

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
SAU023 - İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ



**SAKARYA**  
ÜNİVERSİTESİ

**Hazırlayan:** Erbil NAS – B151210053 (B grubu)

# İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

## FİZİKSEL RISK FAKTORLERİ

---

Fiziksel risk faktörleri, çalışanların sağlığını etkileme ihtimali olan fiziksel faktörlerdir. Yaşanılan veya çalışılan ortamın sıcaklık, nem aydınlatma, gürültü, titreşim, basınç vb. gibi fiziksel özellikleri bireyin sağlığını önemli ölçüde etkiler. İşçiler, özellikle ağır ve tehlikeli işlerde çalışanlar bu yönden büyük risk altındadır. Fiziksel çevre koşulları yönünden her işyeri aynı değildir. Aynı ürünü üreten iki işletmede bile fiziksel çevre koşulları benzer olmayabilir. Burada önemli olan her işletmede olabilecek fiziksel olumsuzlukların kaynağında yok edilmesi ve çalışanların bu şekilde korunmasıdır.

Fiziksel etkenler başlıca;

- Gürültü,
- Titreşim (Vibrasyon),
- Aydınlatma,
- Termal Konfor Şartları,
- Havalandırma,
- Radyasyon,
- Basınç Değişimleri

olarak sıralanabilir.

## GÜRÜLTÜ

---

Genellikle istenmeyen ve rahatsız edici sesler gürültü olarak tanımlanır. İşçi sağlığında ise gürültü 'işitme duyusunun azalmasına veya sağlığının bozulmasına ya da başka tehlikelerin oluşmasına neden olan seslerdir. İşyerlerindeki devamlı çalışan makineler, dokuma tezgahları, testere dişli makineler, dizel motorlar, pistonlar vb. gibi gürültü kaynakları devamlı, ani, kesik kesik gürültü yapabilmektedirler.

Gürültü, çağımızın önemli endüstriyel ve çevre sorunlarından biridir. Endüstriyel makine ve araç-gerecin çıkardığı sesler, yeterli ve etkin önlemler alınmadığı takdirde özellikle o iş kolunda çalışanlara önemli ölçüde zarar verebilmektedir. Örneğin tekstil endüstrisinde yüksek devirde dönen büküm makineleri, yaygın bir şekilde kullanılan mekikli dokuma tezgahları, motorlar ve havalandırma sistemine ait klima santrallerinin çıkardığı sesler birer gürültü kaynağıdır.

Endüstride daha etkin ve hızlı makineler gürültü seviyesinin yükselmesine neden olmuştur. Ülkemiz endüstrisinde de en sık rastlanan meslek hastalığı, gürültü ile oluşan işitme kayıplarıdır. SSK istatistik yıllıklarında çok fazla rastlanmayan, endüstriyel işitme kaybına sahip insan sayısının 200. 000'i aştığı tahmin edilmektedir.

Endüstriyel açıdan çok önemli bir sağlık riski oluşturan gürültü, genel halk sağlığı açısından da önemli bir sağlık sorunudur. Özellikle İstanbul'un değişik semtlerinde aralıklarla yapılan uzun süreli ölçümlerde bütün değerlerin "Gürültü Yönetmeli"ğinde müsaade edilen değerleri geçtiği görülmektedir.

Başlangıçta tüm dikatler gürültünün insan kulağındaki etkisi üzerine yoğunlaşmışken, son 40 yıldır kulak dışı etkileride dikkate alınmaya başlandı (dalginlik, unutkanlık, psikolojik etkiler, konuşma bozukluğu, çalışma gücünün azalması gibi).

Öncelikle şunu asla aklımızdan çıkarmamalıyız: Gürültü sonucu işitme kaybının tedavisi bugün tıbben olanaksızdır.

Gürültünün kulaktaki etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için gürültünün tanımını, kulağın yapısını ve işitme mekanizmasını kısaca açıklayalım.

İnsanın ruhsal ve fiziksel yapısını olumsuz yönde etkileyen gürültüyü tanımlayabilmek için sesin fiziksel nitelikleri ve işitme konusuna değinmekte yarar vardır.

**Ses:** Gaz, katı ve sıvı cisim moleküllerinin hava basıncında yaptıkları dalgalanmaların kulaktaki etkisinden oluşan bir duygudur.

**Gürültü:** Genellikle istenmeyen ses olarak tanımlanmaktadır. Gelişi güzel bir yapısı olan, arzu edilmeyen, istenmeyen, rahatsız edici ses olarak tanımlanabilir.

Fiziksel kavram olarak ses ile gürültü arasında fark yoktur.

Tanımdan da anlaşılacağı gibi, arzu edilmeme kavramı, kişiden kişiye değişkenlik gösterebileceğini, dolayısıyla psikolojik ve nörolojik sistem üzerine etkilerinin de insanlarda farklı farklı olabileceğini göstermektedir.

Gürültünün büyük oranda kişiden kişiye farklılık göstermeyen en önemli etkisi, işitme üzerine etkisidir.

Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) tanımında Gürültü terimi, "Bir işitme kaybına yol açan, sağlığa zararlı olan veya başka tehlikeleri ortaya çıkaran bütün sesleri kapsar" şeklinde geçmektedir. Bu tanım gürültüyü insan sağlığı ile aldığından daha önemlidir.

Sesin niteliğinin bozulması, frekansları farklı bir çok ses dalgasının üst üste gelmesidir. Diğer bir deyişle gürültünün frekans spektrumuna bakıldığında, bir çok frekansta seslerin yer aldığı bilinmektedir. Sesin niceliğinin bozulması ise, ses ne kadar nitelikli ve hoş a gider şekilde olursa olsun şiddetinin insan vücuduna zararlı bir değere ulaşmasıdır. Örneğin hoşumuza giden çok güzel bir müziğin ses şiddetinin 90 dB (A ) düzeyini gçmesi işitme kayıplarına neden olacaktır. Tabiki gürültünün bu etkisi sonuçları en kolay biçimde görülebilen etkisidir. Psikolojik ve nörovegetatif sistem etkileri daha düşük şiddetteki seslerde dahi başlayabilir.

**Frekans:** Fiziksel olarak ses bir dalga hareketi olduğundan her dalga hareketi gibi sesinde bir frekansı vardır. Kabaca ses basıncının saniyede oluşan titreşim sayısıdır.

**Ses dalgası:** Ses; katı, sıvı ve havada dalgalar halinde yayılan bir enerji şeklidir. Ses dalgalarını karakterize eden büyüklükler, ses dalgasının boyu (l), frekansı (f), periyodu (T) ve ilerleme hızıdır (v ).

Ses dalgaların grafik gösterimi denizdeki dalgalara benzer. Ses dalgalarının da dip ve tepe seviyeleri vardır. Hangi ses dalgasının ne anlama geldiğini daha iyi öğreneelim.

Ses dalgasının dalganın bir yüksekliği, sıklığı ve dalga aralığı olduğunu tahmin edebiliriz. Aşağıda Ses dalgasının bilinmesi gereken özellikleri veriliyor.

## İNCE VE KALIN SES:

Sesin frekansı, sesin ince veya kalın olmasını (ses dalgalarının bir saniyede ki titreşim sayısını ) belirler. Saniyedeki devir hertz ile eş anlamlıdır. Kulağımız için yüksek frekanslı yani ince (tiz) sesler, alçak frekanslı yani kalın(pes) seslerden daha tehlikelidir

İnce ve kalın ses, ses kaynağının frekansıyla alakalıdır. İnce sesin frekansı fazla, kalın sesin frekansı azdır.

İki ses dalgası aynı süre içinde farklı oranda dalga üretir. Daha fazla ses dalgası üreten kaynağın frekansı daha büyüktür. Altteki ses kaynağı üsttekinden daha ince tondadır.

Kedi, ayıya göre daha ince ses üretir. Dolayısıyla aslanın ses frekansı daha düşüktür.

## YÜKSEK VE ALÇAK SES

Sesin yüksekliği ve alçaklığı frekanstan farklı bir anlama gelmektedir. Bir kişi bağırdığında veya alçak sesle konuştuğunda frekans olarak benzer sesler çıkarır. Fakat bu seslerin genlikleri yani şiddeti farklıdır.

Bir sesin yüksekliğidir. “Hava içerisinde oluşan” sesin doğal özelliği hava moleküllerinin konsantrasyonundaki periyodik değişme ve dolayısı ile havanın basıncındaki değişmedir.

Görüldüğu gibi uçağın sesi arabanınkinden fazladır. yani uçağın sesinin genliği arabanın sesinin genliğinden fazladır.

## GÜRÜLTÜ

Gürütlü bir sesle müzikal bir sesin dalgaları birbirine benzemez. Ritmik seslerin dalgaları yumuşaktır. Gürültüde ise keskin dalgalar vardır.

Gürültü, insan kulağında meydana getirdiği basıncın referans basınca oranının logaritmik ifadesi olan desibELL (dB) ile ölçülür. Ses şiddetinin değerlendirilmesinde gereksiz ölçüde büyük sayılar ile çalışmalardan kaçınmak için bağıl(relatif) birim cinsinden desibel (db) kullanılır. İnsan kulağı 0, 0002-2000dyne/cm<sup>2</sup>'lik basınçlara yanıt verebilen bir organdır. 80 dB'lik iki farklı gürültü kaynağının oluşturduğu toplam gürültü değerı 160 dB olmayıp 83 dB'dir.

İnsan kulağının ilk uyum yaptığı ses şiddeti 0(sıfır) dB'dir ve bu değere "işitme eşiği" adı verilir. 140 dB ise "acı eşiği" dir ve kulak daha fazla ses şiddetine dayanamaz.

Ses frekansı 16 Hertz ile 20.000 Hertz olan sesler insan kulağının "işitilebilir frekans aralığıdır. (günlük konuşma bölgesi yaklaşık olarak 250-2000 Hertz arasındadır.

- İşitme Sınırı ( Eşiği ) 0 dB
- Kayıt Stüdyosu, Orman, 120 cm'de fısıltılı konuşma 0-20 dB
- Yatak odası 20-30 dB
- Kütüphane, Sessiz ofis, Oturma odası 30-40 dB
- Genel ofis, Sohbet konuşması 40-60 dB
- Çalışma ofisi ( Daktilo, v. s ) 60-70 dB
- Ortalama Trafik Gürültüsü, Gürültülü Lokanta, Matbaa 70-90 dB
- Havalı Çekiç, Takım tezgahları, Otomatik matkap, Tekstil Fab. 90-100 dB
- Hidrolik Pres, Pop Grubu, Daire testere, Hava tabancası 100-120 dB
- Jet motoru, (Ağrı veya Duyma Eşiği) 130 dB
- Şehir alarm sireni 140 dB
- Roket rampası 180 dB

Frekansı 20 Hz'den küçük olan seslere İnfrases (Infrasound), frekansı 20.000 Hz'den büyük olan seslere Ultrases (Ultrasound) adı verilir. Erkek sesleri daha düşük frekanslarda (250- 500 Hz) kadın sesleri ise daha yüksek frekanslarda (1000-2000Hz) yer almaktadır.

İş yeri çalışma ortamında gürültü düzeyinin yüksek olup olmadığına karar vermek için teknik olmayan bazı kurallar da vardır.

1-) Yanında bulunan bir kişinin konuşmasının anlaşılabilmesi için, o kişinin alışılmış konuşma tonunun dışında ses tonunu arttırarak konuşma gereği veya kişinin anlaması için kulağına doğru bağırmak zorunluluğu duyuyorsa gürültü mücade edilebilir (kulak koruyucusu kullanmadan çalışılabilir) düzeyi aşmış demektir.

2-) Eğer işçi bir iş günü çalışma sonunda, kafasının içinde gürültü hissediyorsa ve kulağında çınlama oluyorsa aşırı düzeyde gürültüye maruz kalıyor demektir.

3-) Eğer işçi çalışma günü bitiminde konuşma veya müzik seslerini açık ve net olarak anlamakta güçlük çekiyorsa, fakat sabahleyin işe giderken konuşma ve müzik seslerini açık ve net olarak anlıyorsa o kişi yüksek düzeyde gürültüye maruz kalıyor demektir. Önlem alınmadığı takdirde ileride kalıcı işitme kaybına uğrayacağı konusunda hiç bir şüphe yoktur.

Bir ses yalnızca tek bir frekanstan oluşuyor ise bu tür seslere "saf ton" sesler adı verilir. Gürültü genellikle değişik ses frekanslarının ve değişik ses şiddetlerin üst üste binmesinden meydana gelir.

Ses yoğunluğunun desibel (db) olarak ölçülmesiyle gürültünün tam olarak değerlendirilmesi yapılamaz. Önemli olan ölçtüğümüz ses yoğunluğunun insan sağlığı açısından incelenmesidir. Yani ölçülen değerlerin insan kulağındaki etkilerinin bilinmesi gerekir. Bu da gürültünün hangi frekans aralığında olduğunun saptanmasıyla yani frekans analizi yapılarak öğrenilir.

## GÜRÜLTÜNÜN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

---

Gürültünün insan üzerindeki etkisine geçmeden önce kulağına anatomik (maddesel yapısı) ve fizyolojik (çalışma şekli) yapısını bir inceleyelim.

### KULAĞIN YAPISI VE İŞİTME MEKANİZMASI

Fiziksel olarak ses, maddenin mekanik titreşimleri sonucu oluşur. Bu titreşim çevredeki ortamın yoğunluğunda periyodik değişimlere neden olarak yayılır. Kulak ses dalgalarının taşıdığı enerjiyi, beyin tarafından algılanacak sinirsel titreşimlere dönüştürür. İnsan kulağı dış, orta ve iç kulak olmak üzere üç kısımdan oluşmuştur. Her kısım işitme olayında ayrı işlevlere sahiptir.

Dış kulak ses dalgalarını toplayıp orta kulağa doğru yönlendirir ve ses dalgaları orta kulağa girerken öncelikle kulak zarına çarparak zarı titreştirirler.

Orta kulakta bulunan çekiç, örs, üzengi kemiklerinin yardımı ile ses dalgalarının oluşturduğu titreşimler iç kulağa taşınır.

İç kulak, içi sıvı dolu salyangoz şeklinde bir tüpten oluşmuştur. Bu tüp çok ince çeşitli frekanslara duyarlı iplikçikler ve iplik hücreleri ile birlikte sıvı içine yayılmış duyarlık hücrelerini içermektedir. İç kulağa gelen ses dalgaları bu iplikçikler yardımı ile beynimizin işitme merkezine taşındıklarında biz sesleri algılarız.

Ses sadece kulağımızın kepçesi ile toplanmamakta, kulak kepçemizin hemen arkasında bulunan kafa taşı kemiklerinin yardımı ile iç kulaktaki iplikçiklere taşınmaktadır.

Ses dalgaları havanın mekanik olaylardan etkinlenmesiyle oluşur. Ses dalgaları kulak kanalına girerek kulak zarını titreştirir.

Titreşimler orta kulakta birbirine bağlı üç kemikçikten (çekiç, örs, üzengi)geçerler. Bu hareket iç kulaktaki sıvıyı harekete geçirir.

Hareket eden sıvı, sayıları binlerce olan tüysü hücreleri dalgalandırarak titreşimlerin sinirsel uyarılara dönüşmesine neden olur.

İşitme sinirleri bu sinirsel uyarıları beyne ulaştırır.

Beyin de bu uyarıları, bizim işittiğimiz ses (duyusu) haline dönüştürür.

**Sağlıklı Kulak:** Elektron mikroskobu ile alınmış olan aşağıdaki resimde(Resim. 3), iç kulakta bulunan salyangoz(cochlea) yüzeyindeki kıl hücrelerinin(cilia) görüntüsü verilmektedir. Ses sonucunda kılların hareketleri, elektriksel sinyallere dönüşerek beyne ulaşır. Bu şekilde işitme gerçekleşir. Sağlıklı bir kulakta kıllar resimdeki gibi dik ve sık bir biçimdedir.

**Hasarlı Kulak:** Gürültü sonucunda işitme kaybına uğramış bir kişinin iç kulağının elektron mikroskobu ile alınmış olan görüntüsü. (Resim. 4) Kıl hücreleri oldukça seyrelmış, var olanlar ise eğik ve görev yapamaz halde.

## GÜRÜLTÜNÜN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olası etkileri şu şekilde özetlenebilir:

**Psikolojik etkiler;** sinir bozukluğu, korku, rahatsızlık, tedirginlik, yorgunluk, zihinsel etkilerde yavaşlama, uykusuzluk vb.

**İletişimi Önleme etkisi:** Gürültünün konuşma ile olan iletişimi önlemesi, iş verimine ve iş güvenliğine olan etkileri.

**Fizyolojik etkileri;** işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkiler ( işitme kaybı ya da işitme eşiğinin kayması adı verilen işitme duyusunda azalma, kulak ağrısı, mide bulantısı, kas gerilmeleri stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişimi, göz bebeğinin büyümesi vb.)

### Gürültüye Maruziyet Sonucu Oluşan İşitme Kayıpları:

Gürültünün işitme duyusu üzerinde meydana getirdiği etkiler üçe ayrılır. Bunlar; Akustik Sarsıntı (Travma), Geçici ve Kalıcı işitme kaybıdır.

**Akustik Sarsıntı (Travma):** Akustik sarsıntı (travma) çok yüksek ses düzeyine ani maruziyet sonucunda oluşan bir etkidir. Yoğun ses basıncı kulak zarı ile birlikte orta ve iç kulağın fizyolojik yapısını tamamen bozar ve iç kulaktaki korti organını tahrip eder.

**Geçici İşitme Kaybı:** Gürültülü ortamı terk eden bir kişinin işitme duyusunda geçici bir azalma görülür. Bu azalma, maruz kalınan gürültünün frekans aralığına (alçak veya yüksek frekans), ses basınç düzeyine (sesin şiddetine), maruz kalınan süreye ve gürültünün tipine (ani, kesikli veya sürekli gürültü) bağlı olarak değişir. Geçici işitme kaybı gürültülü ortamın terk edilmesinden sonra maruziyet şartlarının özelliklerine göre belli bir süre sonra ortadan kalkar.

Geçici işitme kayıpları, uzun süre gürültüye maruz kalma sonucunda ortaya çıkan ve belli bir süre dinlendikten sonra iyileşebilen işitme kayıplarıdır. 90 dB'lik bir gürültüye 100 dakika maruz kalma sonucunda ortaya çıkan yaklaşık 18-20 dB'lik bir işitme kaybının ortadan kalkabilmesi için gerekli olan iyileşme süresi, yine yaklaşık olarak 1000 dakikadır. Yani ortaya çıkan işitme kaybının iyileşebilmesi için, maruz kalma süresinin en az 10 katı kadar bir iyileşme süresine ihtiyaç olduğu ortadadır. Gürültü düzeyi arttıkça, oluşan işitme kaybının arttığı ve iyileşme süresinin ise daha fazla arttığı görülmektedir. (Grafik. 1) Gürültülü ortamlarda çalışan insanların yukarıda bahsi geçen iyileşme sürelerine sahip olması özellikle endüstride mümkün değildir. 8 saatlik bir maruz kalma sonucunda en fazla 16 saatlik bir dinlenme süresine sahip çalışanlarda bu işitme kayıpları, yığılmalı bir biçimde oluşarak sürekli işitme kayıplarını oluştururlar. Çok uzun süre işitme reseptörleri üzerine gelen bu fiziksel enerji, bu reseptörlerin bozulmasına, yani sinirsel iyileşemez türde işitme kayıplarına neden olurlar.

**Kalıcı İşitme Kaybı:** Uzun yıllar gürültüye maruz kalan kişilerde görülen işitme duyusu kayıplarıdır. Kalıcı kayıplar, geçici kayıplarda olduğu gibi sesin şiddetine, toplam maruziyet süresine, gürültünün frekansına, gürültünün tipine, kulağın fizyolojik özelliklerine ve kişisel duyarlılıklara bağlı olarak değişim gösterir.

Gürültülü ortamda uzun süre çalışan kişilerde, iç kulaktaki tüy hücrelerinin tahrip olmasından dolayı kalıcı olarak işitme kayıpları meydana gelir. Sürekli işitme kaybı (İşitme kaybı deyimi tam sağlıklı anlamına gelmez, belirli frekanslarda işitme eşiğinin yükselmesi anlamındadır); kişisel duyarlılığa, gürültünün düzeyine (sesin toplam enerjisine), gürültünün (sesin) frekans dağılımına günlük toplam maruziyet süresine, kullanılan kulak koruyucularının etkinliğine (yapısına), gürültünün sürekli, kesikli yada darbeleri oluşu gibi bir çok faktöre bağlıdır. Ancak genel olarak ortalama 10 yıl etkilenmeden sonra ortaya çıkmaya başlar.

İşitme kaybı yalnız gürültüde oluşmaz kişi yaşlandıkça işitme iplikçikleri olarak tanımlanan sinirler yüksek frekanstan başlayarak tahrip olmaya başlar. Yapılan araştırmalara göre insan kulağının en duyarlı olduğu frekans aralığı 1000 Hz ile 6000 Hz arasındadır. Özellikle 4000 Hz civarı kulağın en duyarlı olduğu bölgedir. Bu nedenle kulağa en çok zarar veren gürültüler 4000Hz. dolayındaki gürültülerdir. İlk duyma eksikliğide bu frekanstaki seslere karşı oluşmaktadır. Etkilenmenin süregelmesi bu frekans bölgelerini giderek genişletir. Bu başlangıç döneminde kişi oluşan işitme kaybının farkına varmaya başlar. İşitme kayıplarının nedenlerinden bir tanesi yaş ile ilgili ise de kişiler çalışma ortamında aşırı derecede gürültüye maruz kalırsa bu olayın çok daha erken oluşması mümkündür. İşitme kayıpları yaşlanma ile, bazı ilaçların yan etkisi ile, bazı hastalıkların (özellikle küçük yaşlarda geçirilen ateşli çocuk hastalıkları) etkisi ile de olabilir.

Unutulmaması gereken nokta bu tür işitme kayıplarının geriye dönüşü olmadığıdır. Diğer bir deyim ile bu tür olayların tedavi olanağının olmamasıdır.

Kalıcı işitme kayıpları ses basınç düzeyi, maruz kalınan süre arttıkça daha fazla görülür. Yüksek frekanslı sesler ve sürekli ve kesikli gürültülere göre ani sesler kulakta daha fazla işitme kaybı oluşturur.



# TİTREŞİM

---

**Titreşim (vibrasyon):** Mekanik bir sistemdeki salınım hareketlerini tanımlayan bir terimdir. Bir başka ifade ile potansiyel enerjinin kinetik enerjiye, kinetik enerjinin potansiyel enerjiye dönüşmesi olayına titreşim (vibrasyon) denir. Titreşimin özelliğini, frekansı, şiddeti ve yönü belirler.

Endüstride birçok titreşim kaynağı vardır. Titreşim, araç-gereç ve makinelerin çalışırken oluşturdukları salınım hareketleri sonucu meydana gelir. Çalışmakta olan ve iyi dengelenmemiş araç ve gereçler genellikle titreşim oluştururlar. Titreşimi, insan sağlığı üzerindeki etkisi bakımından iki fiziksel büyüklüğü ile tanımlamak mümkündür. Bunlar; “Titreşimin frekansı ve titreşimin şiddetidir.”

**Titreşimin frekansı:** Birim zamandaki titreşim sayısına titreşimin frekansı denir. Birimi Hertz’dir (Hz).

**Titreşim Şiddeti:** Titreşimin olduğu ortamda titreşimden ileri gelen enerjinin hareket yönüne dikey, birim alanda, birim zamandaki akım gücüne, titreşimin şiddeti denir. Birimi ( $W/cm^2$ ) dir.

**Bütün vücut titreşimi:** Vücudun tümüne aktarıldığında, çalışanın sağlık ve güvenliği için risk oluşturan, özellikle de bel bölgesinde rahatsızlık ve omurgada travmaya yol açan mekanik titreşimdir.

**El-kol titreşimi:** İnsanda el-kol sistemine aktarıldığında, çalışanın sağlık ve güvenliği için risk oluşturan ve özellikle de damar, kemik, eklem, sinir ve kas bozukluklarına yol açan mekanik titreşimdir.

**Maruziyet eylem değeri:** Aşıldığı durumda, çalışanın titreşime maruziyetinden kaynaklanabilecek risklerin kontrol altına alınmasını gerektiren değerdir.

**Maruziyet sınır değeri:** Çalışanların bu değer üzerinde bir titreşime kesinlikle maruz kalmaması gereken değerdir.

Endüstrideki titreşim kaynaklarının başlıcaları ise; Genellikle el ve el parmakları ile kollara ulaşan titreşimleri oluşturan titreşim kaynaklarıdır. Bunlar, taş kırma makineleri, kömür ve madencilikte kullanılan pnömatik çekiciler, ormancılıkta kullanılan taşınabilir testereler, parlatma ve rende makineleridir. Bu araçlar, dönerek, vurarak veya hem dönerek hem de vurarak titreşirler.

Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik’e göre maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerleri aşağıda verilmiştir:

a) El-kol titreşimi için;

1. Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: 5  $m/s^2$ .
2. Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: 2,5  $m/s^2$ .

b)Bütün vücut titreşimi için;

1. sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: 1,15  $m/s^2$ .
2. sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: 0,5  $m/s^2$ .

## AYDINLATMA

Görme iş yerlerinde en çok ihmal edilen duyumuzdur. Aydınlatmanın en önemli işlevi işin iyi görülebilmesidir. Çalışanların kendi aydınlatmalarını düzenlemelerine olanak veren mekanizmalar enerji savurganlığını önlemekte, işlerin daha kolay yapılabilmesine yardımcı olmaktadır.

Çalışanların sağlığının korunması için gerekli uygun fiziksel koşulların başında “aydınlatma” gelmektedir. İş yerlerinde uygun aydınlatma ile çalışanın göz sağlığı korunur, birikimli kas ve iskelet sistemi travmaları ve pek çok iş kazası önlenir, olumlu psikolojik etki sağlanır. Bu nedenle, işyerlerinde özellikle sanayi kuruluşlarında yapılan iş ve işlemin gerektirdiği uygun aydınlatmayı sağlamak gerekmektedir.

Işık; insan gözüyle algılanabilen dalga boylarındaki elektromanyetik ışıdır. Bir yüzeye düşen ışık miktarına aydınlatma (illuminance) denilmektedir. Birimi lüks’tür. Lüks metrekaşe başına düşen lümenidir. İnsan algılamasında göz en önemli organdır. Algılamanın yaklaşık %90’ı göz aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bakılan cisimlere, ışık kaynağına ve kişiye ait özelliklere göre, görme ve algılama değişir. Bu nedenle de bir iş ortamında aydınlatma gereksinimi değişmektedir. Aslında, en yüksek aydınlatmanın en optimal yaklaşım olmadığı bilinmelidir. Temel olan amaca uygun aydınlatmadır.

Amacı bakımından aydınlatma üçe ayrılır.

- Fizyolojik Aydınlatma: Amaç, cisimleri şekil, renk ve ayrıntıları ile rahat ve hızla görebilmektir. Bu koşulları sağlayan aydınlatmaya Fizyolojik Aydınlatma denir.
- Dekoratif Aydınlatma: Amaç, görülmesi istenen cisimleri bütün ayrıntıları ile göstermek değil, daha çok estetik etkiler uyandırmaktır.
- Dikkati Çeken Reklam Amaçlı Aydınlatma: Amaç, dikkati çekmek, yani reklam yapmaktır. Bunun için yüksek aydınlık düzeyleri, renkli ışıklar, değişken ışıklı şekiller ve yanıp sönen düzenler kullanılır.

Bununla beraber; Işık çalışılan bölgeye direkt geliyorsa direkt aydınlatma, başka bir yüzeye çarpıp geliyorsa endirekt aydınlatma, sadece çalışılan bölgeyi aydınlatıyorsa lokal aydınlatma olarak adlandırılır.

Pek çok aydınlatma birimi vardır. Bunlar; ışık akışı, ışık şiddeti, aydınlık şiddeti, parlıttır. Işık gereksinimini yapılacak işin tipi, yüzeyin özelliği (ışığı soğurması ya da yansıtmaması), genel çalışma alanı ve bireyin görme yeterliğine bağlıdır. İş yerlerinin tasarım ve değerlendirilmesinde objektif ışık ölçümleri temeldir.

Işığın ölçülmesine fotometri denir. Aydınlatma şiddeti ışık kaynağı ya da ışık yayan kürenin gücünü tanımlar. Aydınlatma şiddetinin ölçü birimi “lüks”tür (lux). Bu değer birim alana ( bir yüzeyin 1 m2 sine) düşen ışık akılarının toplamıdır.

## TERMAL KONFOR

---

Termal konfor, genel olarak bir iş yerinde çalışanların büyük çoğunluğunun sıcaklık, nem, hava akımı gibi iklim koşulları açısından gerek bedensel, gerekse zihinsel faaliyetlerini sürdürürken belirli bir rahatlık içinde bulunmalarını ifade eder.

Kapalı bir ortam içerisinde termal konfor rahatlığının hemen farkına varılmaz, ancak bir süre geçtikten sonra hissedilmeye başlanır. Eğer termal konfor koşulları mevcut değilse önce sıkıntı hissedilir daha sonra rahatsızlık duyulur.

İklimin çalışanların verimliliği üstünde oldukça önemli bir etkisi vardır. Örneğin iş ortamında aşırı ısının genel organik direnci azalttığı, iş verimini düşürdüğü, kramplar ve ısı çarpması gibi etkileri olduğu bilinmektedir. Uzun süre soğuk bir iş yerinde çalışan insanların aşırı gıda aldıkları, vücutlarının yağlanarak kilo aldıkları böylece iş verimlerinin düştüğü görülmüştür.

Bir iş yerinde termal konfor denilince; O iş yerinin atmosferinin sıcaklığı, nemi, hava akım hızı ve radyant ısı akla gelmektedir.

Çalışma ortamlarındaki ısı etkilenmeleri ve konforsuz ortam şartları, iş kazalarının artmasına ve üretimin azalmasına bir başka değişle verimin düşmesine sebep olmaktadır. İnsanın ortamla ısı alışverişine etki eden dört ayrı faktör vardır;

- a) Hava sıcaklığı,
- b) Havanın nem yoğunluğu,
- c) Hava akım hızı,
- d) Radyant ısı.

**Isı:** Çalışma hayatında, çalışanları olumsuz yönde etkileyen fiziksel faktörlerden biri de, iş yeri ortamının sıcaklığıdır. Sıcaklık kuru termometreler ile ölçülür. Birimi ise; Santigrat, Fahrenheit veya Kelvin olarak ifade edilir.

**Sıcaklık:** Bir standarda göre, bir cismin ne kadar soğuk, serin ve ılık olduğunu ifade eden niceliğe denir. Serbest yaşam için insan kapasitesini oluşturan ve fizyolojik gereksinimler dediğimiz, insan vücudunun ısı alış veriş, oksijen, tuz ve asit-baz dengesi gibi bazı fiziksel ve kimyasal faktörlerin belli sınırlar içinde sürekli stabilize göstermeleri gerekir. Örneğin, insan vücudunun sıcaklığı 36,5-37 oC arasında değişmezlik gösterir. Bu durum vücut ile çevre arasındaki ısı alışverişi ile sağlanır.

Isı dış çevrede devamlı olarak bulunan bir çeşit enerjidir. Normal koşullarda havanın kuru termometre ile ölçülen sıcaklık derecesi hava sıcaklığı hakkında bir fiziksel ölçüdür.

Sıcaklık yönünden iş yerleri nemli ve kuru sıcaklık olarak da sınıflandırılabilir.

**Nem:** Sıcaklık yanında nemin de etkisi oldukça önemlidir. Havadaki nem miktarı mutlak ve bağıl nem olarak ifade edilir. Mutlak nem; birim havadaki su miktarını ifade eder. Bağıl nem ise; havadaki nem miktarının, aynı sıcaklıkta doymuş havadaki mutlak nemin yüzde kaçını ihtiva ettiğini gösterir.

İş sağlığı ve güvenliği yönünden bağıl nemin değeri önemlidir. Bir iş yeri ortamının bağıl nemi değerlendirilirken, sıcaklık, hava akım hızı gibi diğer şartların da değerlendirilmesi gerekir. Ancak, genel olarak herhangi bir iş yerinde bağıl nem %30 ile %80 arasında olmalıdır. Yüksek bağıl nem, ortam sıcaklığının yüksek olması durumunda bunaltır, düşük olması durumunda ise üşüme ve ürperme hissi verir.

**Hava Akım Hızı:** İş yerinde oluşan kirli havanın dışarı atılması ve yerine temiz havanın alınması için ortamda uygun bir havalandırmanın, dolayısıyla uygun bir hava akımının olması gerekmektedir. Nemli sıcaklığa kâğıt, tekstil, konserve ve yeraltı maden işletmeleri gibi yerlerde rastlanır. Kuru sıcaklığa ise; demir-çelik, lastik, cam ve çimento sanayinde rastlanmaktadır.

Sıcaklığın derece olarak artması veya azalması yanında, nemin ve hava akım hızının durumu da sıcaklığın etkisini artırır veya azaltır. Bu üç değişkenin farklı birleşimlerini kişi aynı sıcaklık duygusu olarak hissedebilir.

*Örneğin; 37 °C sıcaklık, %10 nem ve 3 m/sn hava akım hızı ile 27 °C sıcaklık, %75 nem ve 0,1 m/sn hava akım hızı, sıcaklık duygusu bakımından eşdeğer olabilir. Yani bu iki farklı durumun kişi üzerindeki etkisi aynıdır. Hava sıcaklığı, nemi ve hava akım hızının beraberce oluşturduğu sıcaklık etkisine “effektif sıcaklık” denir.*

İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü Madde 8’e göre; iş yerindeki hava hacmi işçi başına en az 10 metreküp olmalıdır. Tabii havalandırma ile ortam havasının saatte 2-3 kere değişmesinin zorlaştığı ortamlarda, kişi başına düşen hava hacmi miktarının artırılması veya kapı ve pencereler açılarak veya cebri çekişle ortam havasının yeterli miktarda değişmesinin sağlanması gerekmektedir.

**Termal radyasyon:** İletimi için maddesel bir ortama gerek olmayan ısı türüdür. Bu ısı türünü havalandırma ile kontrol etmek mümkün değildir. Radyant ısıdan korunmak için, koruyucu siperler kullanılabilir ya da sıcak cisimlerin yüzeyleri, ısıma özelliği zayıf maddelerle boyanabilir/kaplanabilir. Maden eritme, cam vb. sektörlerde bu tip radyant ısı maruziyetine rastlanmaktadır.

İnsanların, çalışma ortamından önemli ölçüde etkilendiği düşünüldüğünde ortamın sıcaklık değeri, nemi vb. termal şartların çalışan üzerindeki negatif etkileri mutlaka göz önüne alınmalıdır. Çalışma ortamından negatif etkilenen kişinin dikkatinde azalma ve psikolojik olarak etkilenme sonucu kazaların yaşanmaması için ortam koşullarının sıkı takip edilmesi gerekmektedir.

## RADYASYON

---

Radyasyon Latince bir kelime olup dilimizde ışıma olarak kullanılır. Atomlardan, güneşten ve diğer yıldızlardan yayılan enerjiye radyasyon enerji denir. Radyasyon enerji ya dalga biçiminde ya da parçacık modeli ile yayılırlar.

Işık ışınları, ısı, x-ışınları, radyoaktif maddelerin saldığı ışınlar ve evrenden gelen kozmik ışınların hepsi birer radyasyon biçimidir.

Bazı radyasyonlar çok küçük parçacıklardan, bazıları da dalgalardan oluşur. Radyoaktif maddelerin saldığı alfa ve beta ışınları ile yıldızlardan savrulan kozmik ışınlar parçacık biçiminde yayılan radyasyonlardır.

Dalga biçimindeki radyasyona en iyi örnek elektromanyetik dalgalardır. Gamma ışınları, x-ışınları, morötesi (ultraviyole) ışınlar, görünür ışık, kızılötesi (enfraruj) ışınlar, radarlarda kullanılan mikrodalgalar ve radyo dalgaları elektromanyetik radyasyon biçimleridir.

Bunlardan yalnızca ikisinin varlığını bir ölçü aygıtı kullanmaksızın belirleyebiliriz. İnsan gözünün algılayabildiğı görünür ışık ve etkisini ısı olarak hissettiğimiz uzun dalga boylu kızılötesi radyasyondur. Radyo dalgalarının varlığı radyo alıcılarıyla, diğer radyasyonların varlığı da çeşitli yöntemlerle belirlenebilir.

Radyasyonu meydana getiren parçacıklar veya elektromanyetik dalgalar ses dalgalarından farklı olarak boşlukta yol alabilir ve saniyede 300.000 km. gibi olağanüstü bir hızla yayılır.

Radyasyonun bir enerji olduğunu söylemiştik. Bu enerjinin bir bölümü tanecik özellikli bir bölümü de dalga özelliklidir. Tanecik özellikli olanlar; Alfa ışınları, Beta ışınları, nötron ve proton ışınları ile kozmik ışınlardır. Bu ışınlar bir ortamdan geçerken ortamla etkileşerek doğrudan veya dolaylı olarak iyon çiftleri oluştururlar, bu nedenle bu ışınlara iyonlayıcı ışınlar da denir.

### ALFA IŞINLARI VEYA ALFA PARTİKÜLÜ

Helyum atomunun pozitif yüklü çekirdeğidir. Yapay olarak meydana getirildiğı gibi teknolojinin gereğı olarak istenmediğı hâlde yan ürün olarak (Elektron tüplerinde olduğu gibi) ortaya çıkabilir.

**Beta Işınları:** Negatif yüklü hızlı elektronlardır. Yapay olarak izotop elde etmekte hızlandırılmış elektronlar kullanılır. Elektron tüplerinde de katottan anoda elektron akışı vardır. Bu elektronların bir kısmı anoda gitmeyip yön değiştirerek açığa çıkabilirler.

**Nötron Işınları:** Atom çekirdeğinde bulunan yüksüz parçacıklar olup önemli ve özellikleri olan bir radyasyon tipidir. Nükleer çekirdek bölünmesi ve reaksiyonları sırasında meydana gelirler.

**Proton Işınları:** Atom çekirdeğinde bulunan ve pozitif elektron yüklü partiküllerdir. Bu ışın da nükleer çekirdek bölünmesi reaksiyonları sırasında meydana gelirler.

**Gamma Işınları:** Hızlı temel parçacıklardan oluşan kozmik ışınlardan sonra en kısa dalga boyundaki radyasyonlar gamma ışınlarıdır. Gamma ışınları hem uranyum ve radyum gibi doğal radyoaktif maddelerin parçalanmaları sırasında hem de bir nükleer reaktörde ya da bir atom bombası patlatıldığında atom çekirdeklerinin parçalanmasıyla meydana gelir. Gamma ışınlarının dalga boyları 0,0001nm-0,001nm arasındadır.

**X-Işınları:** Röntgen cihazlarında meydana gelen ışınlardır. X-ışınlarının dalga boyları gamma ışınlarının dalga boylarına göre 100 kat daha büyüktür. X-ışınlarının dalga boyları 0,001nm-100nm arasında değişir.

**Kızılötesi Işınlara (Infrared Işınlara):** Dalga boyları yaklaşık 740nm ile 100.000nm arasındadır. Yapay olarak elde edilebildiği gibi güneş ışınlarının içinde de bulunur. Güneş ışınlarındaki ısı kızılötesi ışınlardan kaynaklanır.

**Basınç:** Birim alana yapılan kuvvete basınç denir. Birimi Bar veya Newton/cm<sup>2</sup> dir.

Kuvvetin tatbik edildiği her noktada bir basınç vardır. İş Sağlığı ve Güvenliği konusunda basınç ise; normal hava basıncının (atmosfer basıncı) daha fazla veya daha az olması gereken veya olan iş yerlerindeki basınçtır. Normal şartlarda hava basıncı 76 cm cıva basıncına eşittir.

Yükseklere çıkıldıkça basınç düşer. Bu durumun nedeni yükseldikçe yerçekiminin, atmosferin kalınlığının ve gazların yoğunluğunun azalmasıdır. Basınç ile yükselti arasında ters orantı vardır. Atmosfer basıncının yükseldikçe düşmesinden faydalanarak yükselti ölçen alet yapılmıştır. Bu alete altimetre adı verilir.

Hava ısındıkça genişler ve hafifler. Soğudukça sıkışır ve ağırlaşır. Havanın soğuk olduğu alanlarda basınç yüksek, sıcak olduğu alanlarda ise düşüktür. Sıcaklık ile basınç arasında ters bir orantı vardır.

Atmosfer basıncından daha yüksek ya da daha düşük basınçlı yerlerde çalışan işçilerde, kalp, dolaşım, solunum rahatsızlıkları görülebilir.

## BASINÇ DEĞİŞİMLERİ

---

Alçak basınç ve yüksek basınç altında çalışanlarda birtakım etkilenmeler olur.

Basınç değişikliklerinden etkilenmelerle dalgıcılarda, sünger avcılarında, dağcılarda, uçaklarda çalışanlarda kulak uğultusu, sinüslerde ağrı, duyma bozuklukları, kaşıntı belirtileri, karın ağrısı, kemik ağrıları, sarhoşluk hali gibi tüm vücudun etkilenmesiyle çalışma yeteneğinin kaybı ve hatta ölüme varan iş kazaları oluşabilmektedir.

Yüksek rakımlı yerlerde düşük atmosfer basıncı nedeniyle oksijen basıncının azalmasına bağlı belirtiler görülebilir.

Basınç değişiminin neden olduğu bilinen en tanınmış durum derin sulara dalan dalgıçlarda ve su altı çalışanlarında görülen Vurgun olayıdır. Derin sulara dalan dalgıçların

## VURGUN

Dalgıçlık denince akla gelen tehlikeler arasındadır vurgun. Kimbilir belki de bu hastalık hakkında kulaktan dolma edinilen bilgiler, bir çoğumuzu sakat kalma ya da ölüm tehlikesi içerdiğini düşünerek sualtı dünyasından uzaklaştırmıştır. Oysa ki kaza istatistiklerine bakıldığında, bu sporun günümüzde, yüzmeye, hatta yelken sporuna göre daha az tehlikeli olduğu görülecektir. Özellikle vurgunun önlenmesinde çok önemli aşamalar kaydedilmiş, bu hastalık sadece güvenlik kurallarına uyulmadığında karşılaşılan bir "kaza" niteliğini kazanmıştır.

Vurgunun temel nedeni ortam basıncının değişmesidir. Sıvıların içindeki hidrostatik basınç derinlikle doğru orantılı olarak artar. Örneğin deniz suyu söz konusu olduğunda, ortam basıncı her 10 metre derinlikte 1 Atmosfer (ATM) artacaktır. Buna göre 30 metre derinlikteki ortam basıncı 4 ATM olur. Havanın %79'u azot gazı olduğundan, 30 metreye indirilecek hava ile dolu ideal esnek bir balonun içindeki azot gazının kısmi basıncı da, karışımdaki yüzdesiyle orantılı olarak  $4 \times 0.79 = 3.16$  ATM olacaktır.

Henry Kanununa göre gazların sıvı içinde çözünürlüğü, kısmi basınçlarıyla doğru orantılıdır. Gazların kısmi basıncı arttıkça sıvı içindeki çözünürlükleri de artar. İçi zeytinyağı ve hava dolu olan elastik bir balon 30 metreye indirildip, gaz moleküllerinin zeytinyağın içine geçmesi için yeterince beklendiğinde Henry Kanunu uyarınca 30 metre derinlikte zeytinyağda çözünen azot miktarı deniz seviyesindeki 4 katına ulaşır. Balon aniden yüze çıkarıldığında azot gazının kısmi basıncı düşeceğinden, zeytinyağında çözünürlük sınırının üzerindeki azot gazı kabarcıklar oluşturur. Aynı olayı, basınç altında CO<sub>2</sub> gazı ile doyurulduktan sonra şişelenen gazozun kapağının aniden açıldığında köpürmesi sırasında da görürüz. Oluşan kabarcık miktarı basınç değişimine bağlı olduğu kadar, sıvıya da bağlıdır. Yukarıdaki örnekte 30 metreye indirilen balonun içinde zeytinyağı yerine su olsaydı, 5 katı daha az azot gazı çözünecekti. Dolayısıyla basınç azalması sırasında daha fazla kabarcık oluşacaktı. Ancak kabarcık oluşma dinamiği basit bir doğru orantı ile açıklanamadığından sayısal bir karşılaştırma yapmak mümkün değildir. Basınç azalması belirli bir değerin altında olduğunda, azot gazı kabarcık oluşturmada doygunluk sınırının üzerinde (süpersatüre) bir çözelti oluşturur. Örneğin balon 30 metre yerine 3 metreye indirilseydi, çıkış sırasında hiç kabarcık oluşmayabilirdi. Kabarcıkların oluşmasını etkileyen bir diğer faktör de basınç azaltım hızıdır. Yukarıdaki örnekteki balonun 30 metreden çıkış hızı azot moleküllerinin çözeltiden kaçabilmesi için yeterli süreyi bulabilecekleri kadar azaltıldığında oluşan kabarcık miktarı azalacaktır.

Azot (N<sub>2</sub>), Hidrojen (H<sub>2</sub>), Argon (Ar), Helyum (He) gibi gazlar vücut sıvılarıyla tepkimeye girmezler. Kısmi basınçları arttığında Henry Kanunu uyarınca vücut sıvılarında çözünürler. Gerek yüzeyden hava ikmalinin yapıldığı (Nargile) dalıtlarda gerekse SCUBA (Self Contained

Underwater Breathing Apparatus, Kendi üzerinde Tatynan Sualtında Soluma Aygıtı) dalışlarında dalgıçlar ortam basıncında hava ya da yukarıda sayılan gazlardan oluşan karışımı solur. Sportif amaçlı dalışlarda, ucuzluğu ve pratikliği nedeniyle tercih edilen solunum gazı havadır. Dalış sırasında dalınan derinliğe ve kalınan süreye bağlı olarak dokularda çözünen azot miktarı artar. Dalış sırasında dokularda çözünen azot miktarı belirli bir seviyeyi aşarsa çıkışta bu azot vücuttan atılamadığında dokularda kabarcıklar oluşur. Bu olay bir gazoz şişesi açıldığında içinde çözülmüş durumda bulunan CO2 gazının basıncın aniden düşmesiyle birlikte kabarcıklar oluşturmaya benzer. Vücutta oluşan bu kabarcıkları neden olduğu patoloji ise vurgun hastalığı olarak adlandırılır.

Basınç azalması gerektiği gibi yapılmadığında oluşan kabarcıklar vücudun her bölgesinde görülebilir. Hücre içinde oluşanlar hücreleri parçalar, hücre dışında olanlar dokuları sıkıştırır ve damar içinde olanlar da damarları tıkarlar. Damar içindeki bu kabarcıklar yabancı cisim olduklarından kanın pıhtılaşmasını sağlayan hücre ve proteinler bunlara yapışarak pıhtılaşma reaksiyonu başlatırlar. Bir süre sonra gerçek bir pıhtı ve tıkaç oluşur.

Azot tüm dokularda çözüldüğü için bu kabarcıklar hemen her sisteme ait hasar oluşturabilirler. Hangi dokunun hücreleri zarar gördüyse veya nereye ait damar tıkanırsa o sisteme ait bozukluk ve belirtiler ortaya çıkar. Azot yağlarda sıvılara oranla 5 kat daha hızlı çözünür. Bu nedenle merkezi sinir sistemi gibi yağlı dokuların örneğin beyin ve omuriliğin daha fazla nitrojen içermesi beklenir.

Ayrıca çözünen nitrojenin dokulara taşınabilmesi ve atılması da dolaşım hızının belirlediği zaman faktörüne bağlıdır. Örneğin her ikisi de yağlı doku olmasına rağmen beyin toplardamar dolaşımı omurilik dolaşımından daha iyi olduğundan beyinden nitrojen daha hızlı atılabilir. Gerçekten de dekompresyon hastalığı omuriliği özellikle de sırt bölgesini daha sık tutar.

## DEKOMPRESYON HASTALIĞININ BELİRTİ VE BULGULARI

*Dekompresyon hastalığı belirti ve bulgularına göre iki sınıfa ayrılır:*

Hafif tip Dekompresyon Hastalığı (Tip I Dekompresyon Hastalığı, Bends): Yalnızca deri ve/veya kas-iskelet sistemini tutan tiptir. Genellikle deride yama tarzında kızarıklık, morarma ve kaşınma ile seyreder. Eklemleri tuttuğunda omuz ve kalça eklemi gibi büyük eklemlerde ağrı ve hareket kısıtlılığı ortaya çıkar. Bu ağrı şiddetli olabileceği gibi yalnızca eklem varlığını hissetmek kadar hafif de olabilir. Genellikle dalışta yapılmış ters bir hareketin yol açtığı eklem ağrısı zannedilir. Ağrı kesicilere iyi yanıt vermez. Disbarik osteonekroz adı verilen kemik ölümü ile yakın ilişkisi bulunmaktadır. Her an ağır tip dekompresyon hastalığına çevirebilir.

Ağır tip Dekompresyon Hastalığı (Tip II Dekompresyon Hastalığı): Hafif tip dekompresyon hastalığı ile beraber veya ayrı olarak ortaya çıkabilir. Vücuttaki sistemlerin tümünü ilgilendirebilir. Merkezi sinir sistemi, solunum sistemi, iç kulak tutulması sık görülür. Ancak sindirim sistemi, boşaltım sistemi ve diğer organlar da tutulabilir. Kollarda ve bacaklarda duyu kaybı, güç kaybı, denge kaybı, işitme kaybı, kulak çınlaması, görme bozukluğu, yürüyememe, idrar ve dışkı yapamama, duylarda bozukluklar belli başlı



belirtilerdir. Solunum sisteminin tutulması en ağır durumdur. Soluma güçlüğü, hava açlığı ile durum ciddileşebilir. Dalış sonrası sigara içirmek gibi yanlış uygulamalar nedeniyle durum ağırlaşabilir. Dekompresyon hastalığı şüphesinde sigara kesinlikle içilmemelidir. Böyle bir şüphe bulunmasa bile dalış sonrası sigara içimi dekompresyon hastalığı oluşumunu tetikleyebilir. Her iki tip dekompresyon hastalığının da sıklıkla ortaya çıkışı dalışın son metreleri ile yüzeyde geçen ilk 1 saattir. Ancak belirtilerin ilk kez ortaya çıkışı dalıştan sonraki ilk 24 saate kadar uzayabilir.

Çözünen azot gazının miktarını belirleyen derinlik ve bu derinlikte kalınan süredir. Eğer bu derinlik ve dip zamanı belirli değerlerin altında tutulursa vurgun önlenir. Vurgun hastalığına karşı hazırlanmış dekompresyon tablolarında her derinlikte güvenli olarak kalınabilecek en fazla süre belirtilmiştir. Bu değerlere sıfır-dekompresyon sınırı denir. (21 metrede 50 dakika, 24 metrede 40 dakika gibi).

Eğer bu sınırlar aşılsa dokularda çözünmüş olan azot miktarı yüzeye çıkıldığında tehlikeli miktarda kabarcık oluşturur. Bu durumda dekompresyon tabloları belirlenen şekilde, çıkış sırasında belirli derinliklerde belirli süreler bekleyerek azot gazının solunum yoluyla atılması ve tehlike sınırının altına indirilmesi gerekir. Bu bekleme süreci dekompresyon (deko) yapmak diye adlandırılır. bu tip dalışlar tehlikelidir. Çünkü, herhangi bir malzeme hatası nedeniyle dalgıç bekleme yapmadan yüzeye çıkmak zorunda kalır. Bu nedenle sportif amaçlı dalan kişilerin sıfır dekompresyon sınırlarından uzak durması gerekir.

Dalgıç tarafından taşınabilir dekompresyon bilgisayarları son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. Bu bilgisayarlar her derinlikte vücutta çözünen azot miktarını hesaplayarak sıfır dekompresyon sınırına kaç dakika kaldığını ya da yukarı çıkış sırasında hangi derinliklerde ne kadar beklemek gerektiğini hesaplar. Ancak dekompresyon bilgisayarları vurgun hastalığının mucize bir çözümü değildir. Aksine bilgisizce kullanımları durumunda tablolardan daha da tehlikeli olabilirler.

## VURGUNUN MODELLENMESİ

Dekompresyon tablolarının hesaplanması ya da dalış bilgisayarlarının algoritmaları dekompresyon hastalığının modellenmesine dayanır. Bu modelleme işlemi vurgun oluşumundaki üç ana aşamayı hedefler:

1. Gaz emilimi
2. Kabarcık oluşumu
3. Hastalık belirtileri

Günümüze kadar geliştirilen hiç bir tablo veya bilgisayar algoritması her üç aşamanın birden modellenmesini içermez. Fizyolojik çeşitlilik ve kabarcık oluşumunun karmaşık fiziksel yapısı bu tip bir modellemeyi çok güç kılmaktadır. Bu nedenle yapılan hesaplamalarda kabarcık oluşumu ya da hastalık belirtileri ancak kontrollü gözlemlerin genellenmesi yoluyla elde edilir.

Gaz emiliminin modellendiği hastalık belirtilerinin ise ancak gözlemler sonucu belirlendiği algoritmalar en eskileridir. Amerikan Donanması Tabloları bu tip yöntemle hesaplanmış tablolardandır. Bu tip modellerde en büyük sorun dekompresyon hastalığı belirtilerinin öznel niteliğidir. Özellikle ağrı sınırları kişiden kişiye çok değiştiğinden deney sonuçlarını genellemeye dökmek sorun yaratabilmektedir.

Gaz emiliminin modellendiği ve dekompresyon sonuncu oluşan damar içi kabarcıkların Doppler Ultrason tekniğiyle gözlenmesine dayalı araştırmalarda ise sorun Doppler sonuçlarının değerlendirilmesindeki öznellik ve hangi miktar kabarcığın dekompresyon hastalığına neden olan dozu oluşturduğuna ilişkin tartışmalardır.

Gerçekte yukarda adı geçen her iki yöntem de dalgıçları dekompresyon hastalığına karşı ancak belirli bir olasılık dahilinde korumaktadır. Kişisel fizyolojik farklılıklardan ötürü her dalış vurgun riski içermektedir. Örneğin, tablo kurallarına uyarak yapılan tablo sınırlarında dalışlarda vurgun yeme riski %0.5 civarındadır. Dekompresyon teorisindeki en son gelişmeler de dalış tablosu veya dalış bilgisayarlarının yaptıkları hesaplalarla birlikte vurgun riskini de sayısal olarak ifade edebilmeleridir.

## DEKOMPRESYON ARATTIRMALARINDA KARTILATILAN ZORLUKLAR

Kabarcık oluşumunu bağımsız olarak modelleyebilen çalışmalarında H.D. Van Liew tarafından çok önemli gelişmeler kaydedilmekle birlikte, bu konuda tablo elde etmeye yönelik somut bir gelişme henüz gerçekleştirilememiştir. Bu, günümüzde bilimin sınırlarını zorladığı bir konudur. Van Liew denklemleri varolan bir kabarcığın büyüme dinamiğini ortaya koyar. Ancak bu kabarcıkların birincil biçimleri bir başka deyimle "kabarcık çekirdekleri"nin oluşumunu açığa kavuşturamaz. Kabarcık çekirdekleri, basınç azalması çok fazla olduğunda kendiliğinden oluşabilir. Bu durumda küresel veya farklı bir geometriye sahip olabilirler. Bu kabarcık çekirdekleri çeşitli sıvılar içinde gözlemlenebilir. Ancak laboratuvar koşullarında kullanılan malzemeler vücut ile tamamen aynı özellikleri göstermez. Günümüz teknolojisi hangi basınç farkında vücut ortamında nasıl çekirdek oluştuğunu gözlemlemek için henüz yetersiz kalmaktadır. Öte yandan basınç değişimi olmasa da vücutta her zaman belirli sayıda kabarcık çekirdekleri vardır. Mekanik sürtünme, kozmik ışınlar gibi kaynaklar bu çekirdeklerin sayısını belirler. Bu çekirdeklerin bir kısmı ancak çentik şeklindeki bir yüzey üzerinde varlıklarını sürdürebilirler.

Kabarcıkların oluştuğu bölgeler de farklıdır. Hücrelerin içinde oluşabilecekleri gibi dışında da oluşabilirler. Ayrıca damarların içinde ya da dışında da oluşabilir, ve yer değiştirebilir, bölünebilir ya da birleşebilirler. Böylelikle kabarcıklar hakkındaki sorular katlanarak büyümektedir. Yukarıda sözü edilen olasılıkların

hepsini birden göz önünde tutarak geliştirilmiş ve SINANMIŞ bir kabarcık modeli henüz ortaya konulmamıştır.

Bu tip bir model geliştirilse bile kabarcıkların vücut üzerindeki etkisi sayısal olarak ifade edilememektedir. Bir başka deyimle "hangi organda ne kadar kabarcık dekompresyon hastalığına neden olur?" sorusunun kesin bir cevabı yoktur. Bunun da temel nedeni insan bünyeleri arasındaki fizyolojik farklılıklardır. Belirli bir bölgedeki kabarcık miktarı bazı kişilerde hiç bir soruna neden olamamakta, diğerlerinde ise dekompresyon hastalığına yolaçmaktadır. Klasik anlamdaki dekompresyon hastalığının yanısıra kabarcık oluşumunun vücut üzerindeki uzun vadeli etkileri de araştırmaya açık konular arasındadır.

Fiziksel ve fizyolojik etkenler. Azot emilimi, kabarcıkların vurguna neden olacak dozu, bir başka deyimle yukarıda adı geçen tüm modelleme çalışmaları fiziksel ve fizyolojik etkenlere bağlıdır. Oysaki bu etkenlerin sayılarla ifadesi neredeyse imkansızdır. Bilinçli dalgıçların yapması gereken şey bu etkenler sözkonusu olduğunda tablolarda bir üst derinliği ya da dip zamanını kullanmaktır. Günümüzde bilimin sınırları ancak bu kadarlık bir tavsiyeyle sınırlı kalmaktadır.

#### **Dekompresyon hastalığı oluşumunu etkileyen fiziksel ve fizyolojik faktörler:**

- Dalış sonrası etkinlikler
- Yat
- Cinsiyet
- Vücuttaki yağ miktarı
- İçki ve sigara alışkanlıkları
- Yorgunluk
- Vücudun herhangi bir nedenle su kaybı (dehidratasyon)
- Sıcaklık
- Dolaşım sistemini etkileyen hastalıklar
- Solunum sistemini etkileyen hastalıklar
- Dolaşım veya solunum sistemini etkileyen ilaçların kullanımı
- Yaralanma