

# Hur påverkar strålning celler och organismer?

**Bo Stenerlöv**

Inst. f. immunologi, genetik och patologi  
Rudbecklaboratoriet  
Uppsala universitet

[bo.stenerlow@igp.uu.se](mailto:bo.stenerlow@igp.uu.se)



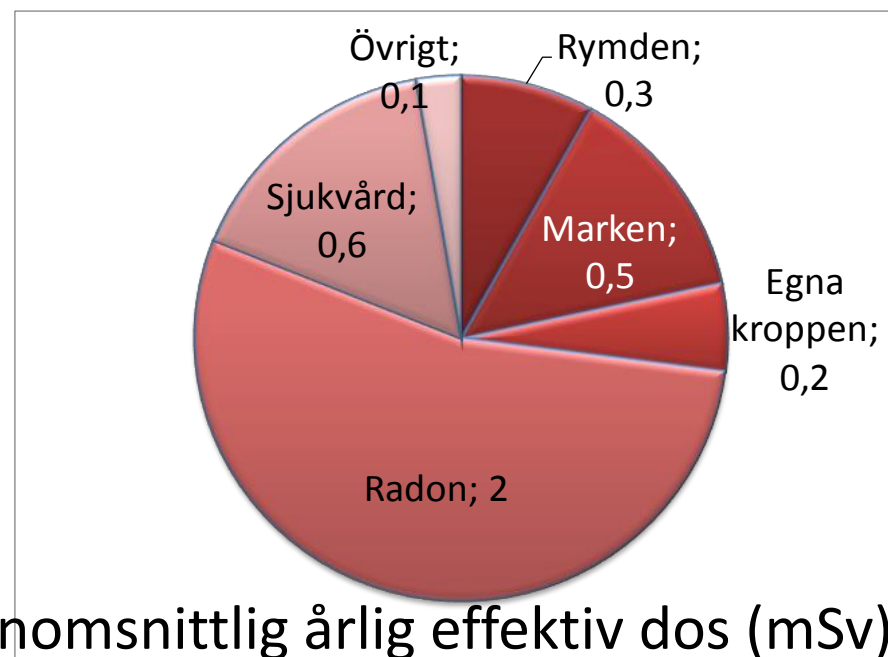
# Joniserande strålning

Dos: Gray (Gy = 1J/kg)



Effektiv dos: Sievert (Sv)

(viktad dos: 1 Sv = viktfaktor x Gy)

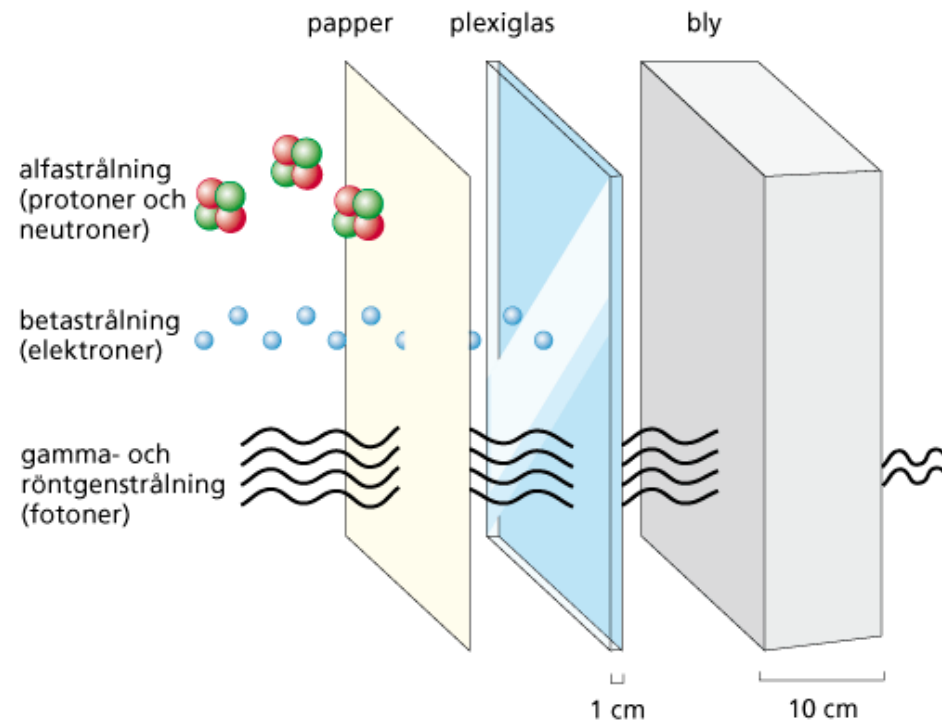


Genomsnittlig årlig effektiv dos (mSv)

# Olika typer av joniserande strålning: $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$

*-naturligt från sönderfallande atomkärnor*

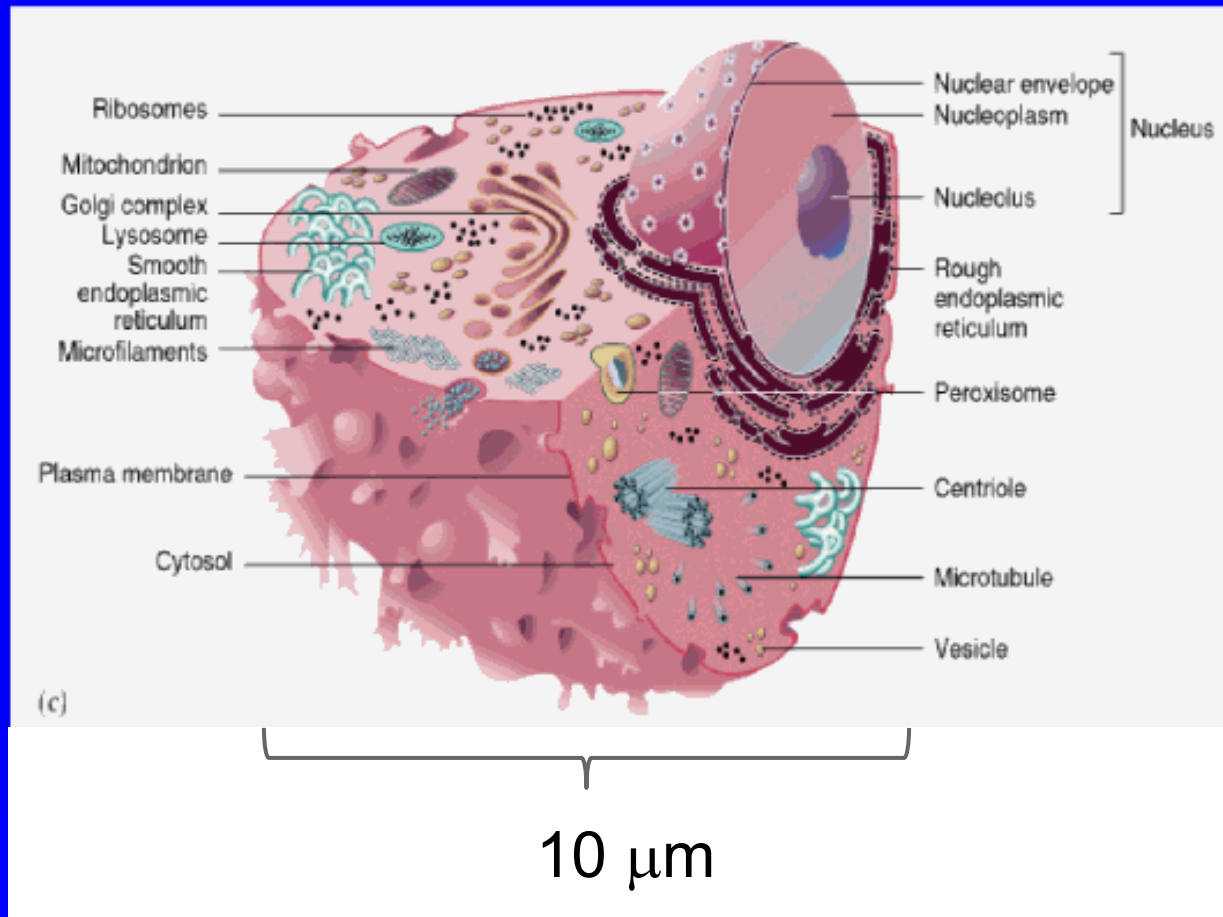
- olika räckvidd
- olika biologisk risk



(Källa: <http://www.ne.se/joniserande-stralning>)

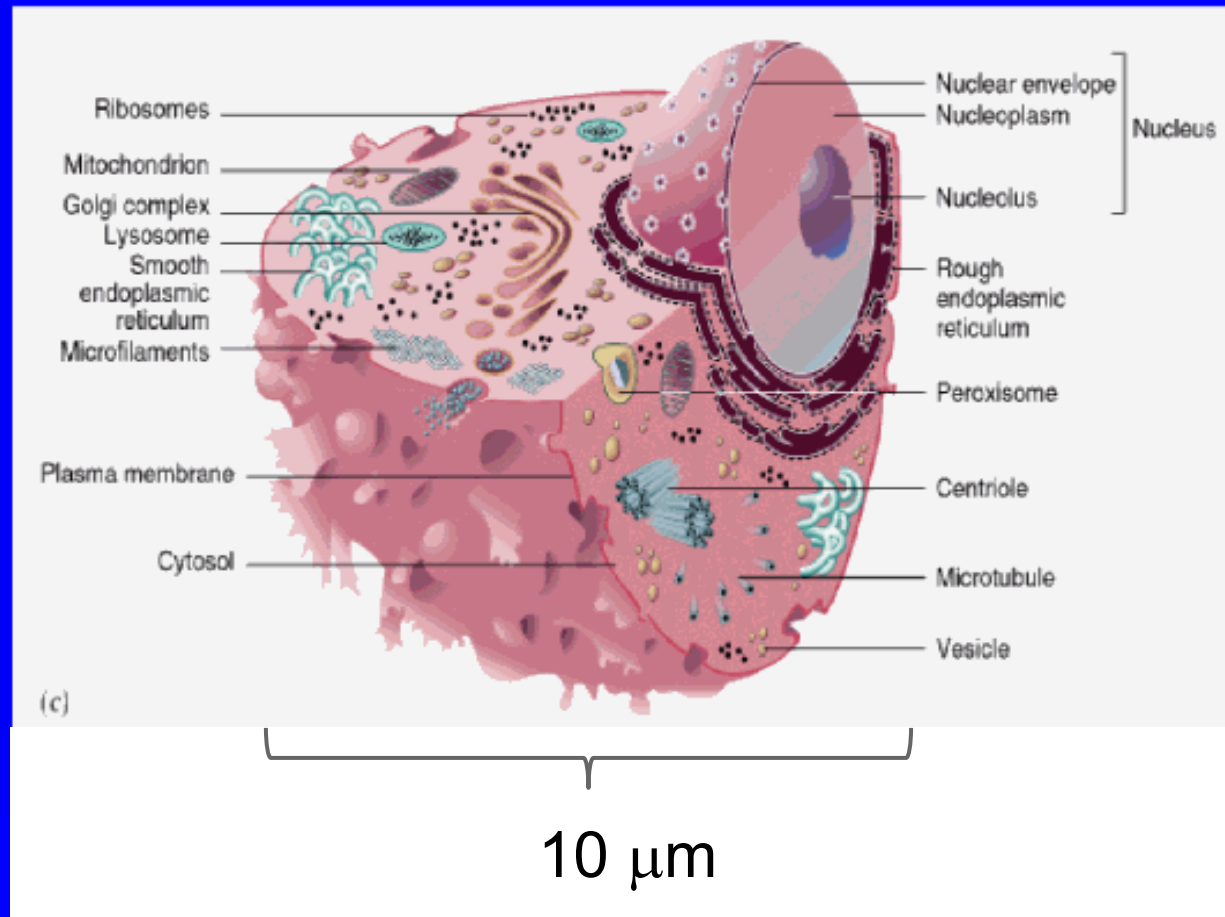
# Vi börjar i det "enkla systemet": cellen

## Eukaryotic Cell (ANIMAL)



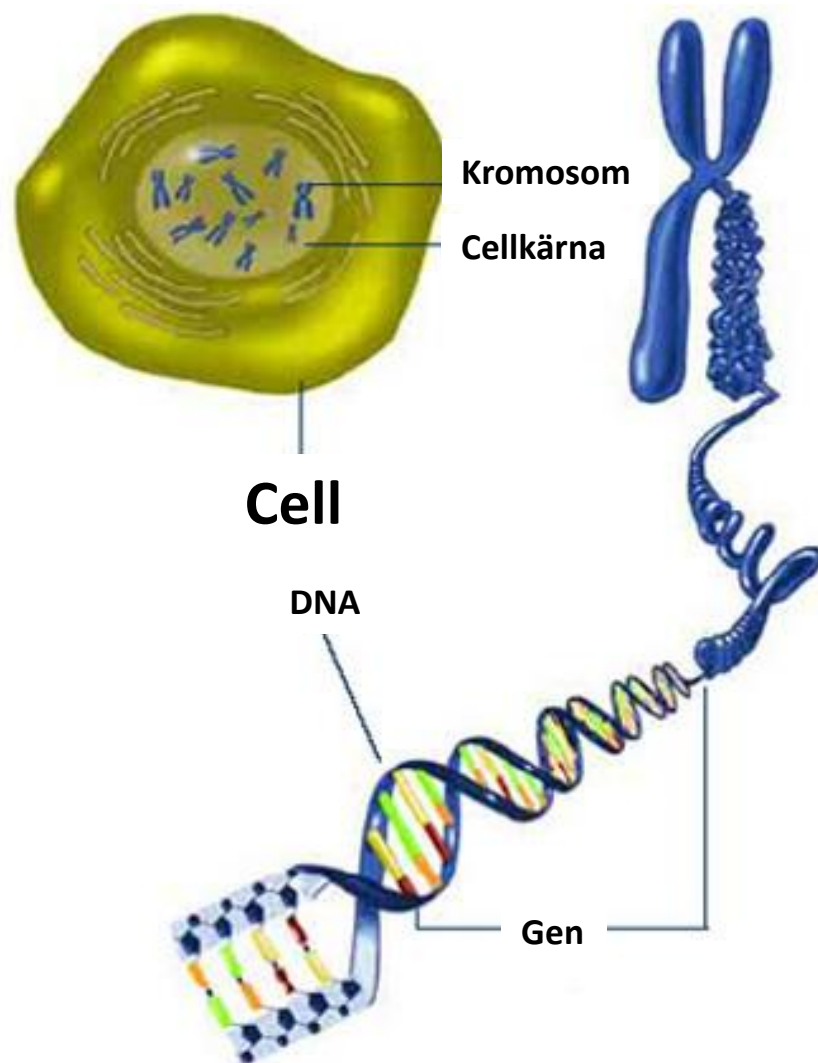
# Vi börjar i det "enkla systemet": cellen

## Eukaryotic Cell (ANIMAL)



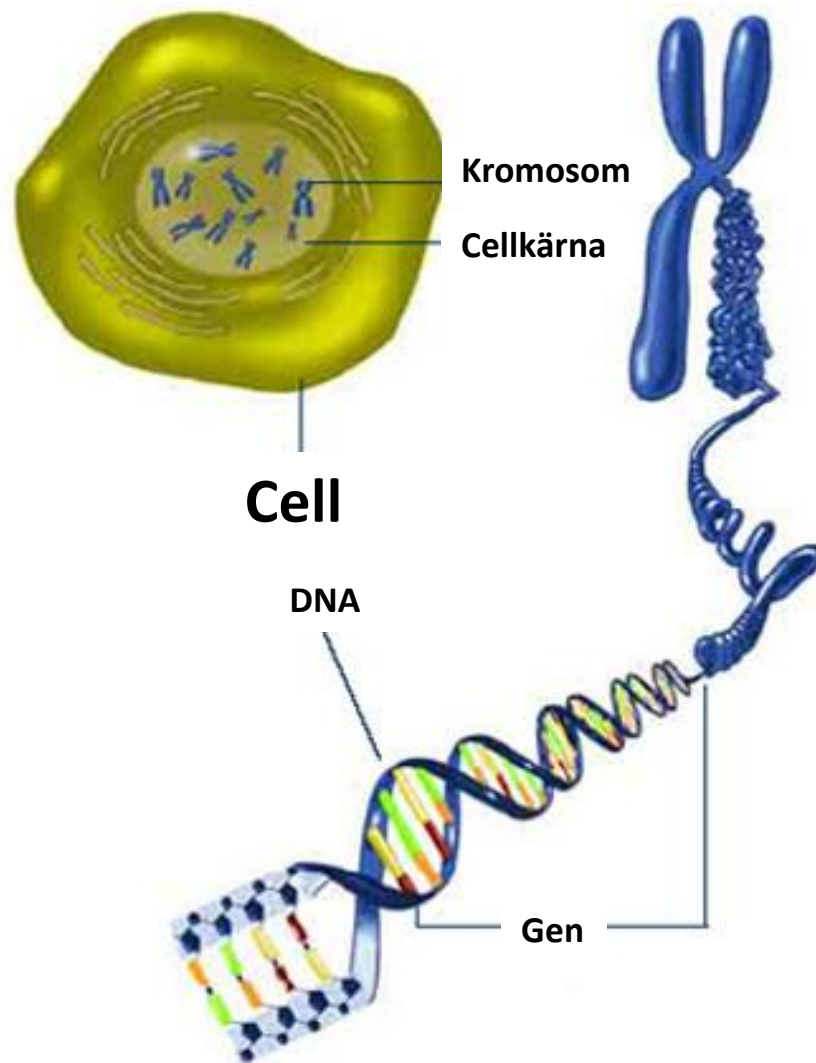
> 50.000 miljarder celler i en människa

# Vi vet också att DNA är den mest känsliga molekylerna för strålskador

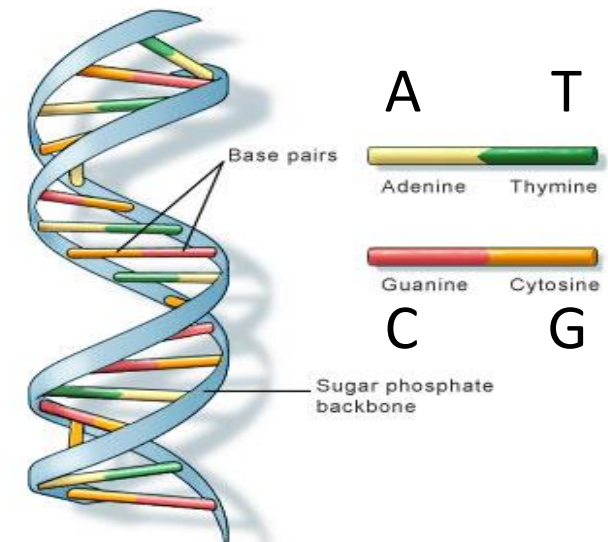


Modifierad från National Institute of General Medical Sciences, NIH

# Vi vet också att DNA är den mest känsliga molekylen för strålskador




## DNA

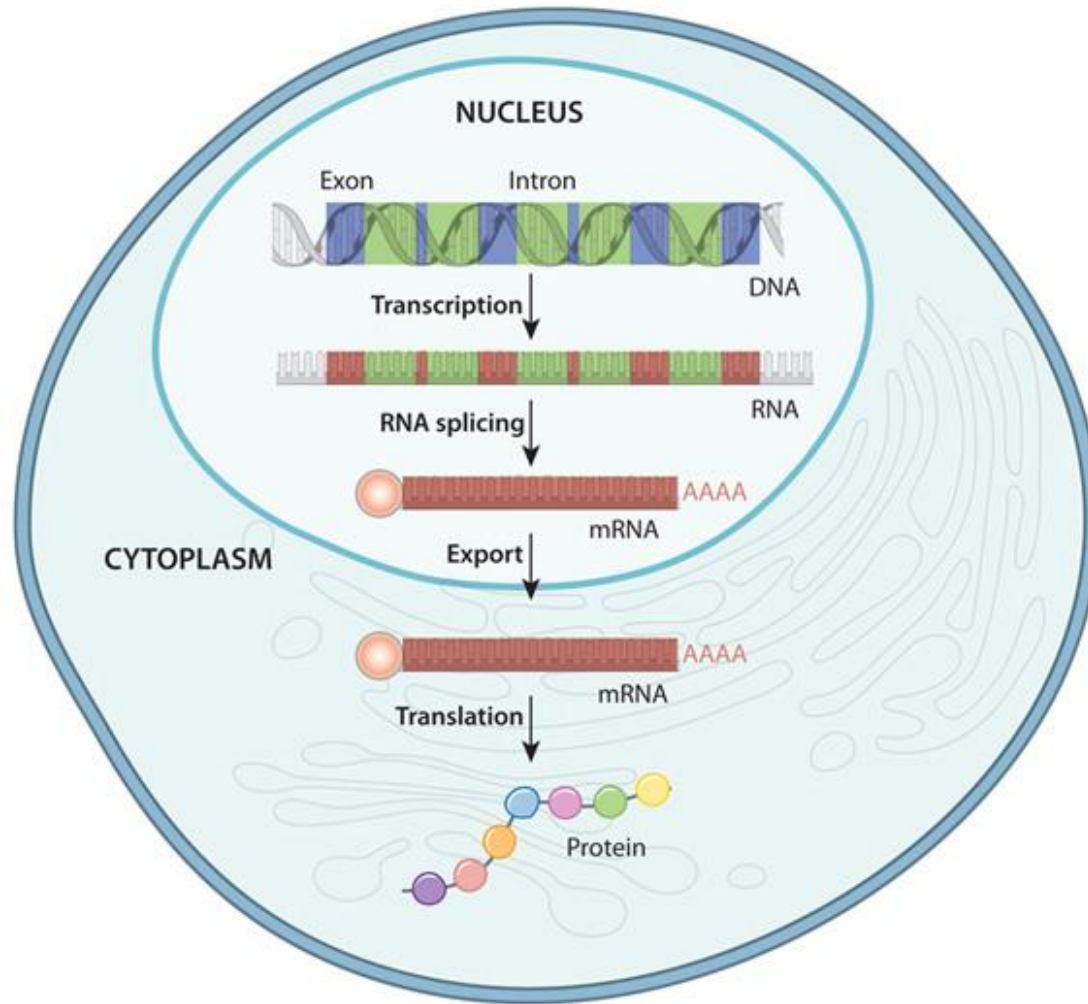


U.S. National Library of Medicine

Modifierad från National Institute of General Medical Sciences, NIH

2m DNA i varje cell!

Gen  protein





# Varför skadas celler och DNA av joniserande strålning?

$$4 \text{ Gy} = 4 \text{ J/kg} \quad \longrightarrow \quad + 0.001^\circ \text{ C}$$

4 Gy motsvarar en mycket liten energimängd!

# Varför skadas celler och DNA av joniserande strålning?

$$4 \text{ Gy} = 4 \text{ J/kg} \quad \longrightarrow \quad + 0.001^\circ \text{ C}$$

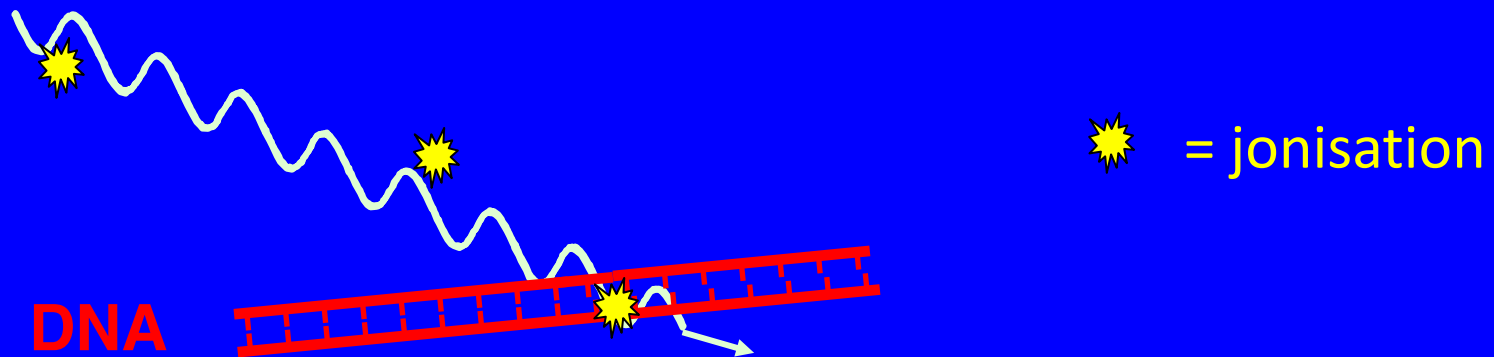
4 Gy motsvarar en mycket liten energimängd!

*MEN:* 4 Gy är en dödlig stråldos!

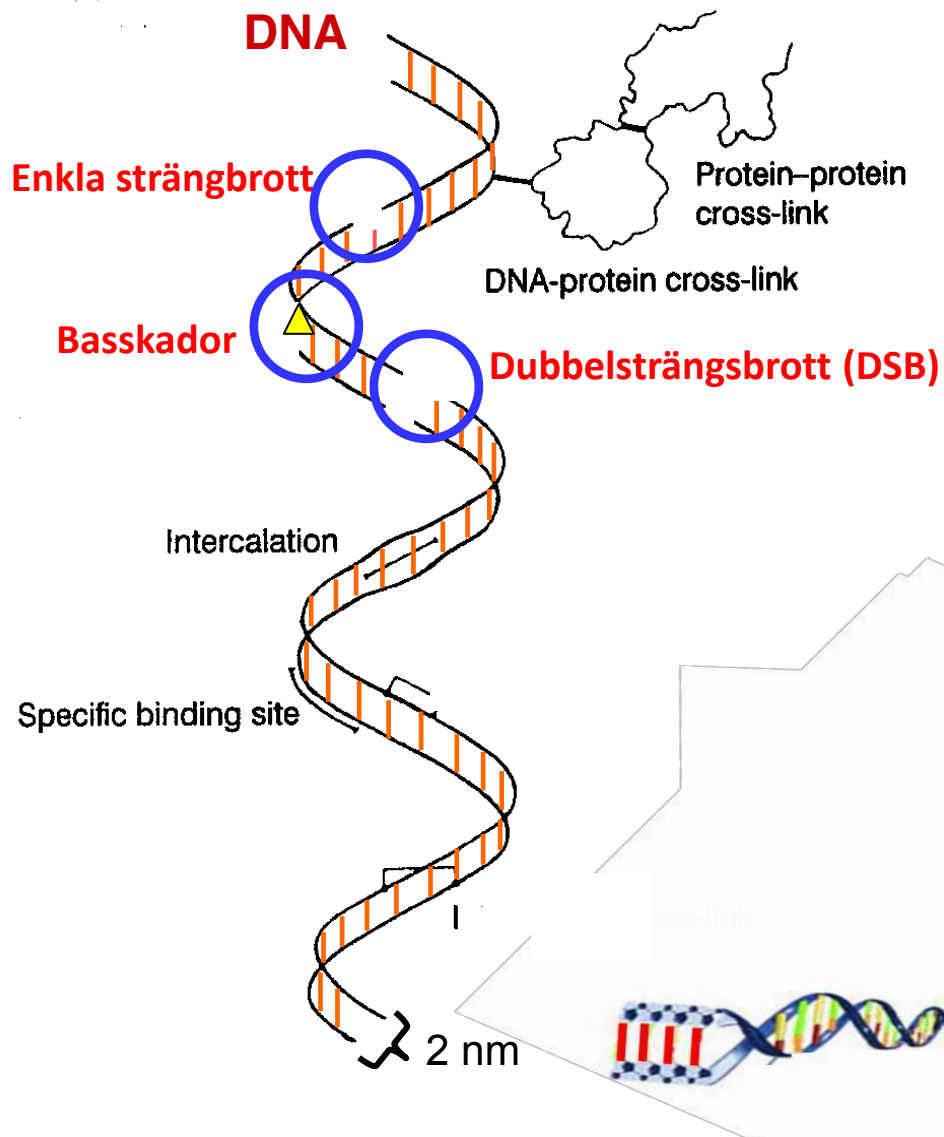
# Varför skadas celler och DNA av joniserande strålning?

4 Gy motsvarar en mycket liten energimängd!  
*MEN:* 4 Gy är en dödlig stråldos!

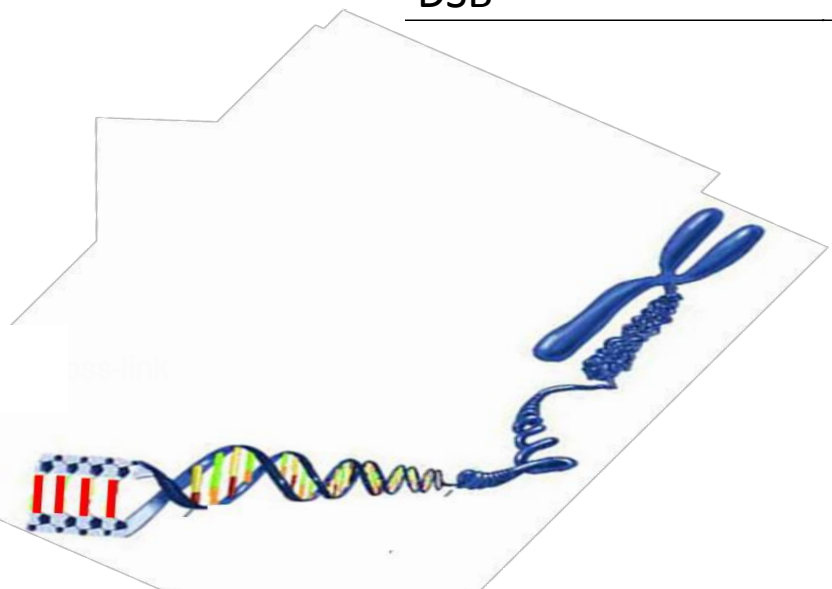
**Joniserande strålning avger energi i stora energipaket som kan jonisera molekyler**



# DNA-skador orsakade av joniserande strålning



DNA-skada	Antal/cell vid 2 Gy ( $\gamma$ - el. X-ray)
Basskador	2000
Enkla strängbrott	2000
DSB	50



Enkla strängsbrott och basskador orsakar normalt inga problem för cellen. Dessa repareras snabbt och noggrant.

> 50.000 enkla skador bildas normalt per dag i varje cell

Enkla strängsbrott och basskador orsakar normalt inga problem för cellen. Dessa repareras snabbt och noggrant.

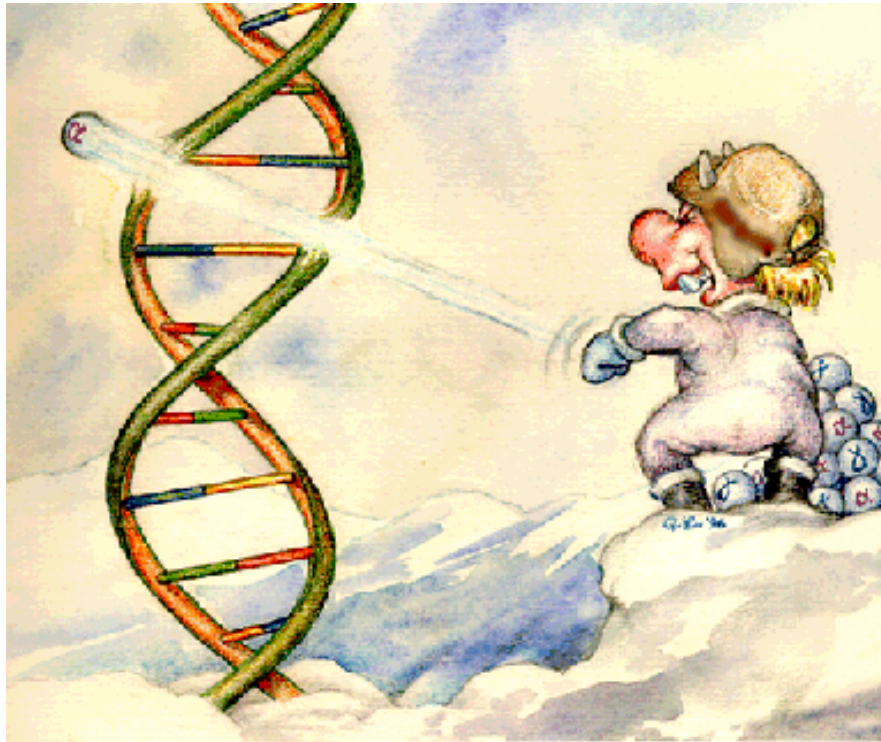
**-BER (base excision repair)**

**-NER (nucleotide excision repair)**

**-Mismatch repair**

> 50.000 enkla skador bildas normalt per dag i varje cell

# Dubbelsträngsbrott (DSB) kan däremot orsaka stora problem för cellen!



Även olika typer av kemikalier kan orsaka DSB

# De flesta dubbelsträngsbrotten (DSB) repareras av cellen

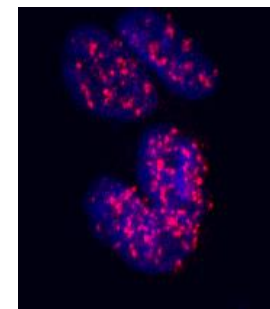
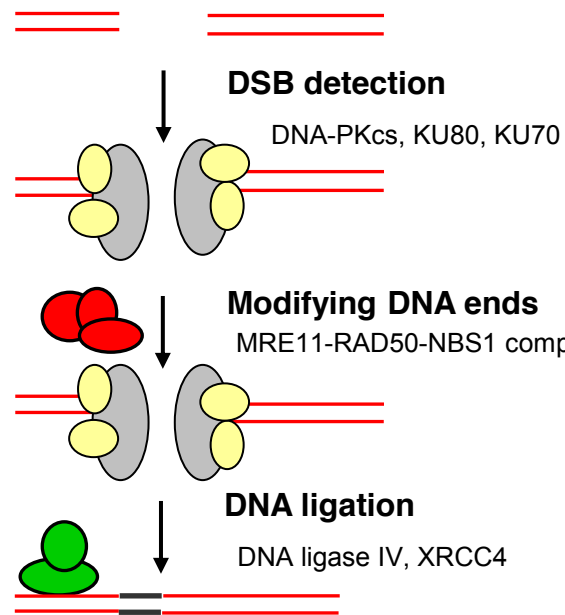
DNA-fragment



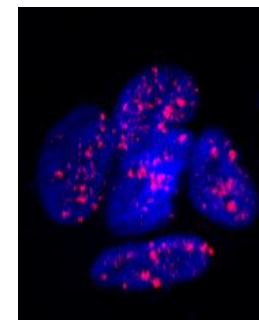
Reparation



DSB



Reparation



**DNA**  
**Dubbelsträngsbrott**

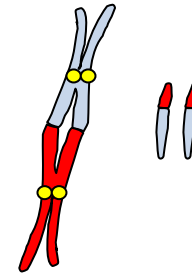


# Oreparerade eller felreparerade DSB leder till bestående DNA-skador: kromosomskador

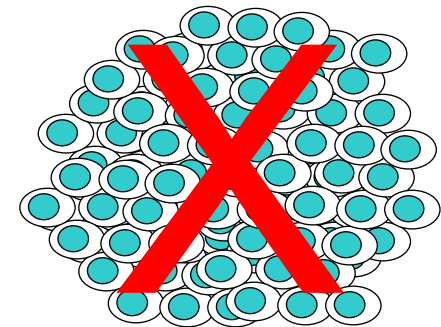
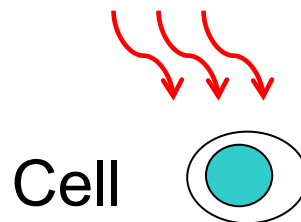
  
Dubbelsträngsbrott  
på DNA

Reparation

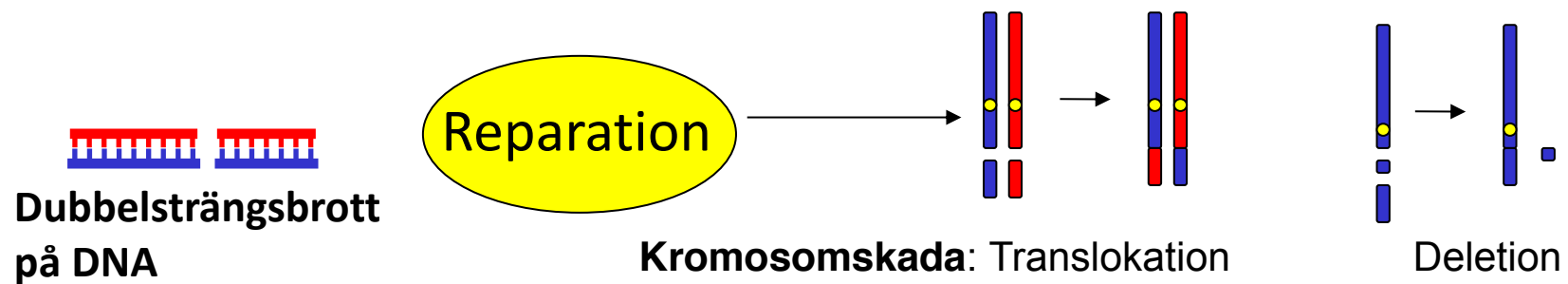
Kromosomskada:  
dicentrisk kromosom



Cellen klarar inte att dela sig  
(akut celledöd)

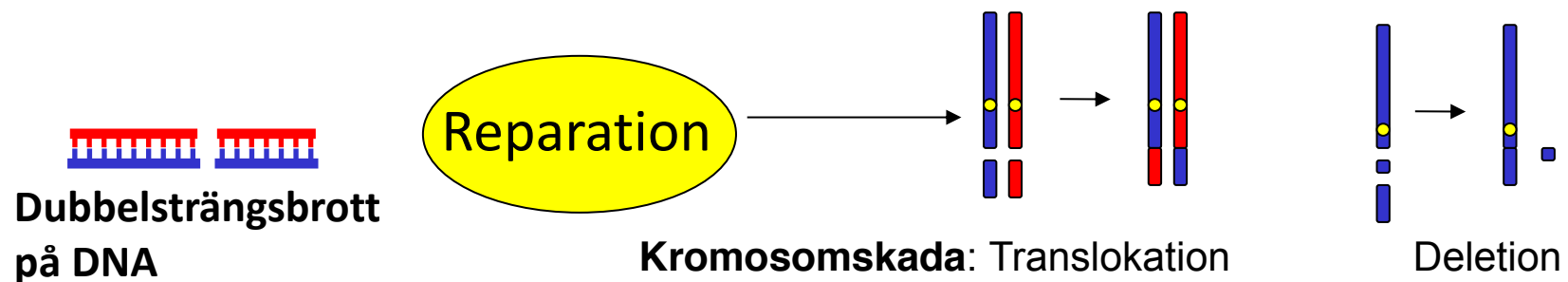


# Oreparerade eller felreparerade DSB leder till kromosomskador



Cellen överlever och kan dela sig

# Oreparerade eller felreparerade DSB leder till kromosomskador



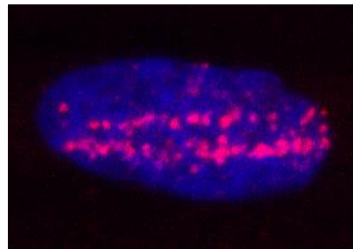
Cellen överlever och kan dela sig

**Långsiktiga risker: cancer?**

# Olika typer av joniserande strålning: $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$

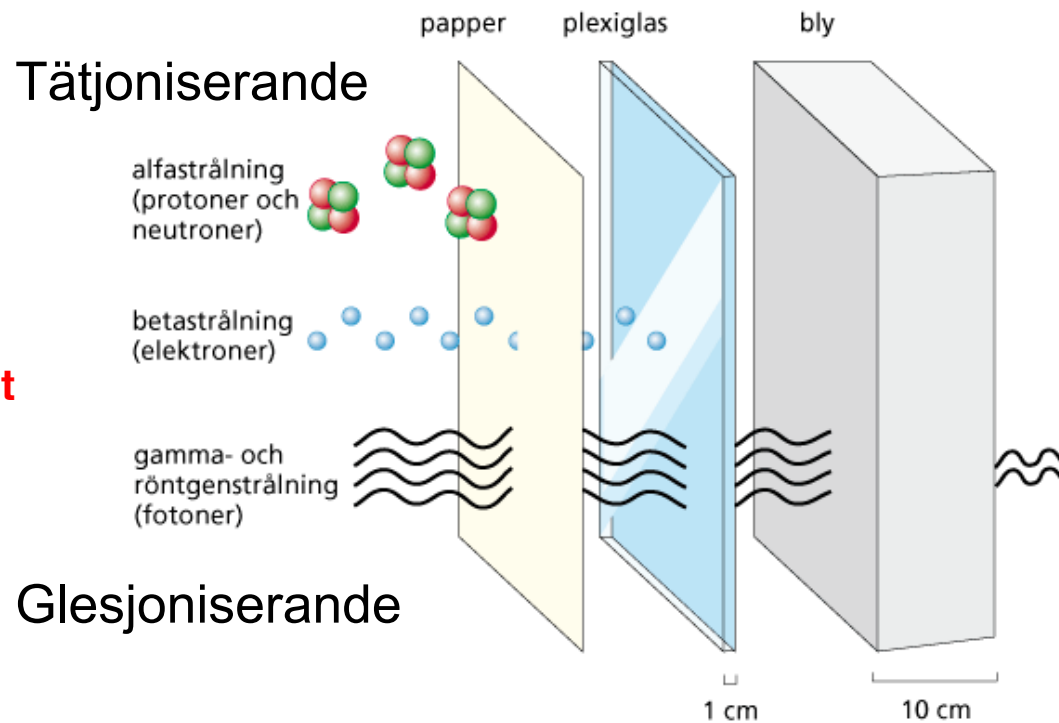
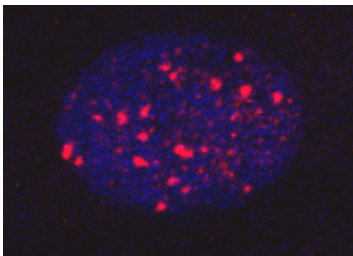
*-naturligt från sönderfallande atomkärnor*

- olika räckvidd
- olika biologisk risk



**DNA**

**Dubbelsträngsbrott**



Joniserande strålning kan leda till akuta effekter på celler och vävnad:

-celldöd

-tumörterapi

**Dubbelsträngsbrott på DNA är orsaken**

Joniserande strålning kan leda till sena effekter på vävnad:

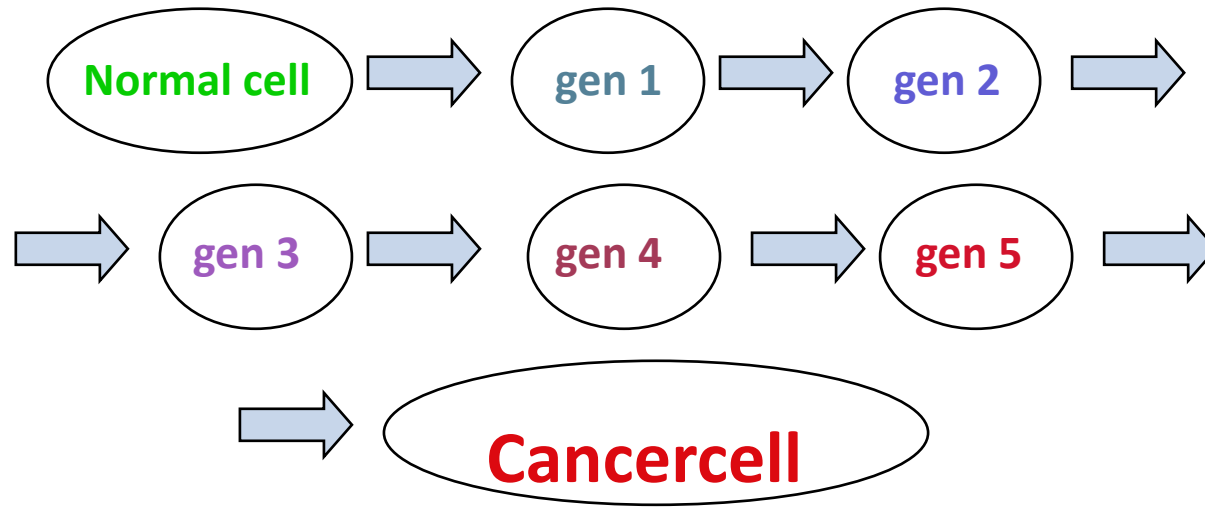
-cancerrisk

-långsiktiga effekter (ej cancer)

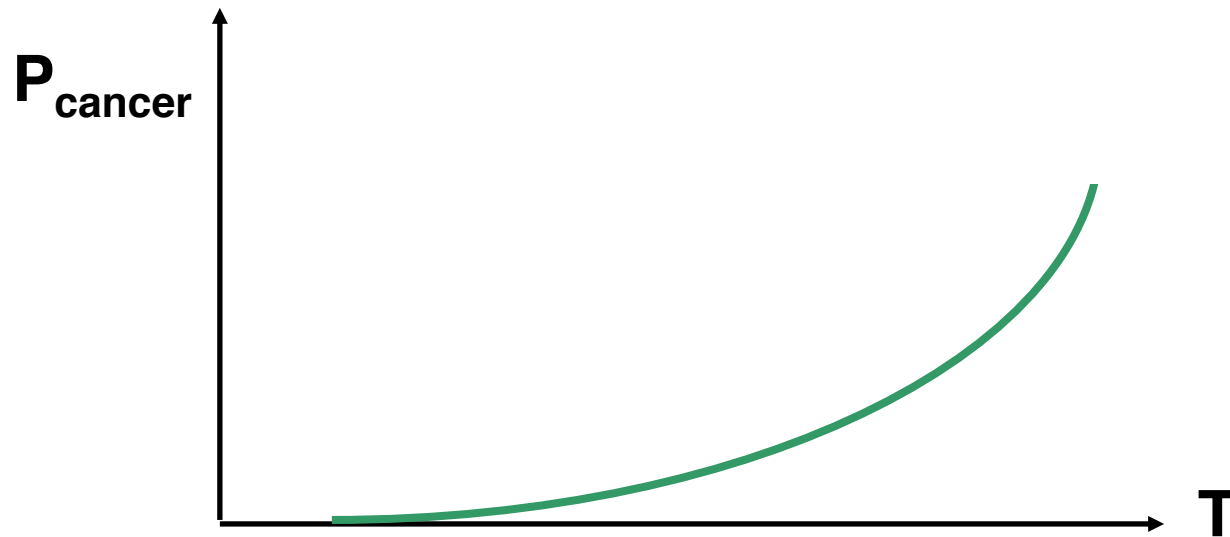
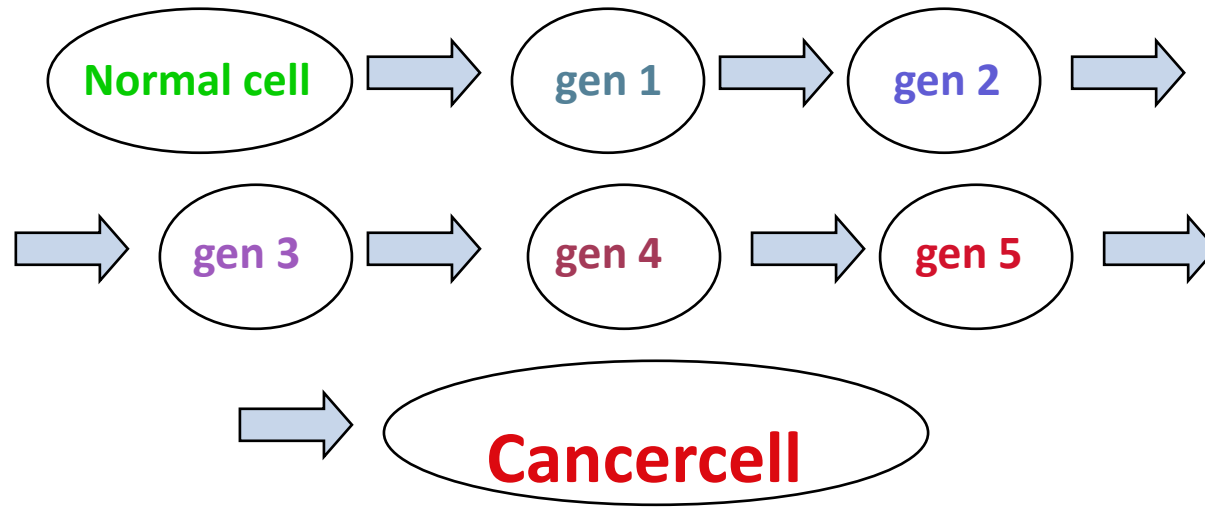
- hjärta-kärl
- hjärnan

**Dubbelsträngsbrott på DNA är orsaken (?)**

# Canceruppkomst kräver många genetiska förändringar

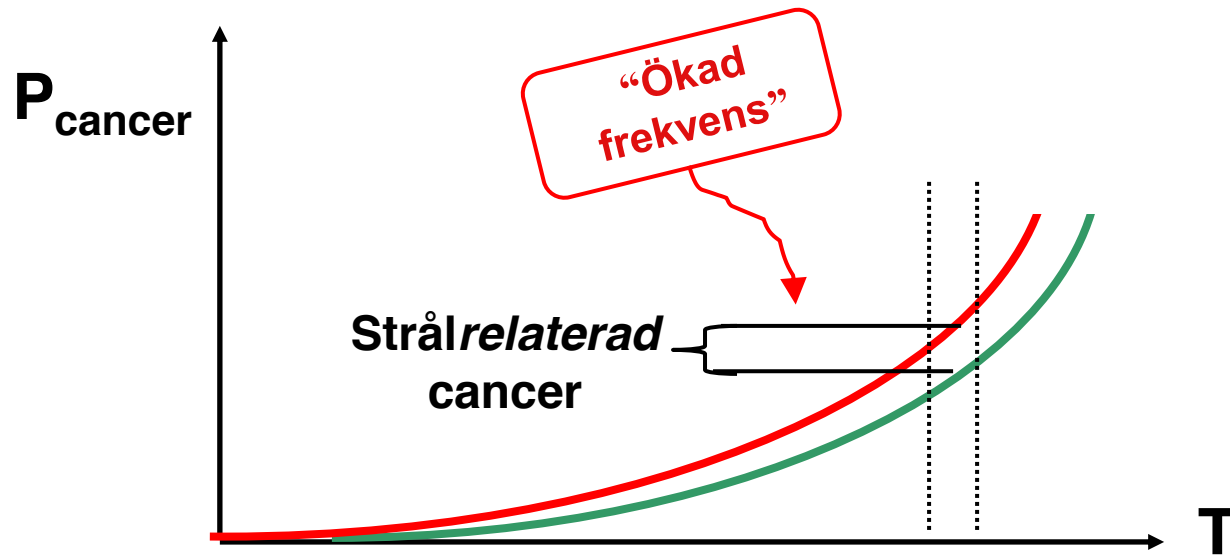
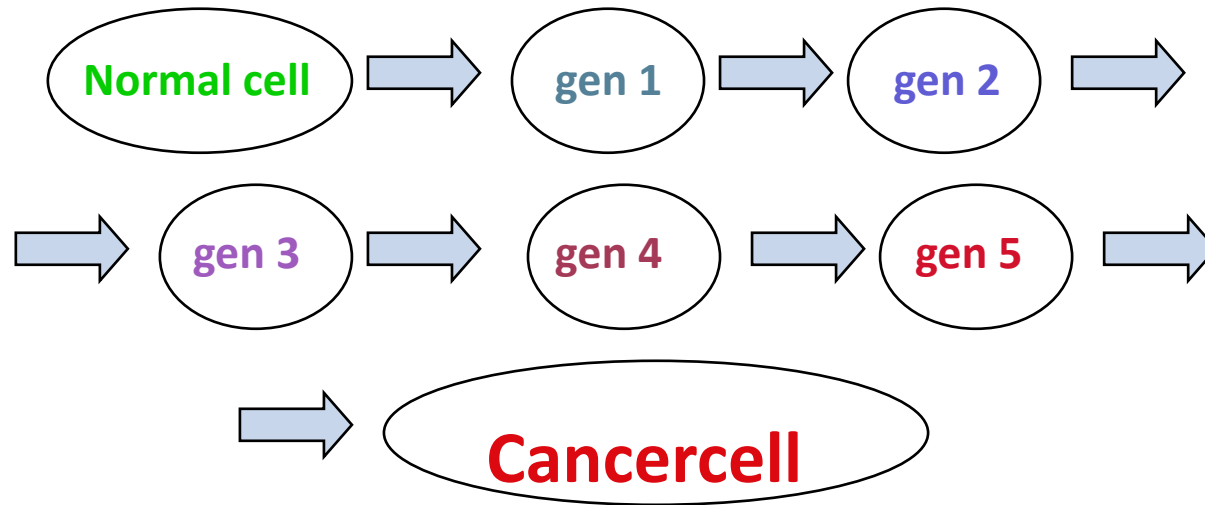


# Canceruppkomst kräver många genetiska förändringar





# Canceruppkomst kräver många genetiska förändringar



# Joniserande strålning kan leda till sena effekter på vävnad:

-cancerrisk

-långsiktiga effekter (ej cancer)

- hjärta-kärl
- hjärnan

**Dubbelsträngsbrott på DNA är orsaken (?)**

Effekter på hjärnan

-kognitiva störningar



# Effekter på hjärnan

## -kognitiva störningar



- Hjärnans utvecklingsfas särskilt känslig
- Samverkan strålning och kemikalier/läkemedel?



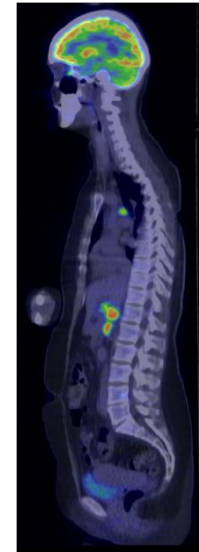
[Benedict Campbell, Wellcome Images]

# Summering

- DNA är den mest känsliga molekylen för strålskador
- Dubbelsträngsbrott på DNA är den mest kritiska skadan: celledöd
- DNA-skador kan också ge ökad cancerrisk
- Långsiktiga effekter på vitala organ

# Summering

- DNA är den mest känsliga molekylen för strålskador
- Dubbelsträngsbrott på DNA är den mest kritiska skadan: celledöd
- DNA-skador kan också ge ökad cancerrisk
- Långsiktiga effekter på vitala organ



Joniserande strålning ett fantastiskt hjälpmedel i diagnostik och terapi!

