



AKADEMISKA
SJUKHUSET

1

Risker med strålning

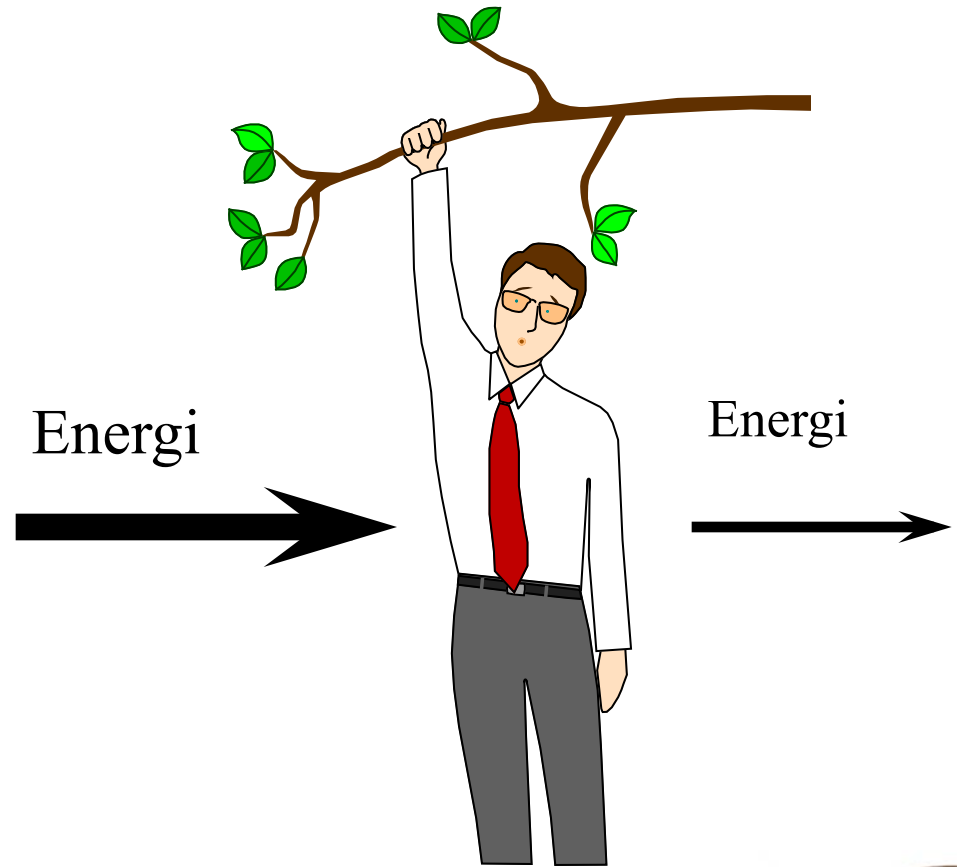
Men först lite om storheter och enheter
2013

Per-Erik Åslund
Sjukhusfysiker
Sjukhusfysik



”Stråldos”

Stråldos uppkommer
då energi från
joniserande strålning
absorberas i vävnad

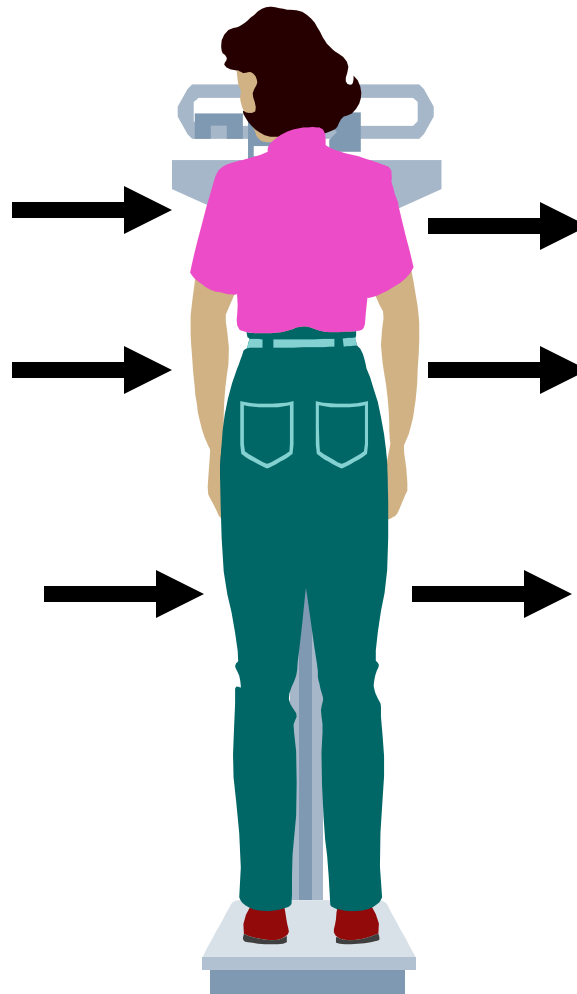


Dämpning av röntgenstrålning i kroppen ger bilden (och även stråldos)

Luft i lungor dämpar mycket litet

Mjukvävnad dämpar strålningen lite mer

Ben dämpar röntgenstrålningen mest



Ju högre densitet och ju högre atomnummer desto kraftigare dämpning av strålningen.

Det är denna skuggbild som ger bilden.



Storheter och enheter

Storheter

- Absorberad dos
- Ekvivalent dos
- Effektiv dos

Enheter

Gray (Gy)

Sievert (Sv)

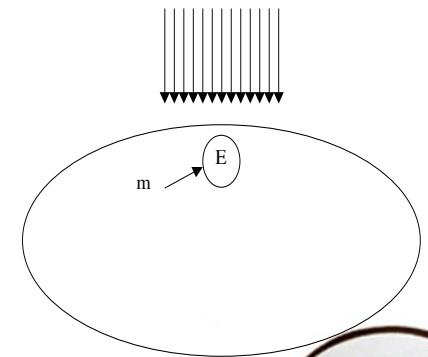
Sievert (Sv)



Absorberad dos (D)

- En **fysikalisk storhet** som representerar energideposition i ett viss masselement
- Definierat som kvoten mellan den energimängd, E , som strålningen överfört till ett volymselement och volymselementets massa

$$D = E/m \text{ (Joule/kg)}$$



- Absorberad dos har enheten Gray, Gy



Hur mycket energi innehåller strålning

En stråldos på 10 Gy (J/kg) till hela kroppen är dödlig.

Den energi som då överförs till kroppen höjer dess temperatur med 2,3 tusendels °Celsius



Ekvivalent dos (H)

En **strålningsbiologisk storhet** som tar hänsyn till att olika slags joniserande strålning (röntgen, protoner, alfapartiklar etc) har olika biologisk effekt i vävnaden

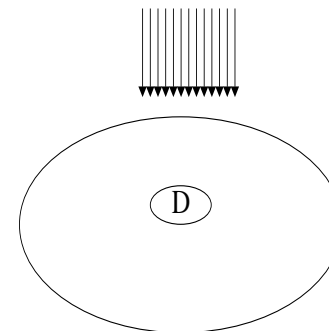
$$H = D * w_r \text{ (Joule/kg)}, \quad w_r = \text{viktningsfaktor för aktuellt strålslag}$$

Ekvivalent dos har enheten Sievert, Sv

$w_r = 1$ för röntgen

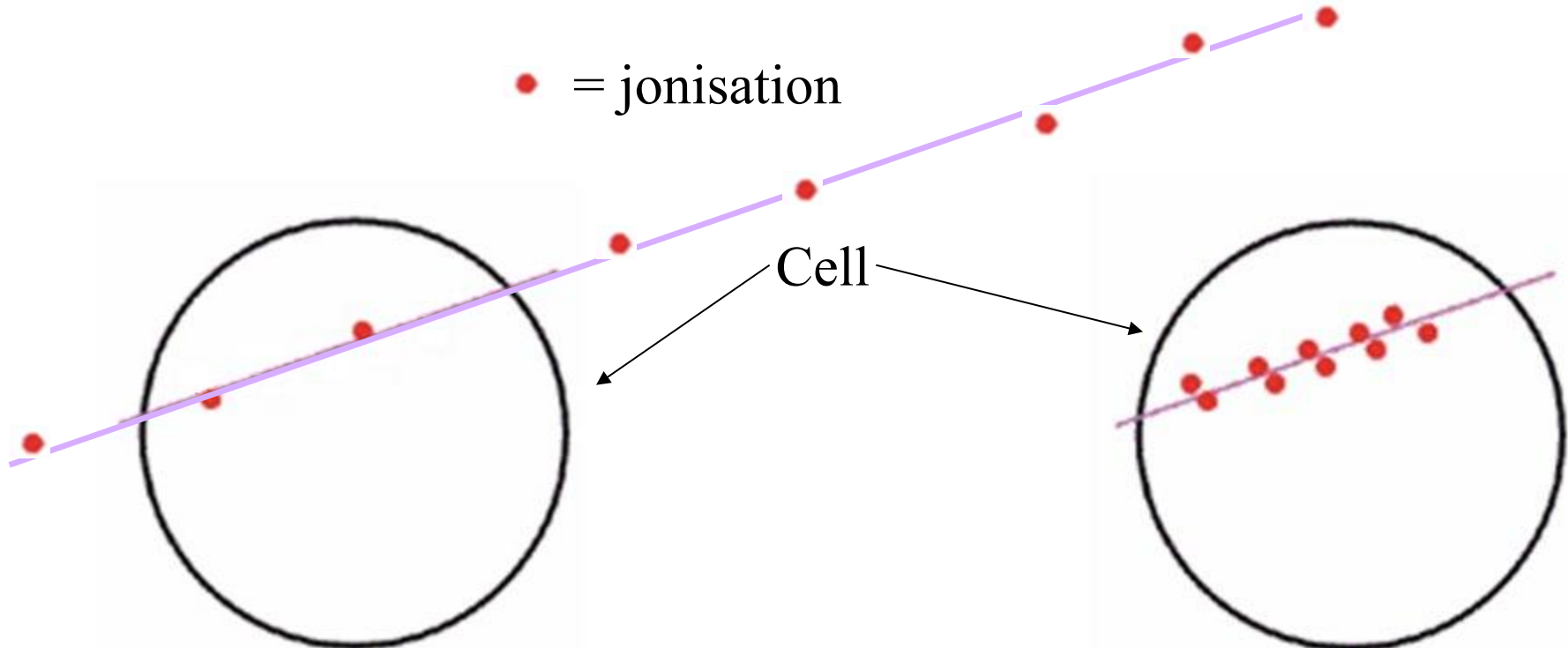
$w_r = 2$ för protoner

$w_r = 20$ för alfapartiklar



Ekvivalent dos (H)

• = jonisation



$W_r = 1$ för röntgen

$W_r = 20$ för alfapartiklar



Effektiv dos (E)

Effektiv dos är den storhet som är **kopplad till strålrisk**



Riskbedömningar (ICRP Publication 103)

Detriment: Ett mått på den totala skada strålningen förväntas orsaka

Detrimentet för en skada bestäms av följande stokastiska storheter, för varje enskilt organ:

- Nominella risken (för cancer).
- Dödlighet.
- Viktad sannolikhet för allvarliga ärftliga skador.
- Förväntad förlorad levnadstid om skadan inträffar.



Viktningfaktorer för kroppens organ

Organ/vävnad	viktningfaktor
röd benmärg	0,12
tjocktarm	0,12
lungor	0,12
magsäck	0,12
bröst	0,12
övriga organ	0,12
gonaderna	0,08
urinblåsan	0,04
matstrupen	0,04
levern	0,04
sköldkörteln	0,04
benens ytor	0,01
hjärnan	0,01
spottkörtlarna	0,01
huden	0,01
	summa 1,00

* Övriga organ består av 14 angivna organ



Effektiv dos (E)

Effektiv dos är den storhet som är **kopplad till strålrisk**

Den effektiva dosen är summan av den ekvivalenta dosen som de enskilda organen erhållit med hänsyn taget till deras respektive känslighet för joniserande strålning

$$E = \sum_t H \cdot w_t \text{ (Joule/kg)}, w_t = \text{viktningsfaktor för respektive organ}$$

Effektiv dos har enheten Sievert, Sv

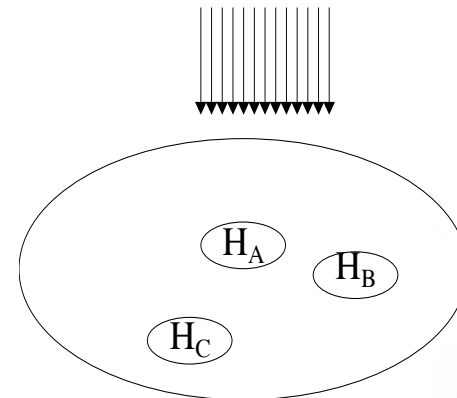
$w_t = 0,12$ för röd benmärg, tjocktarm, lungor, magsäck, bröst och övriga organ*

$w_t = 0,08$ för gonaderna

$w_t = 0,04$ för urinblåsan, matstrupen, levern, sköldkörteln

$w_t = 0,01$ för benens ytor, hjärnan, spottkörtlarna och huden

* Övriga organ består av 12 +2 angivna organ



$$E = H_A \cdot w_A + H_B \cdot w_B + H_C \cdot w_C$$



Effektiv dos (E) - Exempel

En kvinna genomgår en CT undersökning av buken. Vad blir den effektiva dosen?

- Den ekvivalenta dosen till tjocktarmen var 15 mGy
- Den ekvivalenta dosen till gonaderna 10 mGy
- Den ekvivalenta dosen till urinblåsan var 15 mGy
- Den ekvivalenta dosen till övriga organ bortser vi från.

$$E = 15 * 0,12 + 10 * 0,08 + 15 * 0,04 = 3,2 \text{ mSv}$$



Strålkänslighet hos organ

Organens strålkänslighet beror på
celldelningshastigheten

Känsliga organ: Mag-tarm-systemet,
Hårsäckar

Okänsliga organ: Hjärnan, CNS



Strålrisker hos organ*

Organ med större risk: Lungor, tjocktarm

Organ med mindre risk: Hud, skelettet



Sammanfattning

•Absorberad dos, Gray (Gy)

- En **fysikalisk storhet** som representerar energideposition i ett viss masselement

•Ekvivalent dos i ett organ, Sievert (Sv)

- En **strålningsbiologisk storhet** som tar hänsyn till att olika slags joniserande strålning (röntgen, protoner, alfapartiklar etc) har olika biologisk effekt i vävnaden

•Effektiv dos, Sievert (Sv)

- Effektiv dos är den storhet som är kopplad till **strålrisk**. Hänsyn tas till hur stor del av kroppen som bestråls och de enskilda organens känslighet för strålning



Hur vet vi något om riskerna med strålning?



Vilka är riskerna?*

Slumpmässig (stokastisk) risk att utveckla cancersjukdom och skador på könscellerna

Icke slumpmässiga (deterministiska) effekter vid mycket höga stråldoser hudrodnad, hudskador, katarakt

* Denna kunskap är baserad på uppföljning av grupper av individer som utsatts för strålning i olika sammanhang

ICRP Publ 103 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection



Riskuppskattningar

Cancer i Hiroshima och Nagasaki **1950-1990**

424 000 offer

75 % överlevde akuta skador

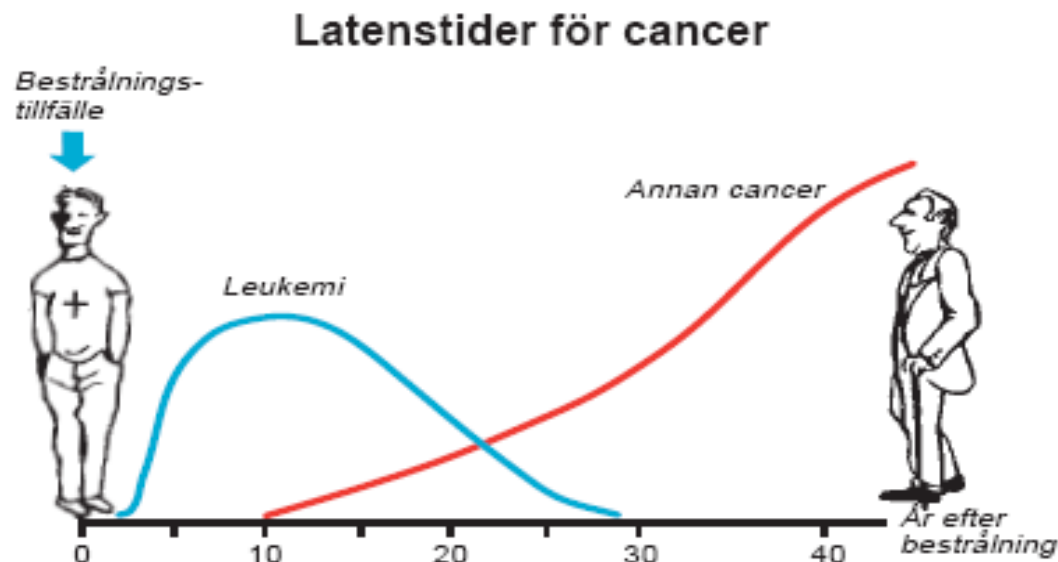
Studerad population 86 000

döda i cancer 7 800

Överfrekvens (1990) 400

stråldos i medeltal; 0.1Sv/individ

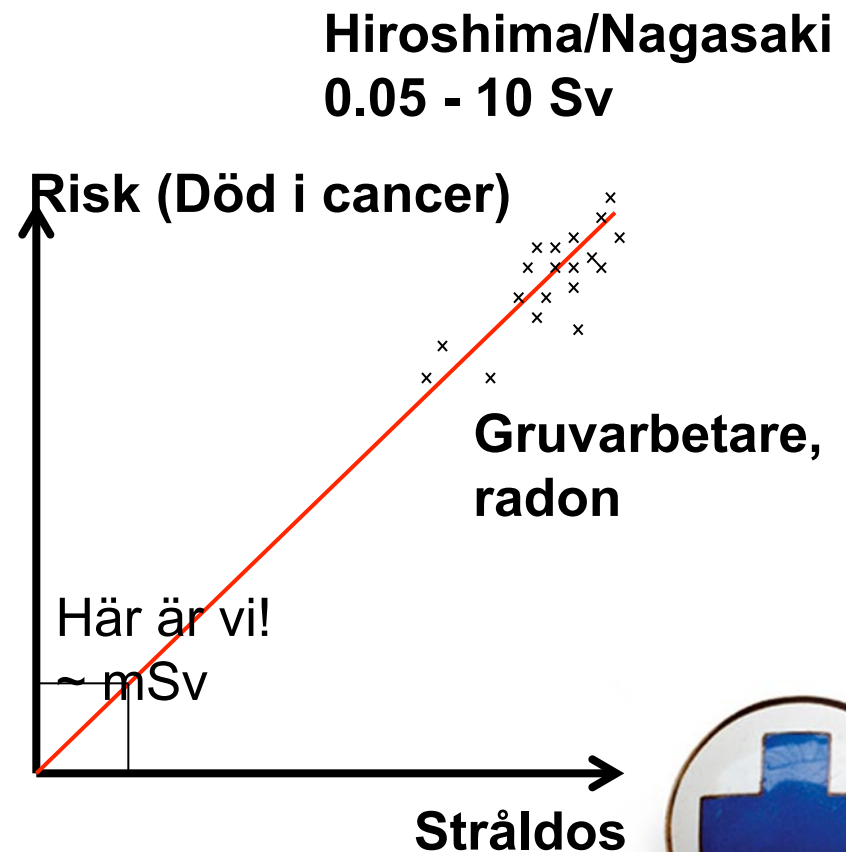
Detta ger mycket förenklat en risk på ca 4 % per Sv



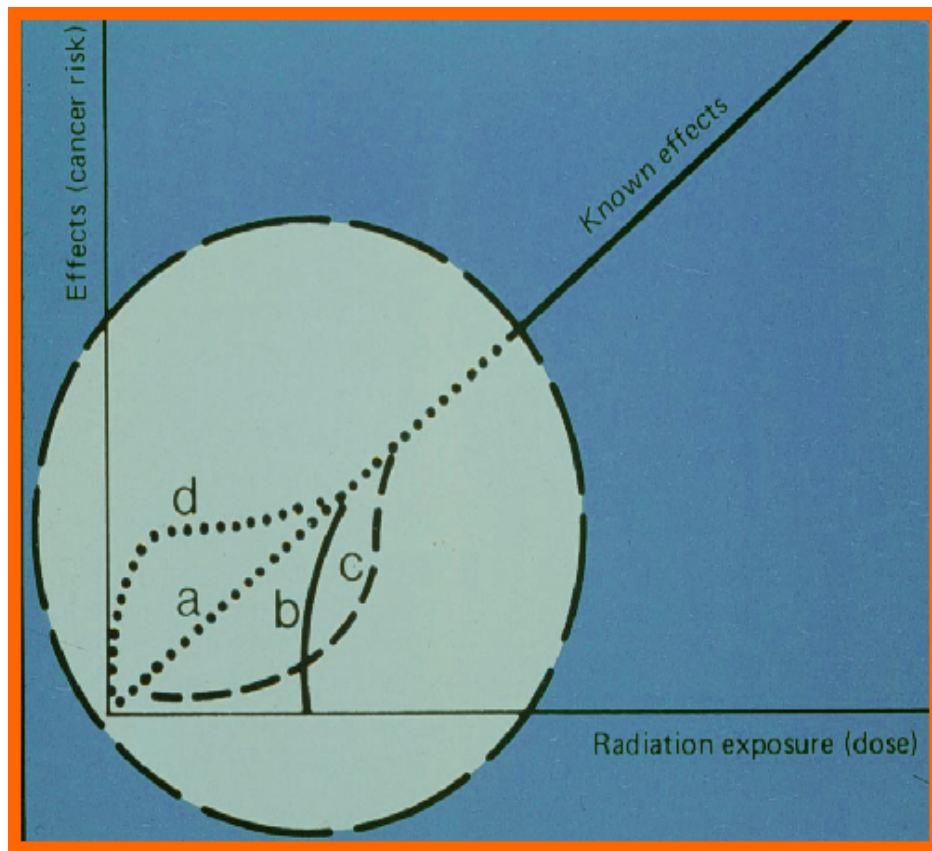
Risk per dos?

Risk för cancer

- Sannolikheten för uppkomst anses proportionell till stråldosen
- Typen av skada oberoende av stråldosens storlek



Risken vid låga doser?



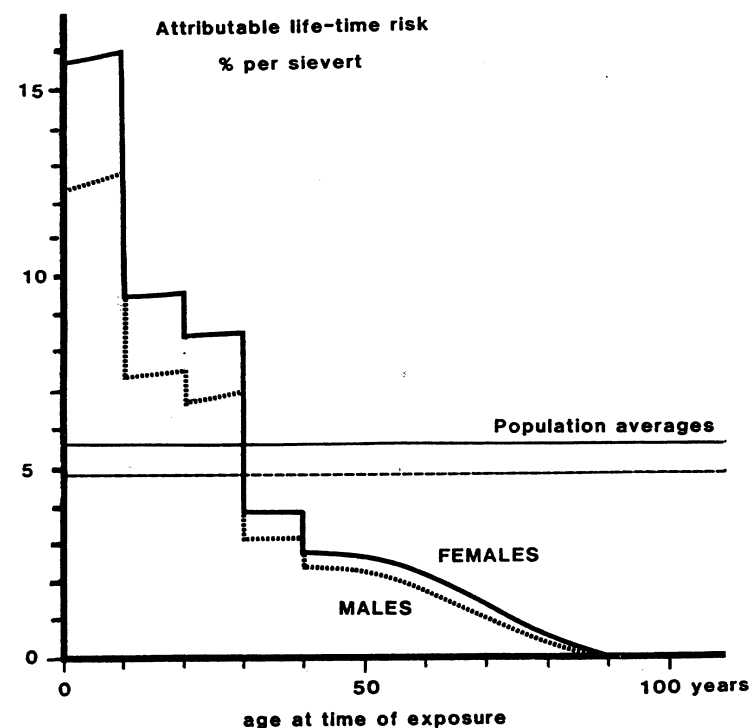
- a) Linjär extrapolation
- b) Tröskeldos
- c) Lägre risk per dosenhet vid låg dos
- d) Högre risk per dosenhet vid låg dos



Strålriskens åldersberoende

Hur mycket ökar risken att dö i cancer om jag bestrålas vid en viss ålder.

Barn är 3 gånger så strålkänsliga som hela populationen
 populationen
 (högre känslighet & lever längre)



Ärftliga skador

	Antal barn	Antal med allvarlig genetisk skada
Obestrålade föräldrar	31 904	294 (0.92 %)
Bestrålade föräldrar	33 527	300 (0.89 %)

Risikfaktorn, 1 % per Sv, för ärftliga skador baseras på experiment på möss och växter



Totala risken

Risk för dödlig cancer för en normal population vuxna **5 % per Sv**

Risk för dödlig cancer för en normal population barn **0-10 år: 15 % per Sv**



Vad betyder 5%/Sv?

Förväntat utfall på 200 dödsfall/år p g a
röntgenundersökningar i Sverige

En stråldos på 2 mSv ökar den förväntade risken för att dö
i cancer från ca 25%* till 25,01%

* 23% för kvinnor, 27% för män enligt Cancerfundsrapporten 2013



Akuta effekter

- Uppstår aldrig vid låga stråldoser
- Uppstår alltid vid mycket höga

Effekt	Tröskelnivå	Genomlysningstid
Grumlad lins	2 Sv	100 min
Hudrodnad	2 Sv	100 min
Håravfall	3 Sv	150 min
Hudskador	10 Sv	500 min



Hög stråldos till patientens hud

- Resultat av otillräcklig utbildning



6-8 v efter behandling

> 20 Sv



18-21 mån efter behandling



Hög stråldos till patientens hud



Akutstrålskada Sverige 2005

- Ny metod att reparera mitralisklaff
- 10 veckor efter ingreppet
- Huddos ca: 10-12 Gy
- Orsak:
 - kraftigt överviktig patient
 - bristande personalutbildning.



Sammanfattning

Vinsten med en röntgenundersökning är alltid större än risken om det finns en adekvat indikation* för undersökningen

Röntgenundersökningen skall utformas så säkert som möjligt med minsta möjliga stråldos

Den största risken för patienten vid en röntgenundersökning är att den leder till fel diagnos

* www.internetmedicin.se, Översikt över indikationer/frågeställningar baserad på EU-dokumentet: "European Commission: Radiation protection 118. Referral guidelines for imaging 2001, ISBN 92-828-9454-1"



Strålskyddsprincipen

Skydda människor, djur och miljö mot skadlig verkan av strålning.

Verksamheten skall var berättigad.

Rtg-us skall var nödvändig för att ställa diagnos.

Strålskyddet skall vara optimalt.

Minsta möjliga stråldos med hänsyn till undersökningens kvalitet.

=> ALARA-Principen: As Low As Reasonably Achiveble
Riskbedömning i enlighet med ICRP

(International Comission on Radiological Protection)

