

# LA CONTAMINAZIONE DI CHERNOBYL STATO PER STATO

English full version on [www.davistowmuseum.org](http://www.davistowmuseum.org)

## I - R

Italia (Italia)  
Giappone (Japan)  
Principato di Monaco  
Paesi Bassi (Netherlands)  
Norvegia (Norway)  
Polonia (Poland)  
Portogallo (Portugal)  
Romania  
Russia & Ex Urss

### Italia

Da: Astori, E. et. al. (April 1, 1999), Baldini, E., Bettoli, M.B. Tubertini, O. (1987).

#### Misurazioni del fallout di Chernobyl nella vegetazione delle foreste:

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
10 Luglio 1986	Nord Italia	Licheni	Cs137	12.100 Bq/kg
10 Luglio 1986	Nord Italia	Rami di abete rosso	Cs137	3.750 Bq/kg
10 Luglio 1986	Nord Italia	Rami di pino scozzese	Cs137	2.520 Bq/kg
10 Luglio 1986	Nord Italia	Rami di larice	Cs137	1.600 Bq/kg

Sono stati rilevati anche bassi valori di <sup>141</sup>Ce, <sup>144</sup>Ce, <sup>140</sup>Ba e <sup>140</sup>La.

Da: Battiston, G.A., Degetto, S., Gerbasi, R., Sbrignadello, G. and Tositti, L. (1987). **La deposizione del fallout di Chernobyl nel Nord-est dell'Italia.**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1° Maggio 1986	Padova	Concentrazione dell'aria (valori medi)	I 131	15.577 mBq/m <sup>3</sup>
1° Maggio 1986	Padova	Concentrazione dell'aria (valori medi)	I 132 (Te132)	10.550 mBq/m <sup>3</sup>
1° Maggio 1986	Padova	Concentrazione dell'aria (valori medi)	Ru103	4.070 mBq/m <sup>3</sup>
1° Maggio 1986	Padova	Concentrazione dell'aria (valori medi)	Cs134,137	2.712 mBq/m <sup>3</sup>

La deposizione di Cs137 nella pianura costiera dell'Italia del nord, variò dai 60.000 Bq/m<sup>2</sup> fino ai 2.000-5.000 Bq/m<sup>2</sup>. 15.577 millibecquerels (mBq) sono equivalenti a 15.577.000 microbecquerels (µBq).

Fonte: Battiston, G.A., Degetto, S., Gerbasi, R., Sbrignadello, G. and Tositti, L. (1988).

#### Distribuzione del fallout radioattivo a Padova e nel NordEst dell'Italia dopo l'incidente nucleare di Chernobyl:

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
30 Aprile 1986	NordEst Italia	Aria	I 131	28.6 Bq/m <sup>3</sup>
30 Aprile 1986	NordEst Italia	Aria	Te132	19.2 Bq/m <sup>3</sup>
Maggio 1986	Padova	Suolo	Cs137	45.000 Bq/m <sup>2</sup>

28.6 becquerels (Bq) equivalgono a 28.600,000 microbecquerels (µBq). La deposizione media del fallout di Pu239, da test di armi nucleari, è di 62 Bq/m<sup>2</sup>.

Fonte: Battiston, G.A., Degetto, S., Gerbasi, R. and Sbrignadello, G. (1989). **Radioattività nei funghi nel NordEst dell'Italia dopo l'incidente di Chernobyl.** La concentrazione massima di Cs137 nei funghi commestibili è stata pari a 27,626 Bq/kg dei 21,978 Bq erano direttamente derivati da Chernobyl. La deposizione totale di Cs134,137 fu superiore ai 60.000 Bq/m<sup>2</sup>.

Fonte: Capra E., Drigo A., Menin A. (1989). **Escrezione urinaria di Cesio137 nelle urine, in seguito all'incidente nucleare di Chernobyl, nella popolazione del NordEst dell'Italia (Pordenone):**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
20 Maggio 1986	Pordenone	Latte	Cs137	254 Bq/dm <sup>3</sup>
30 Settembre 1987	Pordenone	Carne	Cs137	395 Bq/kg

Il picco urinario dell'escrezione del Cs 137 si è avuto dai 300 ai 425 giorni dopo l'importante fallout della nube il 5 maggio 1986.

**Fonte:** Gentili A., Gremigni G., Sabbatini V. (1991). **Presenza di Ag110 nei funghi dell'Italia centrale dopo l'incidente di Chernobyl:**

Non è stata individuata attività di Ag110 nei funghi raccolti nell'autunno del 1986, mentre i campioni esaminati nel 1988 e nel 1989 hanno mostrato un notevole accumulo di Ag110m (fino a 28 Bq/kg il 16/12/1988).

L'Ag110m, in verità, era già presente nel terreno durante il 1986, ma non venne assorbito dai funghi a causa della sua forma chimica e per mancanza di precipitazioni.

**Da:** Lofti M., Notaro M., Piermattei S., Tommasino L. e Azimi-Garakani D. **Radiocesso contenuto nella carne italiana dopo Chernobyl e sue variazioni durante la cottura:**

Il livello del Radiocesso contenuto nella carne di agnello è sempre stato più alto che negli altri tipi di carne considerati. Quando la carne è cucinata in acqua salata la sua attività decresce di più dell'80%.

**Fonte:** Orlando P., Gallelli G., Perdelli F., DeFlora S. e Malcontenti R. (1986). **Restrizioni alimentari e livelli di I131 nelle tiroidi**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
3/5/-16/6/1986	Genova	51 tiroidi di persone adulte	I131	6.5 Bq/g, media
11 Maggio 1986	Genova	Latte	I131	135.000 Bq/kg

Il peso medio di una tiroide è di 20 grammi.

**Fonte:** Roca V., Napolitano, Speranza P.R. e Gialanella, G. (1989). **Analisi dei livelli di radioattività nei suoli e nei raccolti della regione Campania dopo l'incidente di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
20 Mag/5 Giu 1986	Sud Italia	Frumento Verde	Cs137	800 Bq/kg
Giugno/Ottobre 1986	Sud Italia	Deposizione al suolo	Cs137	8.100 Bq/m <sup>2</sup>
Giugno/Ottobre 1986	Sud Italia	Deposizione al suolo	Ru103	11.900 Bq/m <sup>2</sup>

**Fonte:** Spezzano, P., Bortoluzzi, S., Giacomelli, R. and Massironi, L. (1994). **Variazioni stagionali dell'attività del Cs137 nella Dora Baltea (NordOvest Italia) dopo l'incidente di Chernobyl:**

"L'incremento della concentrazione di Cesio137 nell'acqua in estate, fu attribuito al cesio depositato e accumulato nelle superfici nevose e nei ghiacciai in inverno e rilasciato durante il disgelo nel periodo estivo."

**Fonte:** Spezzano P. e Giacomelli R. (1990). **Concentrazioni di radionuclidi nell'aria e loro deposizione a Saluggia (Italia NordOvest) in seguito all'incidente di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
30 Apr-8 Mag 1986	Saluggia	Deposizione al suolo	Cs137	11.000 Bq/m <sup>2</sup>
2 Mag 1986	Saluggia	Concentrazione dell'aria	I131	8.510 Bq/m <sup>3</sup>

Il 97% della deposizione totale avvenne tra il 30 Aprile e il 7 Maggio del 1986.

## Giappone

**Fonte:** Aoyama M., Hirose K. e Sugimura Y. (1991). **Variazione temporale del fallout, derivato dall'incidente di Chernobyl, dalla stratosfera:**

Il fallout di Chernobyl dalla stratosfera continuò sino alla fine del 1988. Vi furono 135 deposizioni annuali, da 0,95 a 0,57 Bq/m<sup>2</sup> di Cs 137, di cui l'80% derivante da Chernobyl. Il picco del fallout da test militari si ebbe nel giugno 1963 a Tokyo e fu di 548 Bq/m<sup>2</sup>. Risospensioni di Cs 137 hanno contribuito dal 2 al 34 % alla rispettive deposizione annuali nel 1987 e 1988.

**Fonte:** Aoyama M., Hirose K. e Sugimura Y. (1987). **Deposizione dei nuclidi emettitori di raggi gamma nel Giappone in seguito all'incidente di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
Maggio 1986	Akita	Deposizione cumulativa di 30 giorni	I131	18.792 Bq/m <sup>2</sup>
Maggio 1986	Akita	Deposizione cumulativa di 30 giorni	Cs137	414 Bq/m <sup>2</sup>
Maggio 1986	Akita	Deposizione cumulativa di 30 giorni	Ru103	1.098 Bq/m <sup>2</sup>

**Fonte:** Aoyama M., Hirose K., Suzuki Y., Inoue H. e Sugimura Y. (1986). **Alti livelli di nuclidi radioattivi in Giappone nel mese di maggio:**

La nube di Chernobyl arrivò in Giappone sotto forma di un brusco cambiamento della radioattività atmosferica, con un aumento di circa mille volte di Cs137 nella concentrazione dell'aria.

**Fonte:** Higuchi H., Fukatsu H., Hashimoto T., Nonaka N., Yoshimizu K., Omine M., Takano N. e Abe, T. (1988). **Radioattività nell'aria di superficie e precipitazioni in Giappone dopo l'incidente di Chernobyl:**

La presenza di venti nuclidi fu osservata in due tipi di nubi radioattive: all'inizio (1500m.) e in alla fine di maggio (6300m.), con un livello elevato nel Giappone nord occidentale. La deposizione media di Cs137, dal primo al 22 maggio, fu di 95 Bq/m<sup>2</sup>, 550 volte maggiore a prima di Chernobyl.

**Da:** Hisamatsu S., Takizawa Y. e Abe T. (1987). **Riduzione di I 131 contenuto nella verdura fresca e nelle alghe alimentari.**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
Maggio 1986	Akita	Deposizione al suolo	I 131	2.500 Bq/m <sup>2</sup>
Maggio 1986	Akita	Alga commestibile	I 131	1.300 Bq/kg peso fresco

Il rapporto di contaminazione dello I131 contenuto nella verdura fresca e nei campioni di erbe selvatiche commestibili bolliti in acqua, rispetto ai campioni semplicemente lavati, fu di 0,51+/- 0,21 (la media fu attestabile fra lo 0,51+/- 0,19).

**Da:** Ishida, J., Miyagawa, N., Watanabe, H., Asano T. e Kitahara Y. (1988). **Radioattività ambientale attorno alla centrale nucleare di Tokaimura dopo l'incidente di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
Maggio 1986	Tokaimura	aerosol associato	I 131	1 x 10 <sup>-1</sup> Bq/m <sup>3</sup>
Maggio 1986	Tokaimura	gas in aria	I 131	3 x 10 <sup>-1</sup> Bq/m <sup>3</sup>
Maggio 1986	Tokaimura	Piante	I 131	2.1 x 10 <sup>2</sup> Bq/kg

**Da:** Kawamura, H. Sakurai, Y., Shiraishi, K. And Yanigisawa, K. (1988). **Concentrazione di I 131 nelle urine degli adulti e dei bambini.** Il picco di concentrazione raggiunse i 3.3 Bq/dm cubo negli adulti maschi.

**Da:** Kusakabe, M. and Ku, T. L. (1988). **Radioattività di Chernobyl riscontrata nelle acque aperte del Nord Pacifico e del mare di Bering in seguito all'intercettazione di sedimenti:**

I nuclidi, presenti nell'aria come fini particelle, furono incorporati in materiale biogenico formatosi sulla superficie degli oceani e trasferiti verso il basso con una velocità di +/- 100 metri al giorno.

**Da:** Nishizawa, K., Takata, K., Hamada, N., Ogata, Y., Kojima, S., Yamashita, O., Ohshima, M. and Kayama, Y. (1986). **Lo I 131 nel latte e nella pioggia dopo Chernobyl:**

La concentrazione di I131 nel latte arrivò a 400 pCi/l, 4-5 volte superiore al livello riscontrato nell'acqua piovana.

**Da:** Noguchi, H. and Murata, M. (1988). **La speciazione fisio/chimica dello I 131 aerotrasportato in Giappone da Chernobyl.** Le forme fisio/chimiche dello I131 furono; 19% particolato di Iodio, 5% I<sup>2</sup>, 6% HOI, e 70% Iodio organico.

**Da:** Ooe, H., Seki, R. and Ikeda, N. (1988). **Distribuzione della dimensione delle particelle dei prodotti di fissione nella polvere aerotrasportata raccolta a Tsukuba dall'aprile al giugno 1986.**

L'attività del Cs 137 migliaia di volte superiore al livello usuale fu rilevata, nella polvere aerotrasportata, dalla fine di aprile agli inizi di maggio. Il range di attività media dei diametri aerodinamici fu da 0,25 a 0,70 µm.

**Da:** Seki, R., Endo, K. and Ikeda, N. (1988). **Determinazione delle specie di radioiodio nell'acqua piovana raccolta a Tsukuba, vicino a Tokio.**

Lo ioduro fu la specie predominante; il non iodato fu rilevato dall'1 al 6 maggio; la concentrazione dello iodato fu 1/3 dello ioduro nel periodo di campionamento di metà maggio; dal primo giugno le specie di I131 non furono rilevate.

**Da:** Uchiyama, M. and Kobayashi, S. (1988). **Conseguenze dell'incidente di Chernobyl nella dose interna di Cs 137 nelle popolazione giapponese.**

Prima di Chernobyl il Cs 137 corporeo si attestava sui 30 Bq; negli anni successivi al 1986 aumentò arrivando a 50 Bq e con ulteriori previsioni di incremento nel maggio 1987 fino compararsi al carico corporeo dell'Inghilterra di 250-450 Bq. Le differenze di carico corporeo del Cs 137 fra gli individui esaminati incominciarono a diminuire col tempo.

**Da:** Yoshida, S., Muramatsu, Y. and Ogawa, M. (1994). **Concentrazioni di radiocesio nei funghi raccolti in Giappone.**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1990	Akita	Funghi	Cs137	16.300 Bq/Kg

L'attività di Cs137 nei funghi variò ampiamente; nessun campione superò i 3.110 Bq/kg. La proporzione del Cesio 137 originato dall'incidente di Chernobyl, fu calcolata in un range del 7-60% nel 1989 ed in un range del 10-23% nel 1990.

### Monaco

**Da:** Ballestra S.B. Holm E., Walton A. e Whitehead N.E. (1987). **Deposizione del fallout a Monaco in seguito all'incidente di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
4/5 Maggio 1986	Monaco	Deposizione da precipitazione	I 131	7.517 Bq/m <sup>2</sup>
4/5 Maggio 1986	Monaco	Deposizione da precipitazione	Ru103	2.350 Bq/m <sup>2</sup>

Sono stati individuati un totale di 33 radioisotopi; una settimana dopo il periodo in esame, l'attività è calata dell'1% rispetto ai valori più elevati.

**Da:** Fowler, S.W., Buat-Menrad, P., Yokoyama, Y., Balestra, S., Holm E. van Nguyen, H. (1987). **La rapida rimozione del fallout di Chernobyl dall'acqua di superficie del Mediterraneo in base all'attività biologica.**

Il Cesio 141 e 144 furono rapidamente rimossi dalla superficie d'acqua e trasportati, in pochi giorni, a 200 metri grazie all'azione dello zooplankton (rapidamente come i loro detriti fecali)

**Da:** Whitehead, N.E., Balestra, S., Holm, E. and Walton, a. (1988). **Modelli di radionuclidi aerei osservati a Monaco dopo l'incidente di Chernobyl.**

Furono notati due fronti di radioattività derivata da Chernobyl: il primo il 29 e 30 aprile; il secondo picco di attività ci fu il 4-5 maggio: ciò permise la scoperta e la differenziazione di due differenti fasi dell'incidente. Furono identificati, al di là dei 33-34 nuclidi osservati, radionuclidi inusuali quali Ru105, Ag111, Sn125 e Sb126 già presenti, fin dall'inizio, in piccole quantità.

**Da:** Whitehead, N.E., Balestra, S., Holm, E. and Huynk-Ngoc, L. (1988). **I radionuclidi di Chernobyl nei frutti di mare.**

Nei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) fu rilevata la presenza di Te129 (2.203 Bq/Kg), Te129m (2.774 Bq/Kg), I131 (5.387 Bq/kg), Te132 (3.168 Bq/kg). (parti molli e peso bagnato) Cinque giorni dopo le valutazioni del 7 maggio, il fattore di concentrazione variava da 1/20 a 1/50.

### **Paesi Bassi**

**Fonte:** Frissel, M.J., Stoutjesdijk, J.F., Koolwijk, A.C. and Koster, H.W. (1987). **La contaminazione da Cs137 dei terreni nei Paesi Bassi e relative conseguenze sui vegetali.**

La deposizione totale di Cs137 sui terreni olandesi dal 1954 al 1982 fu di 4.600Bq/m<sup>2</sup> con una distribuzione uniforme. La deposizione residua da armi nucleari nel suolo nel 1987 fu per il Cesio di 1.500Bq.

I livelli stimati di radiocesio derivante da Chernobyl furono:

Deposizione secca - Maggio 1986: 500 Bq/m<sup>2</sup> con distribuzione uniforme

Deposizione da precipitazione - Maggio 1986: 0-5, 500 Bq/m<sup>2</sup> con distribuzione estremamente variabile.

**Fonte:** Sloof, J.E. and Wolterbeek, B.T. (1992). **Licheni come biomonitori per il radiocesio conseguente all'incidente di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1986	Paesi Bassi	Deposizione al suolo	Cs137	6000 Bq/m <sup>2</sup>
1986	Paesi Bassi	Licheni (Armelia)	Cs137	6100 Bq/kg

L'attività del radiocesio nei licheni è strettamente conseguente ai livelli rilevati nella deposizione al suolo nei Paesi Bassi (il rapporto fra attività per peso secco del lichene ed attività depositata sull'unità di superficie [m<sup>2</sup>] è, approssimativamente 1).

**Da:** van Dam, H. (1986). **L'argento da Chernobyl**

Il radioargento derivato da Chernobyl fu originato probabilmente dall'Ag 200 presente nel nocciolo del neutrone che ha provocato emissioni di composti d'argento.

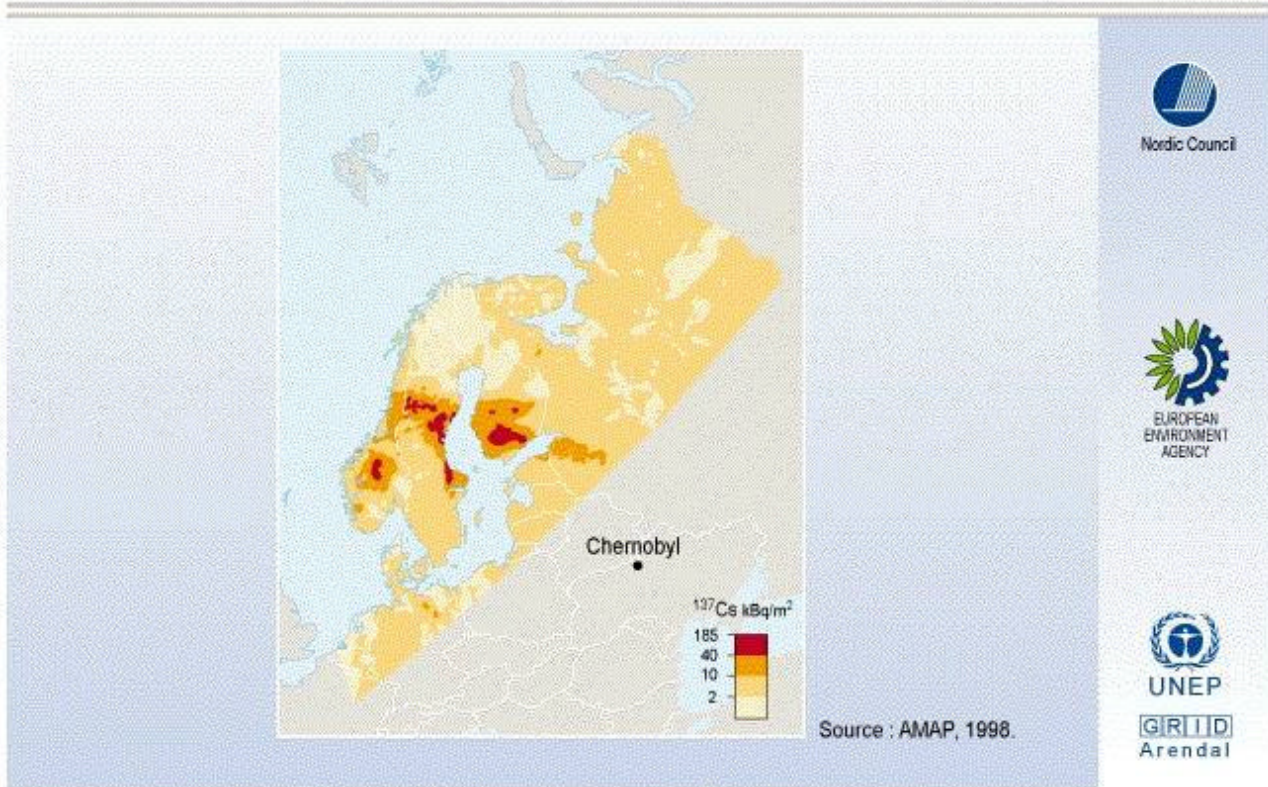
**Fonte:** Voors, P.I. and van Weers, A.W. (1991). **Trasferimento del radiocesio (Cs134 e Cs137) dall'insilato al latte da allevamento di vacche:**

L'insilato derivato dall'erba contaminata dalla nube di Chernobyl nel 1986 fu usato nell'alimentazione delle vacche da latte fino al 1988. Nel 1986 la quantità media di Cs137 contenuta nell'insilato era di 171,8 Bq/kg, peso secco; nel latte 4,7 Bq/l. Il 40-55% del radiocesio assunto giornalmente dagli animali veniva escreto nelle seguenti modalità: 4-5% in latte, 5/9% nelle urine e 32-43% nelle feci.



**Norvegia**

Northern Europe : Ground Deposition of <sup>137</sup>Cs after the Chernobyl Accident



**Da:** Blakar, I.A., Hongve, D. and Njastad, O. (1992). **Il cesio di Chernobyl nei sedimenti del lago Hoysjoen, Norvegia centrale.**

L'attività totale del radiocesio al suolo nella zone della Norvegia colpite dall'incidente si attestò in un range fra 5.000 e 200.000 Bq/ m2 . Nell'area esaminata la deposizione era di circa 50.000 Bq/ m2 . La concentrazione dei sedimenti era simile a quella del suolo circostante, ma si notò un più alto accumulo fluviale in direzione del deflusso dalle lastre ghiacciate dopo la deposizione e la susseguente fusione. Il range di contaminazione del sedimento del lago era abbastanza omogeneo con attività comprese fra 25 e 75 kBq m2 in più parti del lago. Le popolazioni stanziali di trota bruna e di salmerino buffo contenevano circa l'1% dell'attività presente nei sedimenti.

**Fonte:** Brittain, J.E., Storruste, A. and Larsen, E. (1991). **Il radiocesio nella trota bruna (Salmo trutta) in un ecosistema lacustre subalpino dopo l'incidente nucleare di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
20 Settembre 1986	Ovre Heimdalsvatn	Trota bruna	Cs134,137	12.500 Bq/kg peso bagnato
28 Agosto 1986	Ovre Heimdalsvatn	Licheni	Cs134,137	60.000 Bq/kg peso bagnato

Nel 1986 il contenuto medio totale di Cesio arrivò fino ai 7.000 Bq/kg (peso bagnato) andando poi a diminuire fino ai 4.000Bq nel 1988. Nessun ulteriore declino ci fu tra il 1988 e il 1989, benché ci fosse stata una variazione considerevole delle quantità misurate in diversi campioni di pesce.

Il periodo di permanenza medio del Cs137 nel corpo delle trote fu valutato in 3 anni.

**Fonte:** Hongve, D., Blakar, I.A., Brittain, J.E. (1995). **Radiocesio nei sedimenti del lago Ovre Heimdalsvatn:**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
Autunno 1990	Norvegia	substrato di organismi	Cs137	190.000 kBq/kg (190.000.000 Bq/kg)
Autunno 1990	Norvegia	Ghiaia	Cs137	22.000 kBq/kg (22.000.000 Bq/Kg)
Autunno 1990	Norvegia	Campioni medi del sedimento	Cs137	500 kBq/m2 (500.000 Bq/m2)

La concentrazione del radiocesio aumentava con l'incremento della percentuale della materia organica, del contenuto dell'acqua, e con la distanza dal principale immissario. L'attività totale del radiocesio nei sedimenti può rimanere invariata o aumentare uniformemente negli anni successivi.

**Da:** Pacyna, J.M., Semb, A. and Christenson, G.C. (1989). **Migrazione del Cs 137, dopo l'incidente di Chernobyl, dall'aria al suolo, alle piante nella regione di Gulsvik, Norvegia.**

Il trasferimento del Cs 137 dal terreno alle piante attraverso l'apparato radicale è un processo non rapido. Gli effetti dei rilasci di Chernobyl rappresentano, in questo caso, non un evento acuto, ma un fenomeno di lunga durata.

**Da:** Pinglot, J.F., Pourchet, M., Lefauconnier, B., Hagen, J.O., Vaikmaa, R., Punning, J. M., Watanabe, O., Takahashi, S. and Kameda, T., (1994). **Radioattività naturale ed artificiale nei ghiacciai dello Svalbard.**

La radioattività naturale ed artificiale nella neve di dieci ghiacciai dello Svalbard, è stata misurata in 31 campioni di ghiaccio, trapanato fra il 1981 ed il 1993. Di sette campioni si conosceva bene il livello derivato dal fallout dei 62 test termonucleari atmosferici del 1961-62. Il secondo livello dovuto all'incidente di Chernobyl (26 aprile 1986) è stato rilevato in tutti i ghiacciai studiati: il massimo fallout di Cs 137 toccò 22 Bq Kg<sup>-1</sup> e mostrò una grande variabilità. Il fallout di Chernobyl riscontrato fu di circa 20 Bq m<sup>-2</sup> per anno, similmente a quanto rilevato in Groenlandia, ma inferiore a quanto trovato sulle Alpi francesi (400 Bq m<sup>-2</sup> per anno). Il fallout del Cs 137 derivante dai test termonucleari atmosferici aumenta di circa 10-20 volte il fallout di Chernobyl (200-540 Bq m<sup>-2</sup>) ed il tempo di deposizione. La radioattività naturale (principalmente per il Pb 210) è maggiore della deposizione artificiale. Dal 1986 il fallout di Pb 210 è circa 5 volte la deposizione del Cs 137 di Chernobyl.

**Da:** Pourchet, M., Lefauconnier, B., Pinglot, J.F. and Hagen, J. O. (1995). **Rete principale di accumulazione nei bacini ghiacciati dello Svalbard in base alla rilevazione degli strati radioattivi nei blocchi di ghiaccio superficiali**

Il principale rete di accumulazione è stata rilevata in 31 strati di blocchi di ghiaccio sopra dieci ghiacciai dello Svalbard. Lo strato di riferimento dovuto al fallout degli elementi radioattivi dopo l'incidente di Chernobyl, è stato rilevato in 25 blocchi di ghiaccio e mette in evidenza l'asportazione superficiale del 1986. In otto blocchi sono stati inoltre rilevati gli strati corrispondenti al fallout dei test nucleari atmosferici condotti nel 1961 e 1962.

**Fonte:** Solem, J.O., Gaare, E. (1992). **Radiocesio negli invertebrati acquatici di Dovrefjell dopo il fallout di Chernobyl (anni 1986-1989):**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1985	Dovrefjell	Lichene della renna (5 campioni)	Cs137	350-450 Bq/kg
1986	Dovrefjell	Lichene della renna (6 campioni)	Cs137	10.000 fino a 25.000 Bq/kg
1986	Dovrefjell	Deposizione al suolo	Cs137	fino a 80.000 Bq/m <sup>2</sup>
1986	Dovrefjell	Organismi plancton dipendenti	Cs137	9.855 Bq/kg peso secco

La contaminazione negli invertebrati acquatici è variata ampiamente in quanto influenzata dalle precipitazioni irregolari, alcuni campioni hanno mostrato un aumento delle quantità di sostanze radioattive fra il 1988 e il 1989.

**Fonte:** Staaland, H., Garmo, T.H., Hove, K. and Pedersen, O. (1995). **Radiocesio negli alimenti delle renne, pecore e capre pascolanti in estate negli habitat alpini della Norvegia del Sud:**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1987	Jotunheim	Lichene	Cs137	40.040Bq/Kg peso secco
1988	Jotunheim	Muschio	Cs137	20.290Bq/Kg peso secco
1987	Jotunheim	Muschio	Cs137	40.180BQ/Kg peso secco

Valori medi della deposizione al suolo nelle zone di pascolo risultarono equivalenti a 54.000 Bq m<sup>2</sup>. Pur dipendendo dal tipo di vegetazione dei pascoli, il trasferimento del radiocesio dal terreno alla vegetazione da pascolo (rapporto fra Bq Kg<sup>-1</sup> di secco estruso e Bq m<sup>-2</sup> di terreno) fu stimato, nel 1987, fino a in 0,02-0,04 nella pecora, fino a 0,02-0,05 nella capra e fino a 0,02-0,043 nella renna.

**Fonte:** Steinnes, E. and Njastad, O. (1993). **Uso di muschi e licheni per la mappatura regionale del fallout di Cs137:**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1986	Norvegia	Lichene (Cladonia stellaris)	Cs134,137	60.000 Bq/kg peso secco
1986	Norvegia	Muschio (Hylocomium splendens)	Cs134,137	40.000 Bq/kg peso secco

La concentrazione di Cesio fu molto minore in altri tipi di lichene (hylocomium physodes) e fu molto bassa nelle foreste di abeti in quanto la maggior parte di cesio fu assorbita dagli aghi.

**Da:** Strand, T. (1987). **Dosi derivanti alla popolazione norvegese dalla radiazione naturale e dal fallout di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1986	Norvegia	Carne di renna	Cs134,137	100.000 Bq/kg

1986	Norvegia	Pesce	Cs134,137	55.000 Bq/kg
1986	Norvegia	Latticini della capra	Cs134,137	4.200 Bq/kg
1986	Norvegia	Montone	Cs134,137	15.000 Bq/kg

L'indagine ha analizzato circa 30.000 campioni di derrate alimentari durante il primo anno dopo l'incidente di Chernobyl; i dati sopra indicati rappresentano i picchi di concentrazione. L'assorbimento medio annuale di radiocesio, in seguito all'incidente di Chernobyl, fu per ogni consumatore norvegese di 10.500Bq.

## Polonia

Fonte: Broda R., Ja worowski Z. e Kownacka (1987) **Analisi gamma spettroscopica delle particelle radioattive di Chernobyl**

Esempio di composizione della precipitazione radioattiva a Cracovia - Polonia da un campione di strato di terreno di 0,5cm esaminato il 1° maggio 1986	
Te132 - 29.3 kBq/m <sup>2</sup>	Ba140 - 2.5 kBq/m <sup>2</sup>
I132 - 25.7 kBq/m <sup>2</sup>	La140 - 2.4 kBq/m <sup>2</sup>
I131 - 23.6 kBq/m <sup>2</sup>	Mo99 - 1.7 kBq/m <sup>2</sup>
Te129m - 8.0 kBq/m <sup>2</sup>	Ru106 - 1.3 kBq/m <sup>2</sup>
Ru103 - 6.1 kBq/m <sup>2</sup>	Sb127 - 0.8 kBq/m <sup>2</sup>
Cs137 - 5.2 kBq/m <sup>2</sup>	Cs136 - 0.7 kBq/m <sup>2</sup>
Cs134 - 2.7 kBq/m <sup>2</sup>	

L'attività radioattiva al suolo nella zona di Cracovia arrivò fino a 360.000 Bq/m<sup>2</sup>. I campioni sopra elencati arrivano da una zona meno contaminata.

Da: Jaworowski, Z. and Kownacka, L. (1988). **Distribuzione troposferica e stratosferica dello Iodio radioattivo e del Cesio dopo l'incidente di Chernobyl**

Il 30 Aprile 1986 il livello al suolo della concentrazione aerea dello I131 fu di 11,5 Bq/m<sup>3</sup> (11.500.000 µBq).

Da: Mietelski, J.W., Broda, R. and Sieniawski, J. (1988). **Gli isotopi di lunga durata della nube radioattiva di Chernobyl a Cracovia.**

Il picco evidente di contaminazione aerea a Cracovia raggiunse i 250 Bq/m<sup>3</sup> il 30 aprile 1986. Furono osservate particelle radioattive di Rutenio.

Da: Piasecki, E. (1987). **La distribuzione spaziale del fallout radioattivo in Polonia.**

In Polonia vi fu una grande variabilità spaziale e temporale del fallout radioattivo. Le rilevazioni total beta furono condotte con semplici apparecchi.

Da: Rich, V. (1986). **Il comportamento del fallout inganna i Polacchi**

In alcuni punti caldi, a distanze comprese fra alcune decine e centinaia di metri dalle rilevazioni, furono notati livelli trasversali di radioattività dieci volte maggiori che l'area circostante. Il Rutenio fu il nuclide predominante sebbene furono anche rilevati bario e lantano.

Da: Rich, V. (1986). **Il fallout polacco fu sottostimato**

I primi rapporti ufficiali dalla Polonia furono molto imprecisi.

Da: Robbins, J.A. and Jasinski, A.W. (1995). **Il fallout dei radionuclidi di Chernobyl nel lago di Sniardwy, Polonia.**

Il carico totale di Cs 137 nel lago di Sniardwy fu stimato in una media di 6.100 Bq m<sup>2</sup>. Approssimativamente la stima di sedimentazione delle particelle fu di un metro al giorno. L'attività media di Cs 137 nella carne dell'abramide aumentò di 120 volte rispetto ai livelli pre Chernobyl misurati nel 1985 (fino a 493 mBq/g).

Fonte: Seaward M.R.D., Heslop J.A., Green D. e Bylinska E. A. (1988). **Recenti livelli di radionuclidi nei licheni del sudovest della Polonia con particolare riferimento al Cs134 e Cs137:**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
Agosto 1986	SudOvest Polonia	Lichene	Nb95	8.114 Bq/kg
Agosto 1986	SudOvest Polonia	Lichene	Ru103	2.065 Bq/kg
Agosto 1986	SudOvest Polonia	Lichene	Ru106/Rh106	16.570 Bq/kg
Agosto 1986	SudOvest Polonia	Lichene	Cs134	18.263 Bq/kg
Agosto 1986	SudOvest Polonia	Lichene	Cs137	36.630 Bq/kg
Agosto 1986	SudOvest Polonia	Lichene	Ce144	18.500 Bq/kg

I campioni di Umbilicaria esaminati nell'Agosto del 1986 nel SudOvest della Polonia di Umbilicaria hanno mostrato livelli di radioattività superiori a quelli del 1978-79. I licheni sono dei grandi accumulatori di radionuclidi.

Fonte: Skwarzec B. e Bojanowski R. (1992). **Distribuzioni del plutonio in componenti selezionati dall'ecosistema del Baltico all'interno della zona economica polacca.**

I valori medi di Pu239,240 nell'acqua marina furono di 5mBq m<sup>-3</sup>, di cui il 70% costituito da forme filtrabili (<0,45 µm). I livelli di concentrazione del plutonio furono, in ordine di magnitudine, maggiori per kg. di campioni secchi rispetto alle concentrazioni in peso umido. Prendendo in esame campioni di 3 zone diverse i livelli variarono dai 30 Bq m<sup>-2</sup> a 98 Bq m<sup>-2</sup>.



L'alta concentrazione di Plutonio nei sedimenti fu probabilmente dovuta al fiume Vistola che nel 1989 trasportò 192 Mbq di Pu 239, 240 nel Mar Baltico. L'impatto del Plutonio fu diverso (inferiore) da quello del Cesio. Il fattore di concentrazione oscillò da 600 a 27.100 negli animali bentonici e nella vegetazione marina.

## Portogallo

**Fonte:** Carvalho, F.P. (1986). **Il fallout radioattivo in Portogallo in seguito all'incidente di Chernobyl:**

Quasi nessun effetto ha avuto il fallout radioattivo di Chernobyl sul Portogallo rispetto al resto dell'Europa.

I valori più alti si sono registrati nelle Isole Azzorre per quel che concerne lo I131 (1,5 Bq/l) e il Cs137 (19Bq/l) contenuti nel latte.

## Romania

**Da:** Pourchet, M., Melieres, M. A., Silvestru, E., Rajka, G., Candaudap, F. and Carbonnel, J. P. (Maggio 26-30, 1996).

**Radionuclidi nei sedimenti della caverna di Ghetarul de sub Zgurasti (Romania)**

La trasmissione della contaminazione dalla superficie della terra a zone sotterranee come le caverne è un fatto molto eccezionale. Per nostra conoscenza è la prima volta che tale contaminazione è stata rilevata in maniera così notevole.

In Romania la deposizione di Cs137 proveniente da Chernobyl fu stimata essere a Cluj nella misura di 4kBq m<sup>-2</sup> mostrando una vasta gamma di valori compresi da 0,2 a 8,5 kBq m<sup>-8</sup>.

## Russia & Ex Urss

**Da:** Cooper E.L., Zeiller E., Ghods-Esphahani A., Makarewicz M., Schelenz R., Frindik O., Heilgeist M. e Kalus W. (1992).

**Radioattività nel cibo e in campioni di diete alimentari di centri abitati selezionati dell'Urss:**

PERIODO	ZONA O CITTA'	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1987	Novozybkov	Mirtilli selvaggi	Cs137	1.240 Bq/kg peso umido
1987	Savici	Funghi	Cs137	131.000 Bq/kg peso umido
1987	Daleta	Ingestione dietetica totale per kg di alimenti	Cs137	6.370 Bq/kg media totale
1987	Daleta	Totale ingestione	Cs137	1.300 µBq/g (1.3 Bq/kg) peso secco

A Daleta, in un'area con contaminazione "più bassa" ci sono stati livelli di deposizione di Cs137 di 1-5 Ci km<sup>2</sup> (da 37.000 a 185.000 Bq/m<sup>2</sup>)

**Da:** Fleishman D.G., Nikiforov V.A., Saulus A.A. e Komov V.T. (1992). **Cs137 nei pesci di alcuni laghi e fiumi della regione di Bryansk e del NordOvest della Russia tra il 1990 e il 1992:**

I più alti livelli di Cs137 oscillarono tra 15.000-21.000 Bq/kg (peso bagnato). Il pesce di lago generalmente assorbe più Cs137 (fino a circa dieci volte) che quello di fiume sia nelle zone pesantemente contaminate che in quelle "leggermente" radioattive. Fra il 1990 e il 1992 non ci fu una diminuzione generale e significativa del Cs137 contenuto nel pesce.

**Da:** Holliday, B., Binns, K.C. and Stewart, S.P. (1986). **Monitoraggio degli studenti di Minsk e Kiev dopo Chernobyl.** Fu adottato come livello di clearance, per la ricerca della contaminazione degli indumenti degli studenti di ritorno, il valore di 30 Bq/cm<sup>2</sup>. Buona parte dei vestiti mostrava indicazioni positive di contaminazione, ma solo il 2% degli indumenti monitorizzati superava il livello di clearance. La radioattività della tiroide di 99 studenti rientranti dalla Gran Bretagna, si collocò approssimativamente fra gli 800 ed i 6.900 Bq con un massimo evidenziato il 26 aprile di 53.000 Bq.

**Fonte:** Kliashtorn A.L., Tikhomirov F.A. e Shcheglov A.I. (1984). **Studio dei radionuclidi nelle foreste attorno alla centrale nucleare di Chernobyl.**

L'accumulo totale di radionuclidi (Ce144; Cs134,137; Ru106; Sr90) è variò da 90 MBq/m<sup>2</sup> a 0.5 Mbq/m<sup>2</sup> (90.000.000 Bq/m<sup>2</sup> - 500.000 Bq/m<sup>3</sup>). Si è notato che lo 0,01-0,6% della quantità totale di radionuclidi si perde ogni anno nel suolo nella misura di 20-30 cm dalla superficie; ciò dipende da diversi fattori: dal tipo di radionuclide, dal tipo di ecosistema e dalla posizione del terreno studiato.

**Fonte:** Knatko V.A., Skomorokhov A.G., Asimova V.D., Strakh L.I., Bogdanov A.P. e Mironov V.P. (1996). **Caratteristiche della diffusione di Sr90, Cs137 e Pu239,240 nei suoli della Bielorussia del sud dopo l'incidente di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1994	Sud Bielorussia	Attività in 0-20cm di suolo	Cs137	6.700.000 Bq/m <sup>2</sup>
1994	Sud Bielorussia	Attività in 0-20cm di suolo	Pu239,240	37.700 Bq/m <sup>2</sup>

Questi valori sono 100-1000 volte superiori rispetto alla precipitazione radioattiva globale.

**Da:** Knatko, V.A., Gurkov, V.V., Asimova, V.D., Shpakovskaya, E.B. and Shimanovich, E.A. (1994). **Trasferimento terreno-latte del Cesio 137 in un'area della Bielorussia dopo l'incidente nucleare di Chernobyl.**

Ad alcune centinaia di km. da Chernobyl il livello di contaminazione al suolo varia di diversi ordini di magnitudine ed alcune volte è superiore a 1.000.000 Bq m<sup>2</sup>. Le valutazioni del transfer decrescono con l'incremento dei livelli di contaminazione al suolo, eccetto che nel caso di una altissima contaminazione del terreno.

**Da:** Kryshev I.I. (1995). **Contaminazione radioattiva degli ecosistemi acquatici in seguito all'incidente di Chernobyl:**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
Maggio 1986	Chernobyl - fiume Pripyat	Sedimenti del bacino di raffreddamento	Zr95	54.000.000 Bq/m <sup>2</sup>
Maggio 1986	Chernobyl - fiume Pripyat	Sedimenti del bacino di raffreddamento	Nb95	50.000.000 Bq/m <sup>2</sup>
Maggio 1986	Chernobyl - fiume Pripyat	Sedimenti del bacino di raffreddamento	Cs137	5.000.000 Bq/m <sup>2</sup>
Maggio 1986	Chernobyl - fiume Pripyat	Sedimenti del bacino di raffreddamento	Ce144	40.000.000 Bq/m <sup>2</sup>



Maggio 1986	Chernobyl	Alghe	Cs137	90.000 Bq/m <sup>2</sup>
1987	Chernobyl	Muscoli del luccio	Cs137	420.000 Bq/kg peso fresco
1989	Bacino di riserva di Kiev	Mollusco	Sr90	1.200 Bq/kg peso fresco

Il bacino di raffreddamento della centrale era formato dallo sbarramento con una diga di parte del fiume Prypiat. La riduzione della concentrazione di Cs 137 si è avuta lentamente in gran parte dell'ecosistema acquatico.

**Da:** Likhatarev, I.A., Kovgan, L.N., Vavilov, S.E., Gluvchinsky, R.R., Perevoznikov, O.N., Litvinets, L.N., Anspaugh, L.R., Kercher, J.R. and Bouville, A. (1996). **Esposizione interna da ingestione di cibo contaminato da Cs 137 dopo l'incidente di Chernobyl. Rapporto 1. Modello generale: ingestione di dosi e contromisure di efficacia per gli adulti della regione di Rovno, Ucraina.**

Il fallout del Cesio 137 in queste zone dell'Ucraina (regione di Rovno) fu minore che in altre regioni dell'Ucraina. Comunque, il trasferimento del Cs 137 dal terreno al latte nelle regioni considerate fu alto: sopra i 20 Bq L<sup>-1</sup> per kBq m<sup>-2</sup>.

**Da:** Poiarkov, V.A., Nazarov, A.N. and Kaletnik, N.N. (1995). **Monitoraggio radiologico post Chernobyl dell'ecosistema forestale dell'Ucraina.**

L'attività del Cs 137 fu misurata in Ci km<sup>2</sup> sullo strame ed in cm (da 0,2 a 5) per la profondità del suolo. Il picco di concentrazione nello strame fu: 12.3 Ci km<sup>2</sup> (1 Ci/km<sup>2</sup>=37.000 Bq/m<sup>2</sup>). La massa di attività si ebbe nei primi 15 cm. del terreno. Il profilo del terreno non indicò sostanziali differenze per il 1991 e il 1992, nonostante che il Cs 137 abbia una limitata mobilità.

**Da:** Robertson D.E., Perkins R.W., Lepel E.L. e Thomas C.W. (1992). **Concentrazione di radionuclidi in campioni ambientali prelevati nella zona di Chernobyl...**

PERIODO	ZONA O REGIONE	ELEMENTO CAMPIONE	SOSTANZA	QUANTITA'
1990	Svjatsk	Sedimenti da insenatura	Cs137	4,53 Bq/g
1990	Soboli	Raschiatura di muschio dalla roccia	Cs137	552 Bq/g (552.000 Bq/kg)
1990	Bragin	Raschiatura di muschio da pietra tombale	Pu239,240	0,979 Bq/g (979 Bq/kg)
1990	Bragin	nucleo di terreno	I129	5,11 x 10 <sup>-6</sup> Bq/g

Il tempo di dimezzamento dello I129 15.9 milioni di anni. Nelle regioni esaminate il muschio si è dimostrato essere un efficiente collettore per il fallout di Chernobyl. L'analisi di nuclei di terreno non lavorati ha indicato che il fallout di Chernobyl era ancora concentrato, nell'agosto 1990, in diversi centimetri nella parte superiore del terreno. Il Cs 137 è il meno mobile di tutti i radionuclidi misurati.

**Da:** Salbu, B., Oughton, D.H., Ratnikov, A.V., Zhigareva, T.L., Kruglov, S.V., Petrov, K.V., Grebenshchikova, N.V., Firsakova, S.K., Astasheva, N.P., Loshchilov, N.A., Hove, K. and Strand, P. (1994). **La mobilità del Cs 137 e dello Sr 90 nei terreni agricoli dell'Ucraina, Bielorussia e Russia.**

I siti, rappresentati da campi arati e pascoli naturali, erano localizzati a distanze variabili fra i 50 ed i 650 km. e in direzioni variabili dal sito del reattore di Chernobyl. Le concentrazioni dell'attività del Cs 137 negli strati superficiali del terreno (0-5 cm) erano fra 1 25 ed i 1.000 kBq m<sup>2</sup> ed erano più elevate nei pascoli naturali che in quelli arati. Per lo Sr 90 i livelli di attività erano compresi fra 1,4 e 40 kBq m<sup>2</sup>.

**Da:** Steinhausler, F. (1992). **Le incertezze associate con l'avvaloramento dei dati ufficiali ambientali dell'URSS nelle aree contaminate dal fallout di Chernobyl**

1990	Bragin	Licheni (Parmelia sulcata)	Cs137	326.000 Bq/kg
------	--------	----------------------------	-------	---------------

Il risultato mostra che l'incertezza associata con il dato ufficiale per il Cs 137 è relativamente bassa.

**Da:** Tracy, B.L., Kramer, G.H. and Gamarnik, K (1993). **Il radiocesio nei bambini della Bielorussia.**

Il carico corporeo del Cs 137 fu misurato in 74 bambini bielorussi, che erano stati esposti al fallout di Chernobyl, durante periodi di permanenza nelle regione di Ottawa (estate del 1991 e 1992).

Il carico corporeo era, fino ad un certo punto, correlato ai livelli di fallout registrati nelle regioni di origine, ma non sopraggiunsero variazioni significative dal 1991 al 1992. Durante la loro permanenza in Canada, il radiocesio incominciava a scomparire dai corpi dei bambini con una media di dimezzamento di 33 giorni (range = 12-77 giorni)

**Da:** Van den Berg G.J., Tyssen T.P.M., Ammerlaan M.J.J., Volkens K.J., Woroniecka U.D., De Bruin M. e Wolterbeek H. Th. (1992)

**Mappa della radioattività della parte europea dei territori dell'URSS a dicembre 1990**

1986	Bragin	Licheni	Cs137	1.630.000 Bq/kg
------	--------	---------	-------	-----------------

I livelli di Cs137 nei licheni sono dai 1 ai 2 ordini di grandezza superiori ai livelli determinati nel 1986 in Polonia, Grecia, Paesi Bassi. La media dei livelli di Cs 137 nei licheni (kBq kg<sup>-1</sup>) è proporzionale alla deposizione sulla superficie del suolo (kBq kg<sup>-2</sup>), eccetto per le classi di alta attività del Cs 137 al suolo (>500 kBq m<sup>-2</sup>), dove i dati per i licheni possono essere sottostimati a causa della reale deposizione.