FİZİKSEL RİSK ETMENLERİ

Gürültü · Titreşim · Basınç

BYL 222 – Fiziksel Risk Etmenleri

Doç. Dr. Mehmet Kürşat Şahin | Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Bölümü

Meslek Hastalıkları ve Yasal Çerçeve

AB Verileri

İşçilerin %28'i fiziksel etkene maruz

Meslek hastalığının önde gelen nedeni

Türkiye – SGK

Gürültüye bağlı işitme kaybı

Kayıtlı vakaların %97'si erkek

İSGÜM

Meslek hastalıklarının %80'i

Gürültü kaynaklı işitme bozukluğu

6 Fiziksel Risk Etmeni

Gürültü

dB(A) · ses · işitme



Titreşim

m/s² · el-kol · tüm vücut



Basınç

atm · bar · Pascal



Termal Konfor

sıcak · soğuk



Aydınlatma

lux · görsel konfor



Radyasyon

iyonlaştırıcı · UV



BÖLÜM 1: GÜRÜLTÜ

Tanım · Ölçüm · Etkiler · Korunma



Gürültü – Tanım ve Pratik Kural

ILO

Sağlığa zarar verebilecek, hoş olmayan veya iş performansını olumsuz etkileyen gürültü

Sözlük

İstenmeyen, rahatsız edici ses

Endüstri

Kulağı rahatsız eden her türlü ses

Pratik Kural

1 metre mesafeden konuşmak zorunda kalıyorsan

≥ 85 dB(A)

→ Ölçüm ve önlem gereklidir

Ses Fiziği: Frekans ve Parametreler

İnfrases

< 16 Hz

İşitme

20–20.000 Hz

Ultrases

> 20 kHz

Ses Hızı

343 m/s

(20°C, havada)

Ses Basıncı

N/m²

Duyma eşiği: 2×10^{-5} Pa

Ses Gücü

Watt

Kaynağın yayma gücü

Ses Yoğunluğu

W/m²

Birim alana düşen güç

Frekans

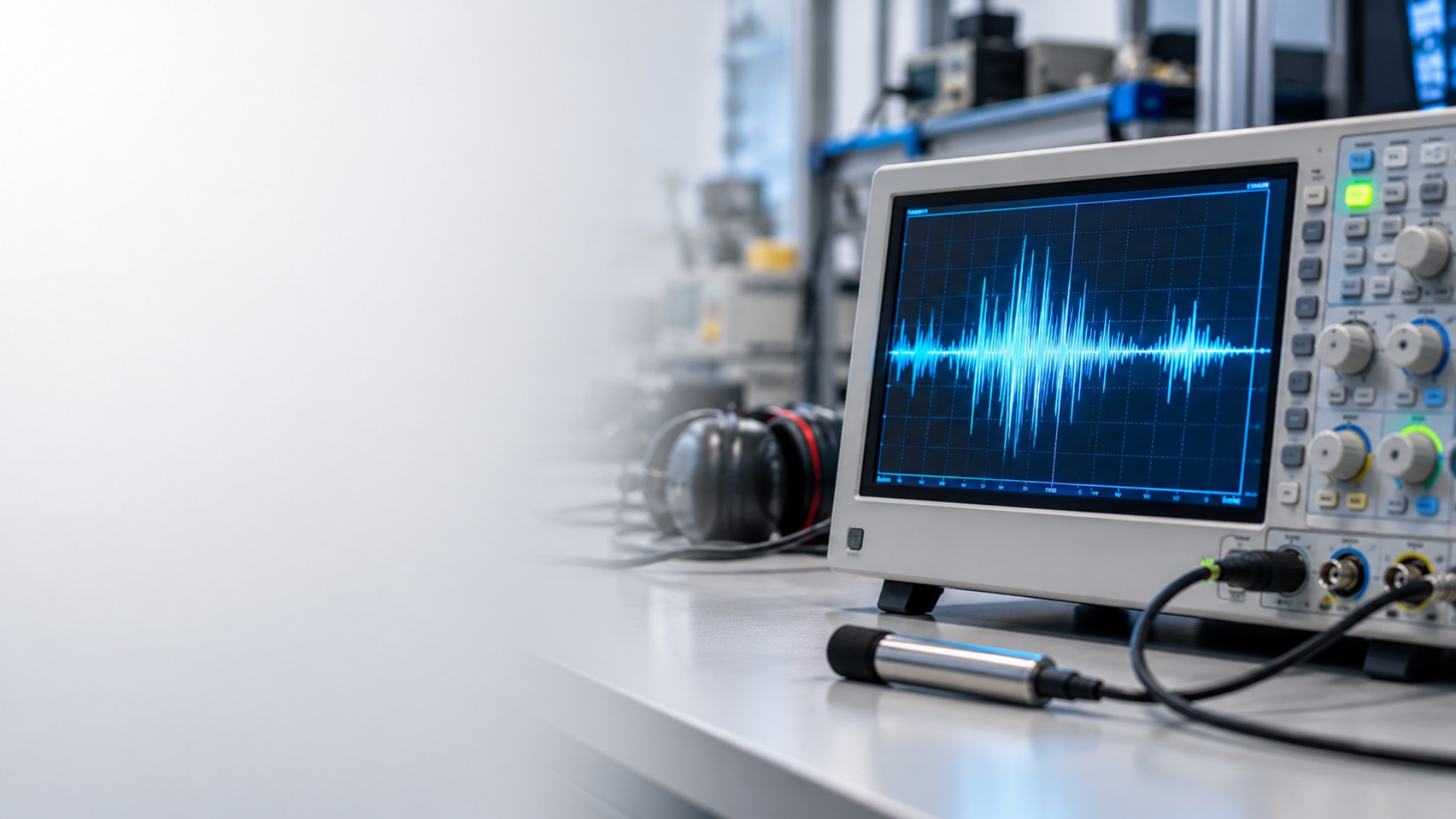
Hz

Titreşim sayısı/saniye

Dalga Boyu

$\lambda = v/f$

Ses hızı / frekans



Ses Seviyesi – Desibel Ölçeği



Önemli Notlar

- Desibel logaritmik bir ölçektir
- +3 dB → sesin 2 katı enerji
- +10 dB → kulağa 2× daha yüksek
- 10 dB artış eşiği çok kritiktir

$$dB = 10 \log_{10} (I / I_0)$$

Gürültünün Etkileri – 5 Kategori



Fizyolojik

- İşitme kaybı (geçici/kalıcı)
- Kulak çınlaması (tinnitus)
- Kan basıncı artışı



Psikolojik

- Stres, sinirlilik
- Konsantrasyon güçlüğü
- Uyku bozukluğu



Performans

- İş verimliliği düşer
- Hata oranı artar
- İş kazası riski artar



Sosyal

- İletişim güçlüğü
- Sosyal izolasyon
- Aile sorunları



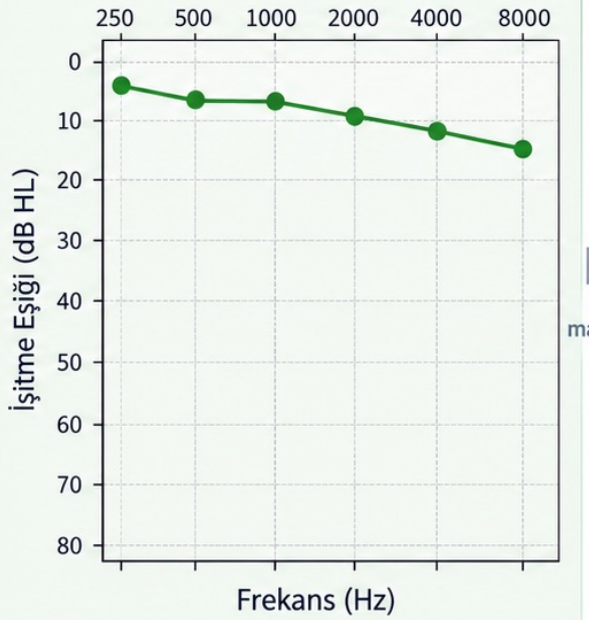
Fiziksel

- Denge bozukluğu
- Refleks yavaşlaması
- Baş ağrısı

İşitme Kaybının Evrimi

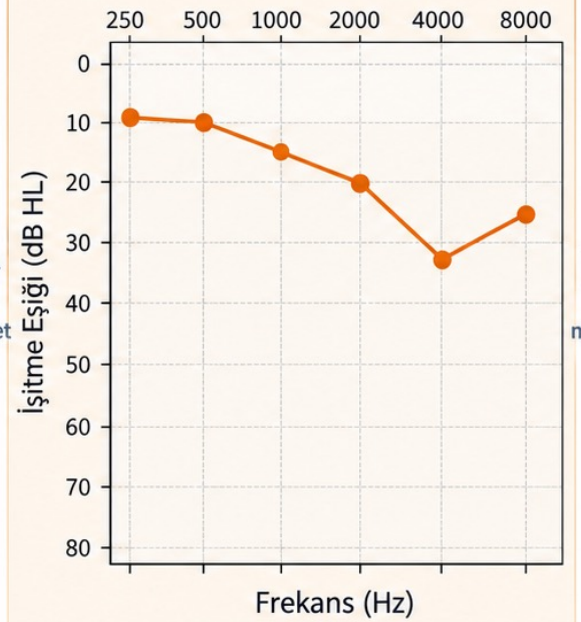
Gürültü maruziyetine bağli değişim

Normal İşitme



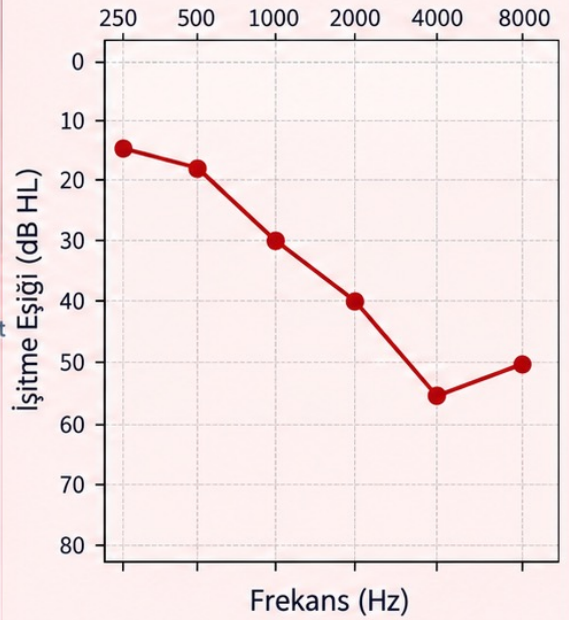
maruziyet

Geçici Eşik Kayması (TTS)



maruziyet

Kalıcı Eşik Kayması (PTS)



TTS: Gürültü sonrası geçici işitme eşiği artışı. **PTS:** Uzun süreli maruziyet sonucu kalıcı işitme kaybı.

Yaşa Göre İşitme Kaybı (Presbycusis)

20 yaş
Normal

40 yaş
Hafif azalma

60 yaş
Belirgin azalma

90 yaş
Ciddi kayıp

⚠ **40 yaşından sonra her yıl ~0.5 dB işitme kaybı yaşanır — Gürültüye maruziyetle bu hız dramatik şekilde artar**

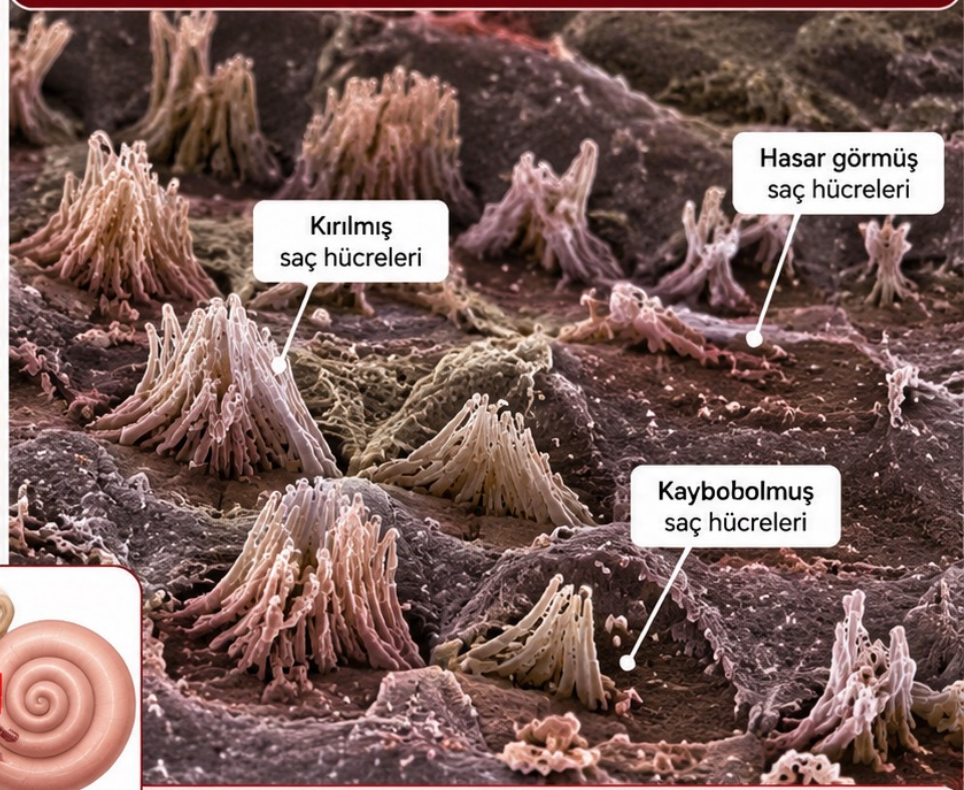
Düzey (dB)	5 yıl	10 yıl	20 yıl
80 dB	0	0	5%
90 dB	5%	15%	27%
95 dB	10%	22%	35%
100 dB	18%	32%	50%
110 dB	32%	56%	72%

İşitme Yeteneği Kaybı – Gürültü Düzeyi ve Maruziyet Süresi

Normal İşitme
(Sağlıklı saç hücreleri)



Gürültüye Maruz Kalma Sonrası
(Hasar görmüş saç hücreleri)





Koklea
(iç kulak)

Normal kulakta saç hücreleri sağlam, düzenli ve bütünlüğünü korur. Bu hücreler ses dalgalarını elektrik sinyallerine dönüştürerek işitmemizi sağlar.

Yüksek düzeyde gürültüye maruz kalma sonucu saç hücreleri hasar görür, kırılır veya tamamen kaybolur. Bu hasar kalıcıdır ve işitme kaybına yol açar.

Yasal Sınır Değerleri – MADDE 5

80 dB(A)

Alt Eylem Değeri

İşveren sağlık gözetimi başlatır ve KKD sağlar

85 dB(A)

Üst Eylem Değeri

KKD kullanımı zorunlu hale gelir; mühendislik önlemleri uygulanır

87 dB(A)

Maruziyet Sınır Değeri

Bu değer KKD ile azaltılmış düzeyi ifade eder; HİÇBİR KOŞULDA aşılamaz

Gürültüyü Azaltma Hiyerarşisi – MADDE 8

1 KAYNAKTA

- Sessiz makine ve ekipman seçimi
- Gürültülü süreç yerine sessiz yöntem
- Bakım ve yağlama programı
- Titreşim yalıtımı

2 YOLDA

- Akustik perde/bariyer
- Ses yutucu kaplama
- Uzaklaştırma ve çevre düzenlemesi
- Kapalı kabinler

3 KİŞİDE

- Kulak tıkacı (20–45 dB engelleme)
- Bant tipi koruyucu (12–48 dB)
- Maruziyet süresini sınırlama
- Periyodik işitme testi

Sağlık Gözetimi ve Çalışan Eğitimi

MADDE 13 – Sağlık Gözetimi

1. 80 dB(A) eşiğini aşan her çalışan için odyometrik test

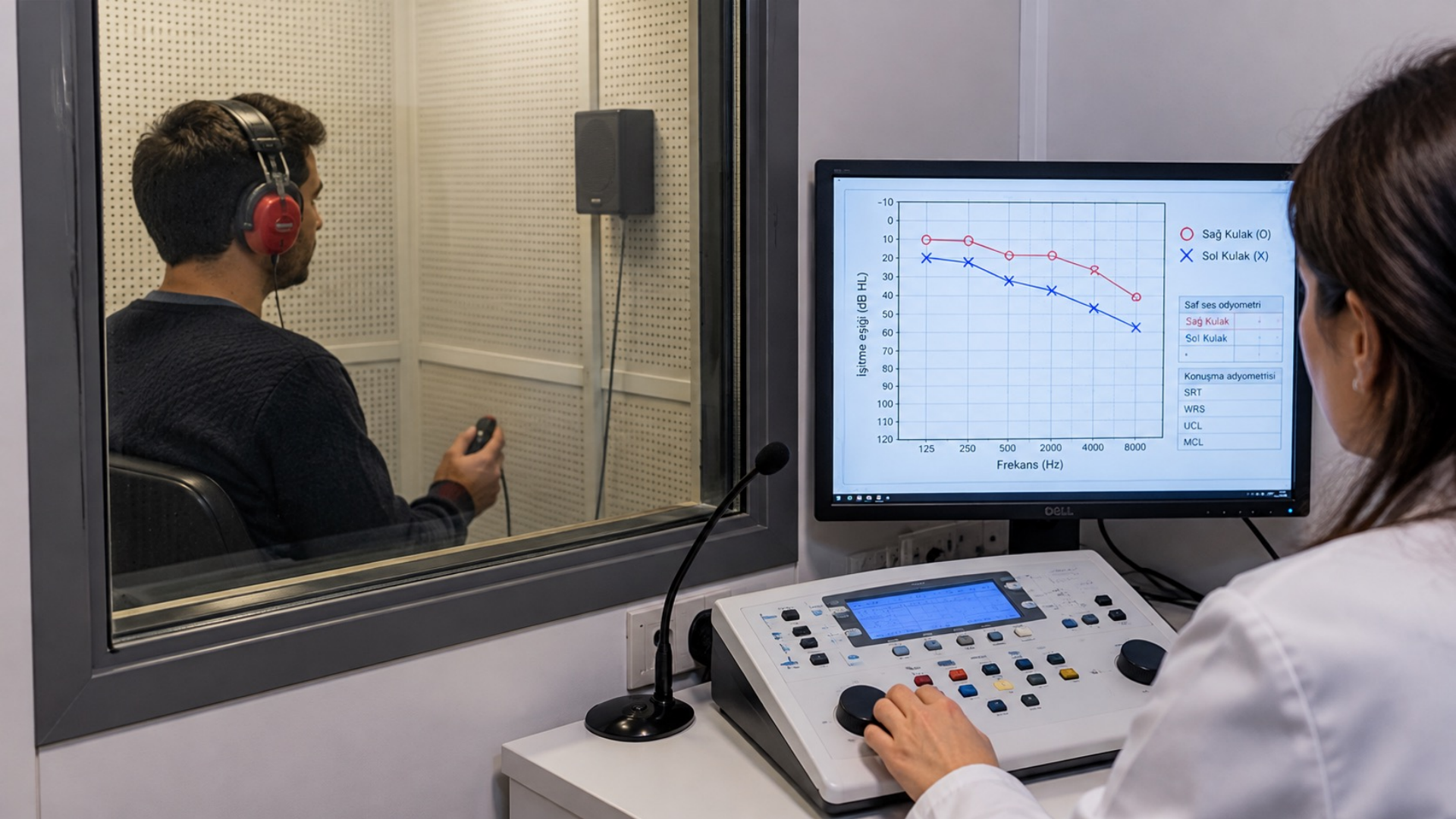
2. Meslek hastalığı için: 2 yıl süreyle gürültülü işte çalışmak, son 30 gün gürültüye maruz kalmak

3. Tanı konulduktan sonra 6 aylık yükümlülük süresi

4. Risk altındaki çalışanlar için periyodik audiogram

MADDE 11 – Çalışan Eğitimi

- Risk değerlendirmesi sonuçları
- Gürültü maruziyetinin niteliği ve kaynakları
- Maruziyet sınır ve eylem değerleri
- Ölçüm sonuçlarının yorumlanması
- KKD'nin doğru seçimi ve kullanımı
- İşitme bozukluğuna yol açan etkenler


-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
İşitme eşiği (dB HL)
125
250
500
2000
4000
8000
Frekans (Hz)
Sağ Kulak (O)
Sol Kulak (X)
Saf ses odyometri
Sağ Kulak
Sol Kulak
Konuşma adyometrisi
SRT
WRS
UCL
MCL
DELL

BÖLÜM 2: TİTREŞİM

El-Kol · Bütün Vücut · Korunma



Titreşim – Tanım ve Özellikler

Titreşim: Araç, gereç ve makinelerin salınım hareketiyle oluşturulan mekanik dalgalanma

Frekans

Hz

Düşük: sarsıntı hissi
Yüksek: karıncalanma-yanma

Şiddet

m/s^2

İvme ile ölçülür
Ağırlıklı RMS değeri

Yön

X/Y/Z

Çok eksenli ölçüm
En kötü eksen esas alınır

Ses vs. Titreşim

Ses → hava yoluyla iletilir | Titreşim → katı/sert kısımlar üzerinden iletilir (el-kol, iskelet sistemi)


Z
(dikey eksen)
Z
X
Y
Y
(yanal eksen)
X
(uzunlamasına eksen)
Vibration
RMS (m/s²)
X 4.2
Y 3.1
Z 2.8
A(8) 5.6

El-Kol Titreşimi ve Beyaz Parmak Sendromu

Kaynaklar

- Pnömatik matkaplar, taş kırma aletleri
- Beton/yol kırma çekiçleri
- Motorlu testere, çalı biçme
- Parlatma, zımparalama aletleri
- Elektrikli rende ve biçme makineleri

Beyaz Parmak Sendromu

(Vibration-Induced White Finger – VWF)

- Dolaşım bozukluğu, parmak uçlarında beyazlaşma
- Soğuğa maruziyetle semptomlar artar
- Damar, kemik, eklem, sinir, kas bozuklukları
- Kalıcı hasar riski — tedavi sınırlı
- Maruziyet sınırı: 5 m/s^2 (günlük)
- Etkin değer: 2,5 m/s^2



Raynaud Fenomeni (VWF)

Titreşime bağlı vasküler yanıtın evreleri

1

Beyaz evre

(İskemi – vazospazm)



Soğuk veya titreşim sonrası parmaklarda damarların daralması sonucu beyazlaşma ve his kaybı

2

Mavi evre

(Siyanoz – hipoksi)



Uzamış iskemiye bağlı dokularda oksijen azalması ve mavimsi renk değişikliği

3

Kırmızı evre

(Reperfüzyon)



Kan akımının tekrar başlamasıyla kızarıklık, zonklama ağrı ve karıncalanma

Vazospazm (iskemi) → Hipoksi (siyanoz) → Reperfüzyon (hiperemi)

Bütün Vücut Titreşimi ve Frekans Etkileri

1.15 m/s²

Maruziyet Sınır Değeri

0.5 m/s²

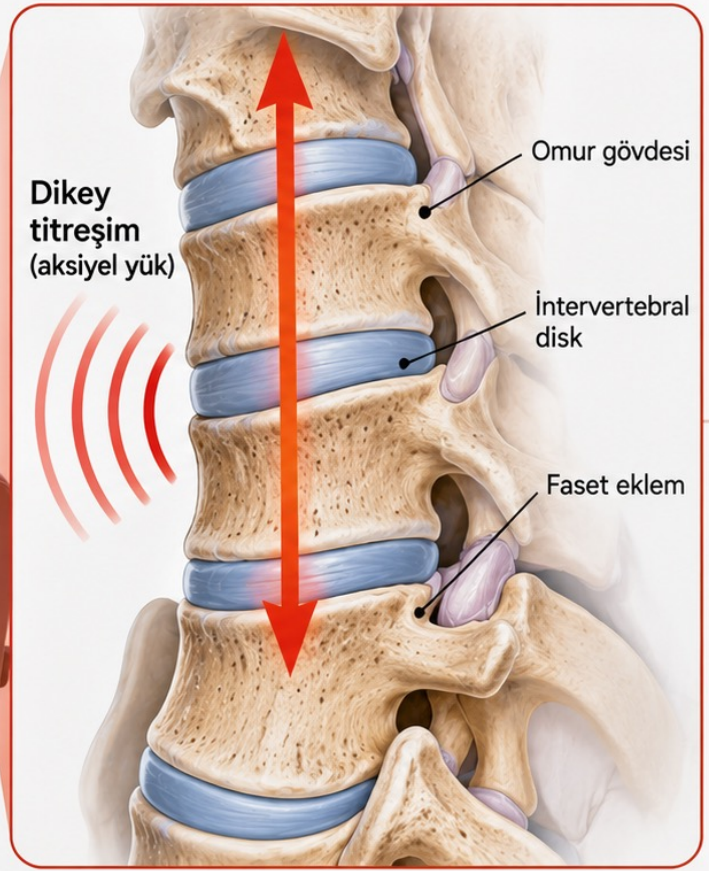
Etkin Değer (günlük 8 saat)

4 yıl

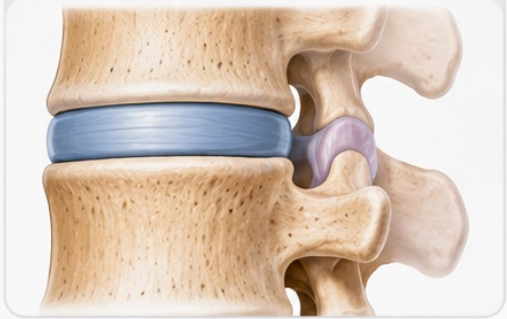
Deniz/Hava istisnası

< 2 Hz	**Hareket hastalığı, bulantı, kusma** Geçici; adaptasyon mümkün	→ Traktör, kamyon, yol yapım makineleri
2–30 Hz	**Tüm vücut rezonansı, bel ağrısı, disk kayması** Uzun süreli etki riski yüksek	→ Traktör, kamyon, yol yapım makineleri
30–100 Hz	**Dolaşım bozukluğu, görsel bozulma** Araç operatörleri için kritik	→ Traktör, kamyon, yol yapım makineleri

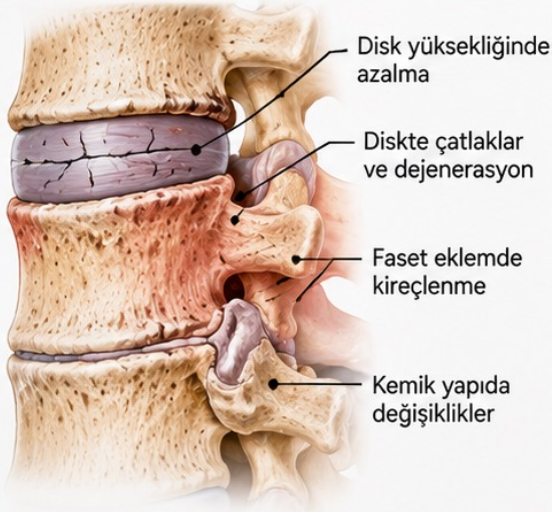




Normal disk ve omurga



Uzun süreli titreşime bağlı dejeneratif değişiklikler



Titreşimi Azaltma ve Sağlık Gözetimi



Ergonomik Tasarım

Titreşim emici tutacak, anti-vibrasyon eldiven, izole sap tasarımı



Bakım Programı

Aşınan ve gevşek parçaların düzenli bakımı titreşimi önemli ölçüde azaltır



Sağlık Gözetimi

Periyodik muayene, hastalık tespitinde çalışan başka işe yönlendirilmeli



Eğitim

Doğru tutma tekniği, gereksiz maruziyet süresini azaltma yöntemleri



Maruziyet Sınırlama

Rotasyon, mola, maruziyet süresi kısıtlaması ile etkin değer altında tutma

Meslek Hastalığı: Kemik-eklem ve anjionörotik bozukluklar — SGK kaydı sınırlı; yükümlülük süresi 2 yıl

BÖLÜM 3: BASINÇ

Yüksek Basınç · Düşük Basınç · Korunma



Basınç – Tanım ve Birimler

$$P = F / A$$

Pascal

N/m^2

SI birimi

Bar

kg/cm^2

10^5 Pa

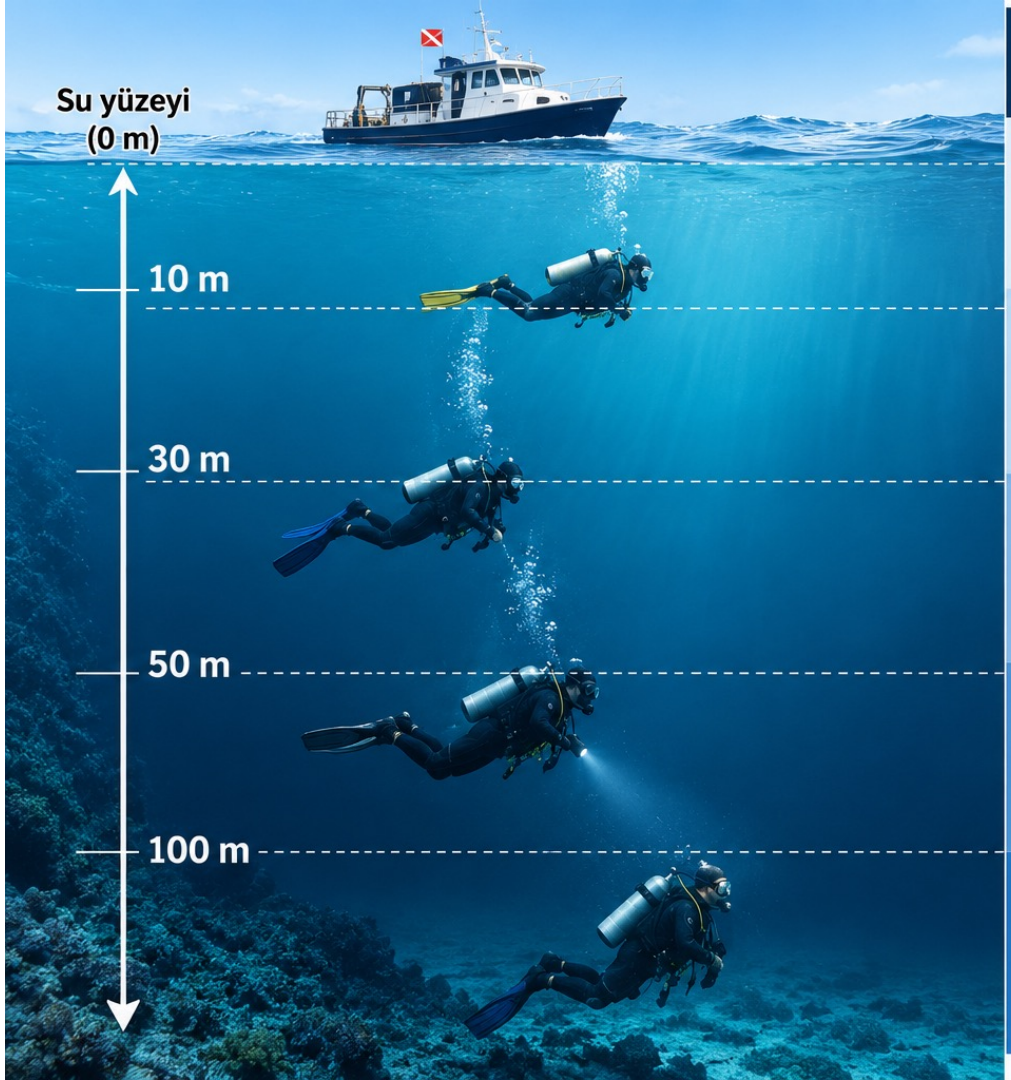
Atmosfer

atm

1 atm = 760 mmHg = 1.013 kg/cm^2

Kritik Eşik: 4.5 N/cm^2 (≈ 0.45 atm fark)

Bu değerin üzerindeki basınç farklarında kalp, dolaşım ve solunum sistemi üzerinde ciddi riskler ortaya çıkar



Derinlik (m)	Basınç (atm)
0	**1 atm** (≈ 1 bar)
10	**2 atm** (≈ 2 bar)
30	**4 atm** (≈ 4 bar)
50	**6 atm** (≈ 6 bar)
100	**11 atm** (≈ 11 bar)

Yüksek Basınç – Dalgıçlar ve Azot Narkozu

10 m

+1 atm

20 m

+2 atm

40 m

+4 atm

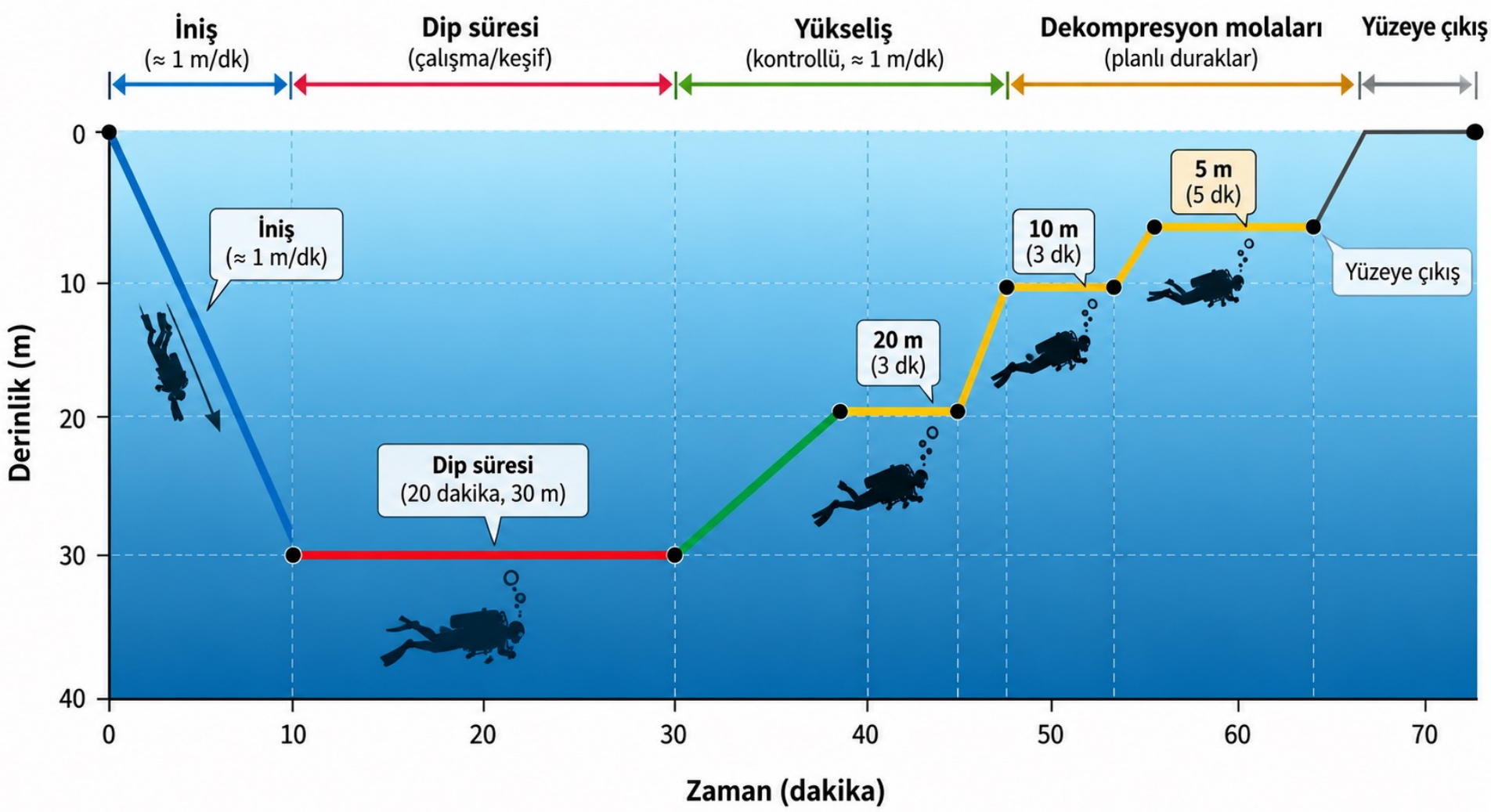
40+ m

Azot narkozu riski

⚠ Azot Narkozu (4 atm eşiği)

Basınç 4 atm'yi aştığında azot narkotik etki gösterir → karar bozukluğu, koordinasyon kaybı, koma riski

Derinlik	Günlük Çalışma	Ek Kural
20–25 m	7 saat	—
25–30 m	6 saat	—
30–35 m	5 saat	—
35–40 m	4 saat	—
22 m dalgıç	3 saat	Özel kural
40 m dalgıç	0.5 saat	Günde maks. 2 dalma, aralarında min. 5 saat


İniş
(≈ 1 m/dk)
Dip süresi
(çalışma/keşif)
Yükseliş
(kontrollü, ≈ 1 m/dk)
Dekompresyon molaları
(planlı duraklar)
Yüzeye çıkış
İniş
(≈ 1 m/dk)
Dip süresi
(20 dakika, 30 m)
20 m
(3 dk)
10 m
(3 dk)
5 m
(5 dk)
Yüzeye çıkış
Derinlik (m)
0
10
20
30
40
0
10
20
30
40
50
60
70
Zaman (dakika)

Düşük Basınç – Yüksek İrtifa Etkileri

Yüksek İrtifada Çalışanlar

- Yol ve tünel yapım işçileri
- Elektrik ve TV servis personeli
- Yüksek irtifadaki maden/inşaat işçileri

Adaptasyon Kuralı

Her 400 metre yükselme için

1 gün adaptasyon

Anoksemi

Kandaki O_2 azalması; tüm organlara oksijen yetmezliği

Taşikardi

Kalp hızı artar; kalp-dolaşım sistemi kompanze etmeye çalışır

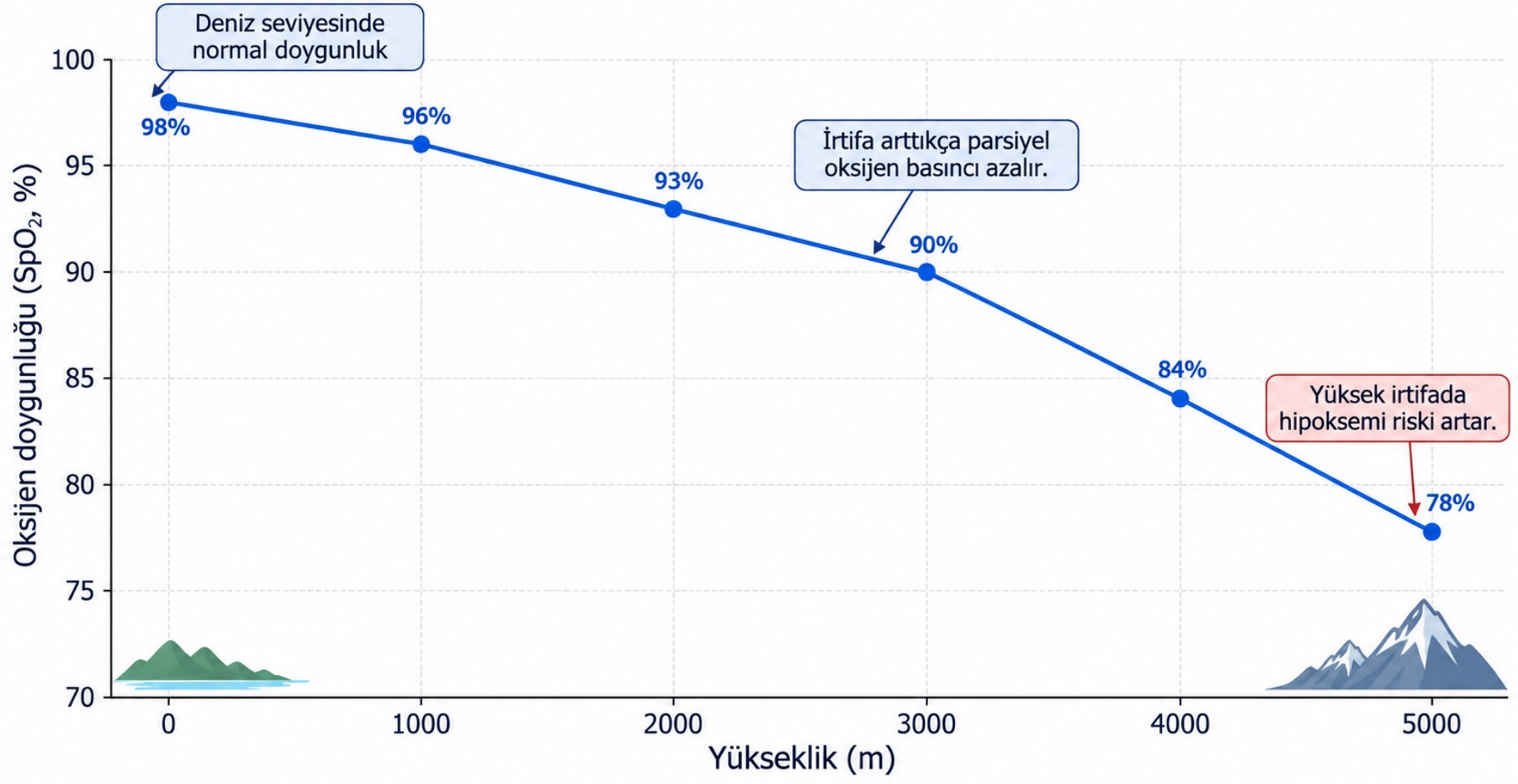
Nörolojik

Karıncalanma, kol-bacak ağrıları, baş dönmesi, bulanık görme

Kulak

Kulak ağrısı, basınç eşitleme güçlüğü, barotravma riski

Yüksek İrtifa ve Oksijen Doygunluğu İlişkisi



Basınç Risklerine Karşı Korunma

Yüksek Basınç

- 2 yıl sonra işçiler periyodik incelemeye alınmalı
- Kaza geçirmiş işçiler aynı işe geri döndürülmemeli
- Dalgıç odaları: ≥40 m^3 hava/kişi/saat, CO_2 maks. %0.1
- Dakika 22 m+: günde maks. 2 dalma; aralarında ≥5 saat
- İşçiler çalışmaya başlamadan kapsamlı eğitim görmeli

Düşük Basınç

- Genç ve deneyimli işçilere öncelik verilmeli
- Kilolu (obez) kişiler bu işlerde çalışmamalı
- Alkol kullananlar yüksek irtifada çalışmamalı
- Kronik solunum hastalığı olanlar elenmeli
- Periyodik muayene (2 yılda bir)
- Kademeli irtifa artışı ve adaptasyon zorunlu

⚠ **Meslek Hastalığı: Akut yükümlülük süresi 3 gün; diğer durumlar 10 yıl**

Temel Çıkarımlar

Gürültü

85 dB(A) → KKD zorunlu | 87 dB(A) → aşılamaz sınır | İşitme kaybı geri döndürülemez

Titreşim

El-kol: 5 m/s² sınır | Beyaz Parmak Sendromu önlenemez hale gelmeden tespit edilmeli

Basınç

4 atm → azot narkozu | Her 400 m → 1 gün adaptasyon | Kaza geçirenler aynı işe dönmemeli

Hiyerarşi

Kaynakta → Yolda → KKD (son çare) | Sağlık gözetimi + eğitim vazgeçilmez

Bir sonraki bölüm: Termal Konfor – Aydınlatma – Radyasyon