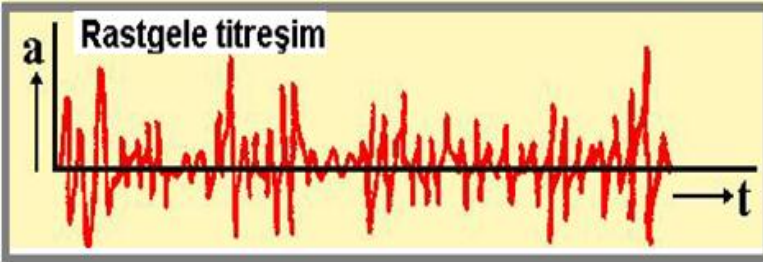
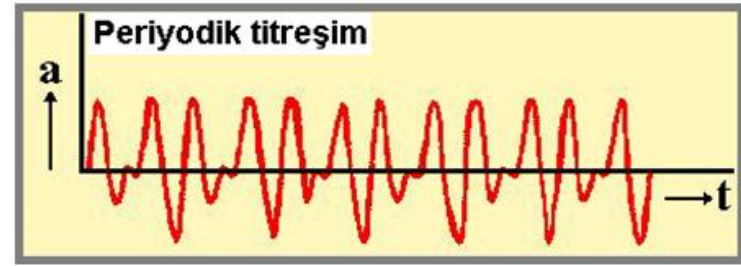
- Bir titreşimin peryodu $T = 0,02$ saniye ise, 1 saniyedeki titreşim sayısı veya frekansı $f = 1/0,02 = 50$ Hz olarak hesaplanır.
- Titreşimin maksimum yer değişimine **genlik** (genişlik ya da amplitüt) denir.
- Mevcut iki titreşimden birisi diğerine göre daha geç başlamışsa, aralarında zaman açısından bir fark olacaktır. Bu farka **faz farkı** veya kısaca faz denir.
- Titreşimin etkisini belirleyen faktörler; genliği, frekansı, etki süresi, zamana göre değişimi, titreşim yönü ve titreşimin etki noktasıdır.



Titreşimin üç parametresi (genlik, frekans, faz farkı)

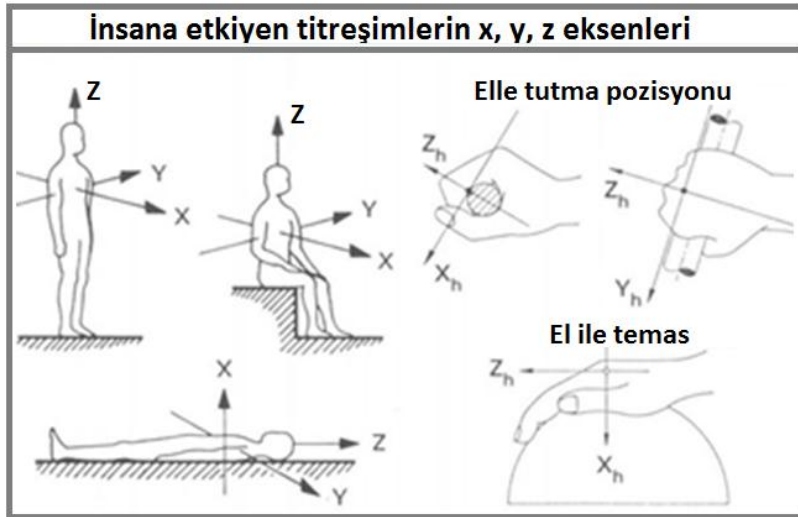
Titreşimin Tanımı ve Önemi

- **Titreşim 4 kategoride değerlendirilir:** Harmonik titreşim, periyodik titreşim, rastgele titreşim, geçici ve kısa süreli titreşim.



Titreşimin Ölçülmesi

- Titreşim titreyen parçada ölçüldüyse **emisyon** büyüklüğü, insan bedeni üzerinde ölçüldüyse **imisyon** büyüklüğü olarak adlandırılır.
- İnsan bedeni üzerindeki titreşimler, vücut uzunluğu yönünde (Z) etkili olur. Bu nedenle, bu yöndeki titreşimler esas alınarak ölçülür. İnsan bedeni yatay konumda da olsa, boyuna yön esas alınır.
- El-kol sisteminde ise Z yönündeki titreşim esas alınır.



- Çift elle kullanılan aygıtlarda, ölçümler her el için ayrı ayrı yapılır; maruziyet her iki eldeki en yüksek değer esas alınarak belirlenir.
- Titreşim ölçümü, insan vücudunun veya el-kolun titreşimle temas ettiği noktalarda yapılır.

Titreşimin Etkileri

- Mekanik titreşimin etkisi beş fiziksel büyüklüğe bağlıdır:
 1. Titreşimin bedene etki noktası
 2. Titreşimin frekansı
 3. Titreşimin ivmesi
 4. Titreşimin etki süresi
 5. Etkilenen sistemin özgül frekansı ve rezonansı

1. Titreşimin bedene etki noktası: Mekanik titreşimin etkisi bakımından, titreşimin etki noktasına göre kişinin titreşime karşı gösterdiği reaksiyonlar önemlidir.

- Titreşime karşı reaksiyonların objektif ve sübjektif algılanması farklıdır.
- Kişinin yaşı, genel bedensel yapısı, sağlığı, kas sağlamlığı ve yüklemenin başladığı anda omurgalarının durumuna göre reaksiyonlar farklı olur.

Titreşimin Etkileri

- Titreşimin etki noktası yanında titreşimin yönü de önemlidir: Düşey yön (ayak-baş yönü) ve el-kol yönü sık karşılaşılan ve etkili yönlerdir.
- Ergonomik açıdan titreşim, iki noktadan bedene etkir;
 - ayak veya genellikle taşıtlarda oturma düzlemi ve
 - ellerdir.
- Birinci halde **tüm beden titreşimi**, ikinci halde **el-kol titreşimi** oluşur.

Titreşimin Etkileri

- **Tüm Beden Titreşimleri:** Tüm vücudun titreşime maruz kaldığı durumlardır. Tüm vücut titreşimi, vücudun tümüne aktarıldığında, çalışanın sağlık ve güvenliği için risk oluşturan, özellikle bel bölgesinde rahatsızlık ve omurgada travmaya yol açan mekanik titreşimi ifade eder.
- Omurganın oturma halinde rezonans frekansı yaklaşık 4 Hz'dir.
- Bu tip titreşimler vücutta oksijen tüketimine ve solunum hızında artışa, sindirim ve kemik sisteminde doku ve zedelenmelere, denge sağlamada zorluğa, bel ağrısına, mide ağrısına, üriner (idrar) rahatsızlıklara, baş ağrısına, uykusuzluğa neden olur.
- **Tüm vücut titreşiminde 1-80 Hz frekanslar hissedilir.**
- **8 Saatlik çalışma süresi için titreşimin günlük**
 - **Maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$**
 - **Maruziyet etkin değeri $0,5 \text{ m/s}^2$**

Titreşimin Etkileri



Tüm vücut titreşimine neden olan ekipmanlar



Titreşimin Etkileri

- **El - Kol Titreşimleri:** El, kol ve parmaklardan vücuda yayılan titreşimdir. El-kol titreşimi, insanda el-kol sistemine aktarıldığında, çalışanın sağlık ve güvenliği için risk oluşturan ve özellikle dolaşım sistemi, damar, kemik, eklem, sinir ve kas bozukluklarına yol açan mekanik titreşimi ifade eder.
- Pnömatik asfalt sıkıştırma ve kırma makinaları, perçin çekici, havalı zımpara makinası, rende, motorlu testere gibi darbeli - titreşimli makina ve aletler uzun süre kullanıldığında performansı azaltmanın ve yorulmanın dışında sağlık sorunları da oluşturur.
- **El-kol titreşiminde 1-1000 Hz frekanslar hissedilir.**



Titreşimin Etkileri

- 8 Saatlik çalışma süresi için titreşimin günlük
 - Maruziyet sınır değeri $5,0 \text{ m/s}^2$
 - Maruziyet etkin değeri $2,5 \text{ m/s}^2$



Titreşimin Etkileri

2. Frekans: Titreşimin fizyolojik ve patolojik etkisi önemli ölçüde frekansına bağlıdır.

- Titreşimin frekansı vücudun çeşitli organlarının herhangi birinin özgül frekansı ile çakışırsa, o organda rezonans oluşturacağından daha büyük sorunlar ortaya çıkar.
- Titreşimler, frekans değerine göre; alçak ve yüksek frekanslı titreşimler olarak ikiye ayrılır.
- İki bölge arasındaki sınır 30 Hz ile 50 Hz arasındadır.
- Taşıtların neden olduğu titreşimler alçak frekans, motorla tahrik edilen makinalarda ise çoğu titreşim yüksek frekans bölgesindedir.
- İnsan, düşük frekanslı titreşimlerde sarsıntı hisseder.
- Yüksek frekanslı titreşimlerde ise karıncalanma ve yanma hissi duyar.

Titreşimin Etkileri

3. İvme: Fizyolojik açıdan önemli frekans bölgelerinde, titreşim zorlanmasının şiddeti ivme ile de ifade edilebilir.

Titreşim algılama değeri olarak kullanılan K değerlerinin esasını da titreşimin ivmesi oluşturmaktadır.

4. Etki süresi: Titreşimin etki süresi, ortaya çıkacak olan şikayetlerin başlıca nedenidir. Etki süresi arttıkça rahatsızlığın derecesi de artmaktadır.

5. Özgül frekans: Her sistemin titreşimine neden olan bir uyarı kuvveti ve bir özgül frekansı vardır.

- Uyarı kuvveti sistemin özgül frekansına eşit frekanslı, örneğin sinüzoidal yapıda bir kuvvet ise sistem rezonans haline geçer; yani kendi titreşiminin genliği, uyarının genliğinden çok daha büyük değerler almaya başlar.
- Bunun aksine bir olay da, sistemin titreşimleri sönmüleyebilme özelliğidir; insan vücudu da bu özelliğe sahiptir. Ayakta dikey titreşimler bacaklarda sönmülenir.

Titreşimin Etkileri

- Kas dokularının sönümleme özelliği 30 Hz ve daha büyük frekanslarda çok kuvvetlidir; vücuda etkiyen 35 Hz civarındaki uyarı titreşiminin genliği ellerde yarıya, dirsekte üçte bire ve omuzlarda ise onda bire indirgenir.

Oturan insan vücudunda organların özgül frekansları

2 Hz	Uzatılmış bacak
20 Hz	Bükülmüş bacak
3–4 Hz	Boyun omurları
4 Hz	Bel omurları
4–8 Hz	Mide, kalp, bağırsaklar, karın bölgesi
5 Hz	Omuz, omuz-kol bağlantısı
7 Hz	Beyin
20–30 Hz	Baş (eksenel)
50-200 Hz	El
60 Hz	Göğüs kafesi
60–90 Hz	Göz yuvarlağı
100–200 Hz	Alt çene

- İnsan vücudu tek özgül frekansa sahip değildir; titreşimin etkisi altında basit bir kütle-yay sistemi gibi davranmaz.

Titreşimin Etkileri

- 2,5-5 Hz arasındaki titreşim etkisinde boyun ve bel omurlarında kuvvetli rezonans oluşur ve genlik, etkiyen titreşimin genliğinin %240'ına kadar çıkar.
- 4-6 Hz arasında ise bel üstü gövdede, omuzlarda ve ensede rezonans meydana gelir ve burada genlik artışı %200 kadardır.
- 20-30 Hz arasında omuzlar ve baş arasında çok şiddetli rezonans meydana gelir ve burada genlik artışı %350'ye kadar ulaşabilir.
- Genel olarak, küçük boyutlu, küçük kütleli organların özgül frekansları daha büyüktür, bu nedenle 30 Hz'den büyük frekanslı titreşime sahip makinalar kullanılırken parmak ve ellerde rezonans oluşur.
- Ayrıca, insan dokusunun sönümleme özelliğinden dolayı titreşimin neden olabileceği sorunlar daha çok etkidiği nokta ve civarında görülür.

Titreşimin Etkileri

- Eğer titreşimin frekansı organlardan birinin özgül frekansı ile çakışıyorsa, o organda rezonans oluşturacağından daha büyük sorunlar çıkacaktır
- Titreşimin insana etkisi ayrıca bedenin konumu, el ve kolun eklemlerdeki açıları, iş yapabilmek için uygulanan kuvvet, işin statik veya dinamik özellikte oluşu ve soğuk ortam gibi faktörlere de bağlıdır.

Fizyolojik Etkiler

- Titreşimin kas, dolaşım sistemi ve solunum sistemine olan etkisi çok önemli değildir.
- Görme yeteneğinin sınırlanması ise titreşimin çok daha önemli olan fizyolojik etkisidir.
- Özellikle titreşimli makinaları kullananların performansını olumsuz ekilerken, kaza riskini de artırır.
- Titreşim görüş keskinliğini azaltırken, görüntünün bulanıklaşmasına da sebep olmaktadır.
- 2 Hz'in altındaki frekanslarda görme yeteneği etkilenmemektedir.
- Özellikle 10 – 30 Hz arasında görüntü bulanıklaşır.
- 50 Hz civarında ve 2 m/s² ivmede görüş keskinliği yarı yarıya azalabilmektedir.

Fizyolojik Etkiler

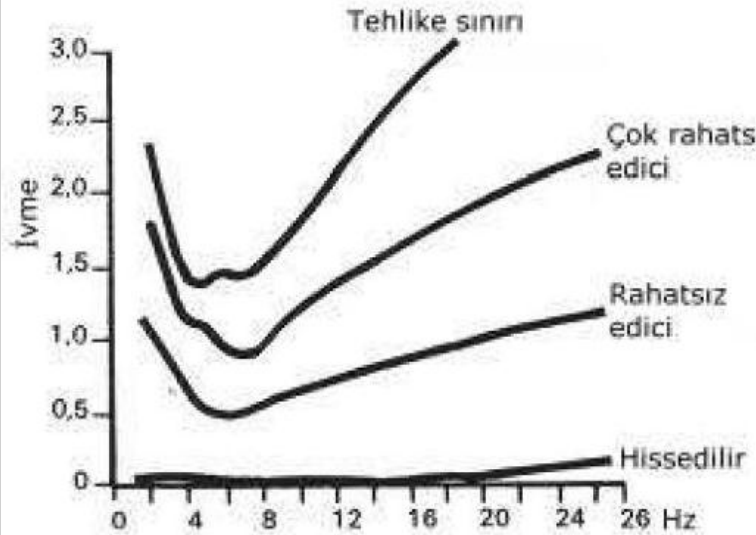
- Şiddetli titreşimler psikomotorik performansı olumsuz etkilemektedir.
- Örneğin, motorlu testere ile bir süre çalışan işçinin el becerisi azalmaktadır; benzer etki taşıt sürücülerinde de görülmektedir.
 - 2-16 Hz arasındaki titreşimlerde, özellikle 4 Hz civarında sürüş performansı düşmektedir.
 - $0,5 \text{ m/s}^2$ değerindeki ivmede sürücü hataları artmaya başlar.
 - $2,5 \text{ m/s}^2$ değerlerindeki ivmelerde ise sürücü hatalarındaki artış nedeniyle titreşimler tehlikeli titreşim olarak kabul edilir.
- Titreşime karşı en hassas olunan frekans bölgesi 4-8 Hz'dir.
- Çok rahatsız edici titreşimlerin eşik ivmesi yaklaşık 10 m/s^2 'dir.
- Titreşim ivmesi $1,5g$ değerine ulaştığında tehlikeli ve dayanılmaz hal almaktadır. İşçiler, $0,2-0,3g$ 'den büyük ivmeleri rahatsız edici bulmuştur

Fizyolojik Etkiler

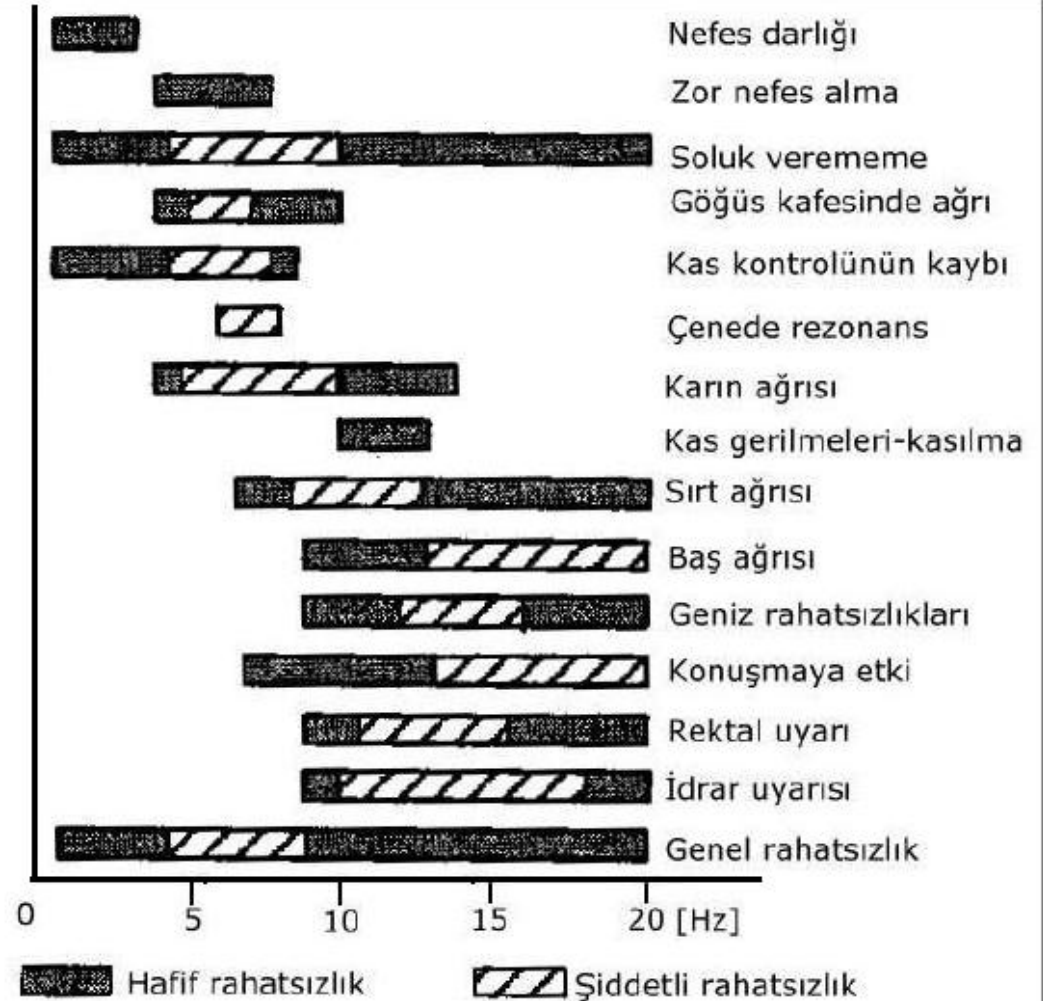
- Titreşimin neden olduğu şikayetler kişiden kişiye bazı farklılıklar gösterse de genelde aşağıdaki şikayetlere sıkça rastlanmaktadır:
 - Nefes alma zorluğu (1-4 Hz)
 - Karın ağrısı, göğüs boşluğunda ağrı
 - Kas reaksiyonları, çene rezonansı
 - Genel huzursuzluk (4-10 Hz)
 - Sırt ağrıları (8-12 Hz)
 - Kas gerilmeleri, baş ağrısı
 - Görme bozukluğu, boğaz ağrısı
 - Konuşma zorluğu, tuvalet ihtiyacı hissi (10–20 Hz)
 - Deniz tutması, kusma (0.2-0.7 Hz)

Fizyolojik Etkiler

Titreşim ivmesinin tahammül sınırları



Frekans - rahatsızlık ilişkisi



Fizyolojik Etkiler

- 7 Hz frekansa sahip titreşimlere karşı beyin çok duyarlıdır; yoğun düşünmeyi gerektiren işleri yapabilmek mümkün olmaz.
- İşyerinde uzun süre titreşim etkisi altında kalan kişilerde, en çok etkilenen organlar kalıcı olumsuz değişimlere uğrarlar.
- Oturma ve ayakta durma konumlarında dikey yönde titreşim etkisinde kalan kişilerde omurgalarda aşınma ve dejenerasyona rastlanırken, titreşimli el aletleri kullananlarda el ve kollarda benzer hastalıklar görülmektedir.
- El-kol sisteminin rezonans frekansı olan 10-30 Hz ile çakışan ve darbeler içeren titreşimler en tehlikeli titreşimlerdir.
- El-kol titreşimleri kemik ve eklemlerde bozulma ve hasarlar oluşturduğu gibi, el ve parmakların kan dolaşımlarında da arızalara neden olmaktadır.

Fizyolojik Etkiler

- Darbeli matkapla günde 4 saat veya daha fazla çalışan işçilerin en az %10'unda bir yıl sonunda bu hastalık ortaya çıkabilir.
- İşçiye ulaşan titreşimin frekansı 40-300 Hz arasındaysa, bu titreşimin genliği 0.2-5 mm arasında olup, doku tarafından çabuk sönümlenir.
- Bu titreşimler, kan damarlarına ve sinirlere olumsuz etkide bulunurlar; parmakların, özellikle orta parmağın beyazdan maviye kadar renk değiştirmesine, soğuk hissetmesine ve sonuçta hissizleşmesine yol açarlar.
- Reynaud (beyza parmak) hastalığına denilen bu olaya kan damarlarının kramp şeklinde kasılması sebep olmaktadır.

Fizyolojik Etkiler

- Örneğin, 300-1000 Hz arasında çalışan bir parlatma makinası işçisinde elde ağırlı şişmeler, hassasiyet kaybı oluşur ve kalıcı hale gelebilir.
- Elde taşınabilen motorlu makinaların dayanılamaz sınır değerleri;
 - Titreşim frekansı 2 Hz'den küçük, ivme 3-4g
 - Titreşim frekansı 4-14 arası, ivme 1,2-3,2g arası
 - Titreşim frekansı 14 Hz'den yukarı, ivme 5-9g
- Bacak-gövde arası açı 90° olacak şekilde oturulursa rahatsız edicidir, ayrıca rezonans frekansın 4-8 Hz civarında oluşu da problemler doğurur.
- Dikey titreşimlerde göz yuvarlağı 20-25 Hz civarında rezonansa girer; göz, genel rahatsızlık yanında iyi görmemeye başlar.

Titreşimlerin Algılanması ve Değerlendirilmesi

- İnsan kas ve derisinde bulunan çekme ve basmaya duyarlı organı sayesinde titreşim algılanır ve beyin tarafından değerlendirilir.
- Sinüzoidal ve ritmik titreşimlere beden kendisini az veya çok alıştıracaktır; ancak düzensiz, rastgele ve darbe içeren titreşimlere alışması pek mümkün değildir.
- Eş değerli olarak algılanan titreşimler, frekanslarına bakılmaksızın aynı K değeri ile gösterilir.
- Z yönündeki titreşimler için $K_z = 0$ (titreşim algılama eşiği) ve $K_z = 112$ arasında değerlendirme düzeyleri kullanılır.
- Titreşimin K değeri yanında günlük etkilenme süresi de önemlidir.

Titreşimlerin Algılanması ve Değerlendirilmesi

- K değerlerinin insan tarafından algılanma anlamları;

Makina-alet	K
– Motorlu testere	27-106
– Motorlu im biçme makinası	13- 64
– Asfalt silindiri	6- 21
– şantiye kamyonu	12- 25
– Traktör	10- 36
– atalı forklift	8- 55
– Hidrolik kepçe	7- 35
– Perçin ekici	16-142
– Darbeli matkap	29-136

- $K < 0,1$ hissetmeme
- $K = 0,1$ algılama eşiği
- $0,1 < K < 0,4$ çok hafif hissetme
- $0,4 < K < 1,5$ belirgin hissetme
- $1,5 < K < 6,3$ şiddetli hissetme
- $K > 6,3$ çok şiddetli hissetme
- $K=12,5$ olan titreşim; 8 dakika etkirse tesirsiz; 30 dakika etkirse huzursuzluk hissedilir, 4 saat etkirse performans kaybı, tüm vardiya boyu etkirse sağlığa zararlı olur.

Titreşim Etkilerinin Zararları

- İnsanda fizyolojik değişimler vücut refleksinin bozulmasına, nefes alıp verme, nabız atışı ve enerji kullanımında artışa, adale yorgunluklarına, duyma duyusunun azalmasına, sinir sisteminin etkilenmesine, vücutta ağrı ve kramplara yol acar.
- Mekanik titreşime maruz kalan kişilerde görülen refleks bozuklukları ayrıca iş kazalarına da neden olur.
- Titreşim, işçi sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yapmasının yanında, titreşen makinanın kendisine, komşu makinalara ve çalışma ekonomisine de pek çok zararlar verir.
- Titreşim iç kulağı etkileyerek insanın dengesini bozar.
- İnsan vücudu titreşimlerden rahatsız olduğu kadar, titreyen bir yere veya ekrana bakması durumunda da benzer şekilde rahatsız olur.

Titreşim Etkilerinin Zararları

- Titreşimden etkilenmede en önemli etken rezonans (uyum) olayıdır.
- Göz yuvaları, boyun ve baş en fazla rezonans sağlayan kısımlardır.
- Titreşimden dolayı deri, solunum yolları, kulak, omurga ve dolaşım sistemlerinde çeşitli rahatsızlıklar meydana gelebilir.

Frekans < 2 Hz Semptomları: At, otomobil, uçak, gemi gibi araçlarla seyahat sırasında merkezi sinir sistemi şikayetleri meydana gelebilir.

- Bulantı, kusma, soğuk ter olabilir. Seyahat bitince belirtiler belli bir süre sonra ortadan kalkar.

Titreşim Etkilerinin Zararları

Frekans 2-30 Hz Semptomları: Klinik belirtiler genel olarak titreşimli el aleti kullanan işçilerde, elde dolaşım bozuklukları, hipersentivite ve daha sonra uyuşukluk şeklinde görülebilir. Titreşimle birlikte, 8-10 °C sıcaklığa kısa süre maruziyette parmaklarda ve avuç içinde beyazlaşma olur. Titreşime maruziyet sürerse omuz başlarında ağrı, yorgunluk, soğuğa karşı hassasiyet olabilir. Ön kol ve omuz kaslarında ağrılar görülebilir.

Frekans >30 Hz Semptomları: Sırt ve bel ağrıları, dirsekte kemik ve eklem zararları, el bilek kemiklerinde ağrı, güç kaybı, Parmak hastalıkları, disk kayması (tüm vücut titreşimine bağlı).

- Titreşim, kişinin çalışma verimini, sağlık ve güvenliğini olumsuz yönde etkiler; zihinsel ve bedensel yorgunluğa yol açar; sinir, dolaşım ve sindirim sistemini olumsuz ekiler; işgücü verimliliği azalır.

Titreşim Etkilerinin Zararları

- **Titreşimin zararlı etkileri**

- Ağrılar (baş, boyun, bel, göğüs, kol, sırt ağrıları)
- Rahatsızlıklar (mide ve sindirim sistemi, omurga ve bel kemiği, üreme sistemi rahatsızlıkları)
- Bozukluklar (görme, iç kulak dengesi, sindirim bozukluğu, sindirim sistemi, uyku bozuklukları)
- Beyaz el hastalığı
- Bulantı ve kusma
- Duyu organlarında zayıflama
- El, kol, bacaklarda uyuşukluk
- Genel yorgunluk ve iştahsızlık
- Kalp atış sayısının yükselmesi
- Kan basıncının yükselmesi
- Kas kasılmaları
- Konsantrasyon azalması, beceri kaybı
- Nefes zorluğu
- Refleks azalması

Titreşimden Korunma Yolları

- Titreşimin etkisinden korunmak için;
 - Teknik önlemlere,
 - Tıbbi önlemlere ve
 - Eğitime gereksinim vardır.
- Titreşimden **teknik** korunmanın temel hedefi, titreşimi kaynağında azaltmaya yönelik olmalıdır.
 - Makinaların tasarımı ve montajı sırasında titreşimi azaltan zeminler yapmak, uygun süspansiyon düzenekleri uygulamak, vuran ve titreşen kısımlara izolasyon uygulamak, makinaların bakım ve onarımlarını zamanında yapmak bu amaca yönelik uygulamalardır.

Titreşimden Korunma Yolları

- Araç operatörlerinde titreşimin geçirimsizliği çeşitli süspansiyon sistemleri ile önlenmeye çalışılmaktadır.
 - Bunlar; araç lastiği, şasi, kabin ve operatör koltuğudur.
- Operatöre iletilen titreşim değerleri üzerinde genel olarak makina, koltuk, lastik ve zemin etkilidir.
- Uygun lastik, iyi bir süspansiyon düzeni ve operatör koltuğu ile titreşim önemli oranda azaltılabilir.
- Genellikle makina dizaynı sırasında titreşimi azaltacak zeminler yapılabilir ve titreşimi az olan makinalar satın alınabilir.

Titreşimden Korunma Yolları

- **Tıbbi** korunmada ise, titreşimin var olduğu işlerde çalıştırılacak işçiler seçilirken, işe giriş muayenelerinde; sinir sistemi, omurga, kalp, damar ve sindirim sistemleri sağlam olan genç işçilerin seçilmesine dikkat edilmelidir.
- Ayrıca titreşim etkisi altında çalışan işçiler periyodik muayenelerde titreşimin etkilerinin klinik muayeneler uygulanarak aranması; el, bilek ve dirsek eklemlerinin dikkatle muayene edilmesi ve röntgen filmlerinin çekilmesi de faydalı olur.
- Ayrıca, titreşimin olumsuz etkileri görülen işçilerin değiştirilmesi yoluna gidilmelidir.
- Çalışma süresinin azaltılması veya daha sık dinlenme araları verilmesi, titreşimden etkilenmede uygun bir korunma yöntemi olacaktır.

Titreşimden Korunma Yolları

- **Eğitim**, titreşimden korunmanın bir yoludur.
- İşyerinde titreşime maruz kalan kişiler ve yöneticiler, titreşimin neden olduğu risklere ve rahatsızlıklara karşı eğitilmelidir.
- Operatörler, titreşim kaynaklı muhtemel sırt ağrıları ve belirtileri, tehlikeli titreşim kaynakları, uzun süre yüksek oranda maruz kalınan titreşim, titreşime ait risk bulguları ve sınır değerleri hakkında bilgilendirilmelidir.
- Operatörlere yüksek tansiyonun nasıl fark edileceği, süspansiyonlu koltuk ayarlamasının nasıl yapılacağı, engelli arazide çalışma sırasında titreşime nasıl en az oranda maruz kalınacağı uygulamalı olarak öğretilmelidir.
- Titreşimin olumsuz etkilerine karşı eğitilmiş bir işveren, işyerinde makinalar için uygun zemin düzenler, makinaların bakımını zamanında yapar, işçileri işe alırken, titreşime hassasiyeti olmayanlardan seçer.

Titreşimle Mücadelede Uygulanan Kurallar

- Rotasyon uygulanarak, titreşimli ortamda çalışanlar sık sık yer değiştirmelidir.
- Makina bağlantı boruları vb. elemanların elastik montajı yapılmalıdır.
- İşgörenin üzerinde hava yastıkları, lastik eldivenler gibi koruyucu önlemler alınmalıdır.
- İşgörenin yeri yumuşak, titreşimi absorbe edecek malzemelerle kaplanmalıdır.
- Tasarım ve çizim aşamasında titreşim ve önlemleri gözönüne alınmalıdır.
- Titreşim amortisörleri kullanılmalıdır.

Titreşimle Mücadelede Uygulanan Kurallar

- Mekanik titreşime maruziyetin önlenmesi veya azaltılması için; teknik ilerlemeler gözönünde bulundurularak, riskler öncelikle kaynağında yok edilecek veya en aza indirilecektir.
- İşveren, mekanik titreşime ve yol açtığı risklere maruziyeti en aza indirmek için özellikle aşağıdaki hususları dikkate alacaktır:
 - Uygun çalışma yöntemleri,
 - Uygun ergonomik tasarım ve uygun iş ekipmanı,
 - El tutma yerleri,
 - Uygun işyeri tasarımı,
 - Uygun bakım ve çalışma programları

EK BİLGİ

Sağlık Gözetimi: İşveren, el-kol titreşimi için ve bütün vücut titreşimi için günlük maruziyet etkin değerlerini aşan mekanik titreşime maruz kalan işçilere uygun sağlık gözetimini yaptıracaktır.

Risk Değerlendirmesi:

- Aralıklı/tekrarlanan şoklara maruziyet de dahil maruziyetin türü, düzeyi ve süresi,
- Maruziyet sınır ve eylem (etkin) değerleri,
- Özel politika gerektiren gruplar ile tüm çalışanların sağlık ve güvenliklerine olan etkileri,
- Mekanik titreşim ile çalışma ortamı arasındaki veya mekanik titreşim ile diğer iş ekipmanları arasındaki etkileşimlerin, çalışanların sağlık ve güvenliğine olan dolaylı etkisi değerlendirilir.

EK BİLGİ

TİTREŞİMİN YASAL MEVZUATI

- Çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmelik, RG: 22 Ağustos 2013 / 28743.
- İş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği, RG: 9 Aralık, 20013 / 25311.
- Titreşim yönetmeliği, RG: 23 Aralık 2003 / 25325.
- 6331 İş sağlığı ve güvenliği kanunu, RG: 30 Haziran 2012 / 28339.

EK BİLGİ

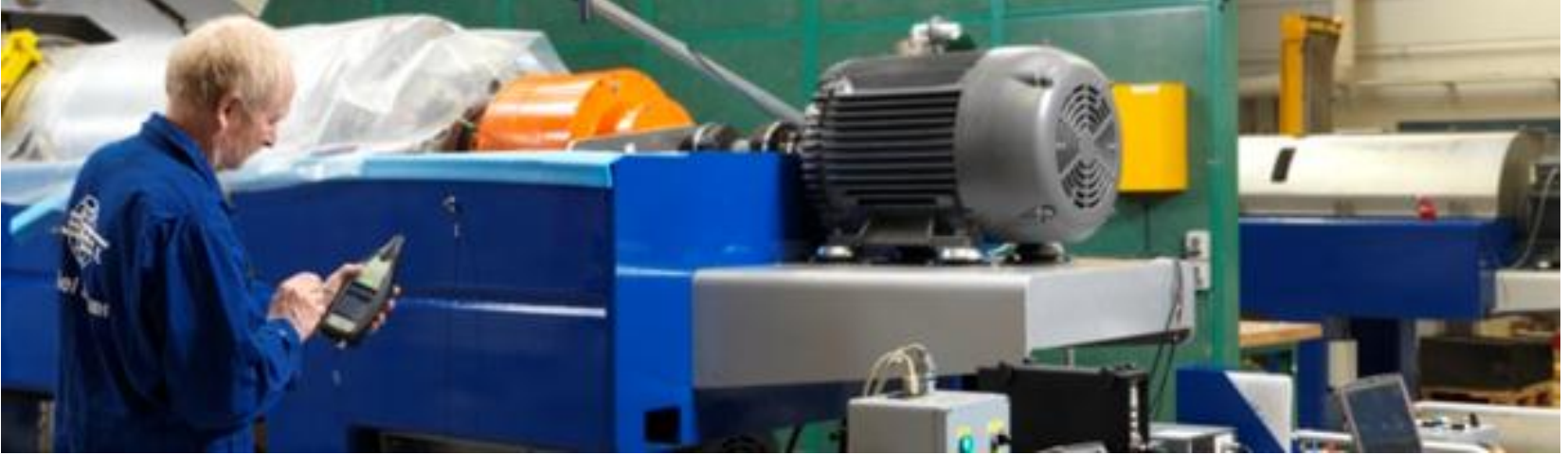
YÖNETMELİKLERDEKİ ORTAK YÜKÜMLÜLÜKLER

1. Sağlık gözetimi,
2. Çalışanların bilgilendirilmesi,
3. Çalışanların eğitimi,
4. Risklerin değerlendirilmesi,
5. Çalışanların görüşlerinin alınması ve katılımlarının sağlanması,

EK BİLGİ



EK BİLGİ



Tüm vücut titreşim kaynakları

Tüm vücudun, etkisi altında kaldığı titreşim kaynakları;

Traktör ve kamyon kullanımı, dokuma tezgahları, yol yapım, bakım ve onarım makineleri, özellikle çelik konstrüksiyonlu yapılarda titreşime sebep olan makine ve tezgahlar ve benzeri araç gereçler.

