

KKTC Elektrik Mühendisleri Odası Semineri
Lefkoşa

Elektrik Mühendisleri Odası Semineri

**Düşük şiddette radyasyon nedir?
Riskler ne kadar önemlidir?**

Prof. Dr. Doğan BOR

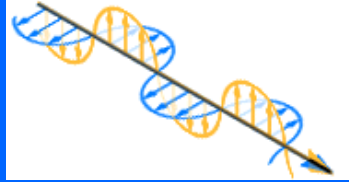
Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Fizik Mühendisliği Öğretim Üyesi

KKTC Sağlık Bakanlığı
Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Birimi Bilimsel Danışmanı

27 Nisan 2019

RADYASYON ve TÜRLERİ ?

Enerjinin parçacık veya elektromağnetik dalgalarla ortamda yayılmasıdır



İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar

Optik bölgede radyasyonlar

Ultraviyole (UV)
Görünür Işık
Infrared (IR)

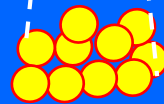
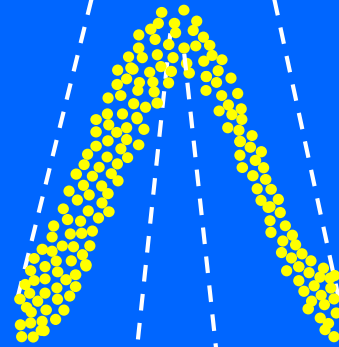
Radyofrekans bölgede radyasyonlar

Mikrodalgalar
Radyo dalgaları
Çok düşük frekanslarda salgılar

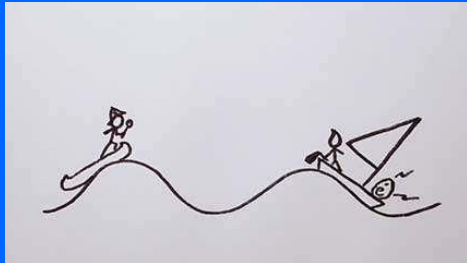
İyonlaştırıcı radyasyonlar

Gama ve X-ışınları

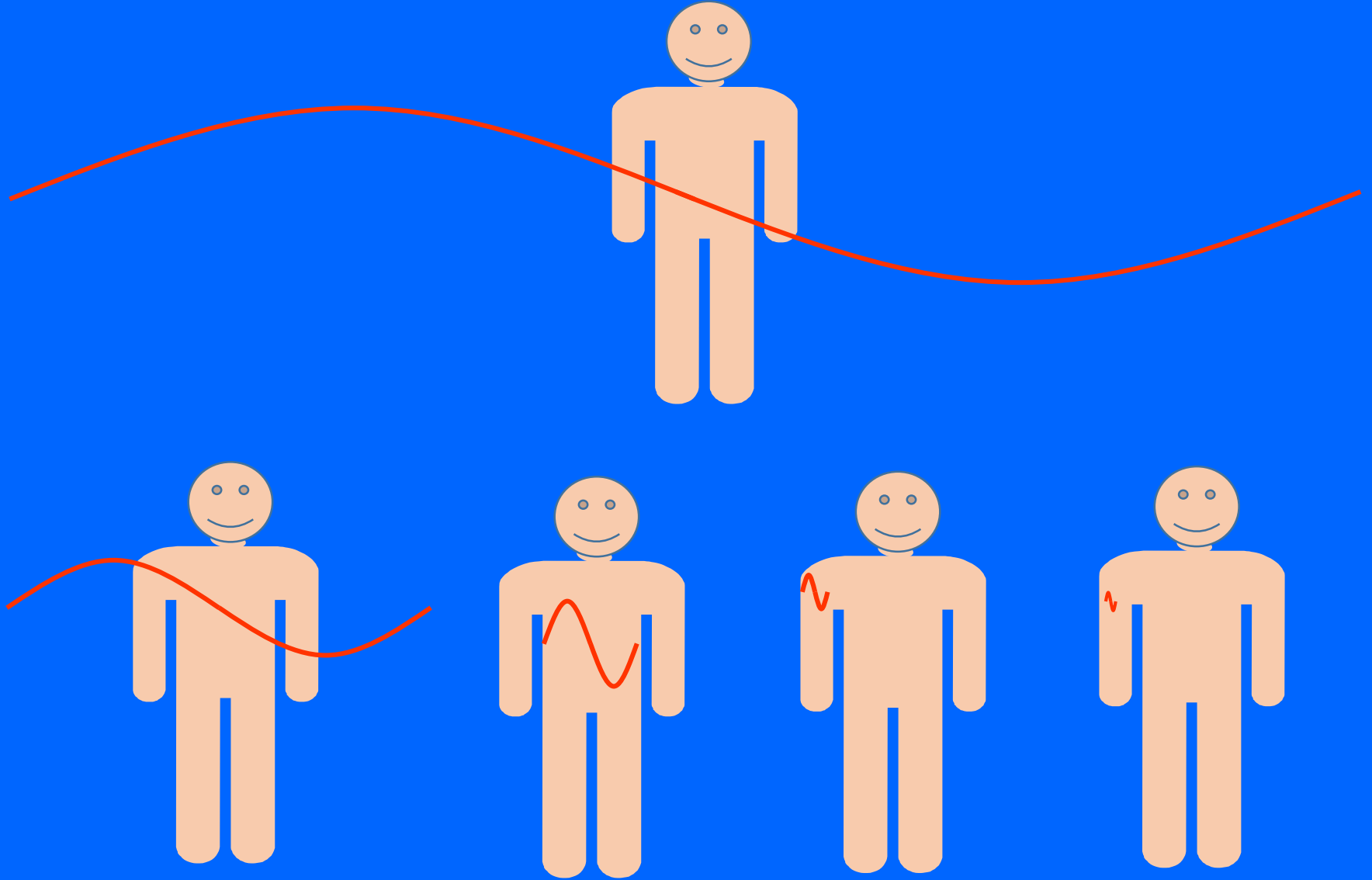
RADYASYON NASIL YAYILIR ?



Parçacık
(Foton)



ELEKTROMANYETİK DALGANIN SOĞURULMASI



-ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM-

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon

İyonlaştırıcı radyasyon

Isı etkisi yok
Düşük şiddette akım



Isı etkisi var
Yüksek şiddette akım



Optik bölge
Elektronik uyarma
Fotokimyasal etki



Bağların kopması
DNA kırılması



Radyo

Mikrodalga

IR

Görünür ışık

UV

X-ışınları

γ-ışınları

Enerji
(eV)

$< 7 \times 10^{-7}$

$7 \times 10^{-7} - 0.0012$

$0.0012 - 1.6$

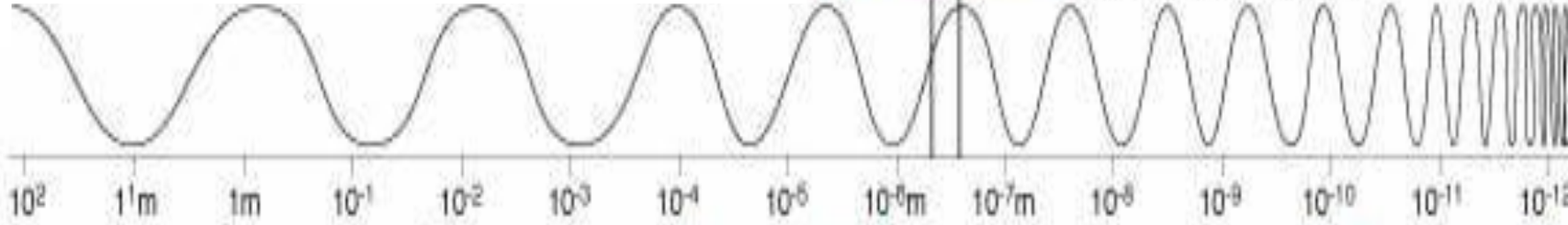
$3.1 - 20$

$20 - 3 \times 10^4$

$> 3 \times 10^6$



Dalga
Boyu
(m)



Futbol
sahası

İnsan

Arı

İğne

Hücre

Bakteri

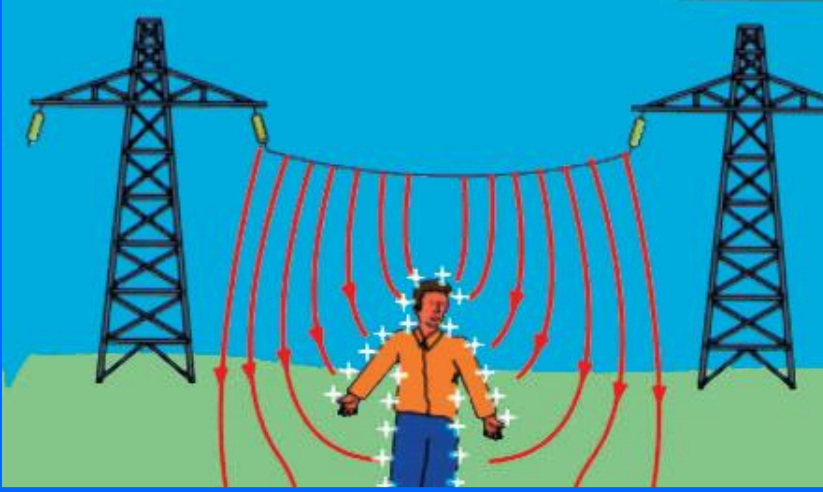
Virüs

Atom

Çekirdek



İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYONUN ETKİLERİ



Elektrik alanlar vücut içerisine giremezler ancak yüzeyde yük birikimi oluştururlar

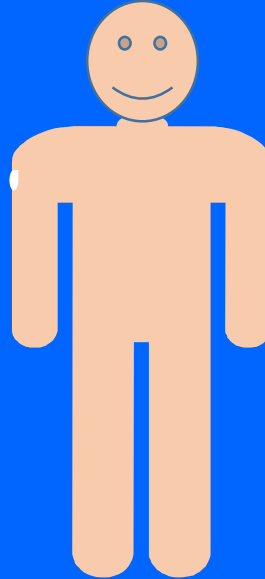


Manyetik alanlar vücut içerisinde dolaşan akımlar oluştururlar

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon



Sıcaklık artışı



ELEKTROMAĞNETİK SPEKTRUM

Enerji aralığı

Radyo
Dalgaları

Mikro
Dalgalar

Görünür
Işık

X-Işınları

Gama Işınları

IR

UV

0.000000001

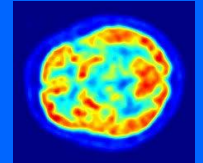
0.000001 – 0.001

1

10-100

10 000-100 000

1 000 000 000



İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYONUN ETKİLERİ

BAZI SONUÇLAR

INTERPHONE Çalışması !!!!

The International Agency for Research on Cancer - IARC

Kansorejen 2B Kategorisi : Kahve, turşu, pudra, cep telefonu !!!!!

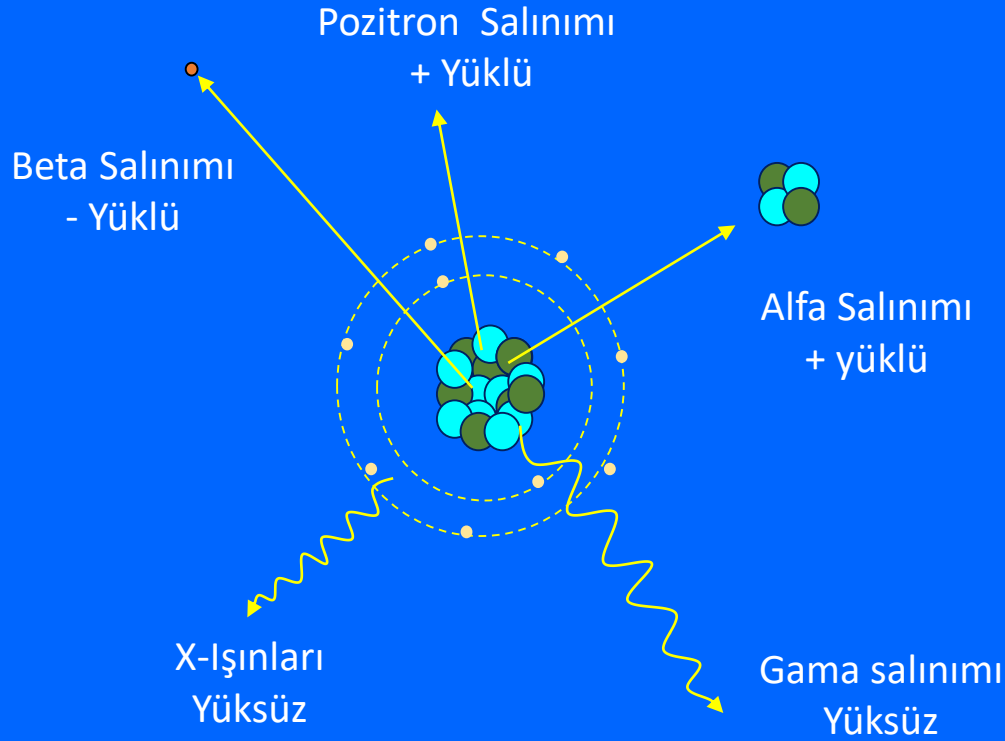
**(International Committee on Electromagnetic Safety
<http://www.ices-emfsafety.org/expert-reviews/>)**

69 Araştırmanın sonuçları

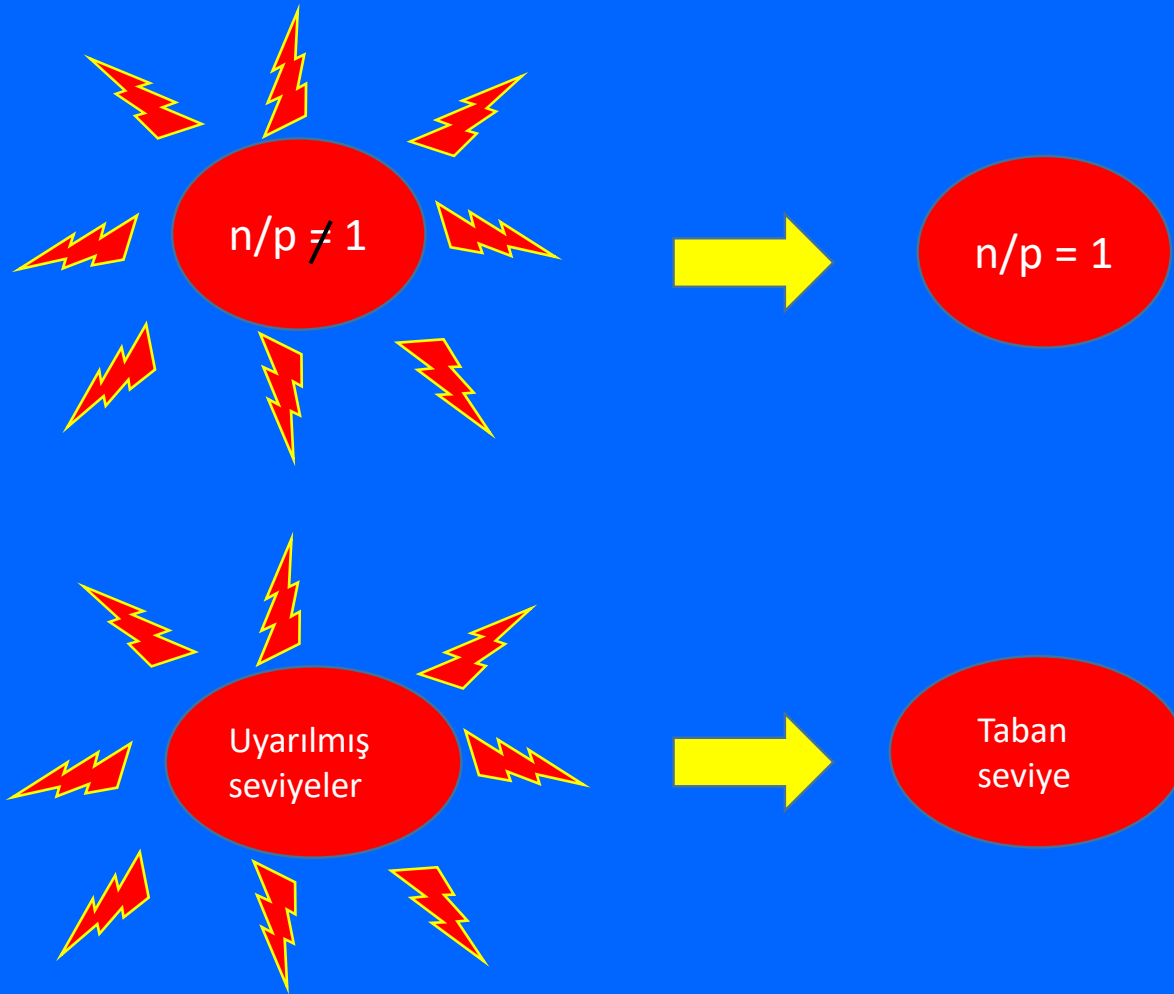
Cep telefonlarının kullanılmasıyla kanser arasında hiçbir ilişki bulunmamıştır

İYONLAŞTIRICI RADYASYON NEDİR?

Atomun yüklü ve yüksüz parçacık olarak enerji salması



İYONLAŞTIRICI RADYASYON NİÇİN SALINIR?



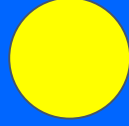
RADYASYONUN ÖZELLİKLERİ ?

TÜRÜ

α Işınları

β Işınları

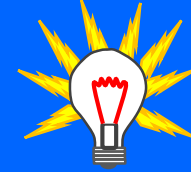
γ ve X Işınları



Düşük

Yüksek

ŞİDDETİ



Düşük

Yüksek

ENERJİSİ



RADYASYON BİRİMLERİ

Fiziksel Birimler

•Aktivite:

Radyoaktif maddenin ne kadar yoğun ışınım yapacağı
Birimi : Becquerel = Saniyede bir parçalanma

•Işınlama (X)

Fotonların havanın birim kütlesinde oluşturdukları
iyon çiftlerinin sayısını yani iyonlaştırma güçlerini gösterir.

$$X = \Delta Q / \Delta m \quad \text{Coulomb / Kilogram (C/Kg)}$$

•Kerma

Maddenin birim kütlesine radyasyonun oluşturduğu
elektronlar tarafından aktarılan kinetik enerjidir.

$$\text{joule / kilogram (J/kg) = Gray (Gy)}$$

•Soğurulan Doz :

Birim kütlede soğurulan enerjidir

$$D = \Delta E / \Delta m \quad \text{joule / kilogram (J/kg) = Gray (Gy)}$$

RADYASYON BİRİMLERİ

Korunma Birimleri

•Eşdeğer Doz (H_T)

Ayrı ayrı doku ve organlarda soğurulan doz

$$H_T = \sum_R w_R \times D_{T.R}.$$

w_R :Radyasyon ağırlık faktörü

$D_{T.R}$:Belirli bir Organda soğurulan doz

Etkin Doz (E)

Doku ve organların aldığı toplam dozun tüm vücuda verdiği hasar (Kanser olasılığının saptanması)

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T.$$

w_T :Doku ağırlık faktörü

RADYASYON KAYNAKLARI

DOĞAL RADYASYON

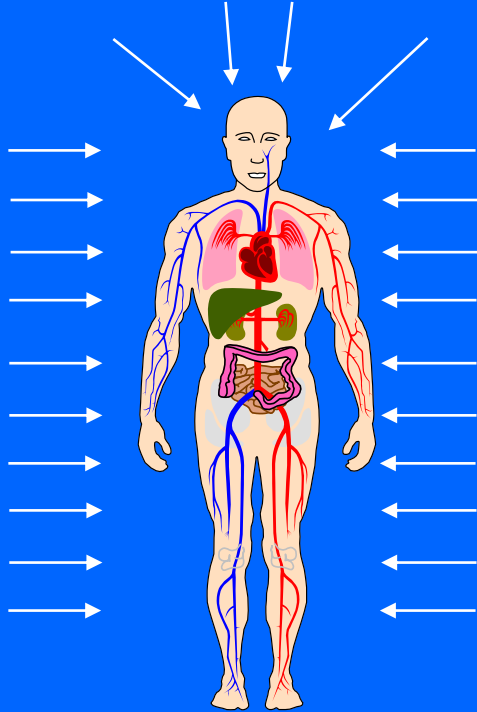
İç içe yaşadığımız radyasyon

YAPAY RADYASYON

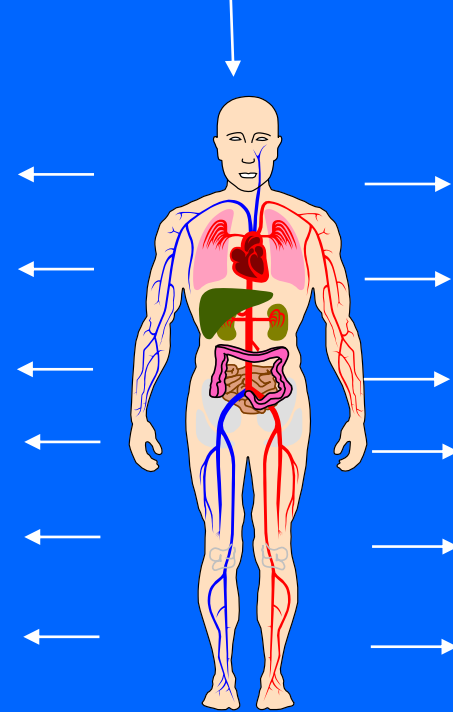
İnsan yapımı radyasyon

DOĞAL RADYASYON KAYNAKLARI

15 000 foton/Sn



400 foton/Sn



7000 Bq

Potasyum
Radyum
Polonyum
Uranyum
.....

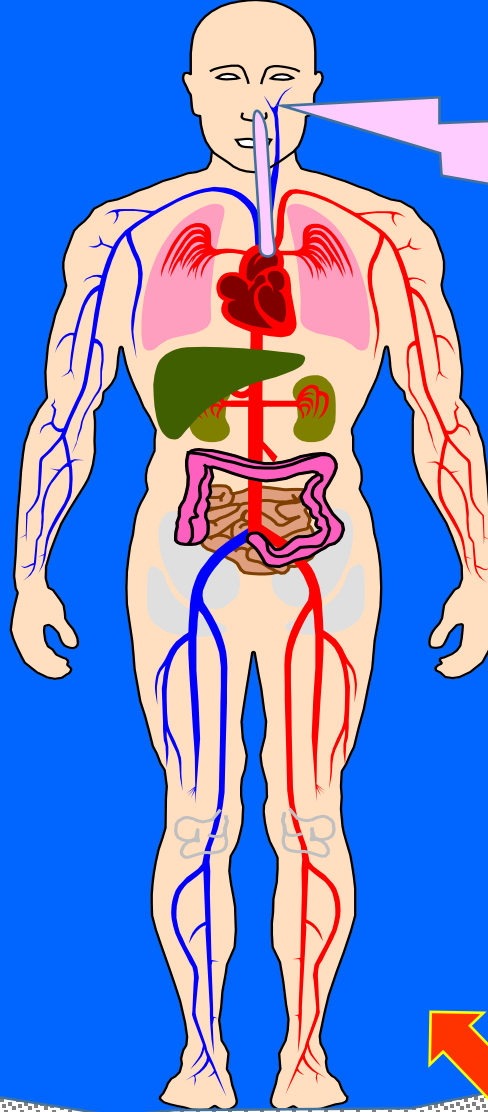
DOĞAL RADYASYON KAYNAKLARI



Kozmik Radyasyon

İnsan vücudunda
(Kas, kemik, dişler ve akciğerler)

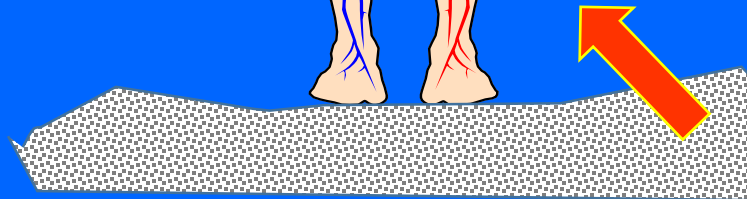
Yiyecek ve içeceklerde
(Patates, havuç, muz vs)



Radon Gazı



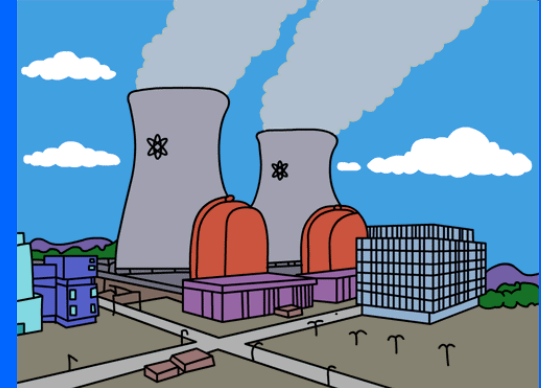
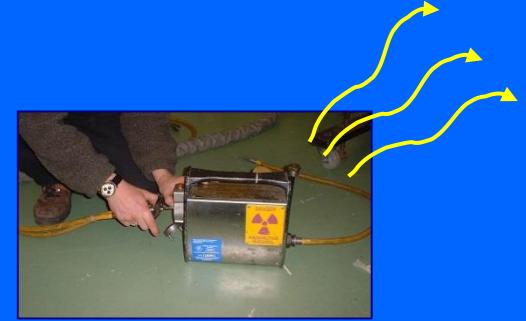
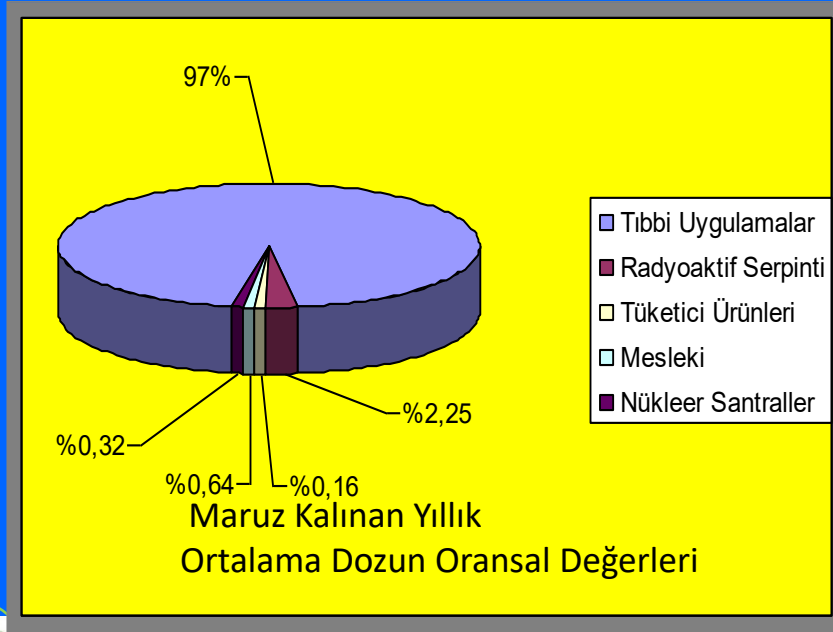
Yapı Malzemeleri



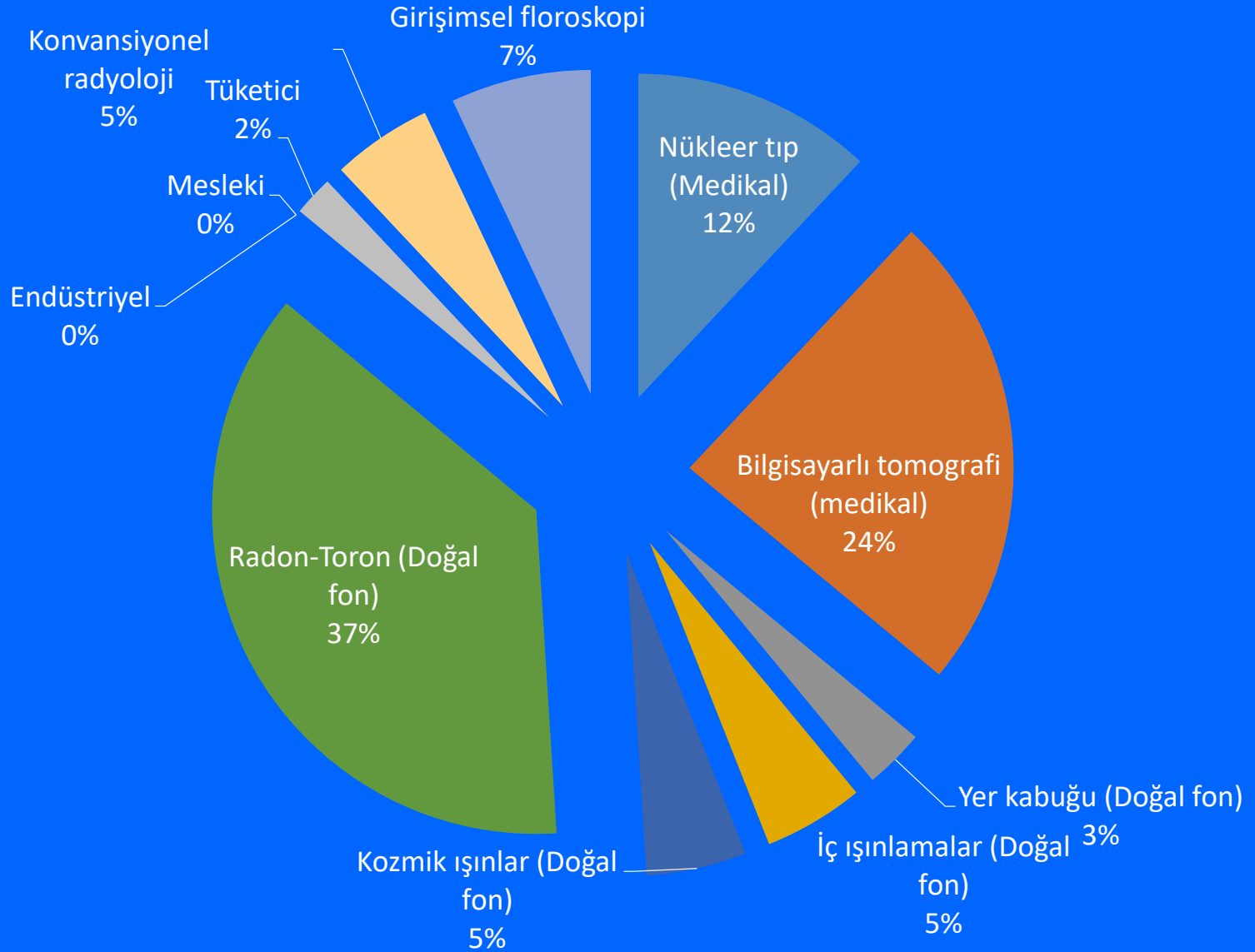
Yer kabuğunda bulunan
radyoaktif maddeler
(Uranyum, Toryum vs)

YAPAY RADYASYON

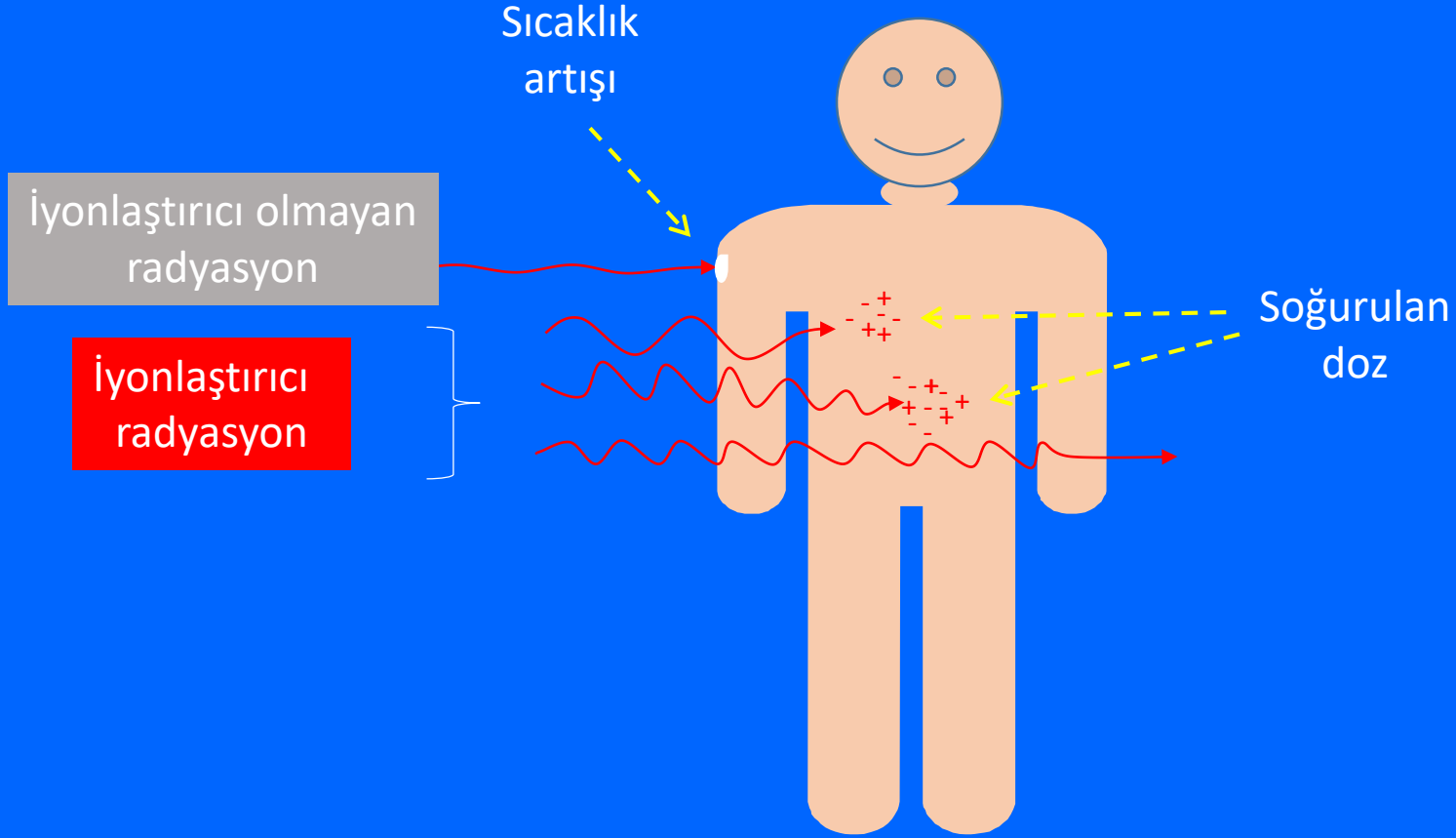
- Nükleer santraller ve silahlar
- Medikal ve endüstride kullanılan kaynaklar
(X-ışın tüpleri, yapay radyoaktif maddeler vs.)



İŞILAMA KATEGORİLERİ VE TOPLAM ETKİN DOZ ORANLARI

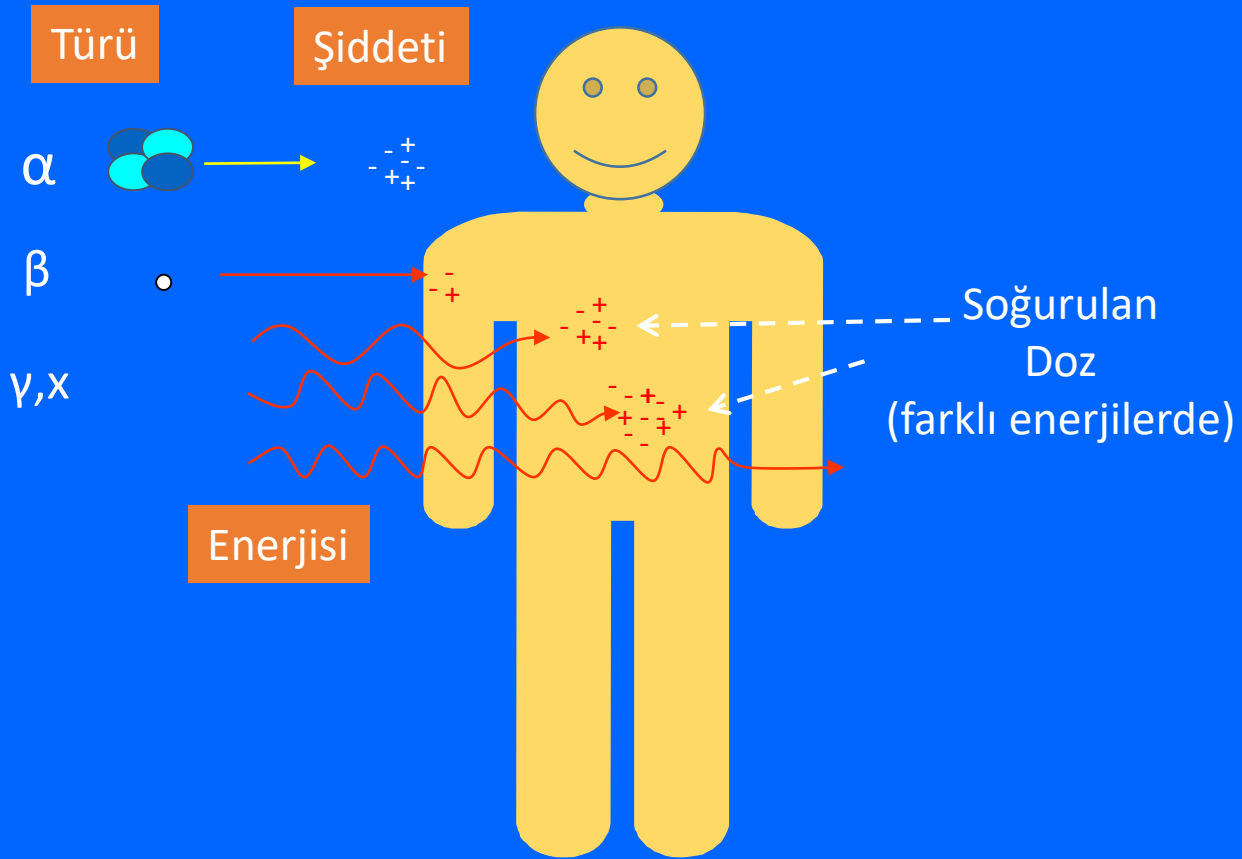


İYONLAŞTIRICI RADYASYON VE İYONLAŞTIRICI OLMAYAN RADYASYON



İYONLAŞTIRICI RADYASON

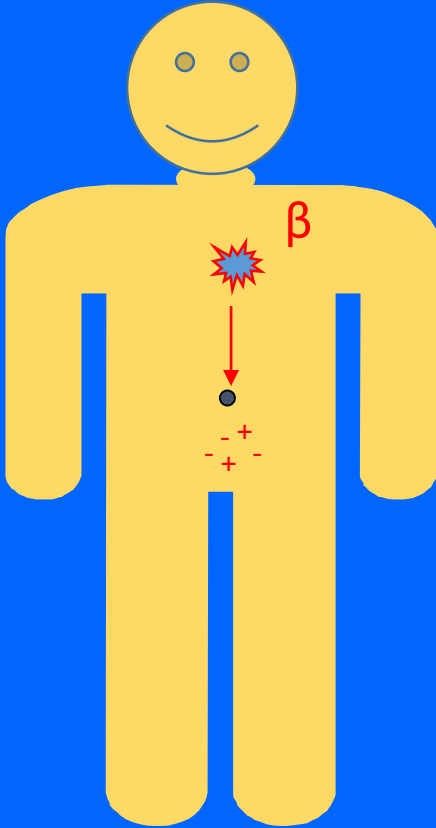
Dış Işınlamalar



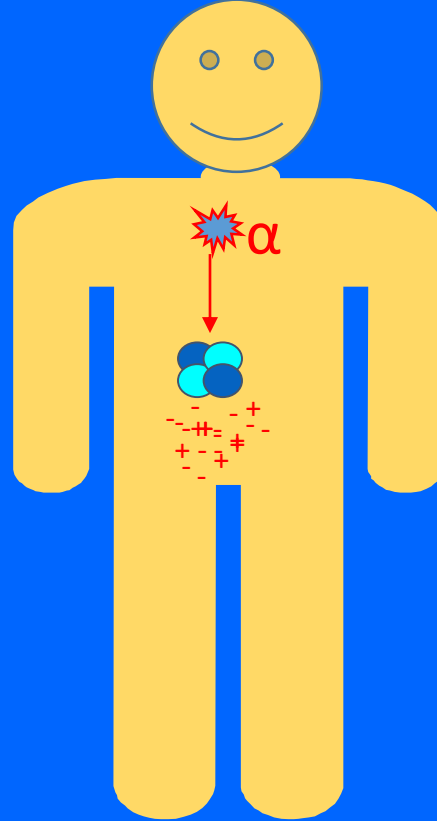
İYONLAŞTIRICI RADYASON

İç Işınlamalar

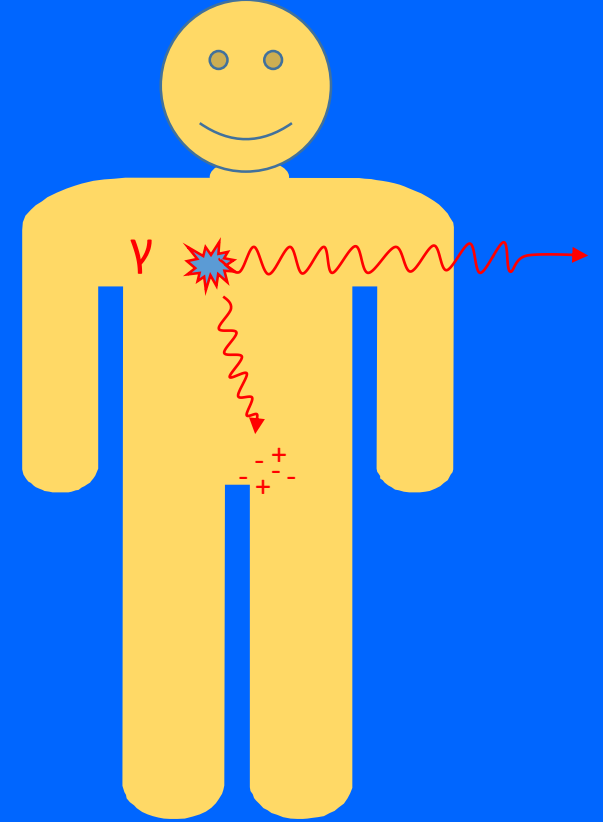
Radyoaktif kaynağın deriye bulaşması (kontaminasyon) ,
vücuda girmesi



Beta Radyasyonu



Alfa Radyasyonu



Gama Radyasyonu

PATLAMA ANINDA KİŞİLERİN KONUMLARI VE DOZ ARALIKLARI

Çizilen iki çember patlama noktasından 2 ve 3 km uzaklıkları belirtmektedir.



Gri tam olarak bilinmemektedir;
Kırmızı ≥ 1000 mGy
Portakal rengi = 500 – 1000 mGy;

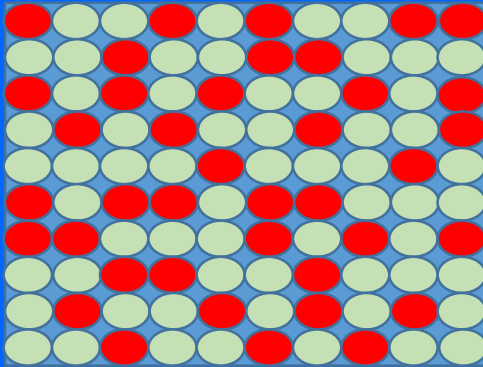
Sarı = 200 – 500 mGy;
Kahverengi 5 – 100 mGy;
Eflatun ≤ 5 mGy

ATOM BOMBASI KURTULANLARI İLE YAPILAN RADYOEPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALAR LİFE SPAN STUDY-LSS-

- En büyük çalışma: 105.427 kişiyi kapsar
- 1950'de başlatıldı ve 60 yıldan beri devam etmekte, 3 nesil kapsıyor
- Işınlanan grubun çeşitliliği
(kadın , erkek , çocuk, yaşlı, hasta , sağlıklı)
- Doz dağılım aralığı: birkaç mSv –4 Sv (doğal radyasyon seviyesi- ölümcül doz)
30 000 kişinin aldığı doz (5-100 mSv) *BT' de karşılaşılan dozlar!*
- Kontrol grubunun varlığı

RADYASYONA BAĞLI KANSER NASIL ANLAŞILIR!

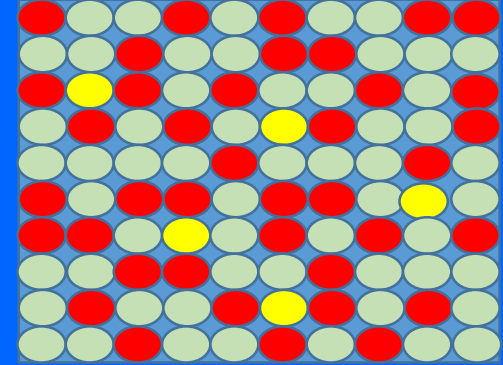
Radyoepidemiolojik Araştırmalar



Işınlanmamış topluluk

Doğal nedenlere bağlı
Kanser oranı (%40)

Radyasyon duyarlılığı,
Yaşam tarzı,
Işınlanma yaşı
Cinsiyet dağılımları,
Latent süre,
Diğer kanserojen nedenler






Işınlanmış topluluk

Doğal nedenler (●) + radyasyona bağlı (●)
Kanser oranı %45

İlave kanser oranı RR = %5

A BOMBASI ÖMÜR BOYU TAKİP ÇALIŞMALARI - KANSER VE LÖSEMİ -

1950 - 2006	Nagasaki ve Hiroşima
Toplam insan sayısı	86 500
Kontrol grubu	25 239
Doğal nedenlerle ölenler	50 621
Kanser ölümleri	10 929
 Radyasyona bağlı kanser ölümleri	525
 Katı organ kanser ölümleri	440
Toplam lösemi sayısı	318
 Radyasyona bağlanan lösemi ölümleri	105

RİSKLERİ NASIL TANIMLARIZ ?

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

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

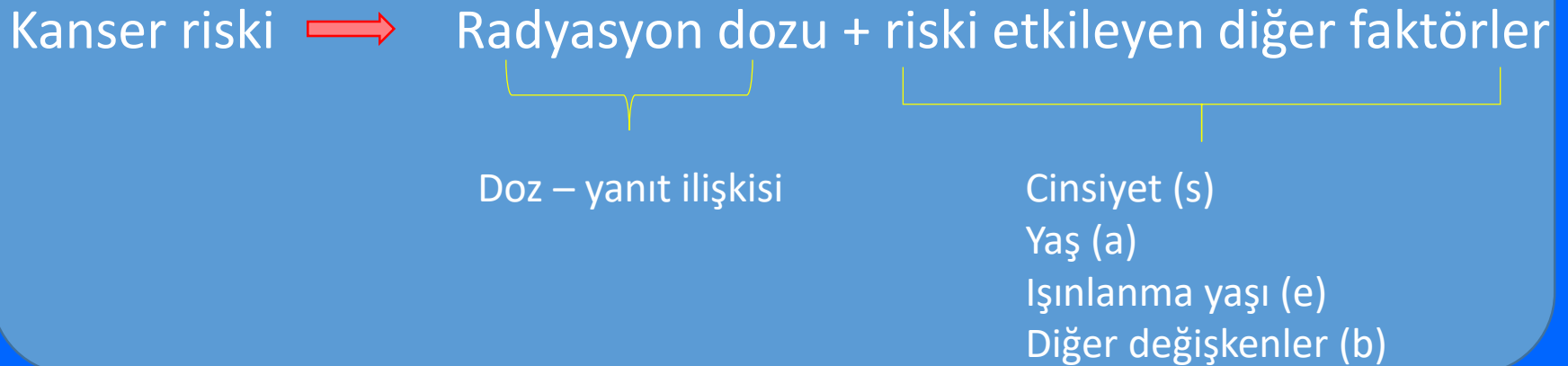
$$\text{Rölatif Risk (RR)} = R_{IG} / R_{NG}$$

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

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

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

RİSKLERİN SAPTANMASI (Her bir kanser tipi için)

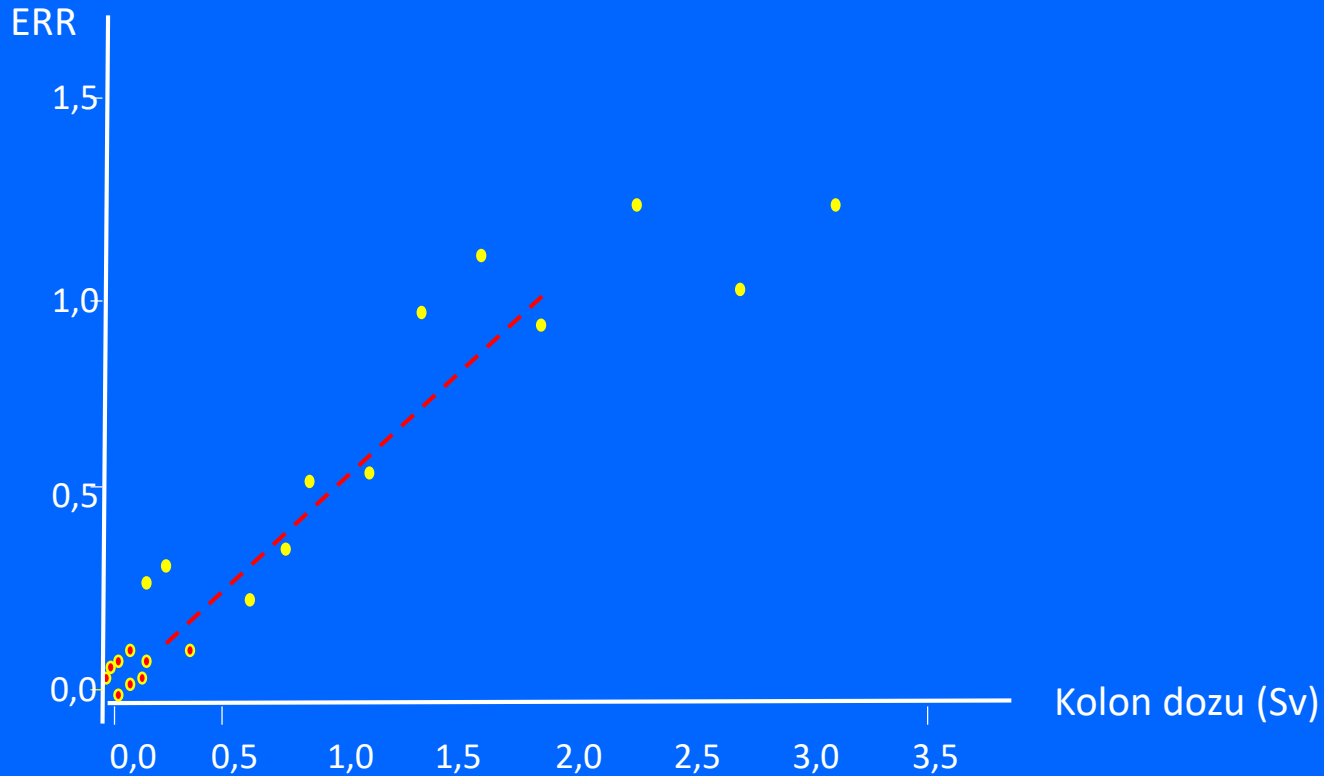


$$EAR = BL (c,s,a,b) + P(d) G(e,s,a,b)$$

$$ERR = BL (c,s,a,b) [1 + P(d) G(e,s,a,b)]$$

- BL : Hiçbir radyasyona maruz kalmamış toplumdaki kanser ölümleri
P(d) : Doz-yanıt davranışı
G(e,s,a,b) : Riski etkileyen diğer faktörler

RADYASYON DOZUNA BAĞLI KATI ORGAN KANSER RİSKİ JAPON TOPLUMU (1958 – 1998)



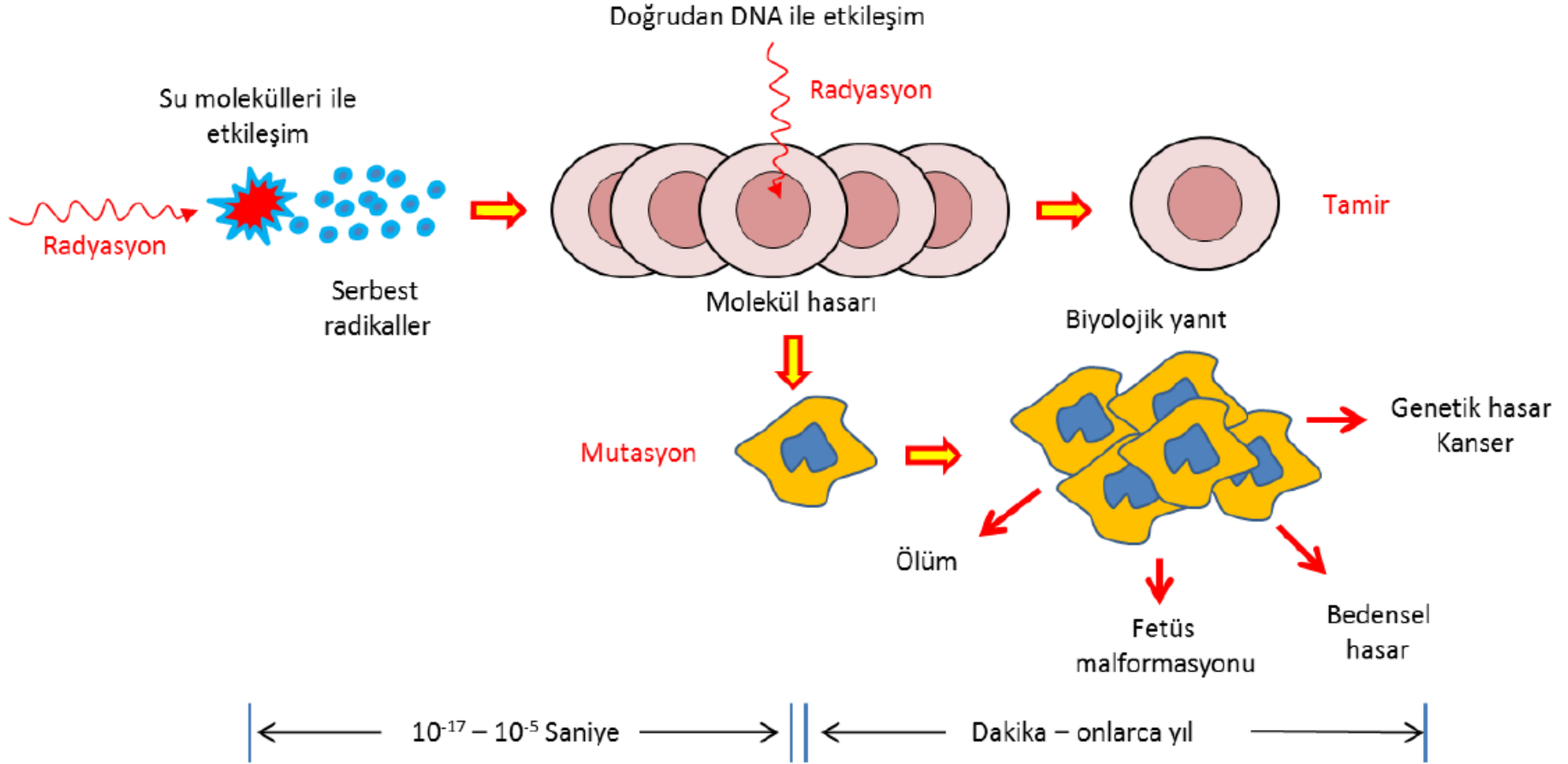
30 Yaşında bombadan etkilenip 70 yaşına kadar yaşayan
kişi için ilave kanser riskinin radyasyona bağlı artışı

ERR /1Gy = 0,47 (0,38 – 0,56)

Katı organ kanserleri

YÜKSEK ve DÜŞÜK ŞİDDETTE İYONLAŞTIRICI RADYASON

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN ETKİLEŞMESİ SONUCUNDA FİZİKSEL VE BİYOLOJİK YANITLAR.



İnsan vücudunda her gün 10 hücreden 1 hücre radyasyon dışı nedenlere bağlı olarak mutasyon, 1 akciğer röntgeninde alınan radyasyon dozundaki mutasyon eşit (2.5 mGy/ gama doz/gün)

YÜKSEK ŞİDDETE İYONLAŞTIRICI RADYASON

- **Ani Etkileri: Eşik değer in üstünde**
 - >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)
- **Uzun Vadede Etkileri: Eşik değer yok**
 - Kanser, Lösemi
 - Stres, Depreson; Radyo-fobya



DÜŞÜK ŞİDDETE İYONLAŞTIRICI RADYASON

Şiddet ?

- Doğal radyasyon ışınlamalarının etkisi
- İyonlaştırıcı radyasyonun kullanıldığı tanısal incelemeleri (radyoloji ve nükleer tıp) yaptıran hastaların maruz kaldığı radyasyon
- Meslekleri gereği radyasyona maruz kalanlar

Risk ?

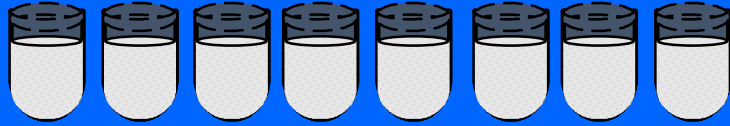
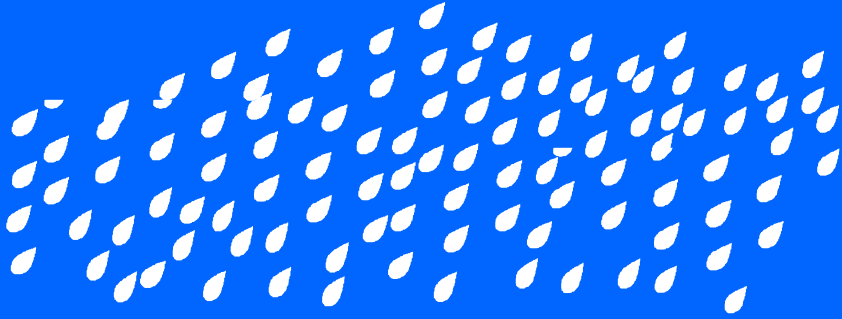
Çok düşük kanser riski

Risk ne kadar düşük ?

Yaşamın düşük şiddetteki diğer riskleri ile karşılaştırılabilir oranda

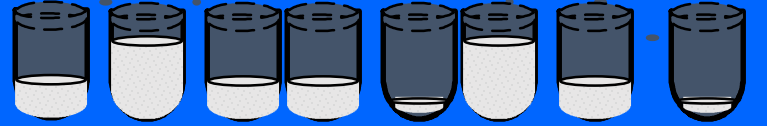
DÜŞÜK ŞİDDETE RADYASYON İLE EPİDEMİYOLOJİ !!!!!

Yüksek şiddette radyasyon



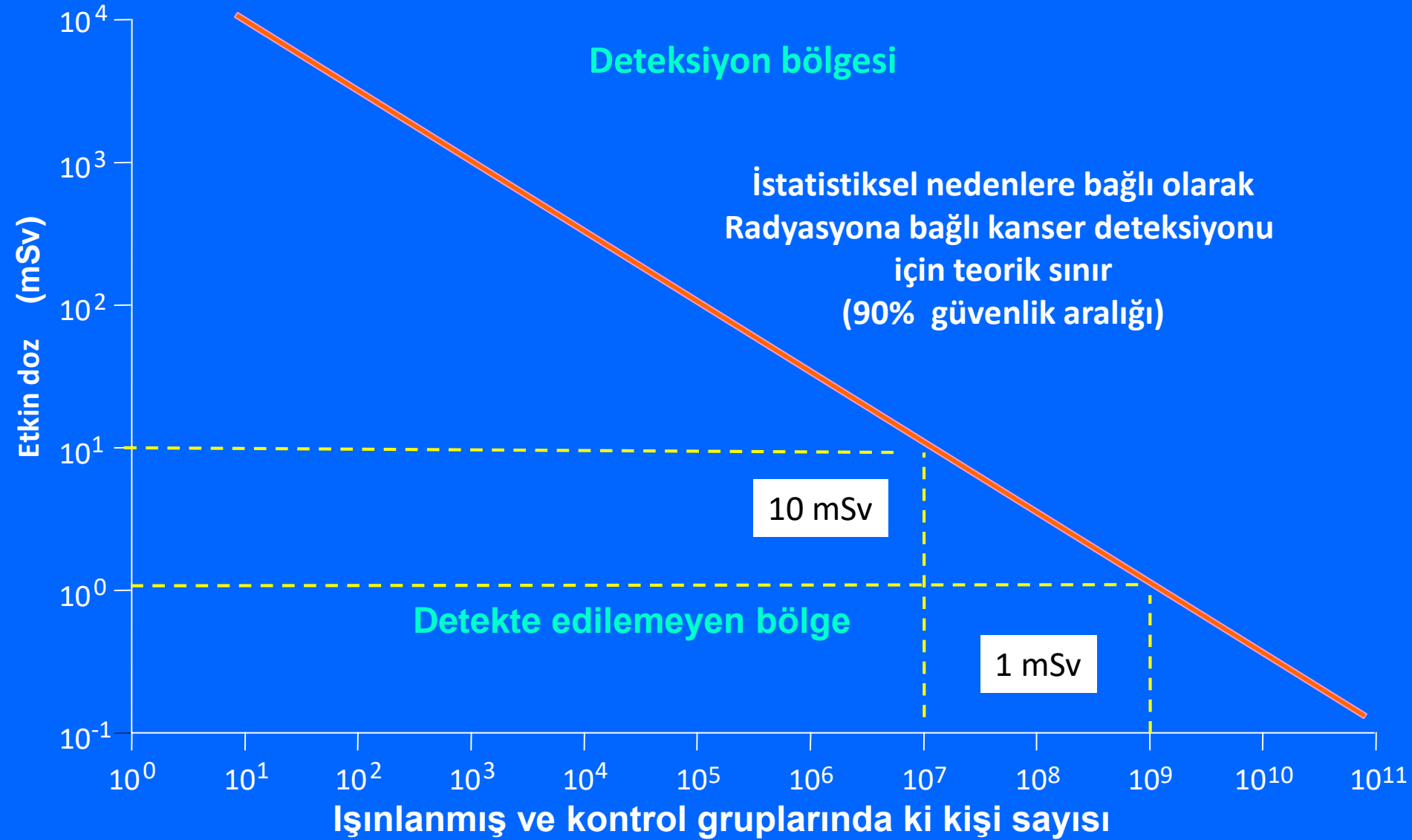
Sağanak yağmur

Düşük şiddette radyasyon



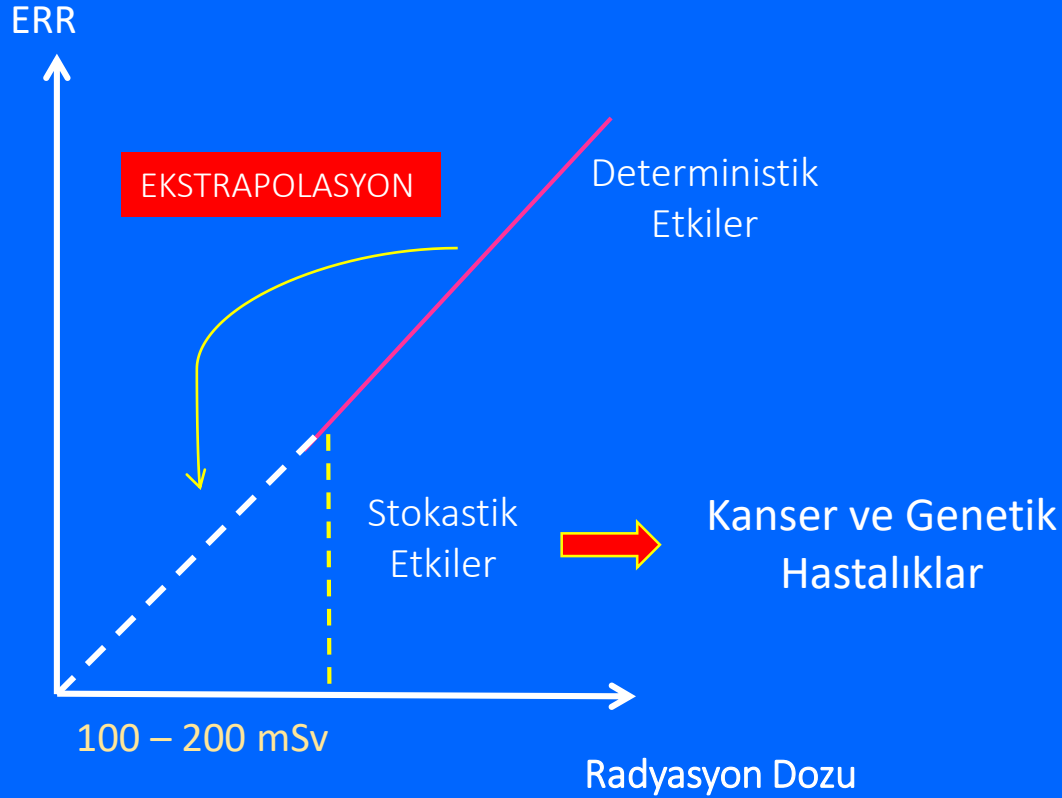
Ahmak ıslatan yağmur

RADYOEPİDEMİYOLOJİDE DETEKSİYON SINIRLARI



RADYASYONUN ETKİLERİ

LİNEER EŞİKSİZ TEORİ - LNT



RADYASYONA BAĞLI KANSER RİSKİ

Etkin doz

Ölümcül Kanser riski : 5×10^{-2} Sv

1 Sivert radyasyon dozuna maruz kalan 100 kişiden 5 kişinin
Ölümcül kanser riski vardır

Tanısal incelemelerde radyasyon dozları :

Akciğer grafisi : 0.000002 Sv $1 - 2 / 1\ 000\ 000$

Beyin Tomografisi 0.01 Sv $1 / 2000$

DÜŞÜK SEVİYEDE RADYASYONUN ETKİLERİ

STOKASTİK ETKİLER

- Radyasyonun çok düşük bir miktarı bile kansere neden olur
- Kulucka devri uzundur. Lösemi 0-10 yıl solid tümörler 10 yıl sonra ortaya çıkar ve sürekli dir
- Diğer nedenlere bağı lı oluşan kanserden ayırt edilemez
- Kanserin gözlenme ihtimali dozla doğrusal orantılı olarak artar
- Eşik değeri yoktur
- Etkinin ciddiyeti doz ile ilgili değildir
- Olasılık topluluk için tanımlanır, kişisel ışınlamalar için kullanılmamalıdır

KANSER RİSKLERİ

Hayat sürecinde radyasyon dışındaki nedenlerle kanser teşhisi
konulma riski:

% 40

Hayat sürecinde radyasyon dışındaki nedenlerle ölüme
sonuçlanan kanser riski:

% 20 - 25

Hayat sürecinde radyasyona bağlı ölümcül kanser riski:

% 1

DİĞER RADYOEPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALAR

Nükleer reaktör kazaları

- Çernobil kazası
- Fukişima kazası

Çevresel faktörlerden kaynaklanan ışınlanmalar

- Yüksek doğal fon radyasyona maruz kalanlar
- Radon ışınlanması

Yapay radyasyondan etkilenenler

- Radyasyon kontaminasyonunun olduğu yerlerde yaşayanlar
- Nükleer santrallerin yakınında yaşayanlar

Meslekleri gereği radyasyona maruz kalanlar

- Medikal ışınlanmalar
- Radona maruz kalan maden işçileri
- Uçuş personeli
- Nükleer tesis ve endüstri çalışanları

Hastaların ışınlanmaları

- Tanısal incelemeler (Radyoloji ve Nükleer Tıp)

Mersin 26 Nisan 2019



ÇERNOBİL KAZASININ SONUÇLARI

- Toplam 237 reaktör işçisi hastanelik oldu
- 29 kişi radyasyonun akut etkileri sonunda öldü
- 134 akut radyasyon sendromu gözlemlendi
- 14 kişi 3 ay sonra öldü, TOPLAM 50 ÖLÜ
- Taranan 18 milyon dan yaklaşık 6000 kişide tiroit kanseri tespit edildi, 1800 çocuk hasta
- Tiroit kanserini neden olduğu ölü sayısı (2011 : 15 ölü)
- Işınlanan halkta lösemi de artış yok (*Kuzey yarım kürede 50 yıl sonra 53 400 radyasyona bağlı kanser ölümü bekleniyordu!!!!*)
- Karadeniz Bölgesinde kanser artışlarına neden olduğunu söylemek bilimsel açıdan mümkün değildir

ÇERNOBİL KAZASININ SONUÇLARI

GELECEĞE DÖNÜK TAHMİN:

En çok radyasyon alan 600.000 temizlik işçisinden 5000 kişi radyasyonun neden olduğu kansere bağlı ölüm olasılığı (%3'den az)

Diğer nedenlerle bağlı kanser ölümleri için beklenen sayı 150.000

ANCAK

- 350 bin kişi göçe maruz kaldı
- Depresyon ve akıl hastalıklarında artış
- Çok sayıda gereksiz kürtaj

FUKUSHİMA KAZASI

Halkın aldığı dozlar

Etkin dozlar

Reaktörün bulunduğu çevrede 1 – 10 mSv

Radyasyon kontaminasyonunun en fazla olduğu bazı noktalarda 10 – 50 mSv

Tiroid dozları

Radyasyon kontaminasyonunun en fazla olduğu bazı noktalarda

10 – 100 mGy (Yetişkinlerin ortalaması 35 mGy)

Çocuklarda: 200 mGy'e varan dozlar (Ortalama 80 mGy)

Şehrin diğer kısımlarında yaşayanlarda:

Yetişkinlerde : 1 – 10 mGy

Çocuk ve bebeklerde: 10 – 100 mGy

En fazla kontamine olan yerlerde yaşayan çocuklarda ömür boyu kanser riskleri

Kadınlarda organ kanserleri %4

Kadınlarda meme kanseri %6

Erkeklerde lösemi %7

???

FUKUSHİMA KAZASI

Reaktör çalışanlarının aldığı dozlar

Ortalama Etkin dozlar (Ekim 2012)

19 198 kişi	<10 mSv	}	Ortalama 10 mSv
8614 kişi	10 – 50 mSv		
1347 kişi	50 – 100 mSv		
138 kişi	100 – 150 mSv	}	Ortalama 140 mSv
35 kişi	>150 mSv		

maksimum doz : 678 mSv)

ICRP tarafından acil durum çalışanları için getirilen yeni referans etkin doz değeri 100 mSv'de az olmalıdır.

Çok özel durumlarda be değer 500 mSv'e kadar yükseltiebilir

FUKUSHİMA KAZASI

Reaktör çalışanlarının aldığı dozlar

Tiroid dozları

2 – 12 Gy (13 çalışanın)

Lösemi ve tiroid kanseri için yaşam boyu risk : %28

Dolaşım sistemi hastalıkları riski %1

Zorunlu göçe (170 000 kişi) bağlı olarak ölenler 1600 kişi

DİĞER RADYOEPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALAR

Çevresel faktörlerden kaynaklanan ışınlanmalar

Yüksek doğal fon radyasyona maruz kalanlar
Radon ışınlaması

Yapay radyasyondan etkilenenler

Radyasyon kontaminasyonunun olduğu yerlerde yaşayanlar
Nükleer santrallerin yakınında yaşayanlar

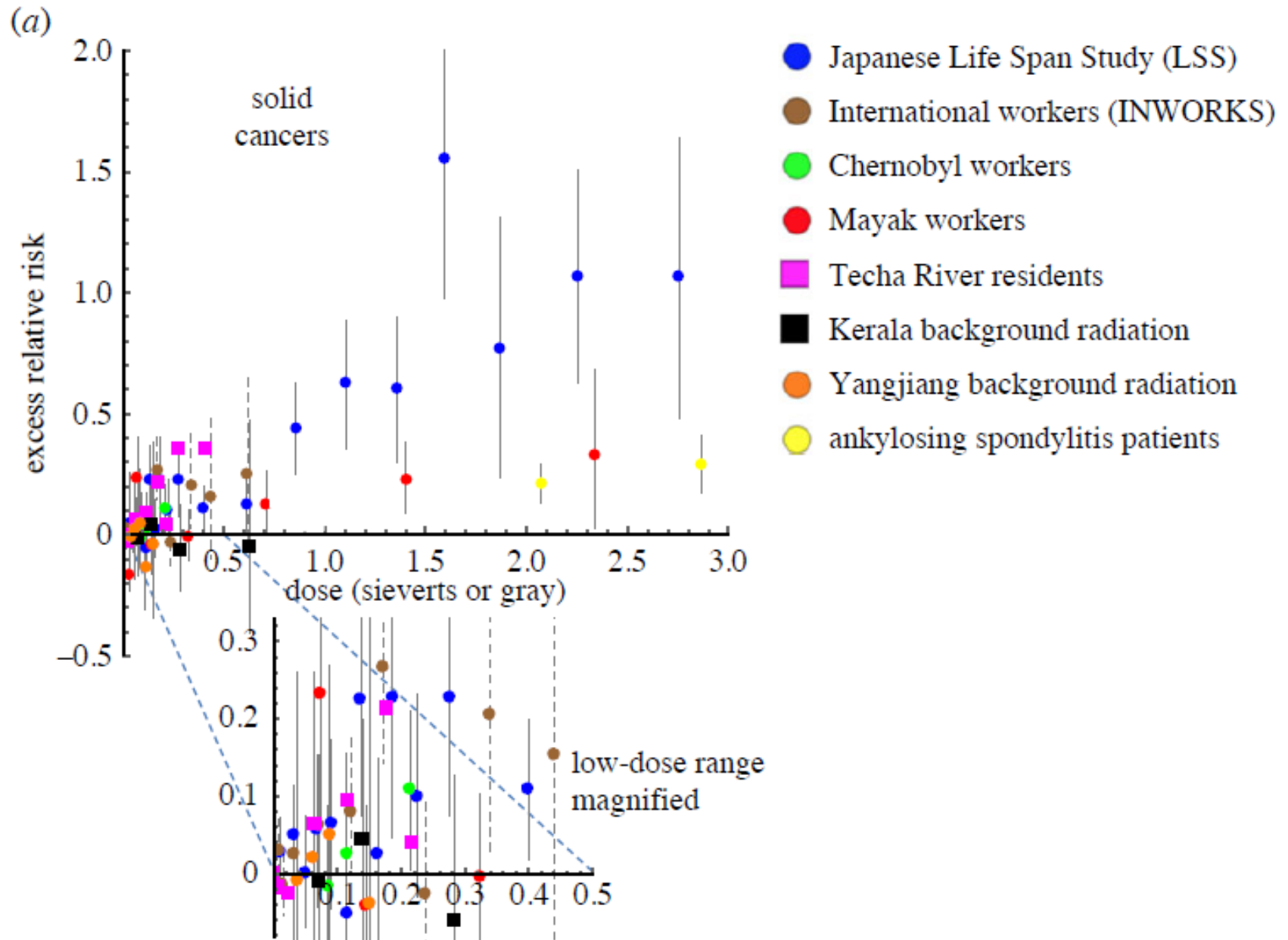
Meslekleri gereği radyasyona maruz kalanlar

Medikal ışınlanmalar
Radona maruz kalan maden işçileri
Uçuş personeli
Nükleer tesis ve endüstri çalışanları

Hastaların ışınlanmaları

Tanısal incelemeler (Radyoloji ve Nükleer Tıp)

DİĞER RADYOEPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALAR



RADYOEPİDEMİYOLOJİK BİLGİLERİN SONUÇLARI

Işınlanmış Japon toplumu, radyoterapi hastaları, radyasyon kazaları...

- (1) Kanser riski organlara göre değişiklik göstermektedir.
- (2) Işınlanmanın erken yaşta olması, ilerleyen yaşlarda kanser olma riskini arttırmaktadır.
- (3) Risk, kadınlarda erkeklere göre daha fazladır.
- (4) Tüm kanserler birlikte değerlendirildiğinde risk, katı organlar için radyasyon dozunun bir değerinden sonra (bu değer tartışmalıdır) doğrusal artmaktadır.
- (5) LSS grubunun üç nesilden beri süren sağlık taramaları, radyasyonun genetik etkilerine yönelik bir kanıt vermemiştir.
- (6) Radyasyona bağlı olarak kanser dışı hastalıklar ortaya çıkabilmektedir.

KANSER RİSKLERİNİN HESAPLANMASINDAKİ BELİRSİZLİKLER

Kullanılan epidemiyolojik yöntem ve değerlendirmelere bağlı belirsizlikler ($\pm 25\%$)

Dozimetriye bağlı belirsizlikler (30%)

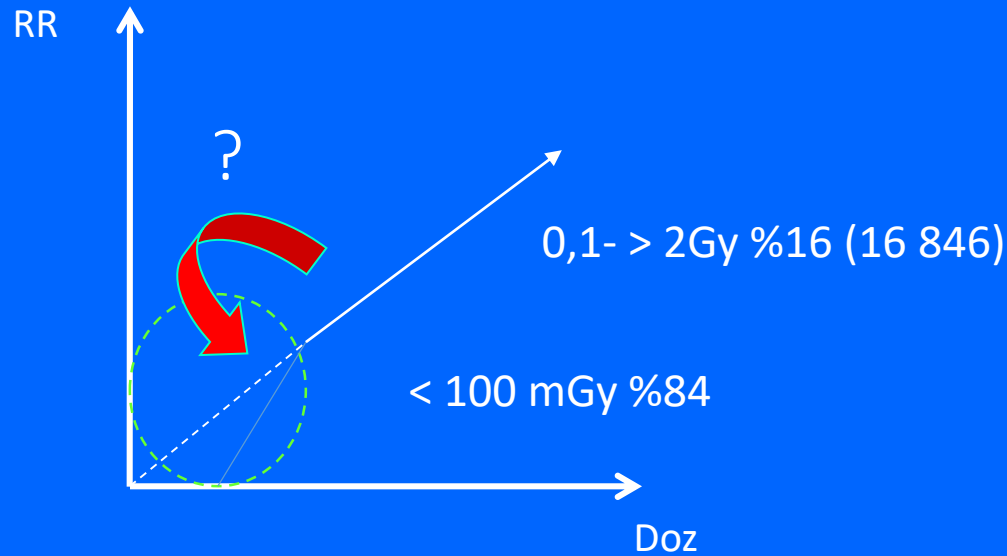
Risklerin farklı ırklara uyarlanmasına bağlı belirsizlikler ($-30\% - +65\%$)

Riskin tüm yaşama projeksiyonundaki belirsizlikler ($-50\% - +10\%$)

Yüksek doz ile ani ışınlamada elde edilen risklerin düşük doz ve doz hızlarının ekstrapolasyonundaki belirsizlikler ($-50\% - +10\%$)

Saptanan risk değerindeki toplam belirsizlik: ± 3 Kat

JAPONYA BİLGİLERİNİN KULLANILMASINDAKİ HATA KAYNAKLARI



Doz ve Doz Hızı (DDREF 1,5 – 2,5)

Radyasyonun türü

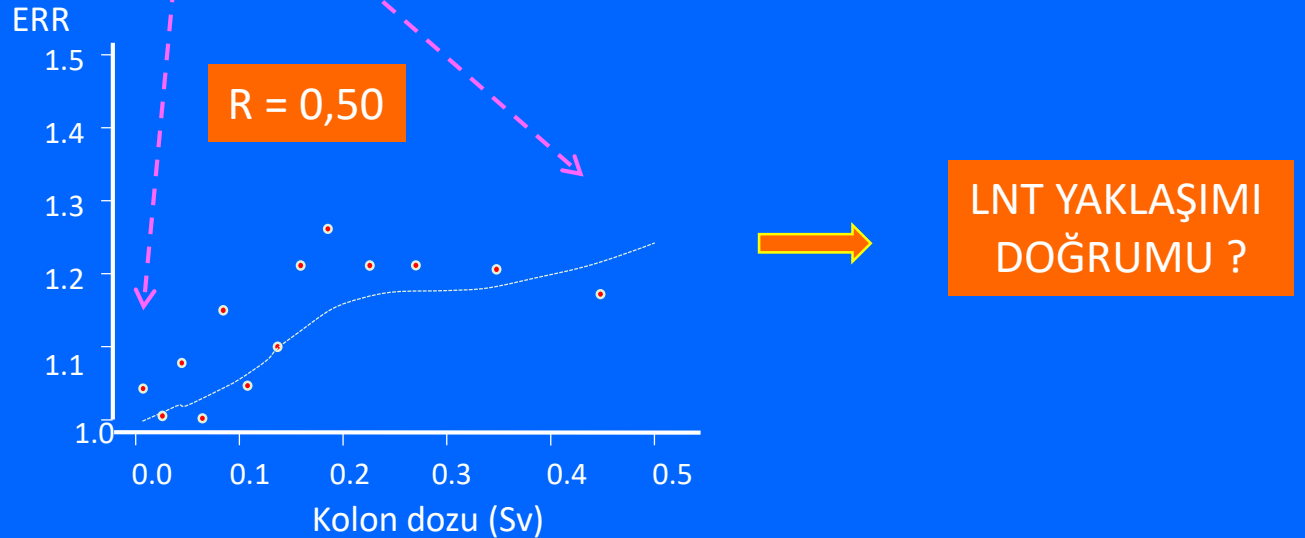
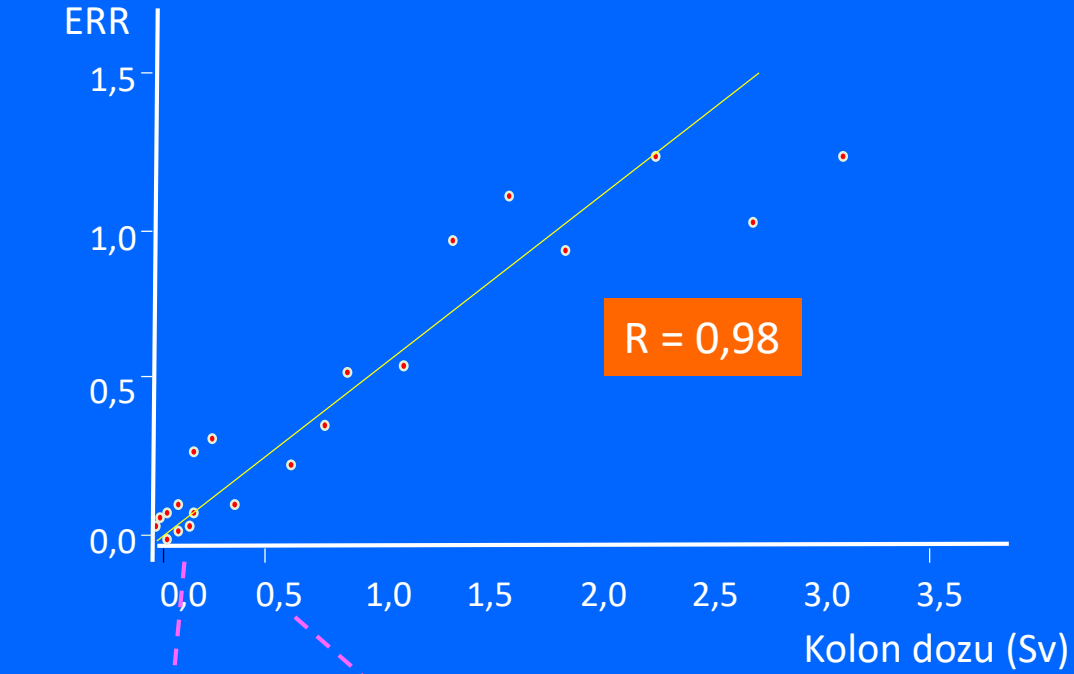
Savaştan çıkmış Japon toplumu

Dozimetrik teknik, ışınlamanın geometrisi

Risk hesaplamalarının farklı popülasyonlarda kullanılması

DÜŞÜK SEVİYEDE RADYASYONUN ETKİLERİ

STOKASTİK ETKİLER

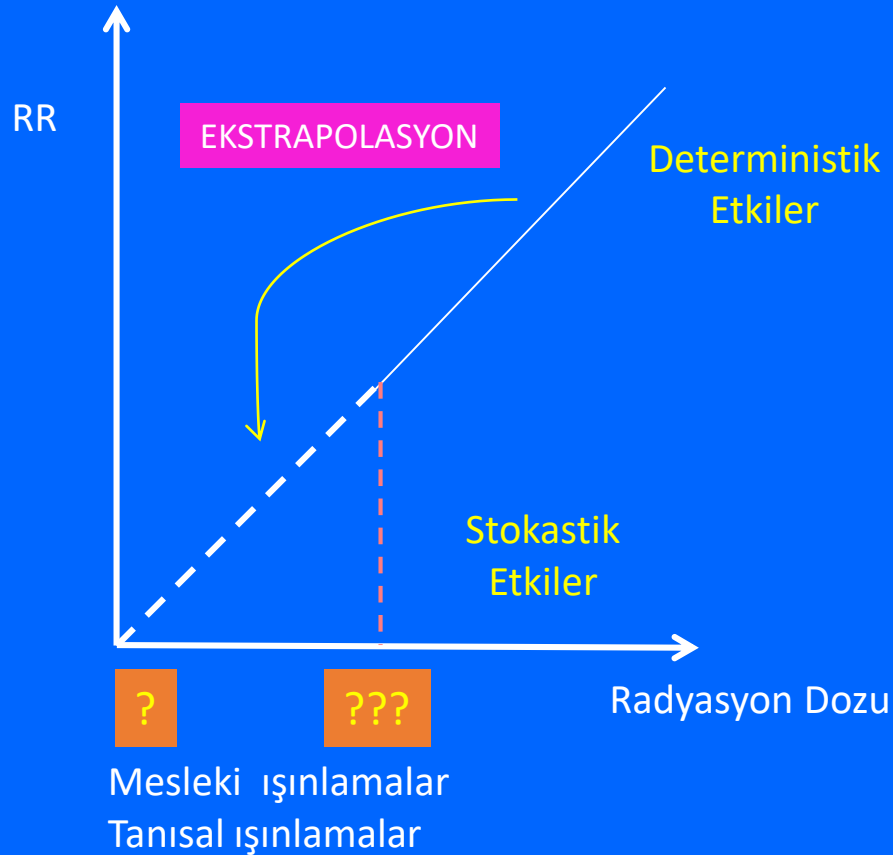


DÜŞÜK SEVİYEDE RADYASYON

NE KADAR DÜŞÜK !!

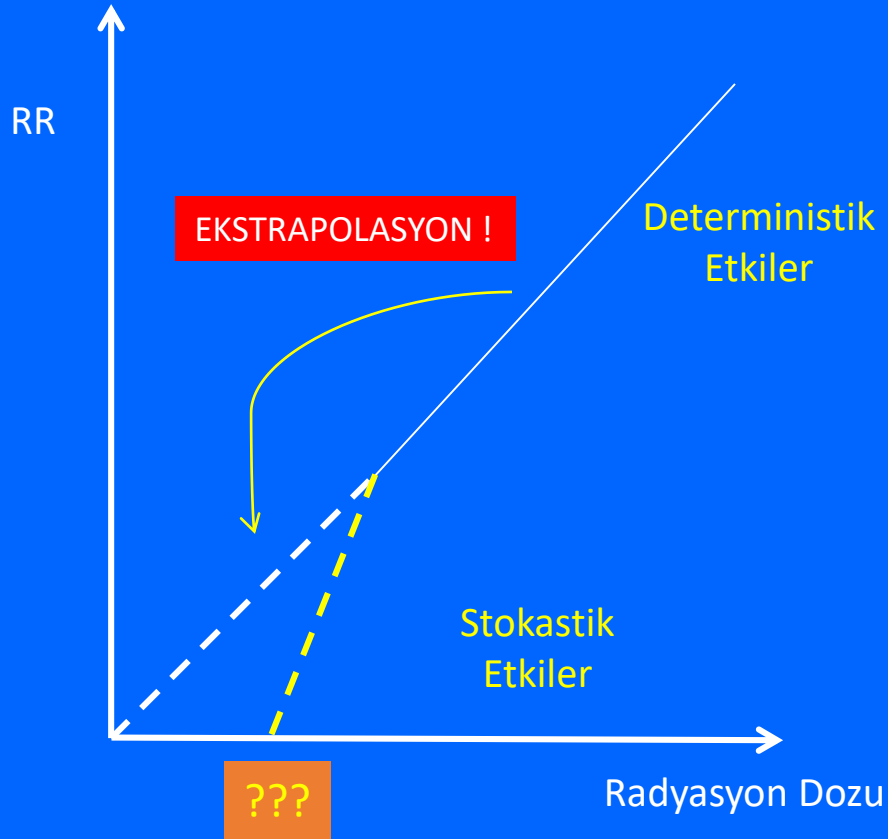
SINIRLARI NEDİR ?

RİSK NE KADAR YÜKSEK !!



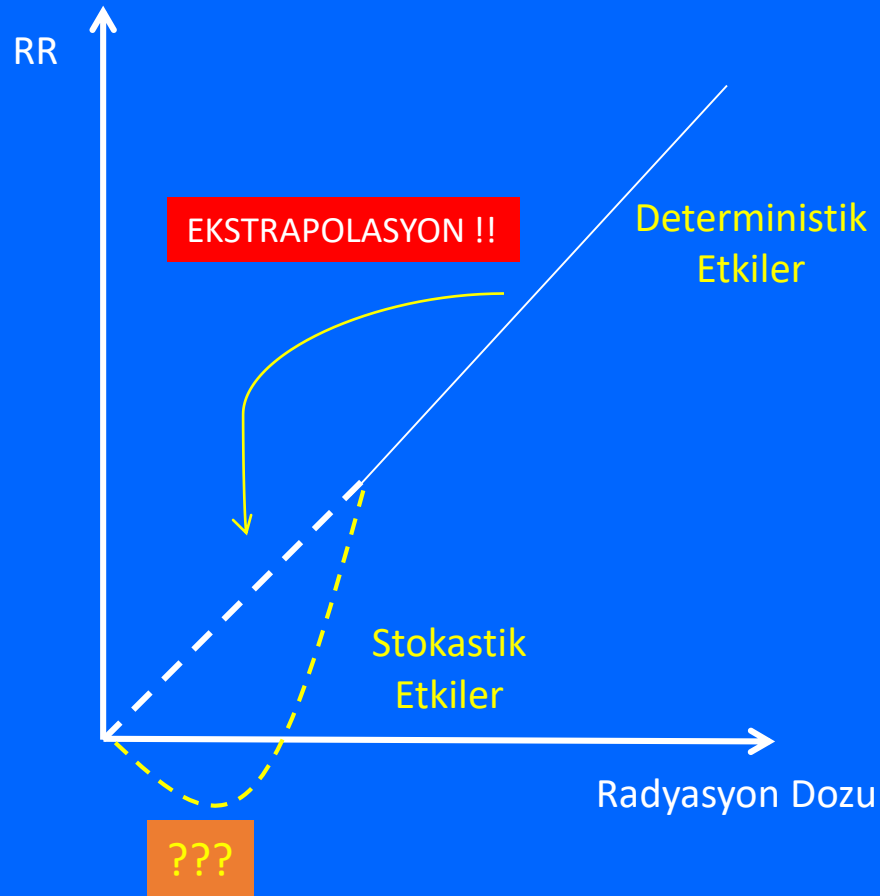
DÜŞÜK SEVİYEDE RADYASYON

EŞİK DEĞER VAR MI?



DÜŞÜK SEVİYEDE RADYASYON

HERMETİK ETKİ VAR MI ?



LNT ile İLGİLİ TARTIŞMALAR!

- Deneysel biyoloji araştırmaları
- Hücresel ve moleküler biyoloji araştırmaları

• Düşük seviyede ki radyasyonun insanın bağışıklık sistemini arttırması

• Düşük şiddetteki radyasyonun aşı etkisi ! (Adaptive response)

• Hasar görmüş hücrelerin kendilerini yok etme hızının artması (Apoptosis işlemi)

• DNA hasarının önemli nedeni olan ROS hücrelerinin temizliği (Scavenging işlemi)

• Hücre –döngü- zamanını uzatması

• Hücresel yanıt yanında doku ya da tüm organ yanıtının önemli olması (Bystander Etki)



HEDEF DIŞI ETKİLER – (NONTARGETED EFFECTS –NTE)

Düşük Dozlarda (10 mGy !!)

Genetik Deęişiklikler

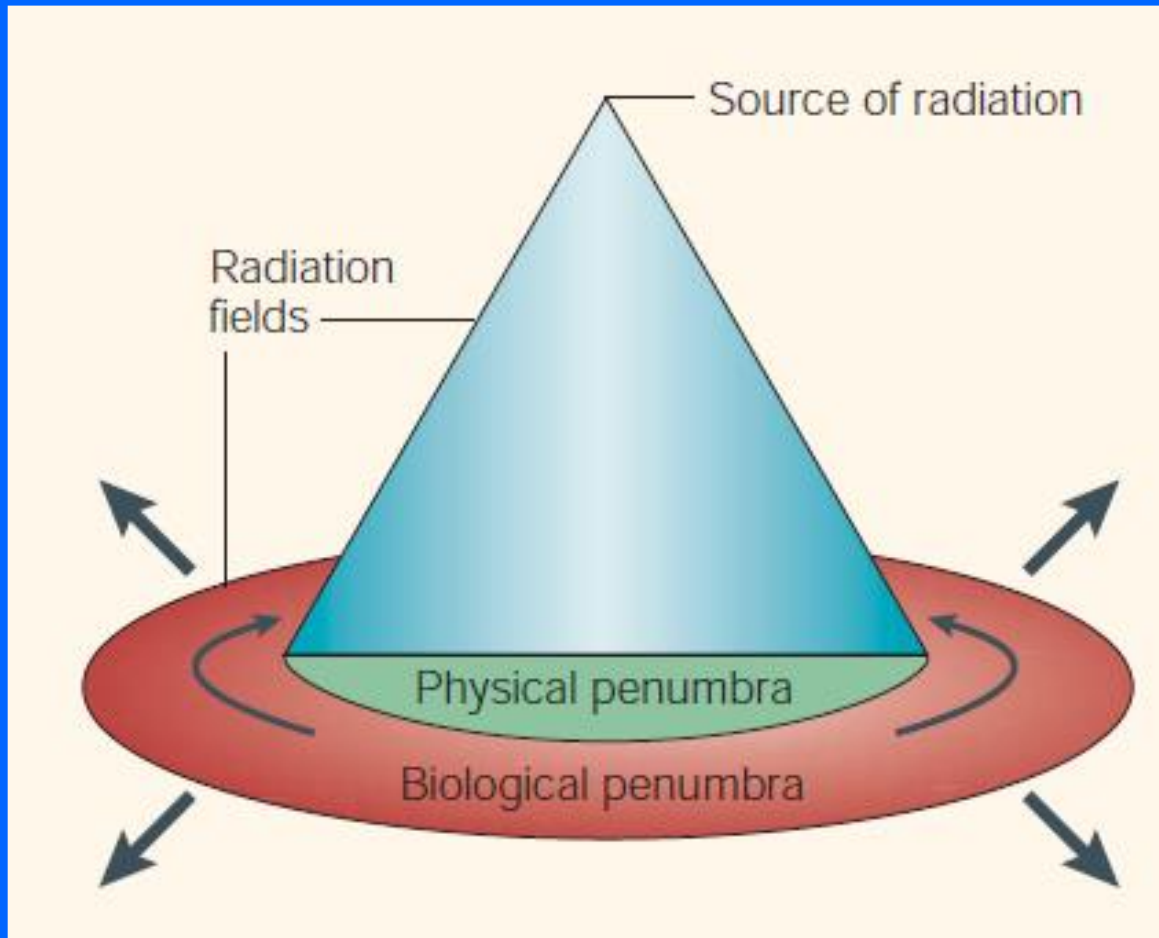
Işınlanmış hücrelerin nesillerinde genetik değişikliklerin daha hızlı olması

Bystander Etkiler

Işınlanmış hücrelerin, ışınlanmamış hücrelere sinyal göndermesi.
(Yararlı veya zararlı etkiler doku veya organda ki hücre kolonilerinde ortaya çıkıyor)

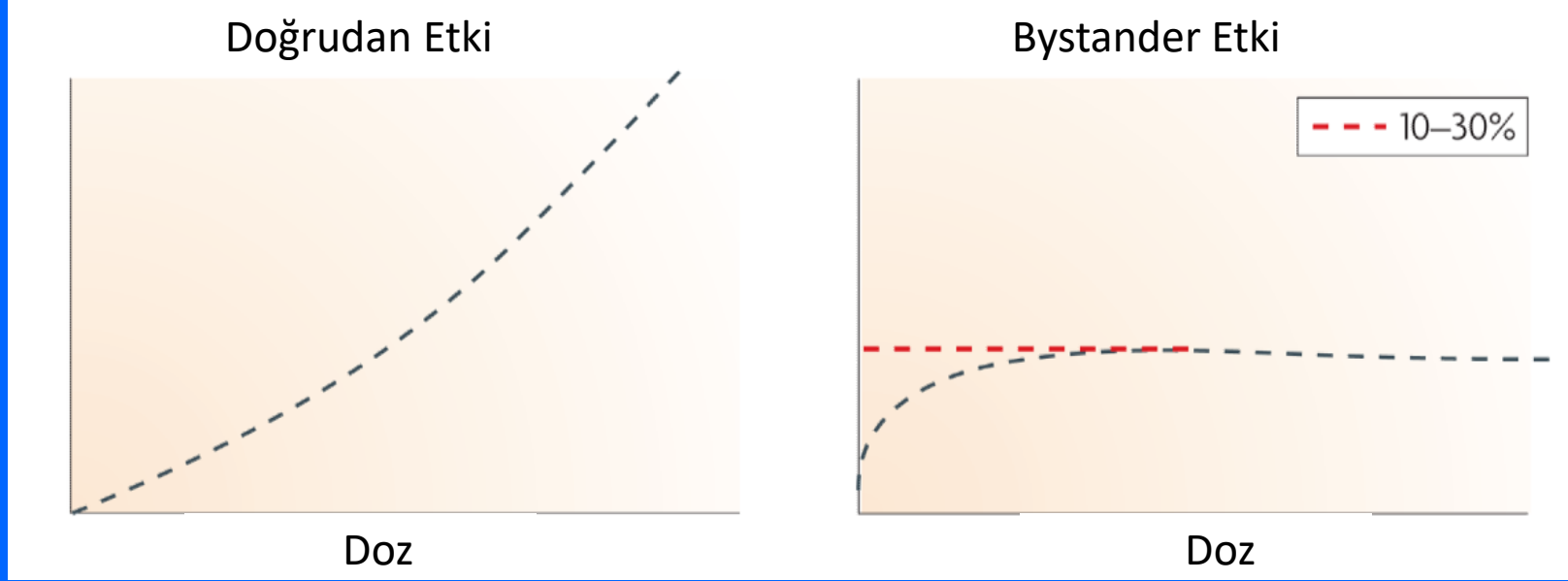
Adaptif yanıtlar ve hedef dışı etkilerin düşük dozlarda riski arttırıp arttırmadığı henüz tam olarak bilinmiyor

HEDEF DIŞI ETKİLER – (NONTARGETED EFFECTS –NTE)



Radiation-induced bystander effects— implications for cancer *Carmel Mothersill and Colin B. Seymour* NATURE REVIEWS | CANCER VOLUME 4 | FEBRUARY 2004

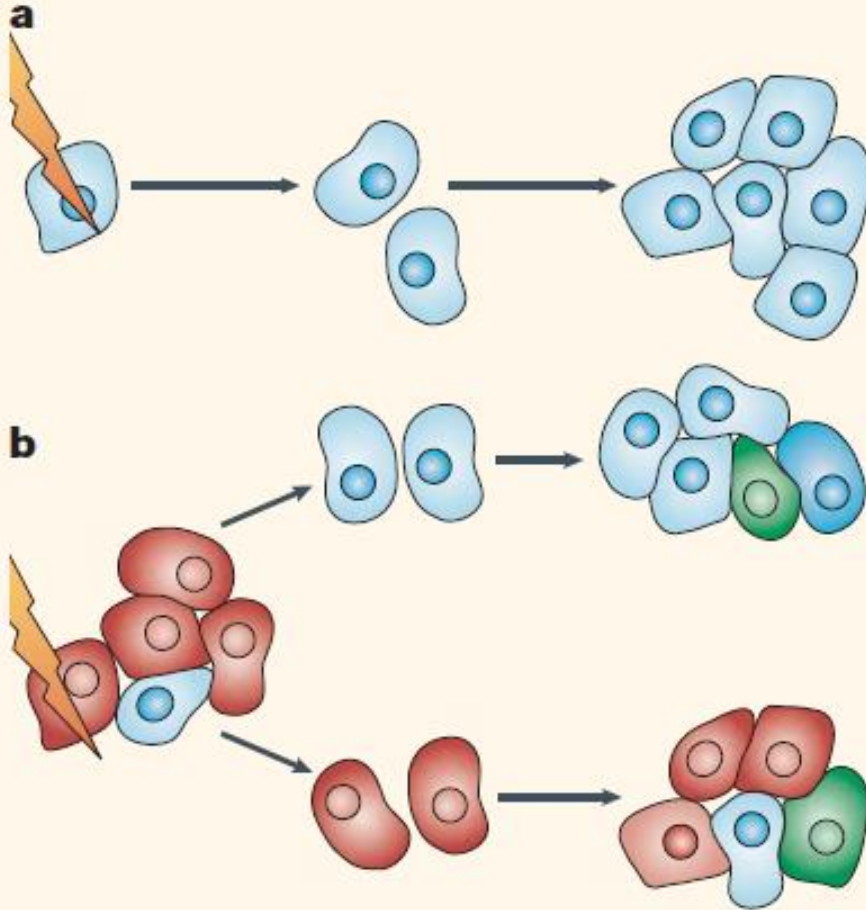
HEDEF DIŞI ETKİLER (NONTARGETED EFFECTS –NTE)



Etki ışınlanmadan sonra yıllarca
Sabit bir hızda devam eder

Kromozom hataları ve mutasyonların
radyasyonun doğrudan etkileşmediği
hücreler ve onların gelecek kuşaklarında da
ortaya çıkması

HEDEF DIŞI ETKİLER – (NONTARGETED EFFECTS –NTE)



LNT Model sadece radyasyondan doğrudan etkilenen hücreleri dikkate alır.

Bystander etki radyasyon hasarını hücre ve doku boyutlarına taşır

YENİ HİPOTEZ

Düşük şiddete
Radyasyonun
Biyolojik etkisi



Organizmanın gelişimi,
Erişkenlik, Yaş

Işınlanma zamanı

Diğer stresler

Çevresel faktörler
Cinsiyet,
Yaşam standardı
Sigara



ZARARLI MI?

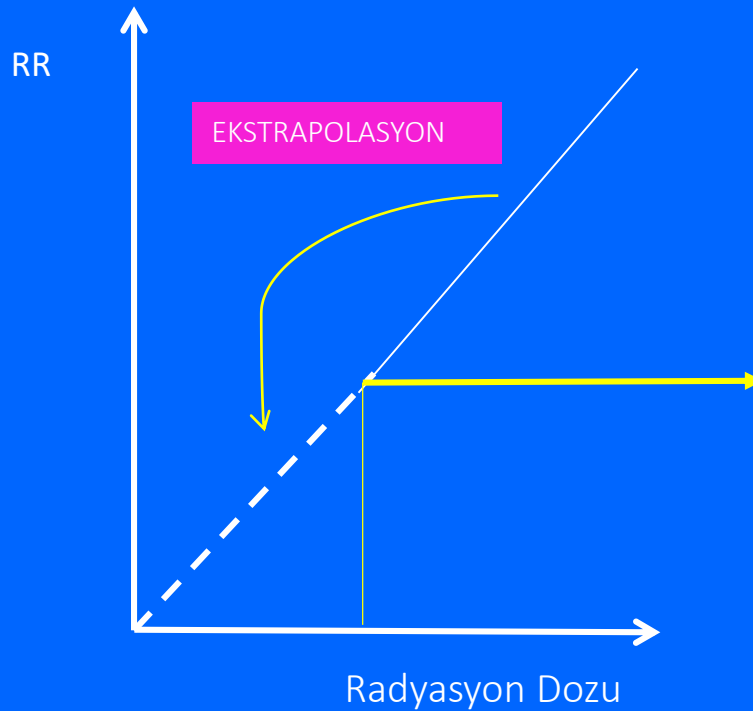
YARARLI MI?

DÜŞÜK ŞİDDETE RADYASYONUN ETKİSİ

SONUÇ



LNT



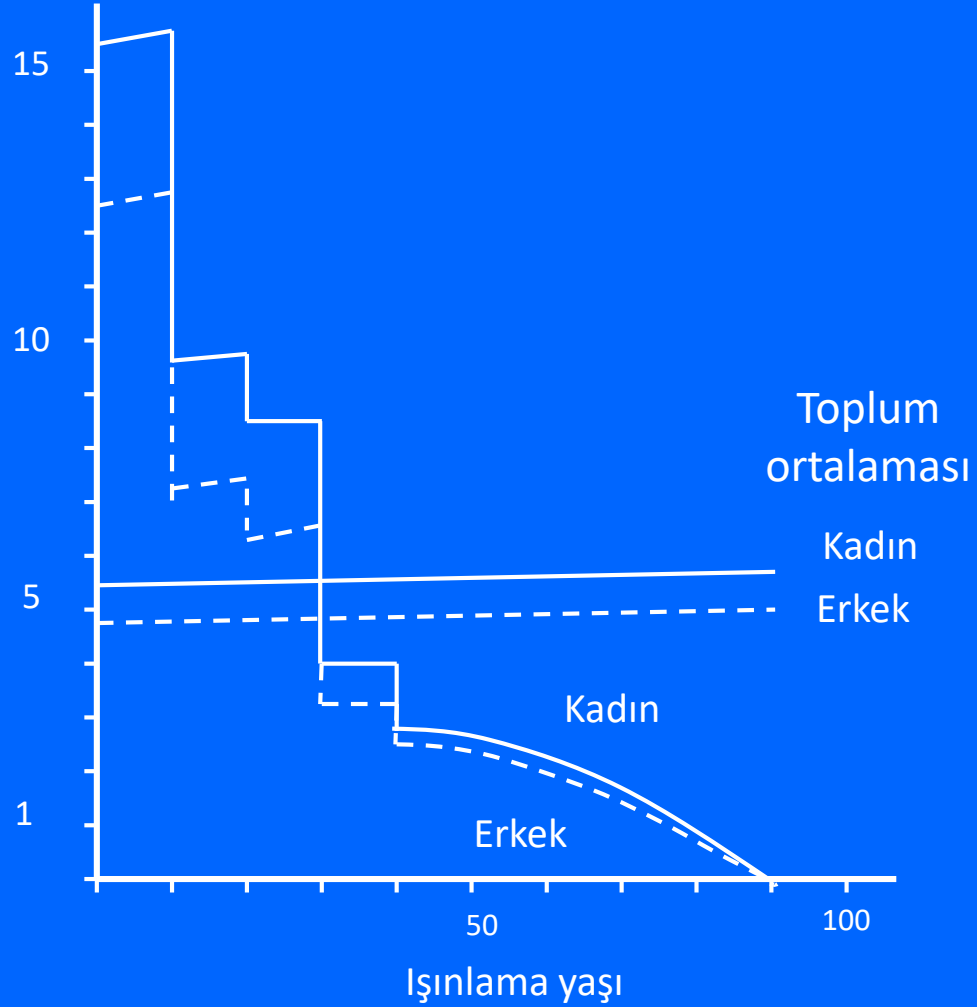
Emniyetli tarafta kalalım!!!

- Akut radyasyon dozu : 100 mGy
- Doz hızı : 5 mGy/Saat

RADYASYONA BAĞLI KANSER RİSKİ

ICRP YAKLAŞIMI

Ömür boyu
kanser riski
%ERR /Sv



RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

2007 Senesinde ABD'de yapılan toplam 72 milyon BT taraması sonucunda önümüzdeki 20-30 yıl içerisinde bu ışınlamaya bağlı olarak 29 000 yeni kanser vakası ortaya çıkacağı ve bu hastaların 19 000 öleceği ifade edilmekte.

ANCAK

72 milyon nüfusun yaklaşık zaten 29 milyonunun diğer nedenlerle kansere yakalanacağı ve bunun yarısının öleceği belirtilmemekte.

DÜŞÜK ŞİDDETTE RADYASYONU KANSER RİSKİ NEDİR?

Yaşamın düşük şiddetteki diğer riskleri ile karşılaştırılabilir

Milyonda bir ölüm için riskler

- 40 Yemek kaşığı tereyağ
- 100 adet kömürde pişmiş biftek
- 1.5 tane sigara içmek
- Araba ile 480 km yapmak
- 0.02 mSv radyasyon dozuna maruz kalmak



RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

ÖNERİ !

Bazı tanısal incelemelerde yetişkinlerin aldıkları etkin dozların, eşdeğer akciğer röntgen çekimindeki dozlar ve doğal fon radyasyonu ile karşılaştırılması

İşlem Doz (mSv)	Etkin	Aynı etkin dozda akciğer radyografi sayısı	Eşdeğer doğal fon radyasyonun süresi
Tek akciğer filmi(PA)	0.02	1	3 gün
Bel filmi	1.0	50	5 ay
BT göğüs incelemesi	7.0	350	2.91 yıl
BT pelvis incelemesi	10	500	4.16 yıl
Girişimsel PTCA	15	750	6.23 yıl
TIPS	70	3500	29 yıl
Beyin PET (FDG 18)	14.1	705	5.84 yıl
Kardiyak (TI-201) ¹	40.7	2035	16.8 yıl

RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

Hayattan kayıp edilen yıllar

1 Gy üzerinde ışınlanmış
Japon

2.6 sene

35 Yaşında şişman
Erkek

4 – 10 yıl

Ömür boyu sigara
Tiryakisi doktor

10 yıl

Dünyada ortaya çıkabilecek ölüm sayısı

Yaşam alanlarındaki
Radon

99 000

Hava kirliliği

3 200 000

Sigara kullanımı

6 300 000

RADYASYON RİSKLERİNİ NASIL AÇIKLAYALIM ?

ÖNERİ !

Radyasyona bağlı ölüm risklerinin
Doğal nedenlere bağlı kanser riskleri ile birlikte
1 / 1 000 000 olarak verilmesi

Tek film göğüs incelemesi (0.05 mSv)	2.5
Beyin BT incelemesi (2 mSv)	100
Pelvis Tomografisi (10 mSv)	500
Girişimsel İnceleme (50 mSv)	2500
Doğal Background (3mSv)	50
Diğer nedenler	400 000

YAŞAMIN DİĞER RİSKLERİ (Milyonda bir ölüm)

- 40 Yemek kaşığı tereyağ
- 100 adet kömürde pişmiş biftek
- 1.5 tane sigara içmek
- Araba ile 480 km yapmak
- Uçak ile 1800 km seyahat etmek
- 0.02 mSv radyasyon dozuna maruz kalmak

BİR İNSANIN HAYATINDAN KAYBOLAN GÜN SAYISI

- Günde 20 sigara 6 sene
- % 15 (şişmanlık) 2 yıl
- Otomobil kazaları 207 gün
- Ev kazaları 95 gün
- Radyasyonla çalışan (10 mSv) 51 gün
- Doğal Radyasyon (1- 3 mSv/y) 8 gün
- 30 yıl 10 mSv /y 30 gün
- Çernobil - Çay (1mSv) 0.01 gün
- Reaktörden salınan radyasyon 0.02 gün

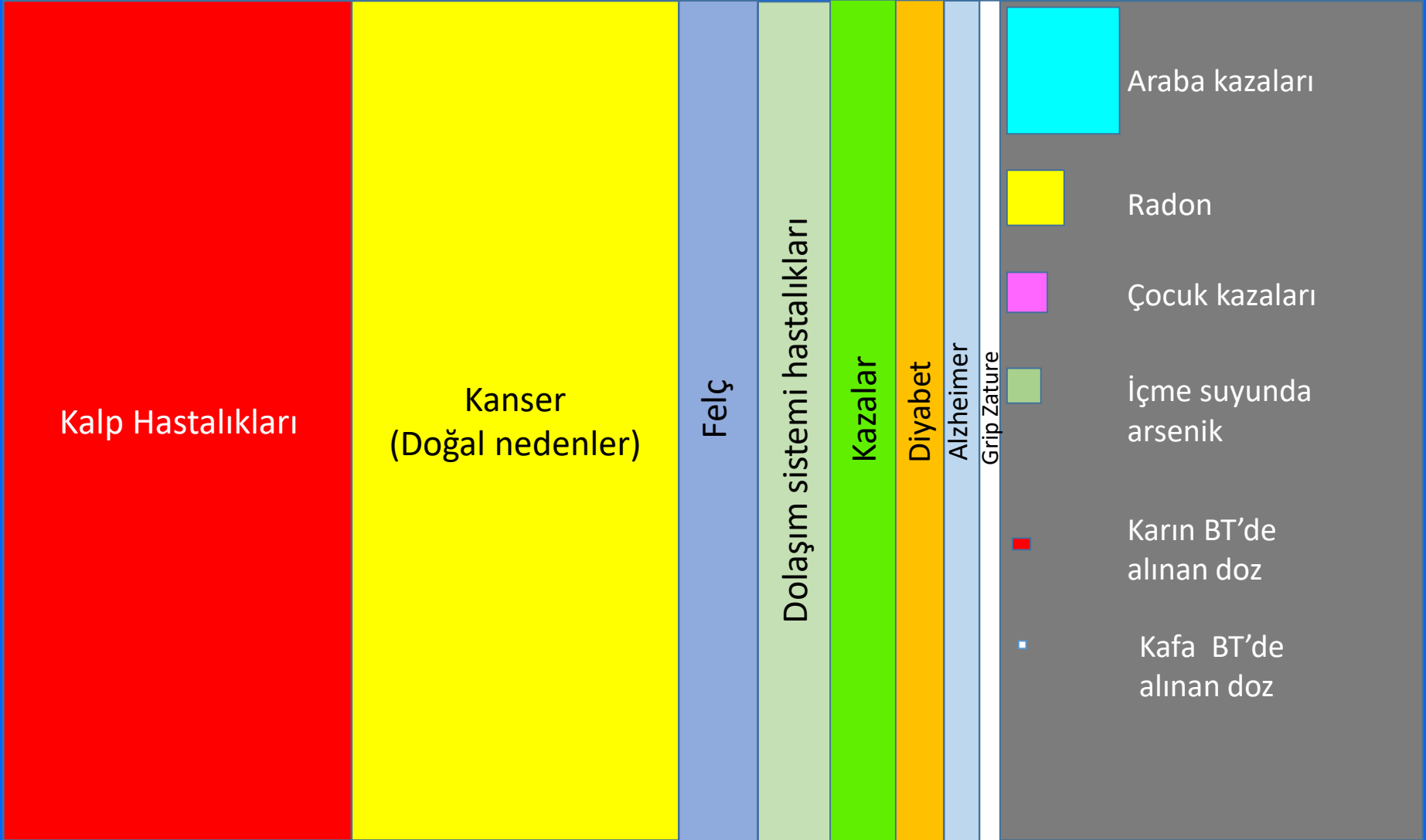
RADYASYONA BAĞLI DOLAŞIM SİSTEMİ HASTALIKLARI VE ÖLÜMLERİ

(ERR/SV : %95 CI)

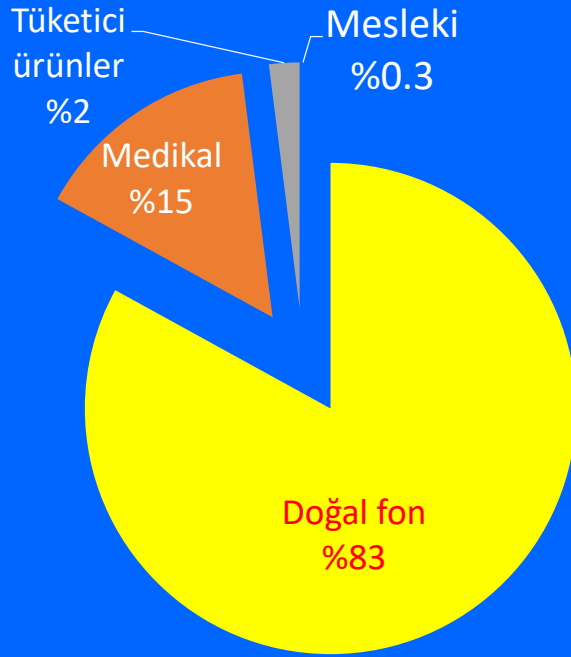
	Kalp hastalıklar	Dolaşım sistemi	Serebral damar
Atom Bombası	0,14(0,06–0,23) ^Ö	0,11(0,05-0,17) ^Ö	0,09(0,01-0,17) ^Ö
MAYAK ¹	0,27(0,05-0,5) ^Ö		0,46(0,36-0,56) ^H
Çernobil temizlik	0,4(0,05 – 0,78) ^{İKH}	0,18(-0,030,39) ^H	0,45(0,11-0,8) ^H
Alman uranyum		-0,26(-0,6-0,05)	0,09(-0,06-0,8)
İngiltere Radyasyon çalışanları	0,26(-0,05-0,61) ^{İKH}	0,25(-0,01-0,54)	0,16(-0,42-0,91)
IARC 15 ülke Çalışmas	-0,01(-0,59-0,69) ^{İKH}	0,09(-0,43-0,7)	0,88(-0,67-3,16)

(Ö: Ölüm, H: Hastalığa yakalanma, İKH: İskemik kalp hastalığı)

YAŞAMDAKİ RİSKLER

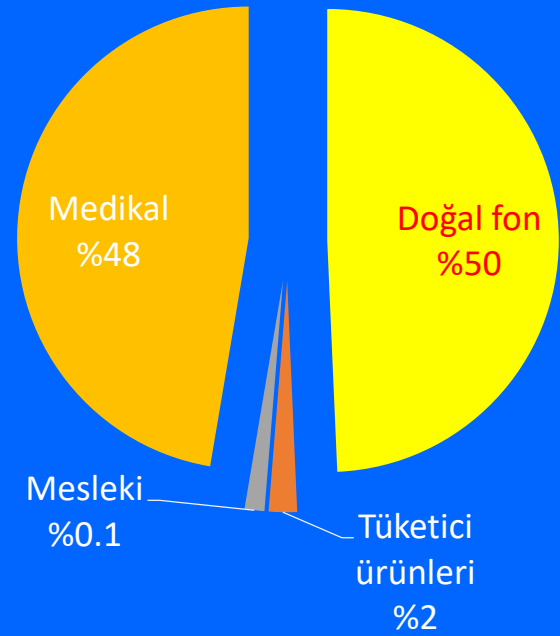


TÜM KAYNAKLAR NEDENİ İLE TOPLUM İŞINLAMASI (ABD SONUÇLARI)



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

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN KULLANILDIĞI TANISAL İNCELEMELERDE RADYASYON DOZLARI

Radyoloji İncelemeleri

Nükleer Tıp İncelemeleri

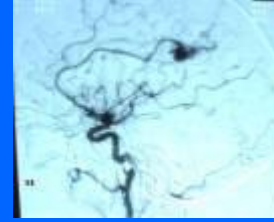
RADYOLOJİK İNCELEMELER

DOZ

Hekim Dozu



Hasta Dozu



Girişimsel
Floroskopi

Hasta Dozu



Tomografi

Hekim Dozu

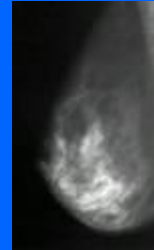


Hasta Dozu



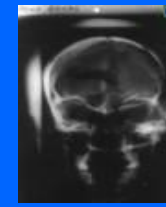
Floroskopi

Hasta Dozu



Mamografi

Hasta Dozu



Radyolojik

RADYOGRAFİK İNCELEMELER

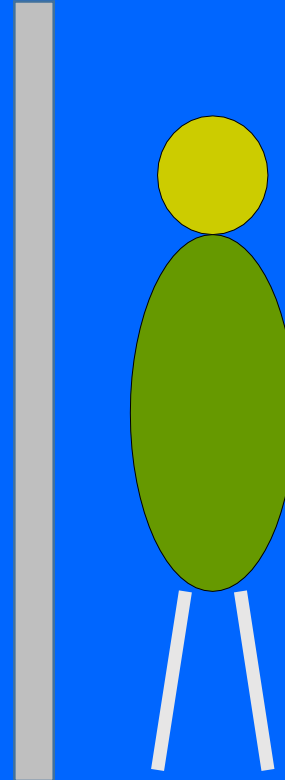
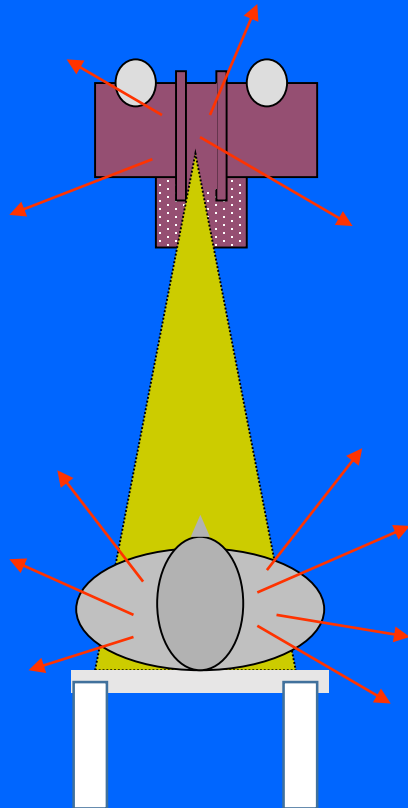
Hasta için:

Etkin doz aralıkları : 0.01 – 10 mSv

Kanser riski 1/ 1000000 – 1/10000

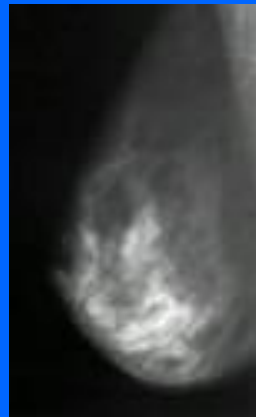
Çalışan için:

Saptanabilir risk yok



KLİNİK İNCELEMELERDE RADYASYON DOZLARI

Mamografi
İncelemeleri



MAMOGRAFİ İNCELEMELERİ

Etkin doz aralıkları : 0.1 – 0.6 mSv

İki memenin mamografi incelemesinde 100 000 kadında
ömür boyu meme kanserine yakalanma ve ölüm riskleri

(Her yıl mamografi incelemesi yaptıran 100 000 kadında
80 yaşına kadar meme kanserine yakalanma ve ölüm riskleri)

Işınlanan yaş	Kansere yakalanma	Kanser nedeniyle ölüm risk
30	9 – 12 (147 – 187)	1,9 – 2,4 (48 – 62)
40	5 – 7 (72 – 91)	1,3 – 1,7 (20 - 25)
50	2,6 – 3,3 (31 – 30)	0,7 – 0,9 (10 – 12)

Meme dozu 3 mGy

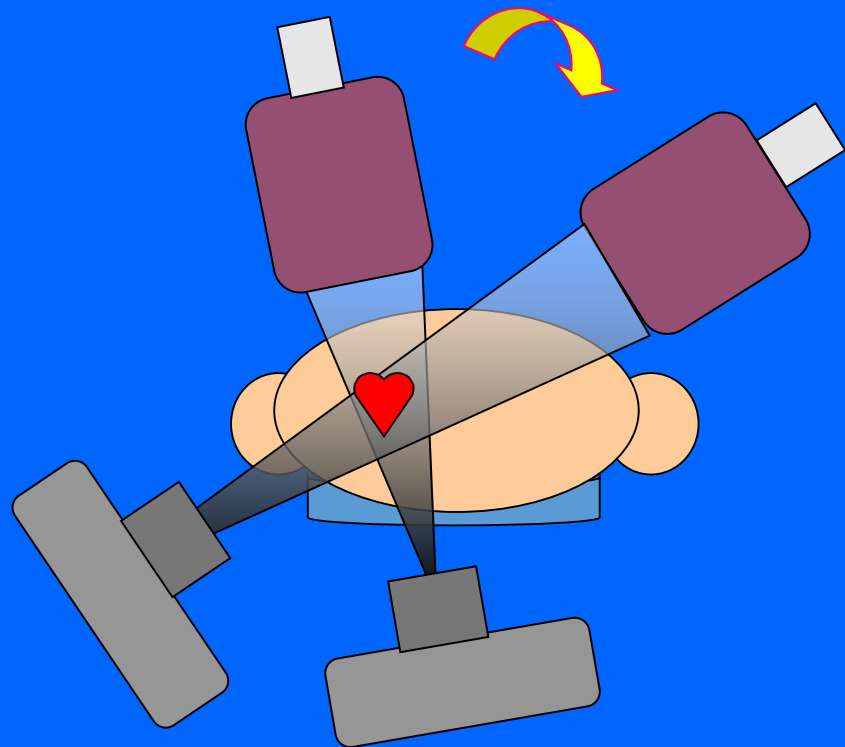
GİRİŞİMSEL İNCELEMELERDE HASTA DOZLARI NİÇİN YÜKSEK?

Hasta

Etkin doz aralıkları : 5 – 100 mSv

Cilt dozları : > 1-7 Gy !!

Kanser riski 1/ 10000 – 1/1000



İncelemelerin kompleks olması

Hekimin deneyimi

Işınlama geometrisi

Sürekli ışınlama (floroskopi) modu

Dijital sine görüntü sayısının çokluğu

Yüksek doz ışınlama modları

Floroskopi sisteminin tasarımı
ve kullanılması

BAZI GİRİŞİMSEL İNCELEMELERDE YETİŞKİN HASTA DOZLARI

İnceleme	Ortalama etkin doz (mSv)	Literatür verileri (mSv)
Kafa ve boyun anjiyografisi	5	0,8 – 19,6
Koroner anjiyografi (Tanısal)	7	2,0 – 15,8
Koroner perkutan transluminal anjiyo Plasti, stent takılması, radyaofrekans ablasyonu.	15	6,9 – 57
Pulmoner arter veya aortun Toraks anjiyografisi	5	4,1 – 9,0
Abdominal anjiyografi	12	4,0 – 48
TIPS	70	20 – 180
Pelvik embolizasyon	60	44 – 78

GİRİŞİMSEL İNCELEMELERDE DETERMİNİSTİK ETKİLER



Gironet et al, 1998, Ann Dermatol Venerol, 125, 598 - 600



Wagner et al, 1999, Radiology, 213, 773 - 776



3 HAFTA SONRA



6.5 AY SONRA



CERRAHİ MÜDAHELE

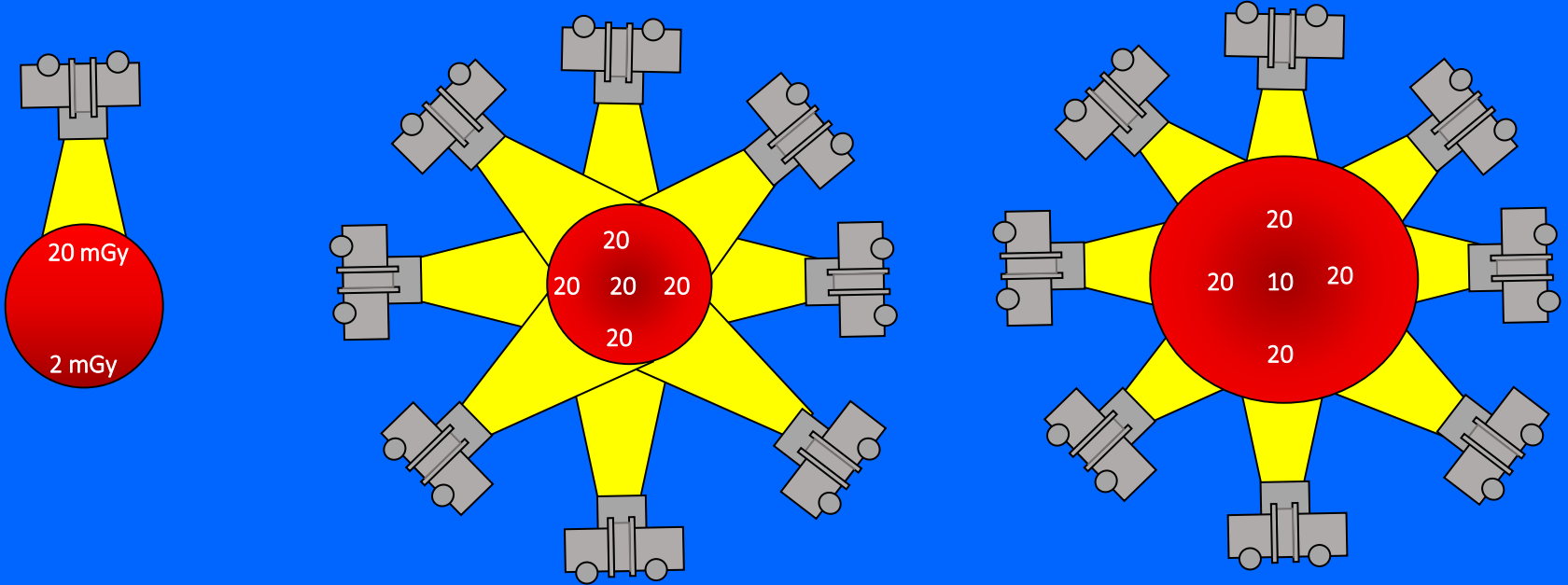
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİDE HASTA DOZLARI NİÇİN YÜKSEK!

Organ dozları: 15 – 30 mGy (10 – 100 mGy) / inceleme

Lens Dozu : 30 – 50 mGy / inceleme

Meme Dozu : } 20 – 60 mGy / Göğüs ıcelemesi
50 – 80 mGy / BT koroner anjiyo

Etkin doz aralıkları :2– 20 mSv
Kanser riski 1/ 100000 – 1/1000



Radyografi

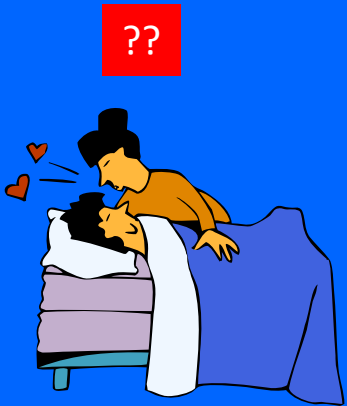
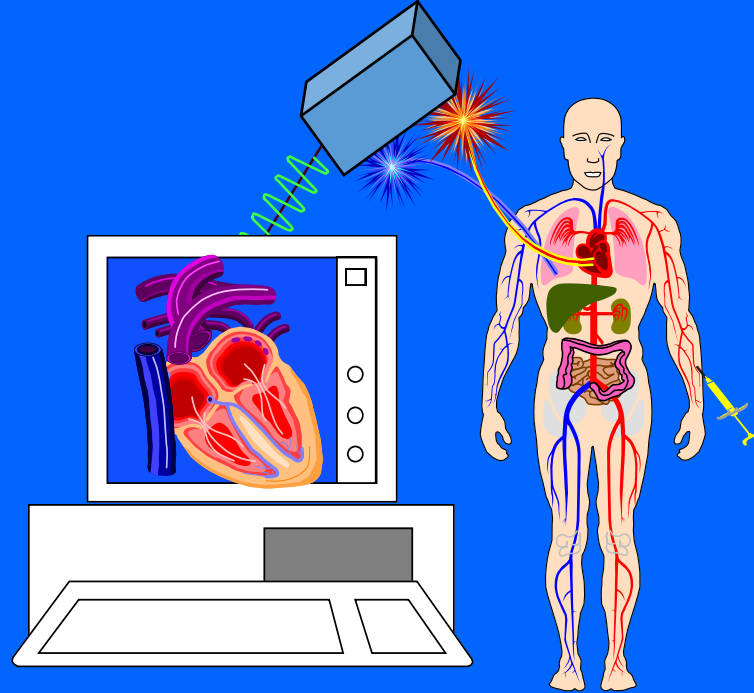
Bilgisayarlı tomografi
Çocuk hastalar

Bilgisayarlı tomografi
Yetişkin hastalar

NÜKLEER TIP İNCELEMELERİ

Bilgisayarlı Tek Foton Tomografisi (SPECT)

Pozitron Emisyon Tomografisi + Bilgisayarlı tomografi (BT-PET)



Radyoaktif maddelerin hastalara verilmesi

Hasta yakınları



BU RİSKLER ARTABİLİR Mİ?

Maalesef Evet !!

BU RİSKLER ARTABİLİR Mİ?

- Sistem arızası ve/veya kalibrasyon sorunu, Kalite kontrol testlerinin yapılmaması
- Kullanıcıların yeterli eğitimi almamış olması
- Görüntü kalitesinin yetersiz olması nedeni ile ortaya çıkan tekrar çalışmaları

SONUÇ

Hasta dozlarının artması

Tanısal hataların ortaya çıkması

Teşekkürler



BOR RAD Danışmanlık Limited Şirketi

www.doganbor.com

Doganbor@gmail.com

