

RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Doç. Dr. Turan Olğar

Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Fizik Mühendisliği

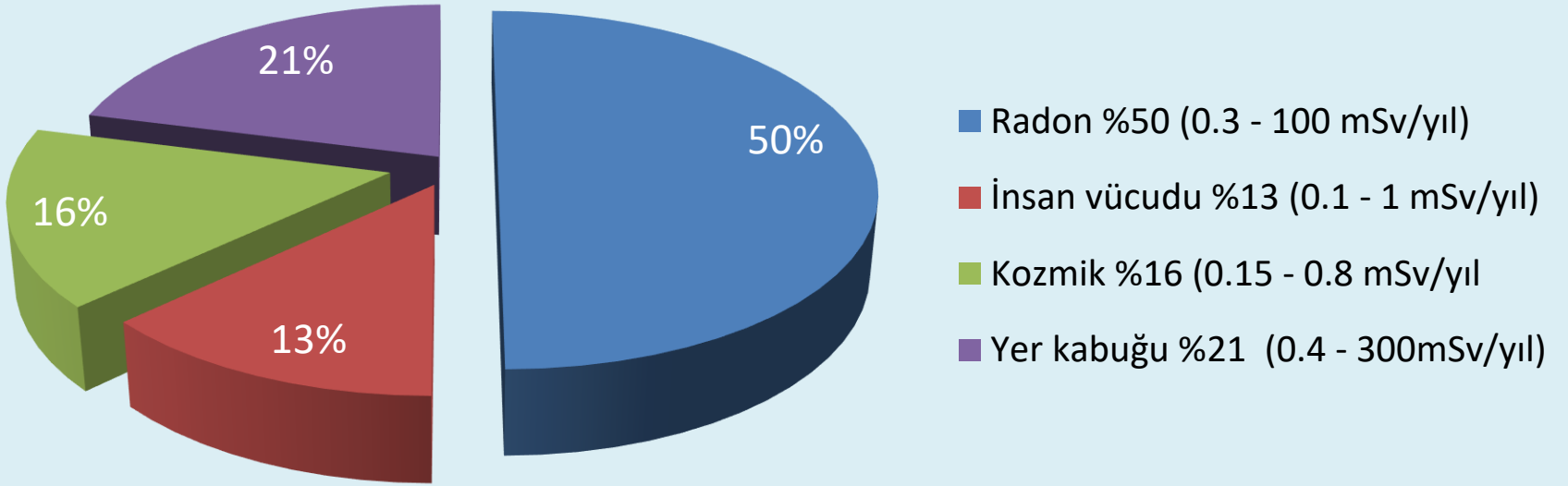
Bir insanda doğal olarak bulunan radyoaktif izotoplar

- Kaslarda Potasyum,
- Kemik ve dişlerde Uranyum and Toryum,
Kurşun
- Yağ ve organlarda Karbon
- Dalak ve karaciğer ve radon bozunmasından akciğerlerde Polonyum
- Akcigerlerde Radon ve Toron (nefes yolu ile)

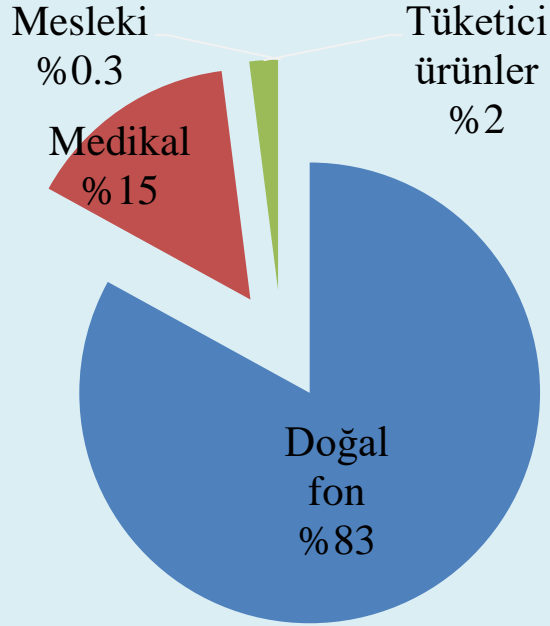
10 adet muz

Kol röntgen incelemesi

DOĞAL RADYASYON

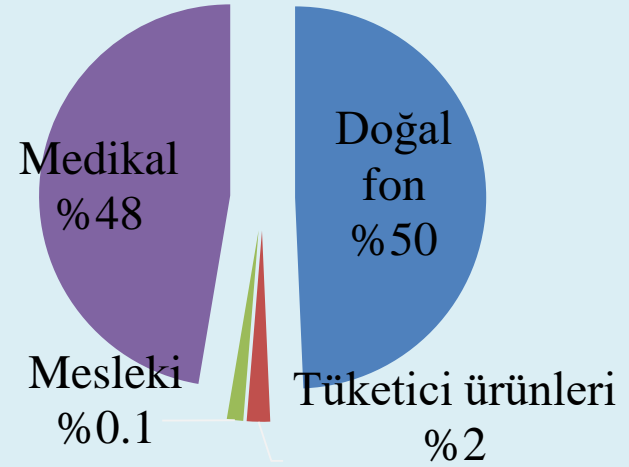


TÜM KAYNAKLAR NEDENİ İLE TOPLUM IŞINLAMASI (ABD SONUÇLARI)



1982

Medikal ışınlama: 0,54 mSv/Kişi
Toplam ışınlamalar 3,6 mSv/Kişi



2006

Medikal ışınlama: 3.0 mSv/Kişi
Toplam ışınlamalar 6.2 mSv/Kişi

RADYASYONUN ETKİLERİ

Bilgi Kaynaklarımız :

Radyoepidemioloji: Geçmişte ışınlanmış İnsan çalışmalarından

DeneySEL Biyoloji : Hayvan ve bitki çalışmalarından

HücreSEL ve moleküler biyoloji araştırmaları:

RADYASYONUN ETKİLERİ BİLGİ KAYNAKLARI

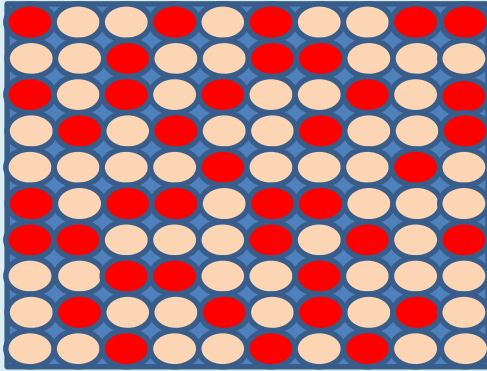
- Atom bombasından etkilenen ve hayatta kalan Japon toplumu
- Tedavi amacı ile yüksek dozda radyasyondan etkilenen hastalar
- Mesleği nedeni ile sürekli radyasyondan etkilenen kişiler
- Doğal radyasyondan etkilenen toplumlar
- Radyasyon kazaları

ATOM BOMBASI KURTULANLARI İLE YAPILAN RADYO-EPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALAR

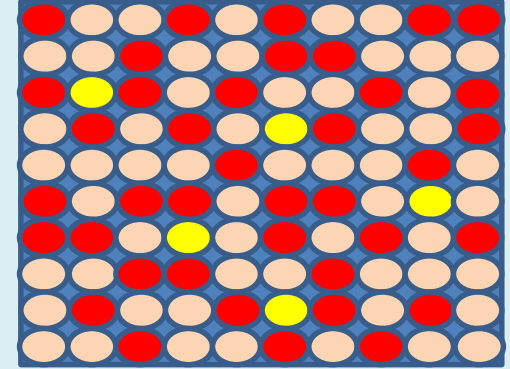
- En büyük çalışma: 100.000 kişiyi kapsar
- 50 yıldan beri devam etmekte, 3 nesil kapsıyor
- Işınlanan grubun çeşitliliği
- (kadın , erkek , çocuk, yaşlı, hasta , sağlıklı)
- Doz dağılım aralığı: birkaç mSv – 4 Sv (yani doğal radyasyon seviyesi- ölümcül doz)
- 30 000 kişinin aldığı doz 5-100 mSv yani *BT' de karşılaşılan dozlar!*
- Kontrol grubunun varlığı

RADYASYONUN SAĞLIK ETKİLERİ

RADYOEPİDEMİYOLOJİK ARAŞTIRMALAR



Radyasyon duyarlılığı,
yaşam tarzı,
yaş ve
cinsiyet dağılımları,
latent süre,
diğer kanserojen nedenler



Işınlanmamış topluluk

Işınlanmış topluluk

Doğal nedenlere bağlı
Kanser oranı %40

Doğal nedenler + radyasyona bağlı
Kanser oranı %45

İlave kanser oranı $RR = \%5$

ATOM BOMBASI ÖMÜR BOYU TAKİP ÇALIŞMALARI - KANSER VE LÖSEMİ -

1950 - 2006

Nagasaki ve Hiroşima

Toplam insan sayısı

86 611

Doğal nedenlerle
ölenler

47685

Kanser ölümleri

10 929



Radyasyona bağlı
kanser ölümleri

527



Katı organ kanser
ölümleri

440

Toplam lösemi sayısı

296

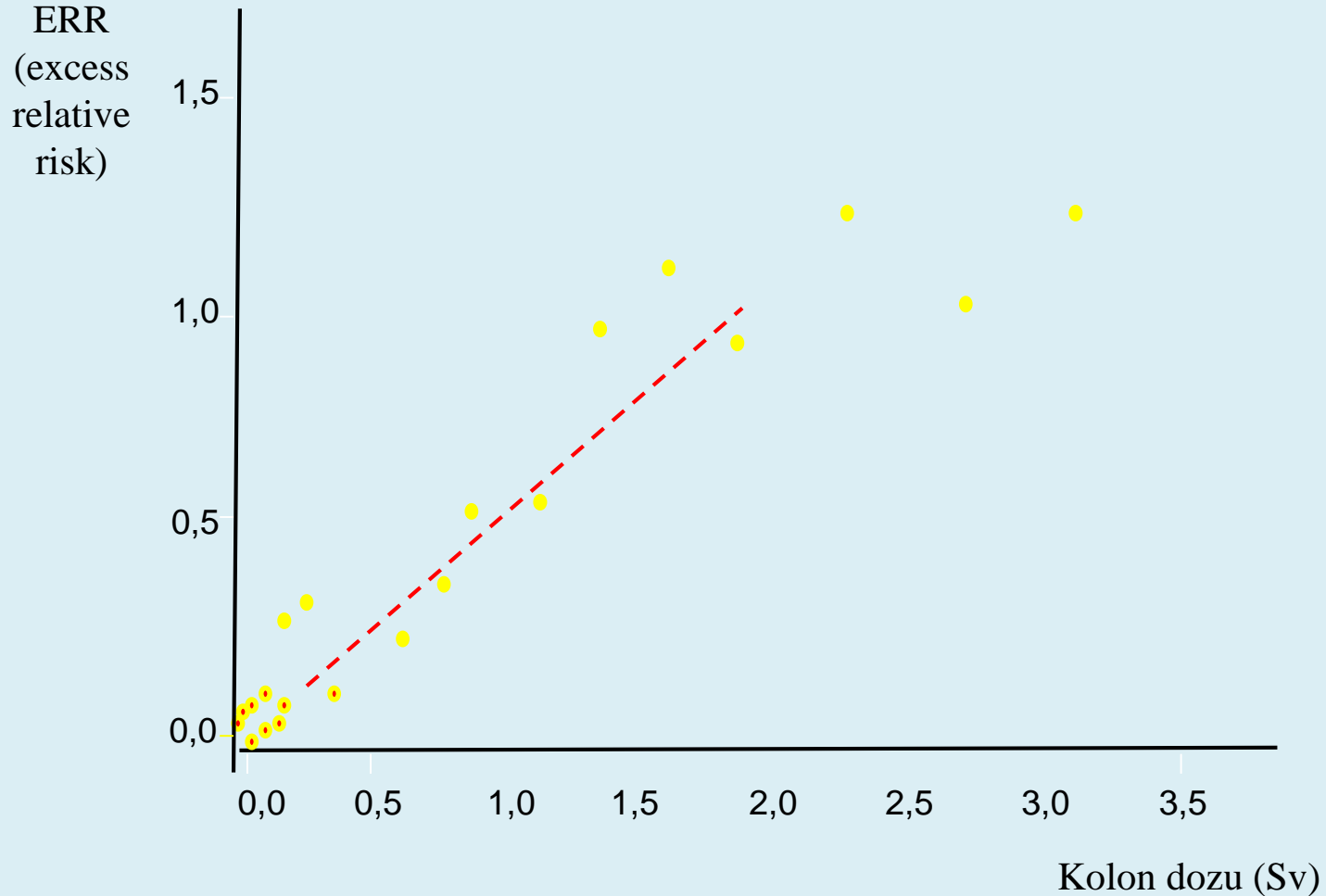


Radyasyona bağlanan
lösemi ölümleri

87

Ozasa, Kotaro, et al.
"Studies of the
mortality of atomic
bomb survivors,
Report 14, 1950–2003:
an overview of cancer
and noncancer
diseases." *Radiation
research* 177.3 (2012):
229-243.

RADYASYON DOZUNA BAĞLI KANSER RİSKİ JAPON TOPLUMU



Brenner, A. V., et al. "Comparison of All Solid Cancer Mortality and Incidence Dose-Response in the Life Span Study of Atomic Bomb Survivors, 1958–2009." *Radiation Research* (2022).

RİSKLERİ NASIL TANIMLARIZ ?

R_{IG} : Işınlanmış toplumda ölen veya hastalanan kişi sayısı

R_{NG} : Işınlanmamış toplumda ölen veya hastalanan kişi sayısı

$$\text{Rölatif Risk (RR)} = R_{IG} / R_{NG}$$

$$\text{İlave (excess) rölatif Risk (ERR)} = RR - 1 = (R_{IG} - R_{NG}) / R_{NG}$$

$$\text{İlave Mutlak Risk (EAR)} = (R_{IG} - R_{NG})$$

Risk Göstergesi : $RR > 1$ $ERR / Doz > 0$

RADYASYONUN ETKİLERİ

FİZİKSEL ETKİLEŞMELER (0 - 10^{-12} s)

Radyasyon etkileşimi, uyarılma ve iyonizasyon

FİZİKOKİMYASAL ETKİLEŞMELER (1 mSn)

DNA kırılması

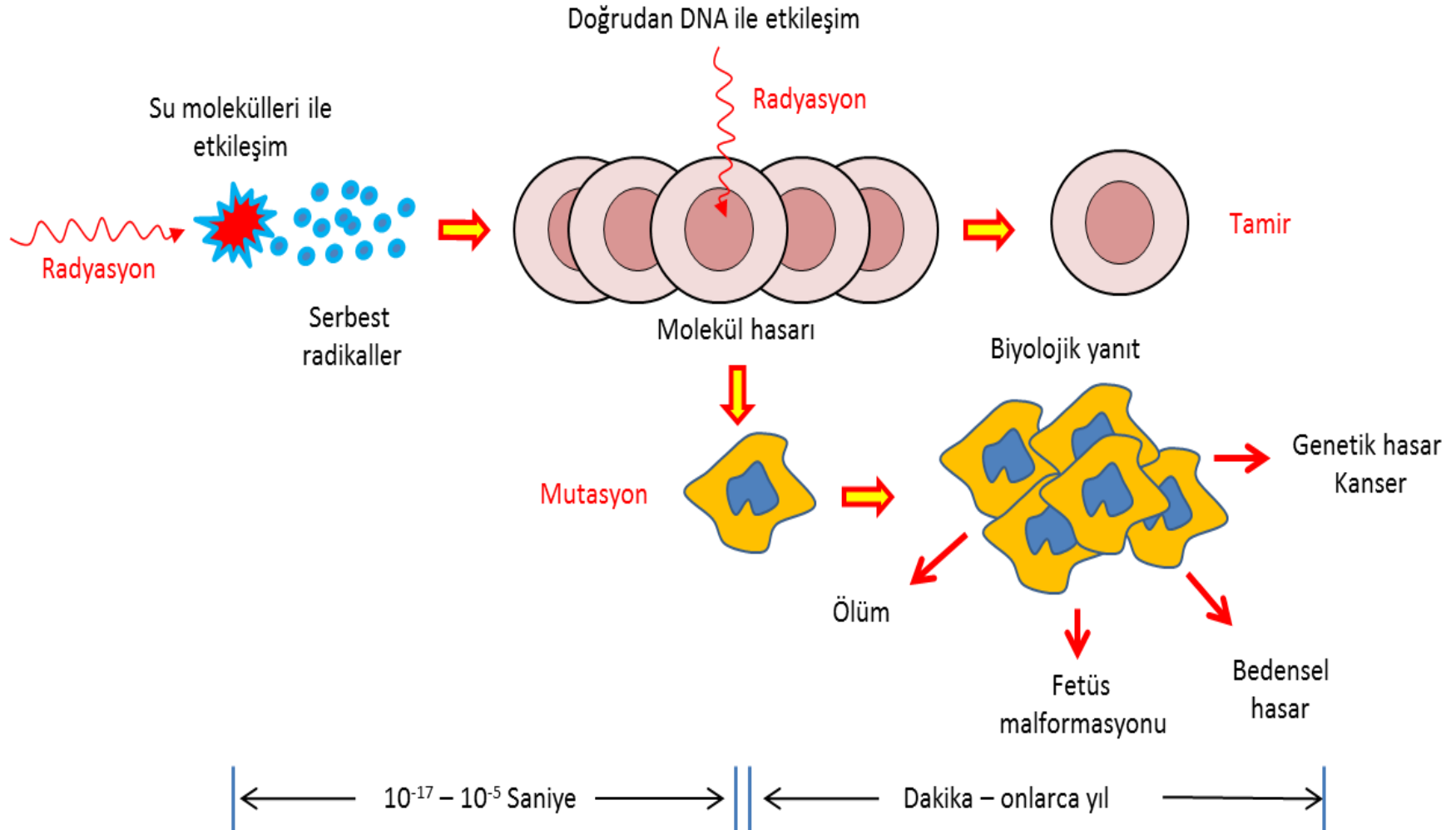
BİYOLOJİK YANIT (mSn – Gün)

Mutasyon, doku hasarı

TIBBİ ETKİLER (Gün – yıl)

Kanser !!

RADYASYONUN ETKİLERİ



RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

- Yaş
- Radyasyonu tipi
- Radyasyonun enerjisi
- Işınlanan anatomik bölge
- Işınlama miktarı
- Işınlamanın sürekliliği
- Biyolojik farklılıklar

RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİSİ

Tüm vücut ışınlanmasında vücuda aktarılan enerji

$LD_{50/60}$, radyasyona maruz kalan popülasyonun % 50'sini 60 gün içinde öldürmek için gerekli dozdur.

4 Gy : öldürücü doz

$LD_{50/60} = 4$ Gy doz alan kişilerin %50'sinin
60 gün içinde ölmesi beklenmekte

Kütle = 70 kg

$LD_{50/60} = 4$ Gy (Joule / kg)

Soğurulan Enerji = $70 \times 4 = 280$ Joule

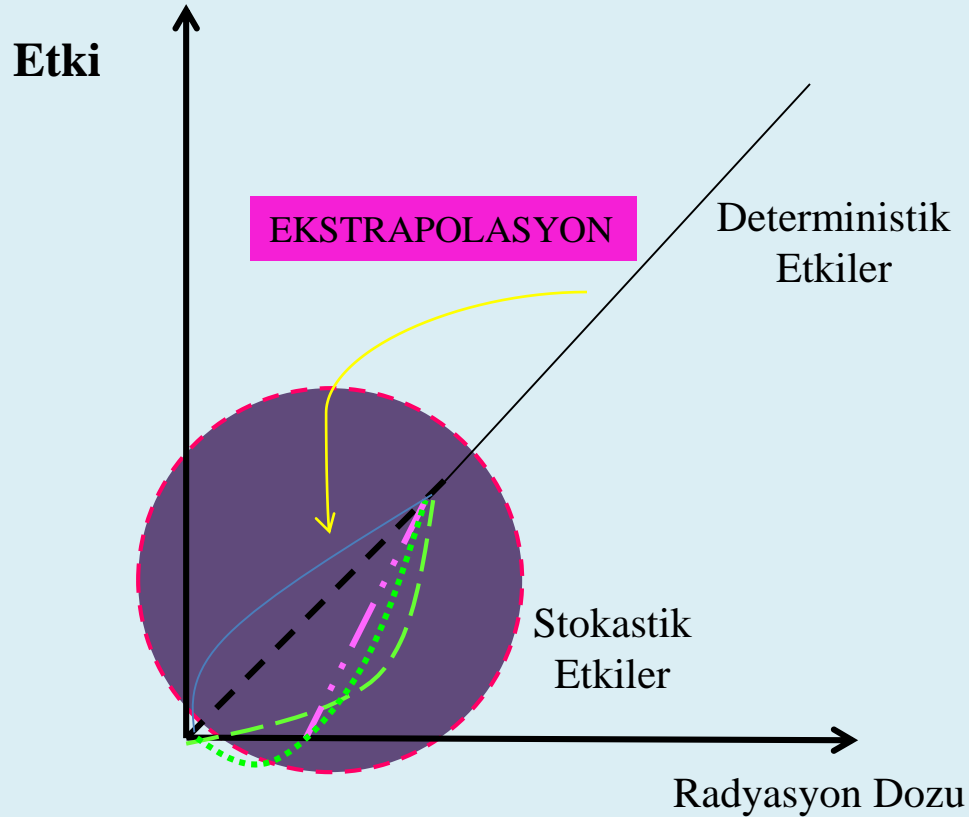
1 Kalori = 4.18 Joule

= 67 Kalori

RADYASYONUN ETKİLERİ

Deterministik Etkileri: Lens ve Deri Hasarları, kısırlılık vs.

Stokastik Etkileri : Kanser, Genetik Etkiler



Gözlenen hiçbir etkinin olmadığı değer < 100 mSv

RADYASYONA EN FAZLA HASSAS ORGANLAR

- Üreme Organları
- Deri
- Kan hücreleri
- Kan yapan organlar
- Gözler
- Sindirim sistemi

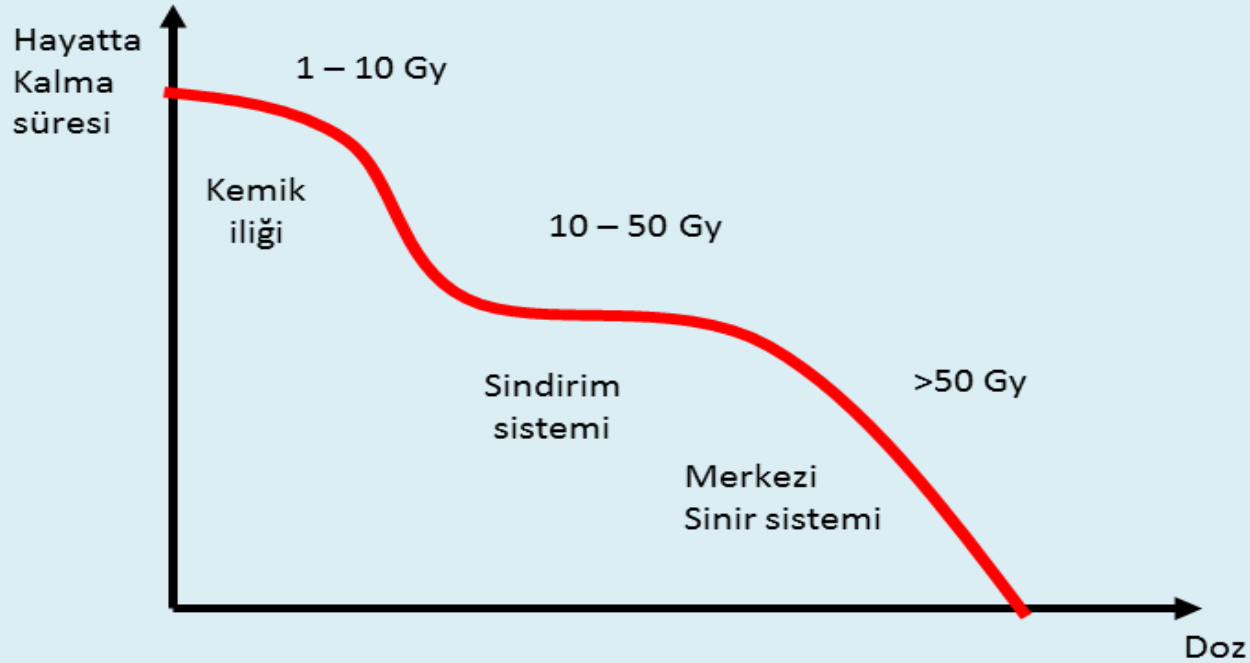
RADYASYONUN DETERMİNİSTİK ETKİLERİ

- >1 Gy: Deride yanma, bulantı, kusma
- 3-5 Gy: Kan tablosunda değişim (yaşam süresi %50, 30-60 gün)
- 5-8 Gy: Saç dökülmesi (yaşam süresi 15-20 %, 50 gün)
- >10 Gy: Merkezi sinir sisteminin çökmesi (1-2 gün)



- Etkinin ciddiyeti doz ile artar
- Belirli bir eşik doz altında gözlenebilir bir etki yoktur

İNSAN VÜCUDUNUN RADYASYONA YANITI



Akut radyasyon sendromu. Radyasyonun şiddetine bağlı olarak etkilenecek organlar.

İNSAN VÜCUDUNUN RADYASYONA YANITI

Tüm vücudun lineer enerji transferi düşük (gama ve X-ışınları gibi) ancak yüksek şiddette radyasyon dozuna maruz kalmasına bağlı olarak ortaya çıkacak klinik bulgular ve ölüm zamanları.

Tüm gövdede soğurulan radyasyon dozu (Gy)¹	Ölüme neden olacak esas etki	Işınlama sonrasında beklenen ölüm zamanları
3 – 5	Kırmızı kemik iliği Hasarı(LD _{50/60})	30 – 60 gün
5 – 15	Sindirim sistemi Hasarı	7 – 20 gün
5 – 15	Akciğer ve böbrek Hasarı	60 – 150 gün
>15	Merkezi sinir Sistemi hasarı	< 5 (doza bağlı olarak)

1: Doz aralıkları, vücudun tamamının veya bir kısmının ışınlanmasına bağlı olarak verilmiştir

YETİŞKİNLERDE BAZI DETERMİNİSTİK ETKİLER İÇİN EŞİK DOZ DEĞERLERİ (ICRP 1990)

Doku ve etki	Tek ışınlamada toplam doz	Zaman aralıklı¹ ışınlamalarda toplam doz eşdeğeri (Sv)	Yıllık doz hızı² Sv / yıl	Etkinin ortaya çıkacağı süre
Testisler				
Geçici kısırlık	0.15	NA ³	0.4	3-9 hafta
Sürekli kısırlık	3.5 - 6.0	NA	2.0	3 hafta
Overler				
Kısırlık	2.5-6	6.0	> 0.2	< hafta
Göz lensi				
Algılanabilir Opasiteler	0.5-2.0	5	>0.1	
Katarak	5.0	> 8	> 0.15	> 20 yıl
Kemik iliği				
Kan hücre üretim Azalması	0.5	GD	> 0.4	1-2 ay
Deri				
Kızarıklık	3 – 6	30	GD	1-4 hafta
Geçici saç kaybı	4	GD	GD	2-3 hafta
Deri kaybı	5 – 10	35	GD	1-4 hafta
Telangiectasia	10	40	GD	>1 yıl

1: Her ışınlamada yaklaşık 2 Gy

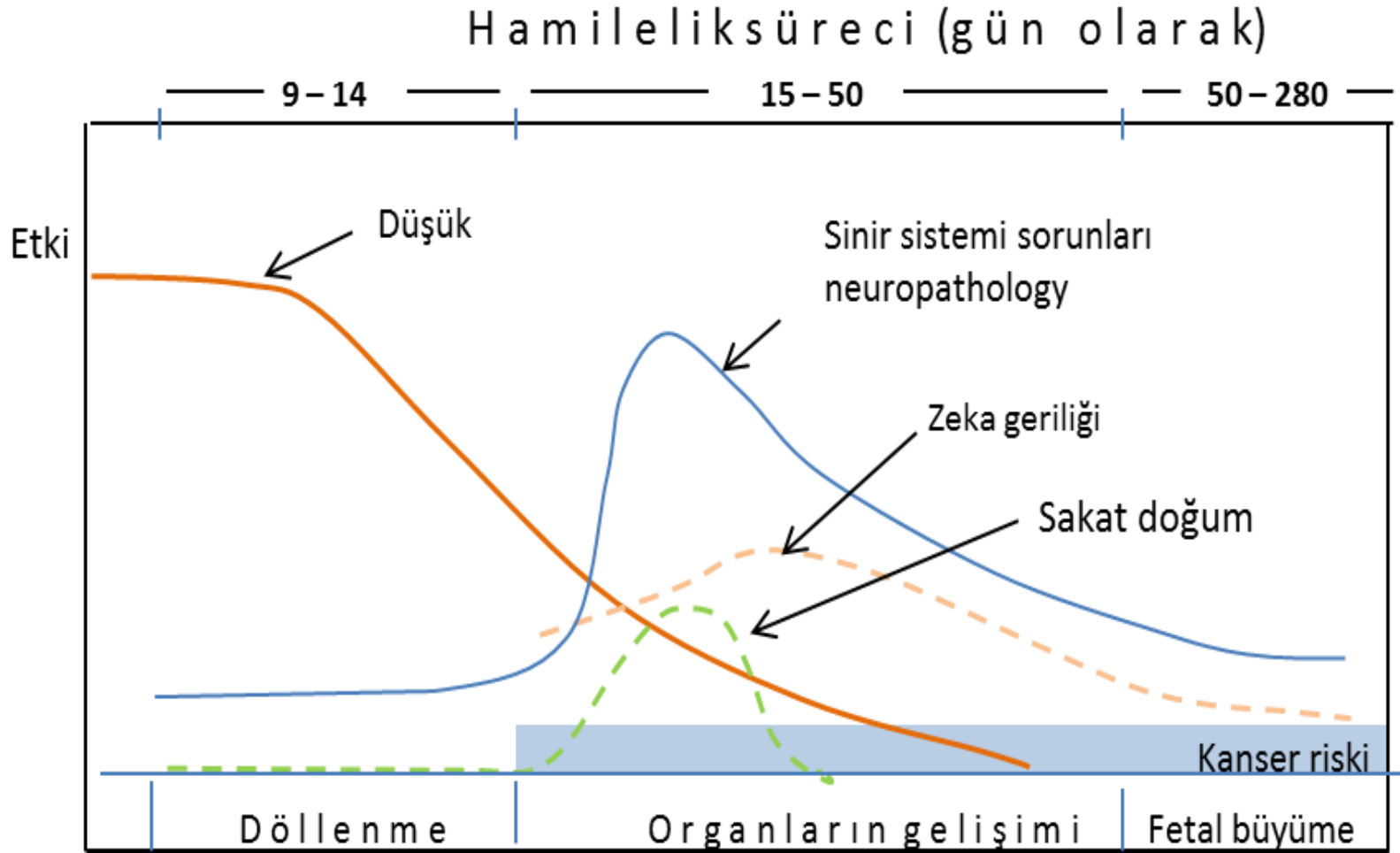
2: Işınlamanın bir yıl içerisinde sık aralıklarla ya da yıllara dağılmış olarak yapılması sonucunda eşik dozlar.

3: Eşik, toplam dozdan ziyade doz hızına bağlı olduğundan, NA Uygulanamaz anlamına gelir.

RADYASYONUN FETÜSE ETKİSİ

- Doğum öncesi ölüm
- Doğum sonrası ölüm
- Doğuştan gelen Fiziksel bozukluk
- Çocukluk döneminde kanser
- Büyüme bozukluğu

RADYASYONUN FETÜSE ETKİSİ



EMBRİO VE FETUS

- 10 mSv in birkaç katında öldürücü etki pek olası değildir.
- Maksimum duyarlılık organogenesis dönemindedir.
- Malformasyon için eşik değer 100 mGy civarındadır.
- Zeka geriliği için en hassas dönem 8-15 haftalardır.
- Zeka geriliği için eşik değer en düşük 300 mGy civarındadır.
- 1 Gy başına 25 IQ kaybı bulgularla doğrulanmış değildir.
- Doğum öncesi ışınlamalardan dolayı yaşam boyu kanser riski çocukluk çağı ışınlanmaları ile aynı kabul edilmektedir.

Anne karnındaki ışınlamaya bağılı olarak fetüste ortaya çıkabilecek etkiler

Etki	Döllenme sonrası en hassas dönem gün	Etkinin gözlenebileceği eşik doz değeri (mGy)		Yorum	
		Hayvan çalışmaları	İnsan çalışmaları		
Doğum öncesi Ölüm	0 – 8		BY ²	BY	C1
Preimplantasyon Postimplantasyon Gelişme geriliği	8 – 56	50-100 250 10	200	BY	C2
Organ sakatlığı ³	14 – 56	250	250	BY	Yok
Ufak kafa boyutu	14 -105	100	Gözlenen eşik yok	% 5 - %10	C3
Ciddi mental Gerilik	56 – 105	BY	100	% 4	C4
IQ azalması	56 – 105	BY	100	2.5 IQ	C5
Çocukluk çağı Kanseri	0 – 77	Gözlenen eşik yok	Gözlenen eşik yok	0.06-0.6	C5

1: Mutlak insidans, 100 mGy'lik eşdeğer bir doza maruz kalan fetüslerde etkinin gözlenme yüzdesi olarak tanımlanır.

2: Bilgi yok

3: Radyasyona maruz kalmayan fetüsler için 15 yaşına kadar olan çocukluk çağı kanseri başlangıç riski yaklaşık %0.25'tir (400'de 1)

Anne karnındaki ışınlamaya bağlı olarak fetüste ortaya çıkabilecek etkiler

Yorumlar :

C1: Gebelięin devam etmesi yani düşük olmaması durumunda, fetüsün hiçbir radyasyon hasarı olmadan gelişmesini sürdürecektir

C2: Atom bombasından etkisiyle anne karnında 200 mGy üzerinde doza maruz kalan çocuklar, ışınlanmayan çocuklara göre 2-3 cm daha kısa, 3 kg daha az kiloda ve kafa çevreleri 1 cm daha kısadır.

C3: Küçük kafa boyutunda olan çocukların %25'i mental sorunlu olmuştur.

C4: İlk 7 hafta ve 25'inci hafta sonrasında ışınlananlarda hiçbir etki görülmemiştir

C5: 100 mGy üzerinde IQ azalımı her mGy için 0.025 dir.

C6: Lösemi en fazla görülen kanser türüdür. Işınlanmamış fetüslerde doğal nedenlere bağlı olarak kanser yüzdesi 1 / 1500 (ABD değeri)ya da %0.067' dir. Hamilelięin ikinci ve üçüncü üç-aylık dönemlerinde kanser yüzdesi her mGy için %0.0043 artmaktadır.