

# LA VALUTAZIONE DELLE DOSI ALLA POPOLAZIONE E DELLA RICADUTA SANITARIA IN FRIULI- VENEZIA GIULIA

Maria Rosa Malisan

**CHERNOBYL**  **30**  
ANNI DI  
MONITO-  
RAGGI E  
STUDI IN  
FRIULI  
VENEZIA  
GIULIA  

---

1986  
2016

# Conseguenze sulla salute

- Da subito preoccupazione
- Noti gli effetti delle radiazioni
- Difficile quantificare il rischio!!!



Gazzetta di Parma, 29 aprile 1986



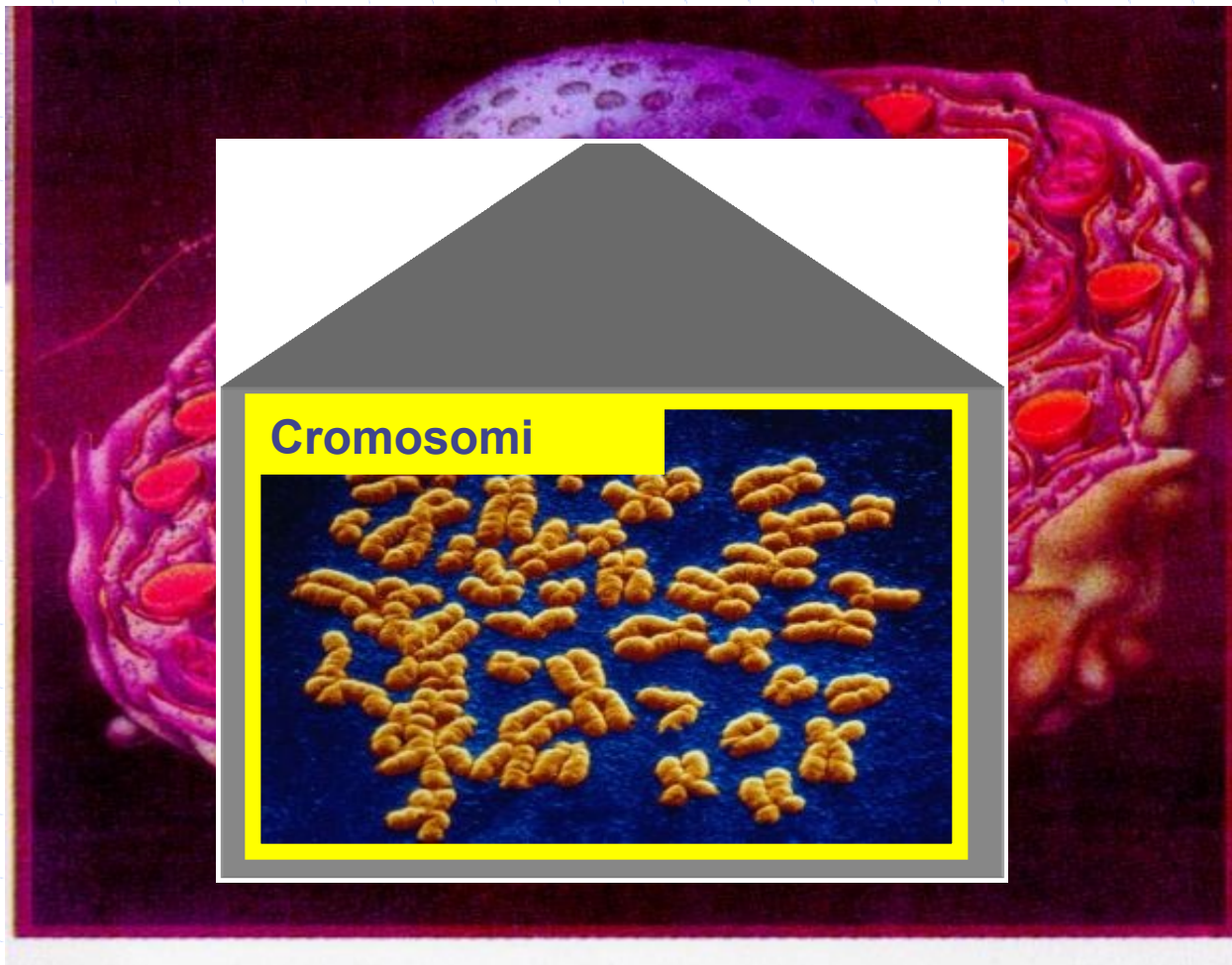
Il Mattino di Padova, 1 maggio 1986

# Effetti delle Esposizioni alle Radiazioni

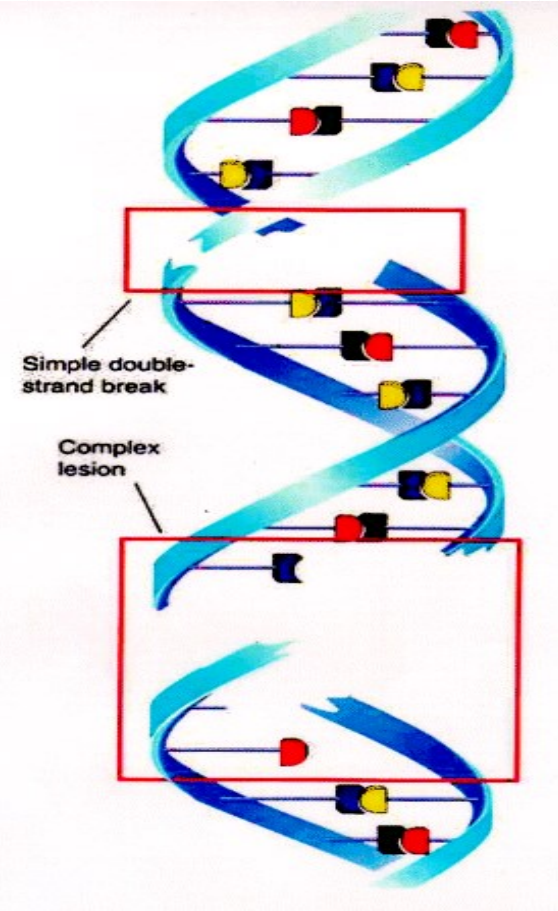
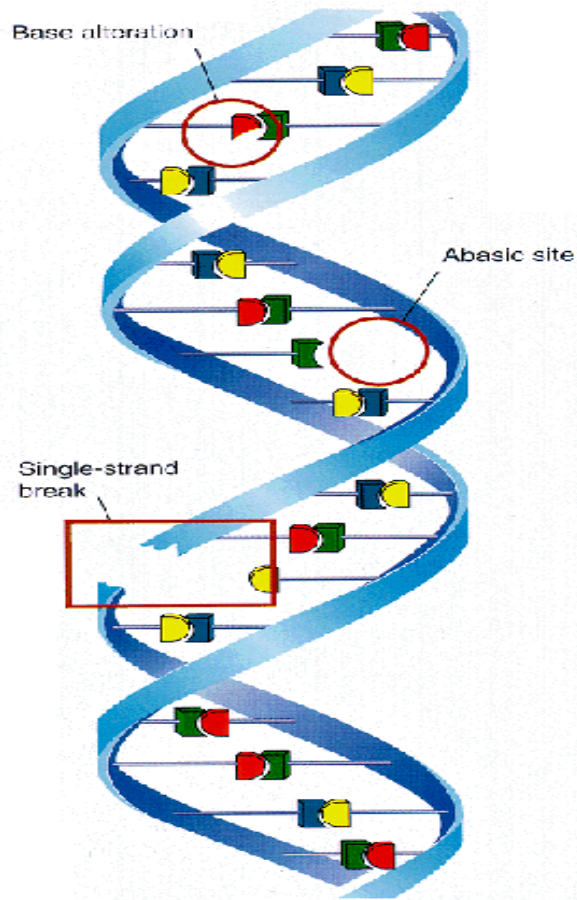
Le informazioni provengono da:

- ✓ studi su soggetti umani (epidemiologia)
- ✓ studi su animali e piante (radiobiologia sperimentale )
- ✓ studi di base delle cellule e dei loro componenti (biologia cellulare e molecolare)

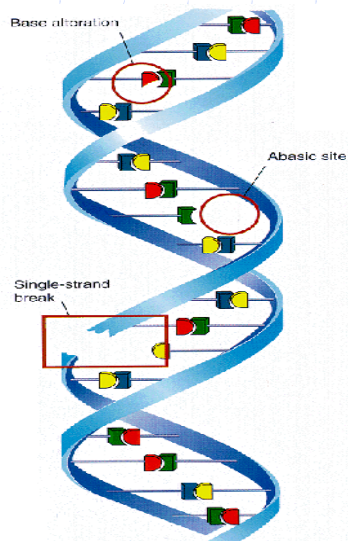
# L' esposizione alle radiazioni colpisce il centro della vita: la cellula



# Il bersaglio critico: il DNA



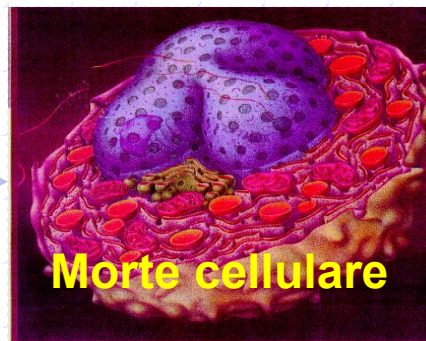
# Esiti dopo l'esposizione cellulare



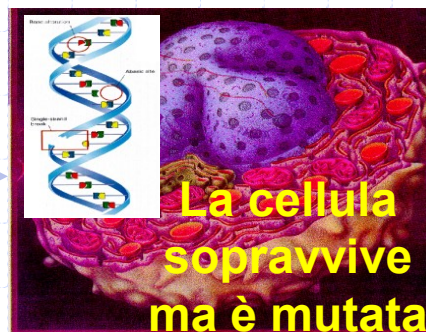
Mutazione del DNA



Cellula vitale

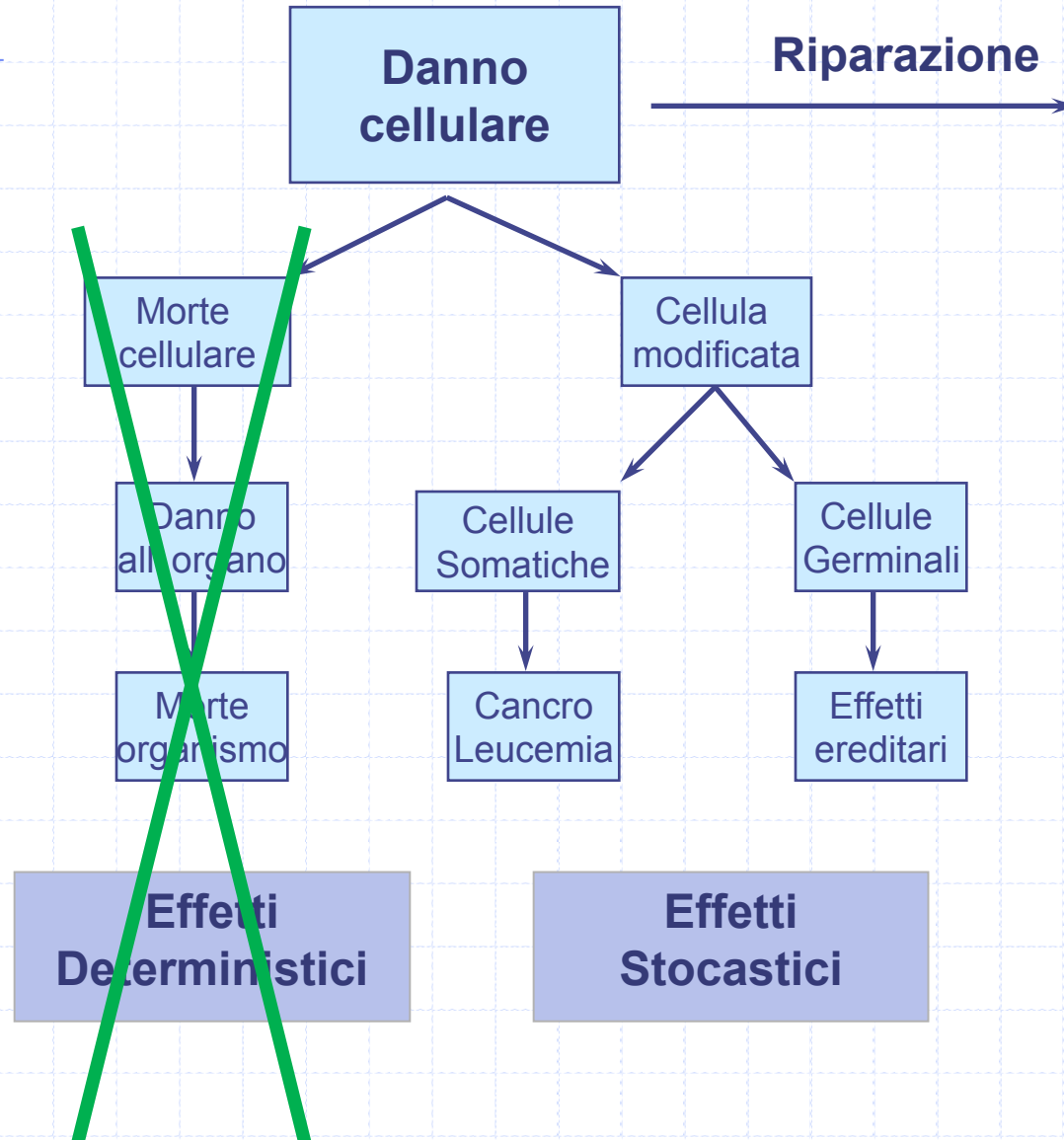


Cellula non vitale

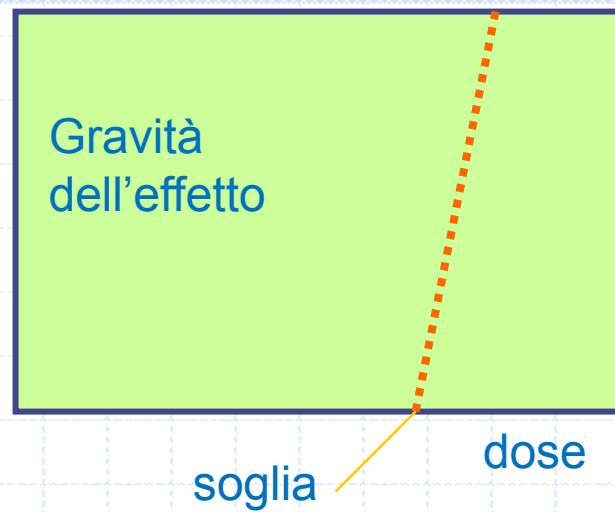


Cancro?  
Effetti ereditari?

# EFFETTI BIOLOGICI



# Effetti Deterministici



- Si manifestano rapidamente dopo l'irradiazione.
- Si osservano ad alte dosi e la loro *gravità aumenta con la dose*.
- Esiste una *dose soglia* al di sotto della quale non si manifestano.





# Effetti Stocastici

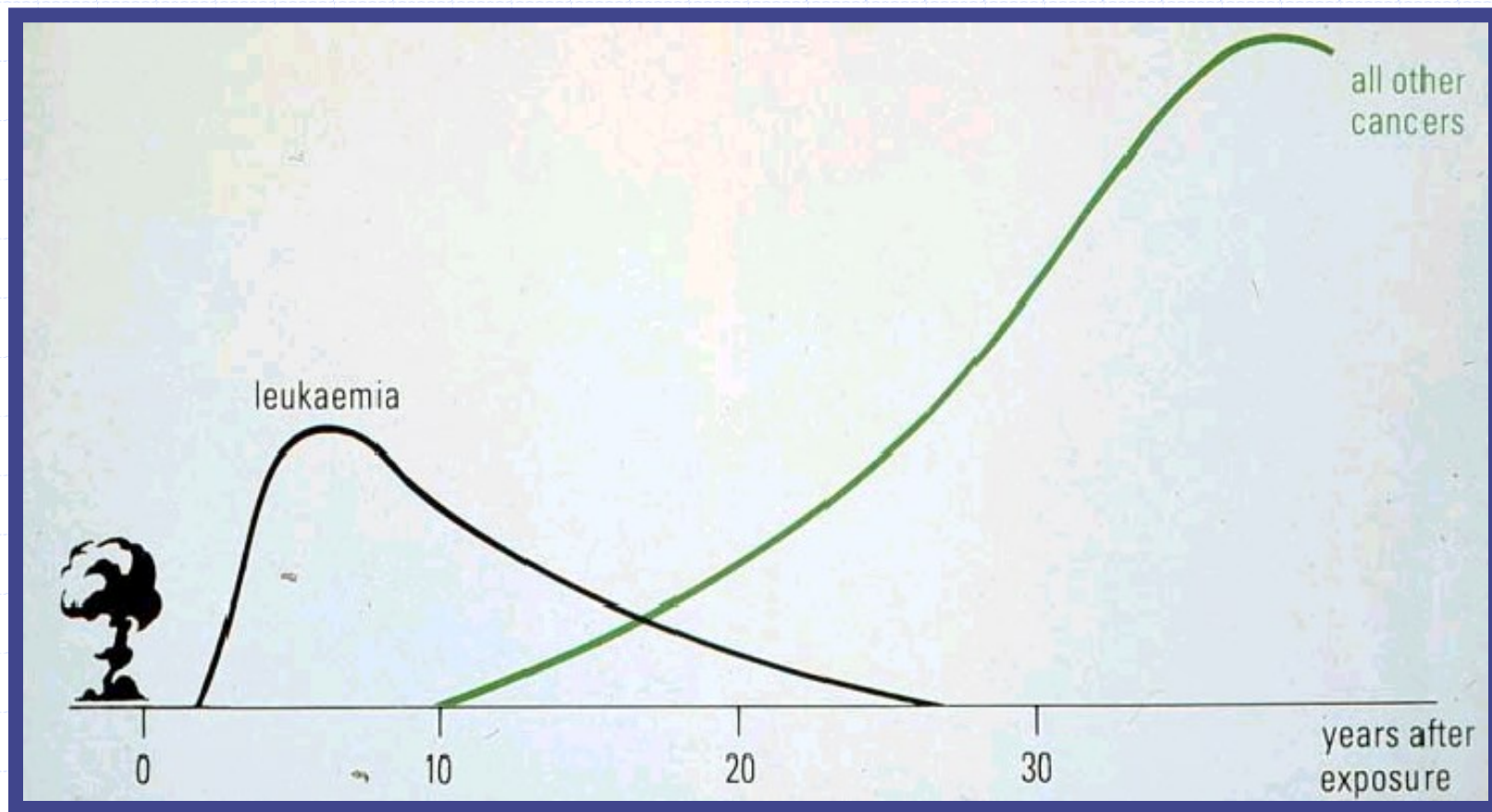
- Si manifestano tardivamente.
- Proporzionale alla dose assorbita non è la gravità del danno, ma la probabilità di subirlo (*rischio*).
- Cancro e leucemia
- Effetti ereditari

# Effetti Carcinogenici

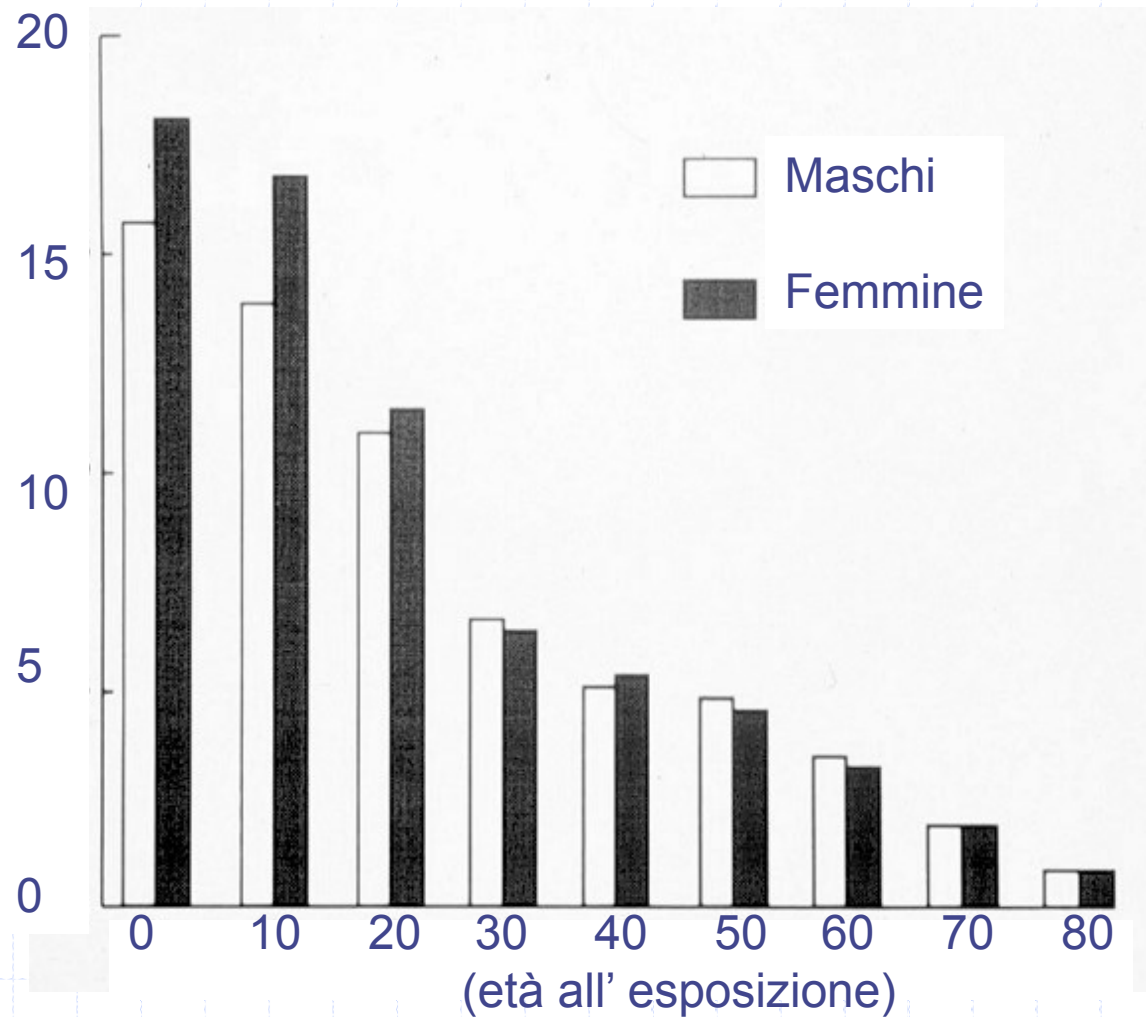
Gli studi compiuti sui sopravvissuti ai bombardamenti atomici mostrano:

- ◆ Un picco del rischio di leucemia 10 anni dopo
- ◆ Il cancro alla tiroide è stato il cancro solido rilevato per primo
- ◆ L'incidenza del cancro alla mammella è stata maggiore nelle donne giovani rispetto a quelle più anziane
- ◆ Altri cancri, con un tempo di latenza fino a 30 anni, hanno riguardato polmone, stomaco, colon, vescica ed esofago

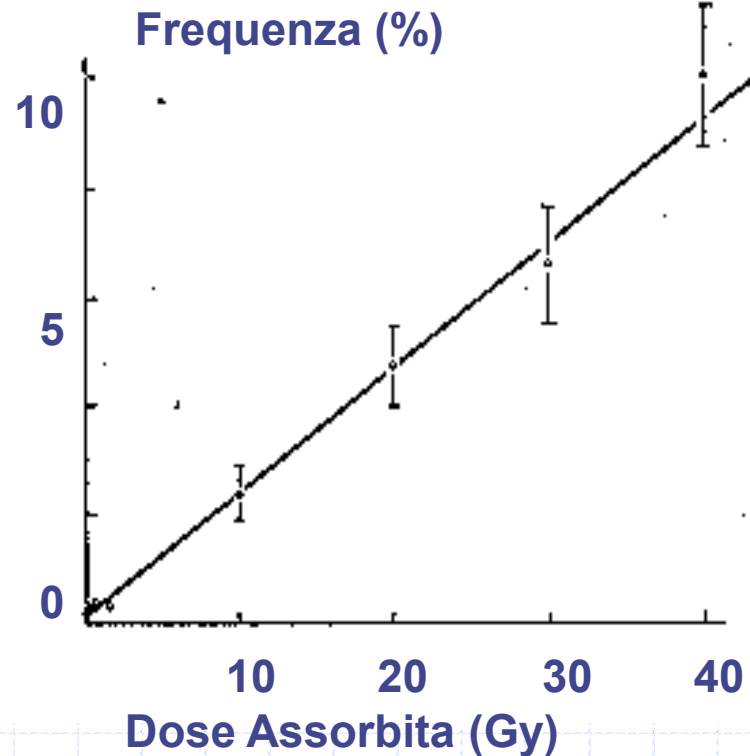
# Incidenza di Cancro nel Tempo successivo ai Bombardamenti Atomici



# Rischio di Cancro per sesso e per età all'esposizione



# Effetti Ereditari



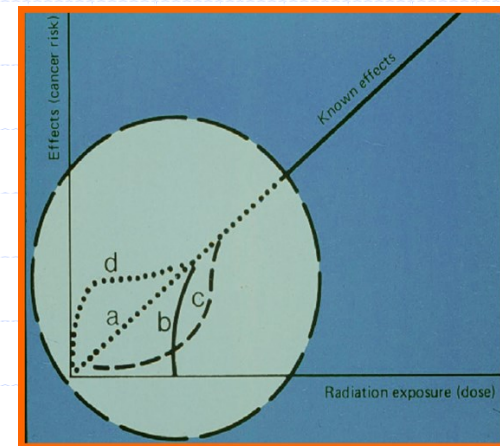
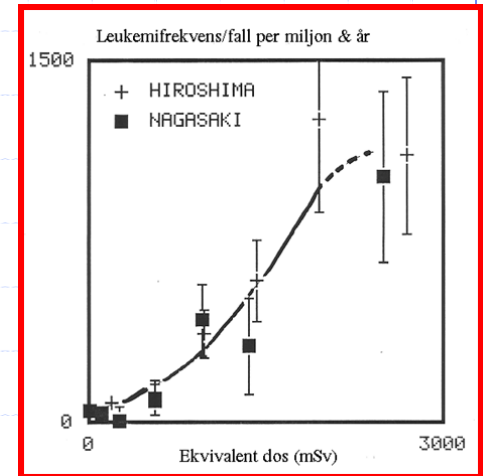
Le radiazioni ionizzanti causano mutazioni ereditabili in molti animali e piante, ma studi intensivi di 70.000 discendenti dei sopravvissuti ai bombardamenti atomici non sono riusciti a identificare un aumento significativo di anomalie congenite, cancro, aberrazioni cromosomiche

# Dose di radiazioni

- La dose assorbita è la quantità di energia ceduta dalla radiazione alla massa unitaria di materia irradiata (u.m. Gy).
- Gli effetti delle radiazioni su un organismo sono correlati alla dose.
- Essi dipendono, inoltre, dal tipo di radiazione e dalla sensibilità del tessuto irradiato.
- Dose equivalente e dose efficace (u.m. Sv).
- La relazione tra dose e rischio è basata soprattutto sui risultati delle osservazioni compiute sui sopravvissuti ai bombardamenti atomici.

# Come usare i dati epidemiologici per stimare i rischi delle radiazioni alle basse dosi?

- La curva dose-effetto per cancro e leucemia appare lineare fino a dosi di  $\sim 3$  Sv.
- La dose più bassa alla quale vi è un eccesso di rischio statisticamente significativo si colloca a 50 mSv.
- Non vi è evidenza scientifica sull'andamento a dosi più basse.
- La Commissione Internazionale di Radioprotezione (ICRP) raccomanda l'estrapolazione lineare senza soglia alle basse dosi.



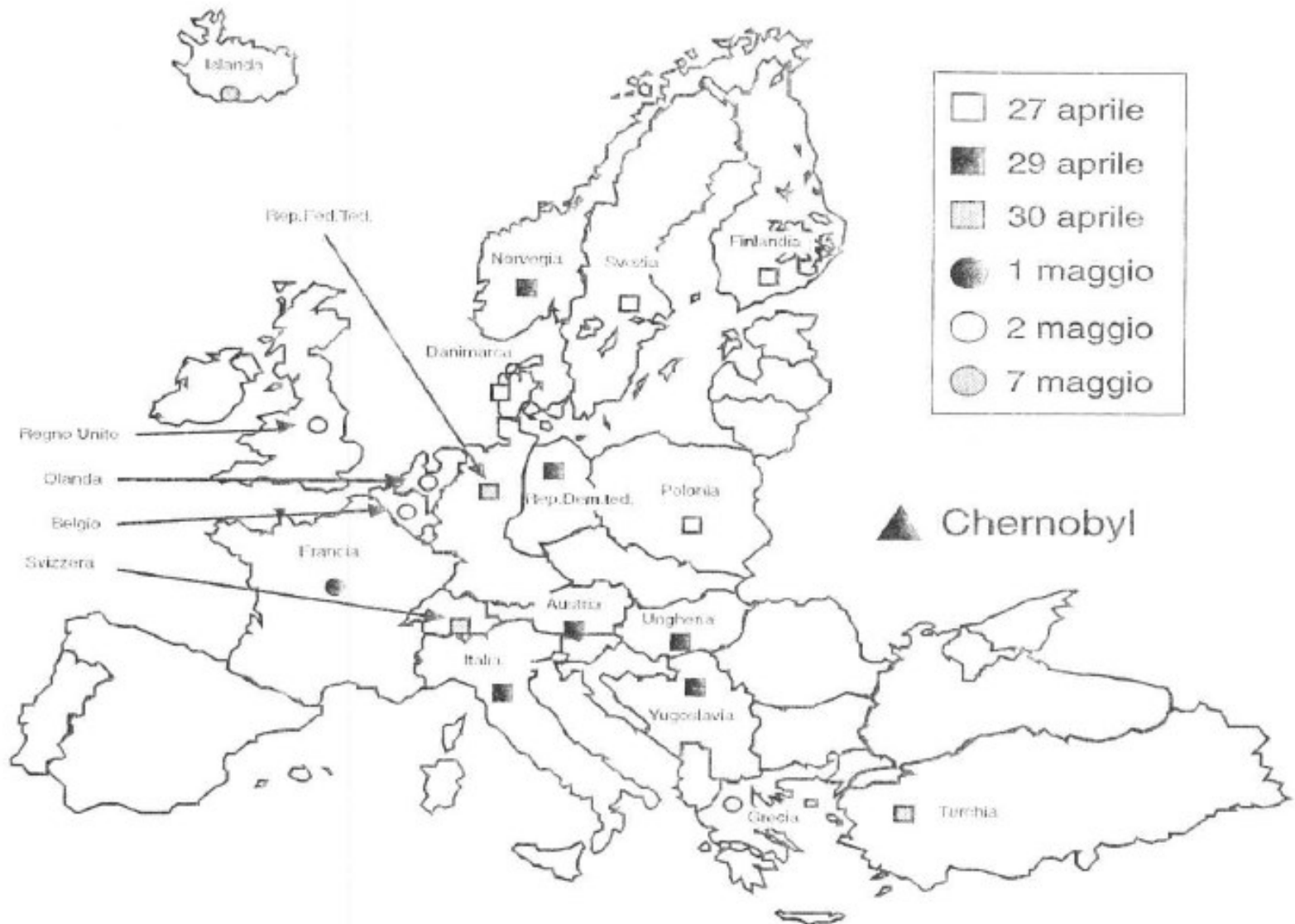
# Valutazione degli effetti sanitari in FVG

- Richiede la valutazione delle dosi ai diversi gruppi della popolazione (età)
- Le dosi dipendono dalle diverse modalità di irraggiamento degli individui esposti
- Altri fattori: radioisotopi, tempo, contromisure...

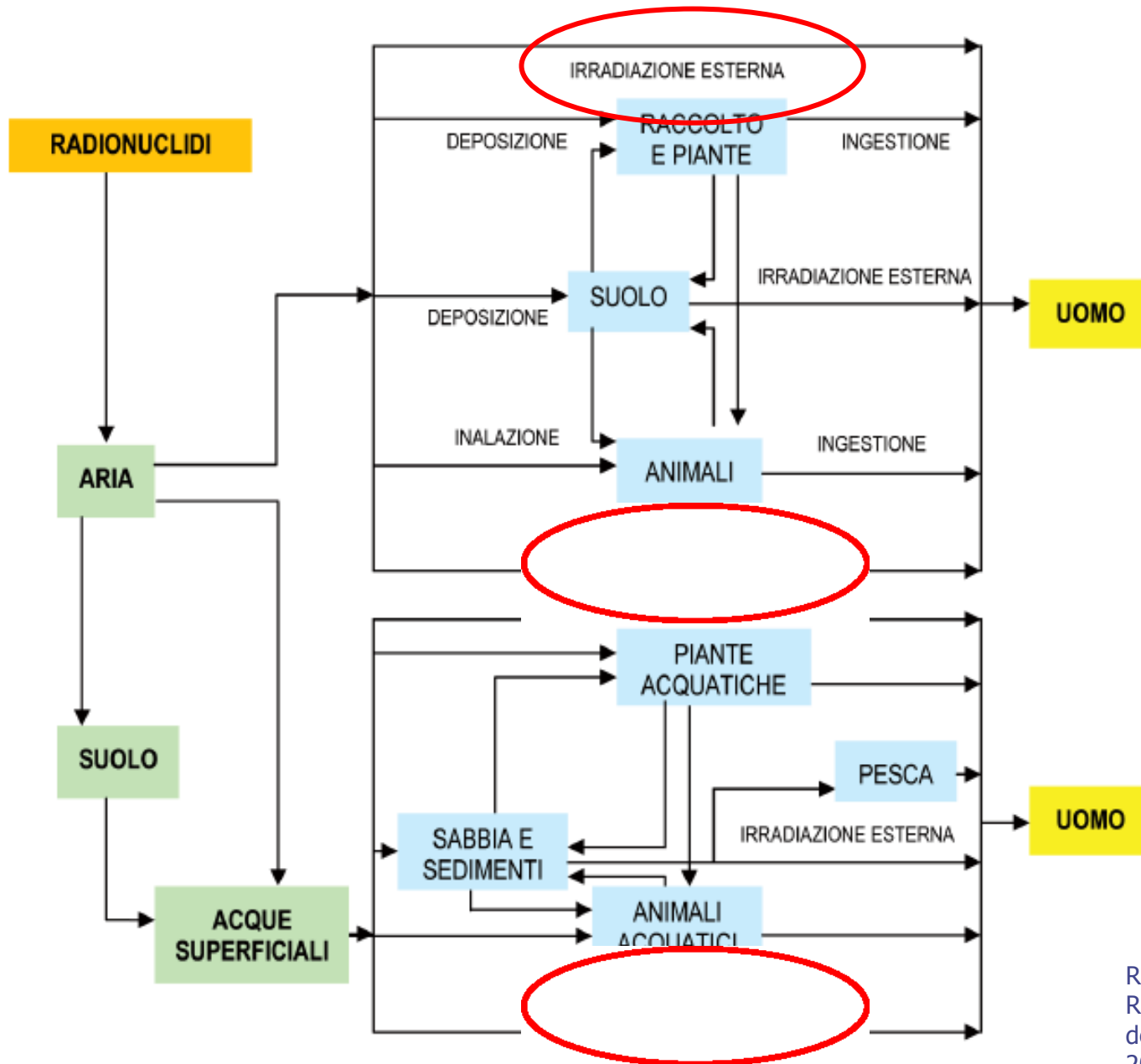




# Ingresso della nube in Europa



# Modalità di esposizione nella ricaduta radioattiva



# Stima delle dosi alla popolazione

- Le dosi sono valutate a partire dai dati di contaminazione dell'aria, del suolo e degli alimenti.
- La valutazione della dose da contaminazione interna presuppone la conoscenza dell'attività introdotta nel corpo attraverso l'inalazione e l'ingestione.
- Ipotesi su quantità aria inalata, dieta alimentare e tempo di permanenza all'esterno.
- N.B. La stima della dose a partire dall'attività introdotta è affetta da incertezza dovuta a caratteristiche anatomiche, fisiologiche e metaboliche degli individui.

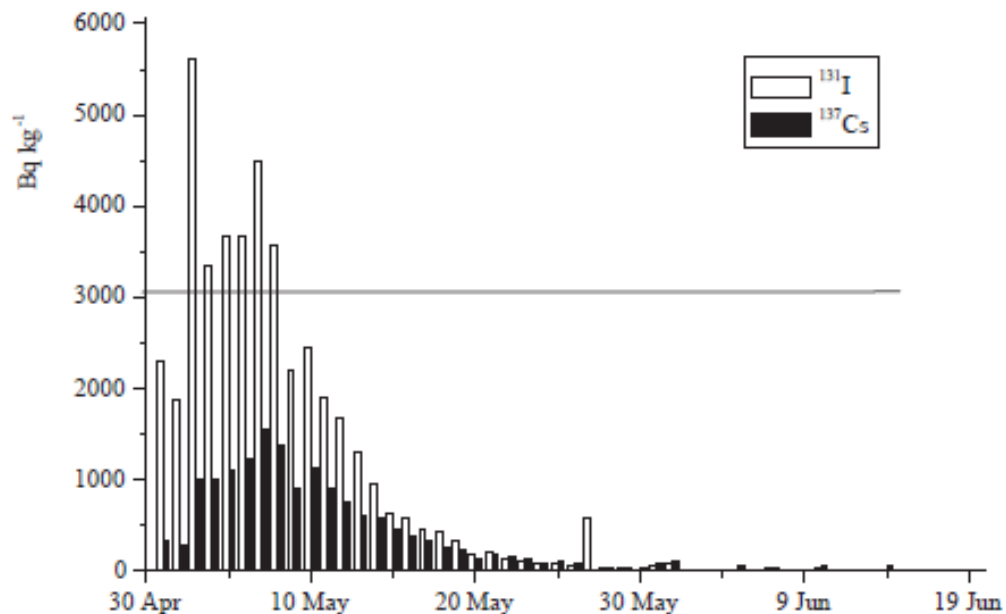


FIG. 1. Activity concentration in vegetables in Northern Italy

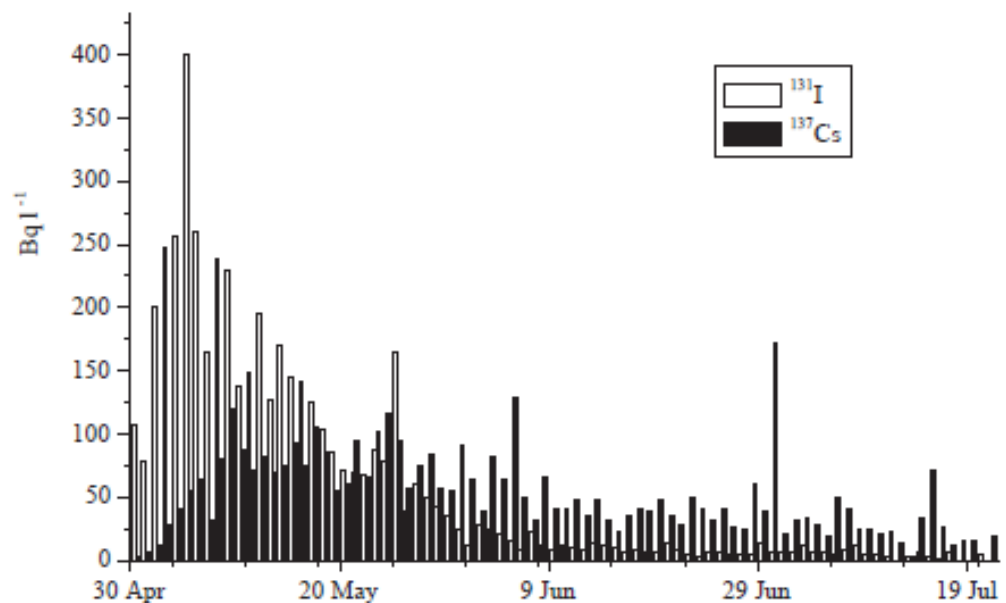


FIG. 2. Activity concentration in milk in Northern Italy

## Andamento temporale della contaminazione di vegetali e latte nel Nord Italia

Prenatal Exposures Avoided in Italy in the Aftermath of the Chernobyl Accident  
 S. Risica, A. Rogani, E. Tabet , 2010

# Stima delle dosi alla popolazione

- Il problema più critico nei primi giorni della ricaduta è l'esposizione allo

Iodio radioattivo

- causa di aumento dei tumori alla tiroide, soprattutto nei bambini e adolescenti, come evidenziato da vari studi epidemiologici.

- Nel lungo periodo, diventa rilevante l'esposizione ai radionuclidi con tempi di dimezzamento più lunghi, in particolare

Cesio-137 e Cesio-134

- con emivite di 30 e 2 anni, rispettivamente.

# Stima della dose alla tiroide:

*Barbina et al, 1986*

- Utilizza dati ufficiali forniti dalla Protezione Civile nel periodo 2-12 maggio 1986.
- Non considera restrizioni al consumo imposte dal Ministero della Sanità. Considera solo I-131.
- Dosi alla tiroide da I-131 nel Nord Italia:

Neonati < 6m	Bambini < 2a	Rgazzi 2-16a	Adulti
<b>34,5 mSv</b>	<b>63,0 mSv</b>	<b>37,8 mSv</b>	<b>6,5 mSv</b>

- Neonati: il 90% della dose alla tiroide è dovuta al latte
- Altri gruppi: il 70% della dose è dovuta ai vegetali

# Stima della dose alla tiroide:

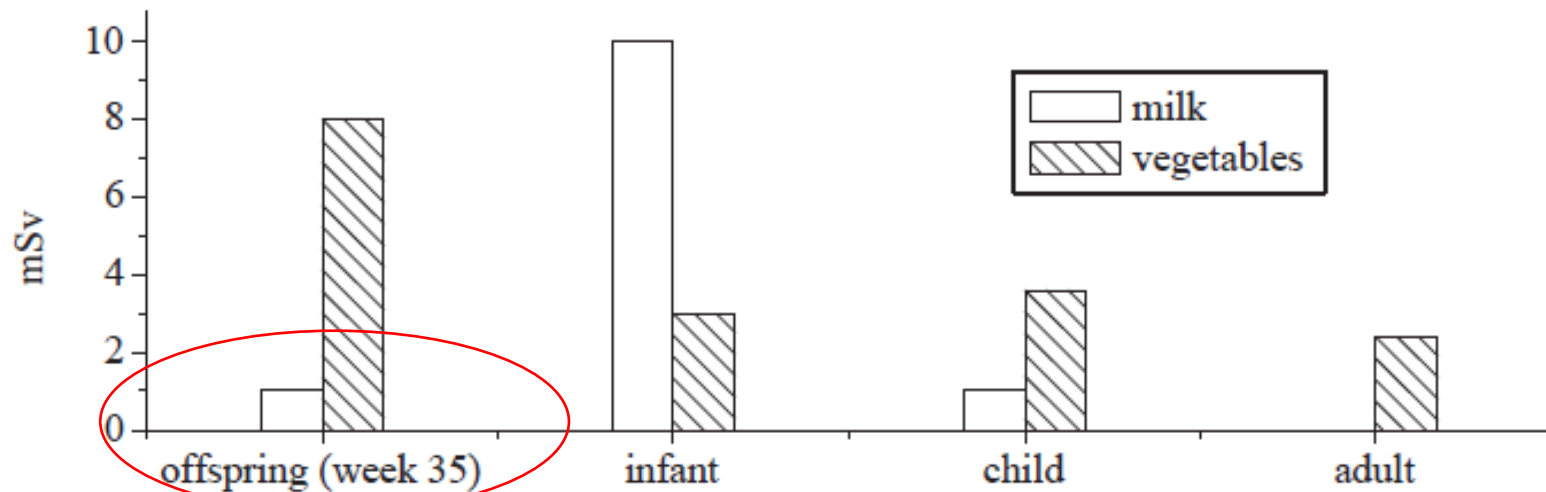
*Malisan e Giovani, 1996*

- Dati di contaminazione da I-131 di campioni alimentari misurati per la provincia di Udine
- Tre classi di età, per consumi alimentari e fattori di conversione attività-dose (ICRP).
- Stima della dose alla tiroide senza/con restrizioni.

	Lattanti (0-1a)	Bambini (1-10a)	Adulti
Senza restrizioni	30,0 mSv	23,7 mSv	5,5 mSv
Con restrizioni	8,2 mSv	9,0 mSv	2,9 mSv

- Le restrizioni al consumo di latte e vegetali hanno dimezzato le dosi per la popolazione adulta e ancora di più per bambini e lattanti.

# Dosi tiroide evitate dalle contromisure in Nord Italia



*FIG. 4. Thyroid equivalent doses avoided in Northern Italy: contribution of milk and vegetable restrictions*



# Stima del rischio di tumore alla tiroide

- Nord Italia, in assenza di contromisure (*Barbina et al, 1986*)
- N. di casi fatali per milione di esposti:

Neonati	Bambini	Rgazzi	Adulti
<b>17÷52</b>	<b>32÷95</b>	<b>19÷57</b>	<b>3÷10</b>

- Attesi altrettanti casi di tumori benigni.
- Questo rischio va confrontato con quello "spontaneo" osservato in Europa occidentale, pari a

6 - 60 casi/anno per milione di abitanti

# Stima del rischio di tumore alla tiroide

- FVG, senza/con contromisure (*Malisan e Giovani, 1996*)
- N. di casi, fatali e non, in FVG:

Senza contromisure	Con contromisure
6	3

- metà dei quali risulterebbero fatali.
- Questo rischio va confrontato con quello "spontaneo" osservato in FVG, pari a

7 decessi / anno

# Stima del rischio di altri tipi di tumore

- Richiede la stima della dose agli altri organi e tessuti.
- Poichè questi mostrano radiosensibilità diverse, si fa uso di un indicatore del rischio stocastico che ne tiene conto: la dose efficace.
- In questo caso, il radioisotopo di maggiore rilevanza è il cesio-137, sia per la lunga emivita (30.1 anni), sia per la distribuzione pressocchè omogenea nel corpo intero.

# Stima della dose efficace

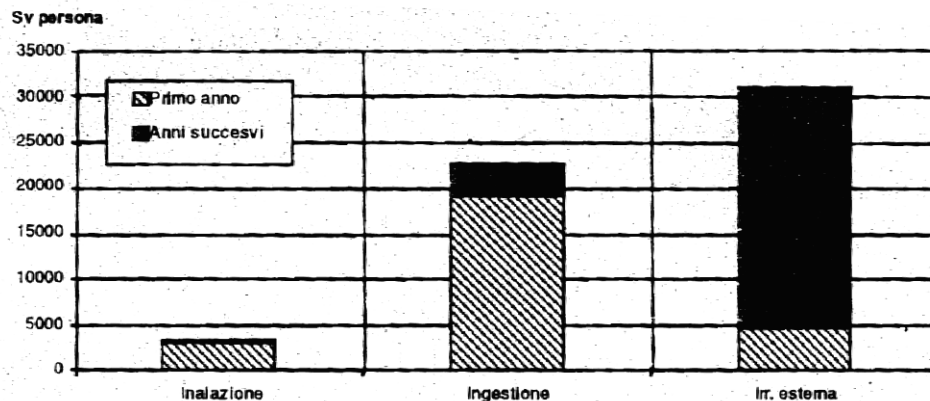
	Lattanti	Bambini	Adulti
Nord Italia, Barbina 1986 Cs-137, senza contromisure	--	1.35 mSv	0.79 mSv
FVG, Padovani , 1996 senza contromisure	1.96 mSv	2.04 mSv	0.72 mSv
FVG, Padovani 1996 con contromisure	0.88 mSv	0.65 mSv	0.59 mSv

N.B. Solo da ingestione e inalazione!

# Stima della dose efficace impegnata

*Campos Venuti e Piermattei, 1996*

- In Italia metà della dose efficace impegnata, valutata 1 mSv, è stata assorbita nel primo anno.
- L'ingestione ha avuto il maggior impatto complessivo (72%, rispetto all' 11% dovuto a inalazione e 17% dovuto a irraggiamento esterno).
- Nel lungo termine, invece, è l'irraggiamento dal suolo a prevalere (circa il 55%).



# Stima della dose efficace impegnata

## *Campos Venuti e Piermattei, 1996*

- La stima del valor medio di dose efficace impegnata su tutta la popolazione italiana è pari a

1 mSv

- I valori delle stime per il FVG di Padovani 1996 vanno incrementati di almeno il 50%, per il contributo della irradiazione esterna dal suolo negli anni successivi al primo.

# Stima dei casi di cancro radioindotto in FVG

- Dalla stima della dose efficace impegnata collettiva per la popolazione del FVG si può valutare un impatto complessivo dell'incidente pari a

50 – 75 decessi per cancro

- a seconda che si siano rispettate o meno le contromisure.
- Questo incremento di mortalità è molto inferiore a quello che è il tasso spontaneo in FVG

4500 decessi per cancro/anno

# Stima dei casi di cancro in Italia

- L'Istituto Superiore di Sanità fece delle stime dei tumori attesi e arrivò a una stima di 3000 tumori mortali in un arco di 40-50 anni.
- Distribuiti nell'arco di molti decenni, si tratta di numeri che sfuggono alle possibilità di osservazione. Oltre  $\frac{1}{4}$  di tutte le cause di morte sono di norma dovute ai tumori, e diventa impossibile render conto di alcune centinaia di casi di tumore l'anno – su un totale di circa 150.000.
- A parte rarissimi casi – come il mesotelioma per l'asbesto – i tumori hanno diverse cause e non ci sono indicatori sulla loro causa scatenante.



# Stima del rischio genetico radioindotto in FVG

- Dalla stima della dose efficace impegnata collettiva per la popolazione del FVG, adottando il coefficiente di rischio di danno ereditario dell' ICRP 103, si può valutare un impatto complessivo dell'incidente pari a

2 – 3 casi di difetti ereditari

- a seconda che si siano rispettate o meno le contromisure.
- Questo incremento è molto inferiore a quello che è il tasso delle malformazioni congenite in generale:

3-5% dei neonati

# Incertezze riguardo alle stime effettuate: attività e dosi

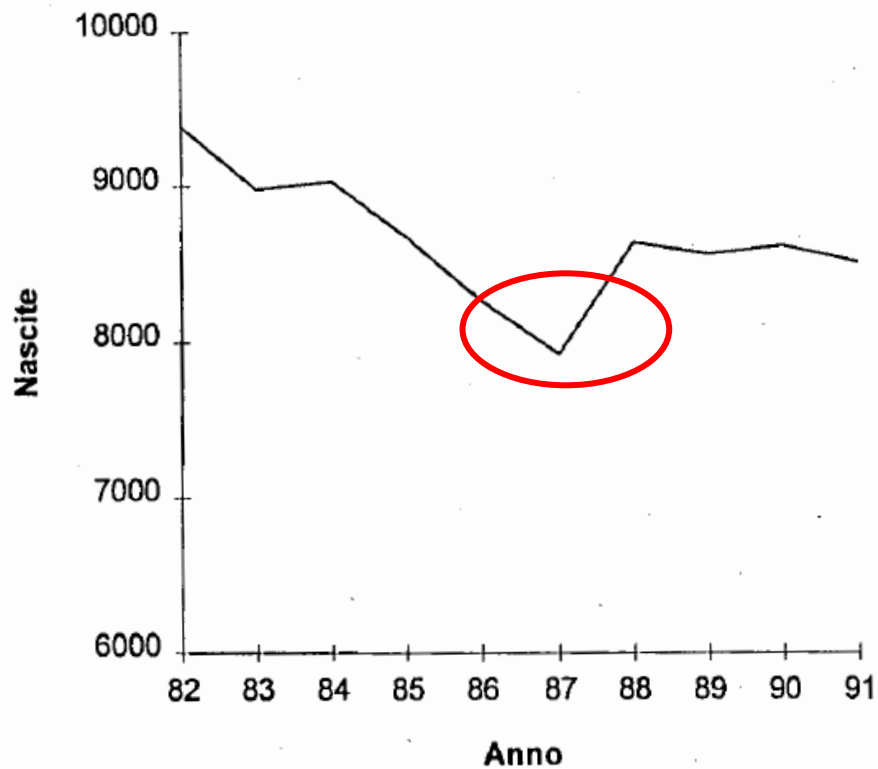
- Mancanza di dati rappresentativi della contaminazione dell'aria nei primi giorni dall'incidente
- Assunta una dieta standard con approvvigionamento presso pubblici esercizi
- Valori di dose più elevati sono invece prevedibili per quei gruppi della popolazione residenti nelle aree montane più contaminate con consumo di prodotti locali.
- Valori significativamente maggiori possono essere stati assorbiti da persone con diete ricche di funghi eduli e selvaggina.

# Incertezze riguardo alle stime effettuate: rischio di cancro

- Notevoli nel modello dose-effetto alle basse dosi.
- Ulteriori incertezze per diversità dell'esposizione rispetto a quella dei bombardamenti atomici
- Notevoli incertezze nel coefficiente di rischio di cancro:  
**5%/Sv; intervallo confidenza al 90%: 1%/Sv ÷ 9%/Sv**
- Ancora maggiori per il rischio di effetti ereditari.
- Possibili interazioni derivanti dalla presenza di più radioisotopi...

# Altre conseguenze in FVG...

- In FVG diminuzione delle nascite nel biennio 1986-7: -1100 nati (-6.5%).



...e in Italia

## The effects of the Chernobyl explosion on induced abortion in Italy

Spinelli A<sup>1</sup>, Osborn JF.

<sup>1</sup> Laboratorio di Epidemiologia e Biostatistica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Nei 5 mesi successivi all'evento di Chernobyl, viene stimato un aumento di aborti indotti

compreso tra 20 e 52 al giorno

difficilmente attribuibile al caso.

# Conclusioni

- Le previsioni dei modelli di rischio indicano per la nostra Regione un aumento di tumori irrilevante rispetto al tasso di incidenza spontaneo.
- Numeri così piccoli e distribuiti in qualche decennio ne rendono di fatto impossibile l'osservazione.
- Fattore preponderante per l'esposizione e' risultata la tempestività delle valutazioni ambientali e della adozione di contromisure, soprattutto nei confronti della popolazione più a rischio.
- Rilevante l'impatto psicologico conseguente alla contraddittorietà delle informazioni.



*"Sulle pendici ara il trattore,  
sulla collina brucia il reattore,  
senza l'allarme degli svedesi,  
arava ancora per quattro mesi".*

(da "Preghiera per Černobyl'" di S. Aleksievic)