



50 ÅR
AV NYTÄNKANDE

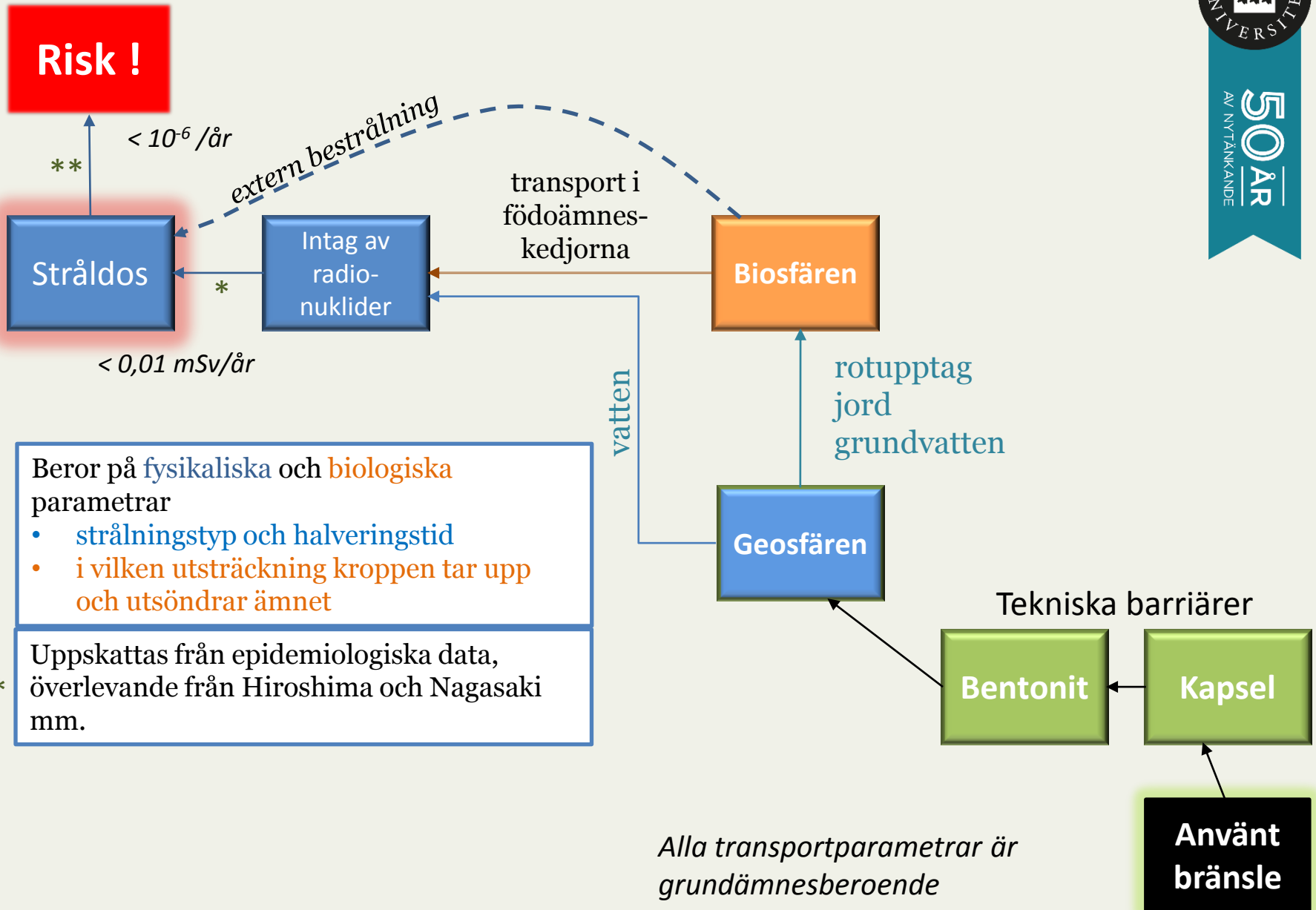
Vad kan vi lära oss från
händelser som lett till
spridning av radionuklider
i miljön?

Lennart Johansson

Att härleda risken



50 ÅR
AV NYTÄNKANDE





50 ÅR
AV NYTÄNKANDE

Jämförelse av exponeringen

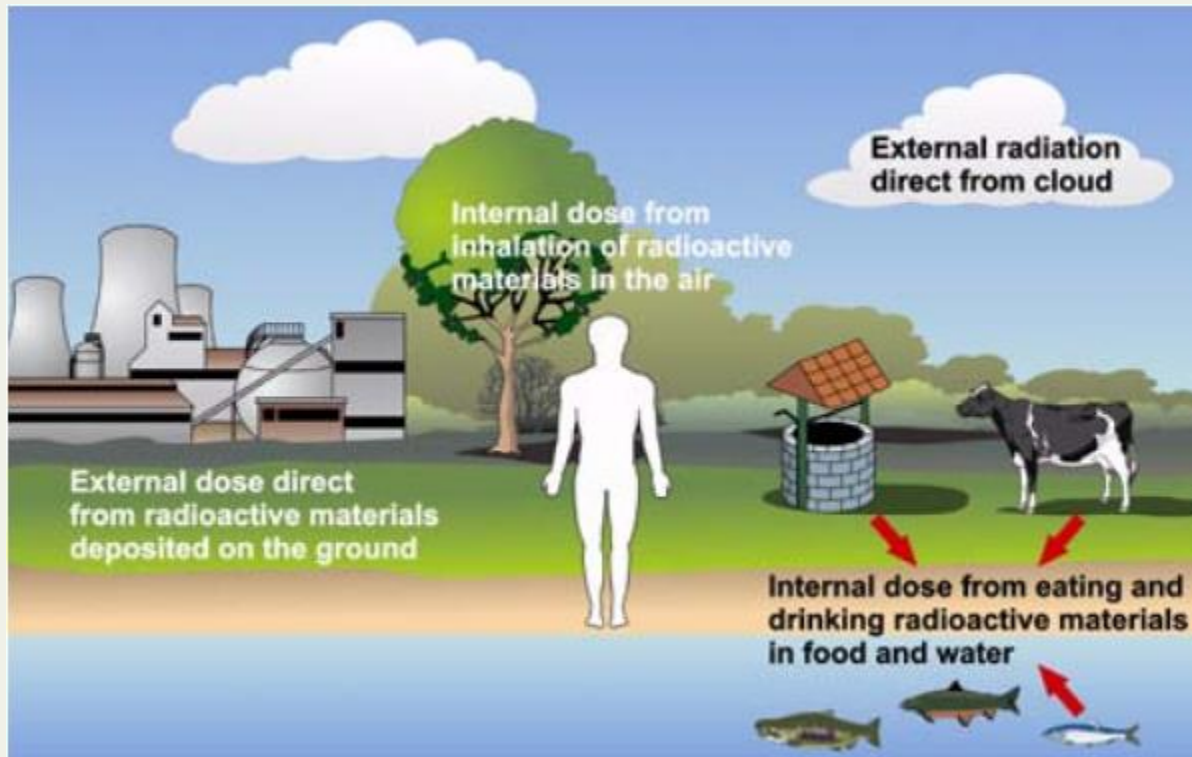
Atombombsoffren

- Hög dos (100 - 1000 mSv)
- Kortvarig (< 1 s)
- Extern strålning
- Neutroner

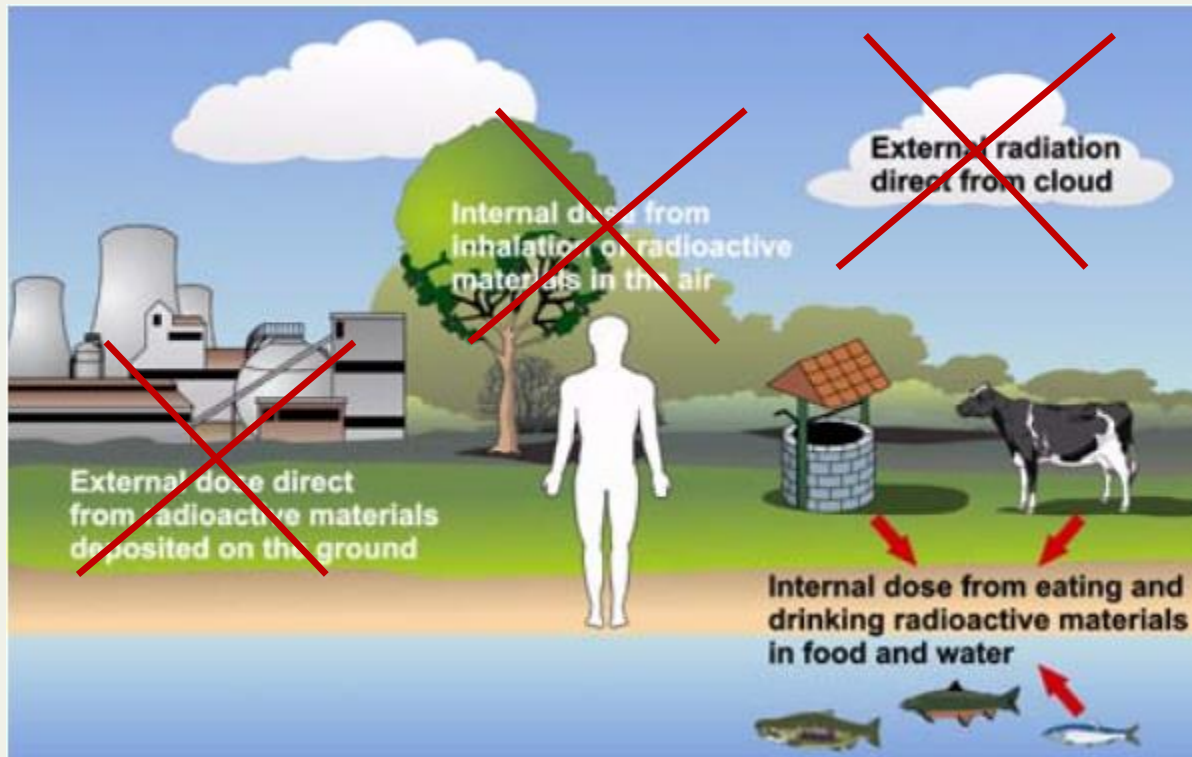
"Kritisk grupp" vid slutförvaret

- Låg dos (< 10 mSv/år)
- Kronisk, sakta växande
- Intern strålning, härrör från källa inne i kroppen
- Alfastrålning

Exponeringsvägar, nedfall



Exponeringsvägar efter "kapselbrott"





50 ÅR
AV NYTÄNKANDE

Skillnader, utsläpp från slutförvaret eller efter olycka

- Strålkällans ursprung och medium i vilken den sprids initialt
 - Grundvatten – Luft eller ytvatten
- Vägen in i växter och djur
 - Enbart rotupptag – Upptag via klyvöppningarna kan ha betydelse
 - Via föda och dricksvatten – Inhalation kan ha stor betydelse
- Radionuklidsammansättning
 - Långlivade fissionsprodukter och aktinider – medelkortlivade radionuklider
 - exempel [^{99}Tc , ^{129}I , ^{241}Am] – [^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr]



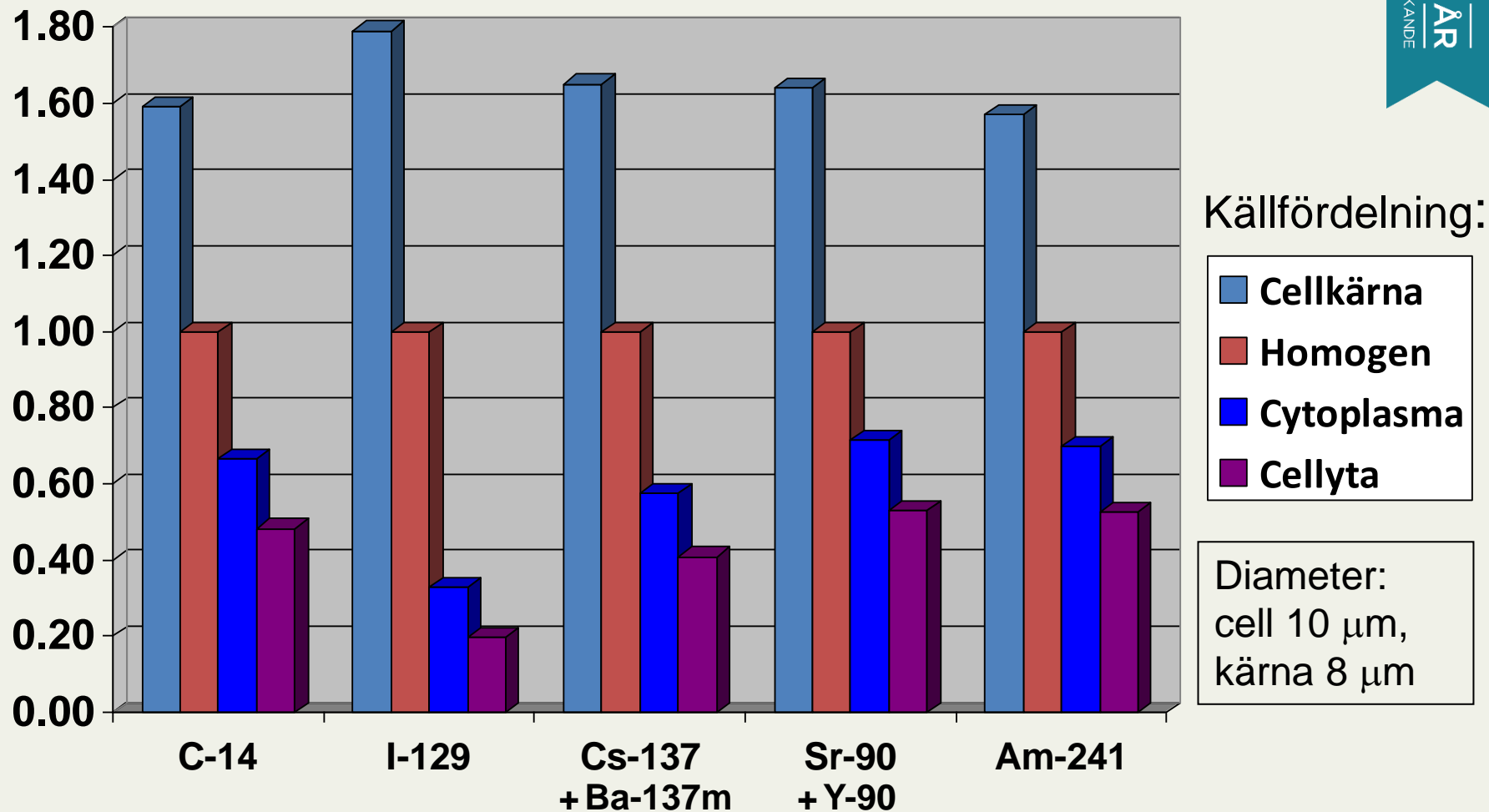
50 ÅR
AV NYTÄNKANDE

Likheter, utsläpp från slutförvaret eller efter olycka

- Intern exponering har betydelse
- Utdraget i tiden
- Stråldosen påverkas av hur pass lätttrörlig en radionuklid är i biosfären

Dos till cellkärnan

jämfört med en homogen fördelning i cellen





50 ÅR
AV NYTÄNKANDE

Vad har hänt?

Olyckor - att lära sig av?

- Windscale (numera Sellafield) 1956
 - **Mayak, Ozyorsk 1957** ←
 - TMI, Harrisburg 1979
 - **Tjernobyli 1986** ←
 - Fukushima 2011
-
- Störtade kärnvapenbestyckade flygplan – Pu-239
 - På havsisen utanför Thule, Grönland, 1968
 - Palomares, Spanien, 1966
 - U-båtar (?)
 - Goiania (herrelös ^{137}Cs strålkälla), 1987
 - ...



50
ÅR
AV NYTÄNKANDE

Vad har hänt?

Avsiktliga utsläpp - att lära sig av?

- Nedfall från kärnvapentester 1950 och -60 talen
 - *Lokalt: Semipalatinsk, Nevada, Marshallöarna, Maralinga*
 - *Globalt*
- Mayak, Techa floden
- Störtande satelliter



50 ÅR
AV NYTÄNKANDE

Vad kan man lära från nedfall?

av relevans för slutförvar

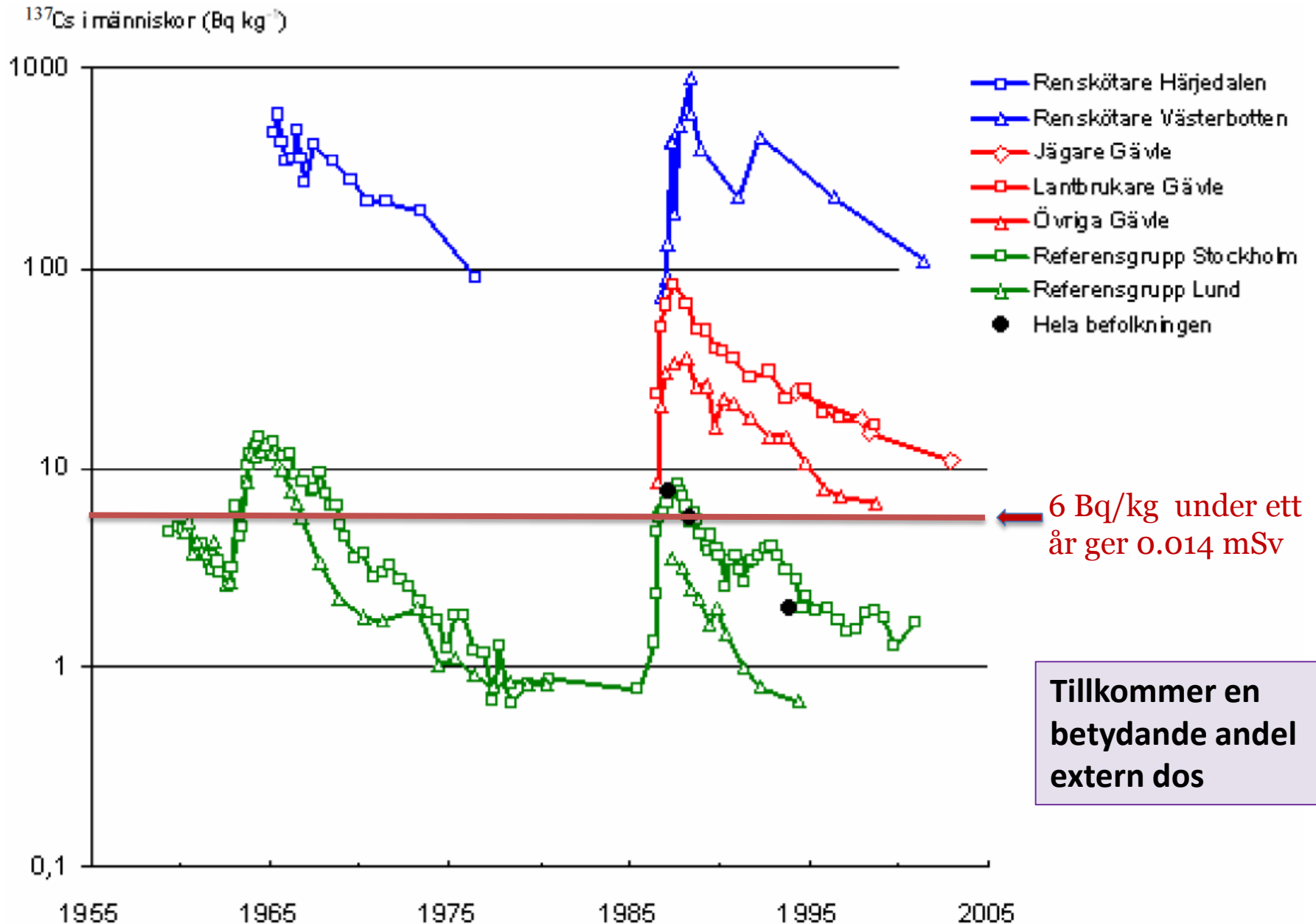
- Effekt på människa +
- Effekt på biota ++
- Transport i biosfären +++
- Spridning av radionuklider i atmosfären globalt och regionalt --
- Spridning av radionuklider i haven -
- Upptag och omsättning i människa ++
- Transport i födoämneskedjan (upptagsfaktorer) ++

Tjernobyli



- Lokal, regional och superregional spridning
- Jod-131; tyreoidcancer, intas via komjölk (närområdet)
- Cs-137; överförs effektivt till födoämnen
- Inhalation av "heta partiklar"
- Höga stråldoser till saneringsarbetarna

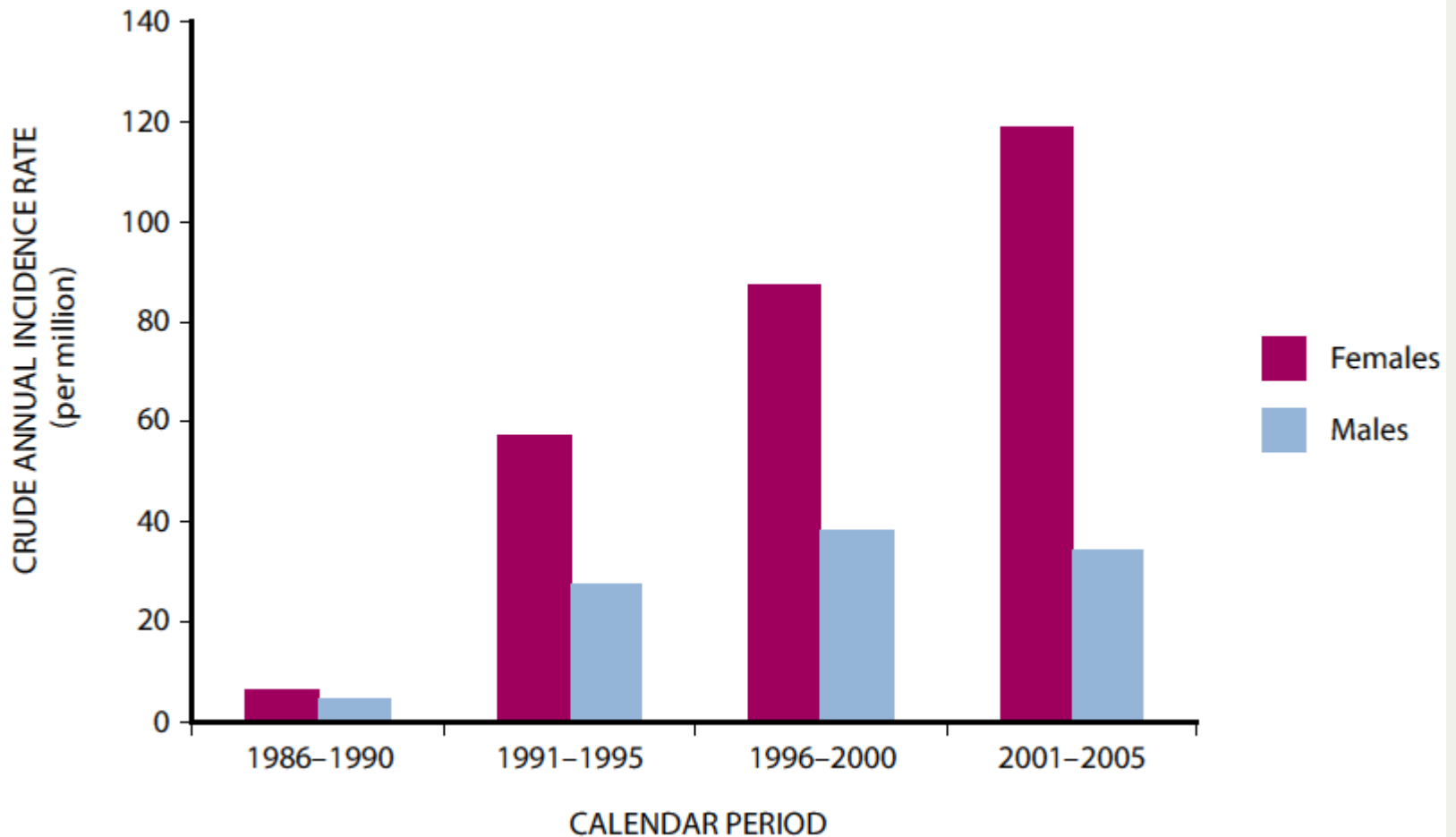
Nedfall av Cs-137 över Sverige





50 ÅR
AV NYTÄNKANDE

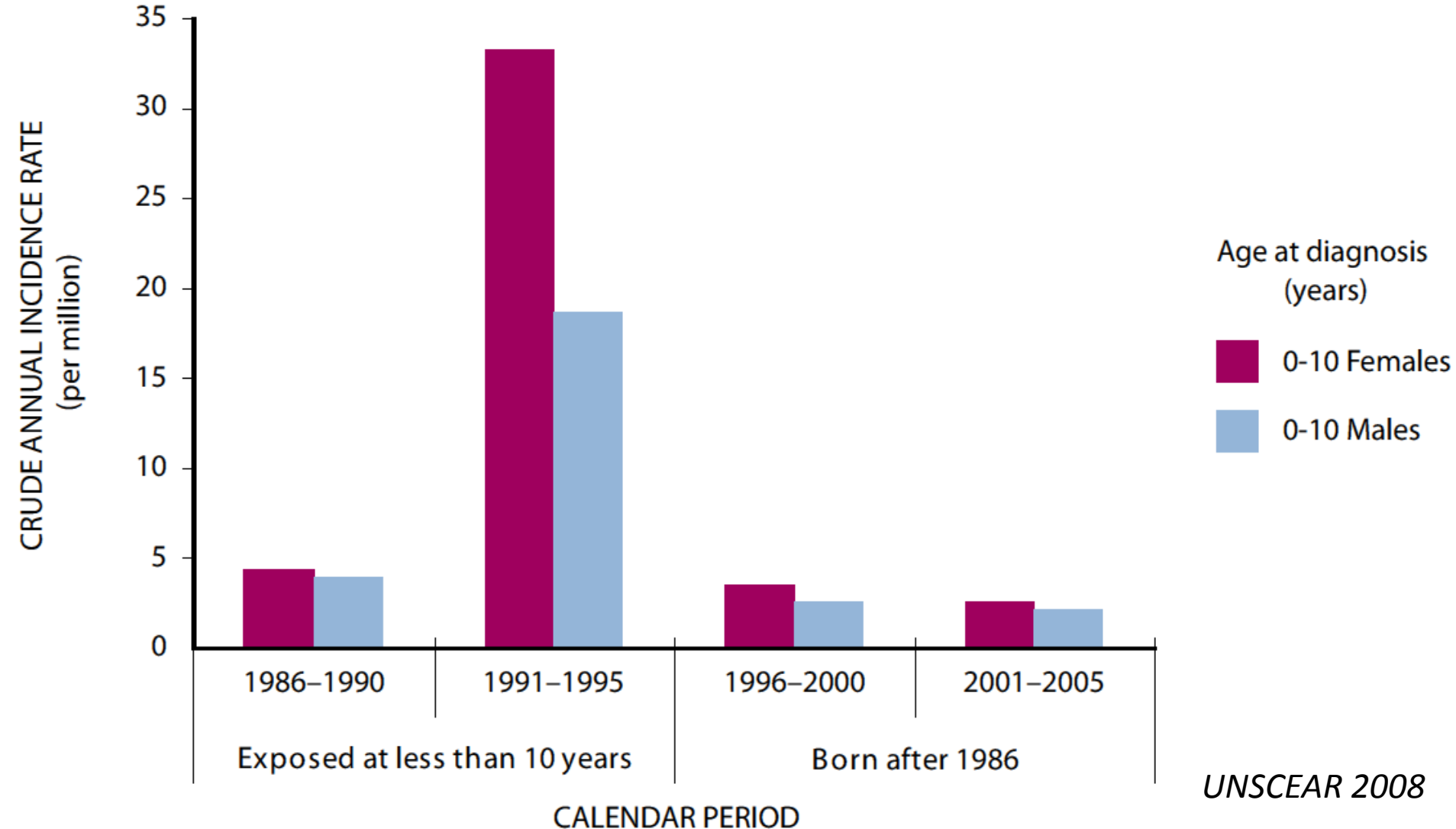
Tyreoideacancer hos individer som, i april 1986, var <18 år, Vitryssland





Tyreoidecancer hos barn i Vitryssland

radioaktivt jod; gräs → ko → mjölk



UNSCEAR 2008



50 ÅR
AV NYTÄNKANDE

Risken för tyreoideacancer – relevans för slutförvaret?

- **Tjernobyl** – tyreoideadosen i huvudsak från ^{131}I ($T_{1/2}$: 8 d) och ^{132}I med ännu kortare halveringstid
- **Slutförvaret** - ^{129}I ($T_{1/2}$: 16 milj. år) är en av de fissionsprodukter som ger ett signifikant bidrag till dosen, i ett ”läckagescenario”. Denna är relativt lätttröglig i biosfären.
- Skillnaden i halveringstid ger en skillnad i stråldos för samma mängd
- $1 \mu\text{g } ^{131}\text{I} \rightarrow 2000 \text{ Gy till tyreoidea}$ (*färskt nedfall*)
- $1 \mu\text{g } ^{129}\text{I} \rightarrow 0.01 \text{ mGy till tyreoidea}$ (*slutförvaret*)

Mayak.

Kyshtym, Ozyorsk c:a 70 km från Chelyabinsk



- Utsläpp i Techa floden 1949-56
- Termisk explosion i avfallstank i Kyshtym 1957. Kraftig lokal kontaminering
- Spridning av aktivitet från uttorkad kontaminerad sjö 1967. Medeldos på 13 mSv till 4800 personer



Möjlighet att studera

- effekten av kroniskt låga doser
- effekten av höga stråldoser till växtlighet

Okänt för väst fram till tidigt 70-tal

"Mayak health report" Rapport 2008:3 från Statens strålevern (Norge)

Floden Tеча

Efter doser på 35 – 1700 mSv
evakuerades, 1953-60, cirka
7500 personer

Techa River Cohort 30000
personer

$D_{\text{medel, benmärg}}$ 66 mSv/år
varav 90 % från Sr-90

Krestina 2013: Leukemi
Ökad risk med 22 % vid
100 mSv (\approx ICRP)



50 ÅR
AV NYTÄNKANDE

Leukemi

några nyligen publicerade riskuppskattningar

Studerad grupp	ERR per 100 mGy	Författare och tidskrift	Publ. år
Boende vid Tеча	0,22	Krestinina m.fl. Brit. J. Cancer	2013
Överlevande från atombomberna	0,08	Hsu m.fl. Rad. Res.	2013
Tjernobyl sanerare	0,50	Kesmeniene m.fl. Rad. Res.	2008
Spädbarn, naturlig bakgrund	12	Kendall m.fl. Leukemia	2013
Barn < 22 år, DT-undersökta	M: 3,1 F: 4,2	Pearce m.fl. Lancet	2012

ERR (Excess relative risk) per 100 mGy (till benmärg) – ger ökningen av risken relativt den "naturliga förekomsten".

Exempel: ERR = 10 per 100 mGy innebär att vid 1 mGy ökar leukemifrekvensen 10 %.



- Hur förmedla information?
- Sanering
- Spridning av radionuklider i miljön
 - ...
 - ...
- *Fortsättning följer*