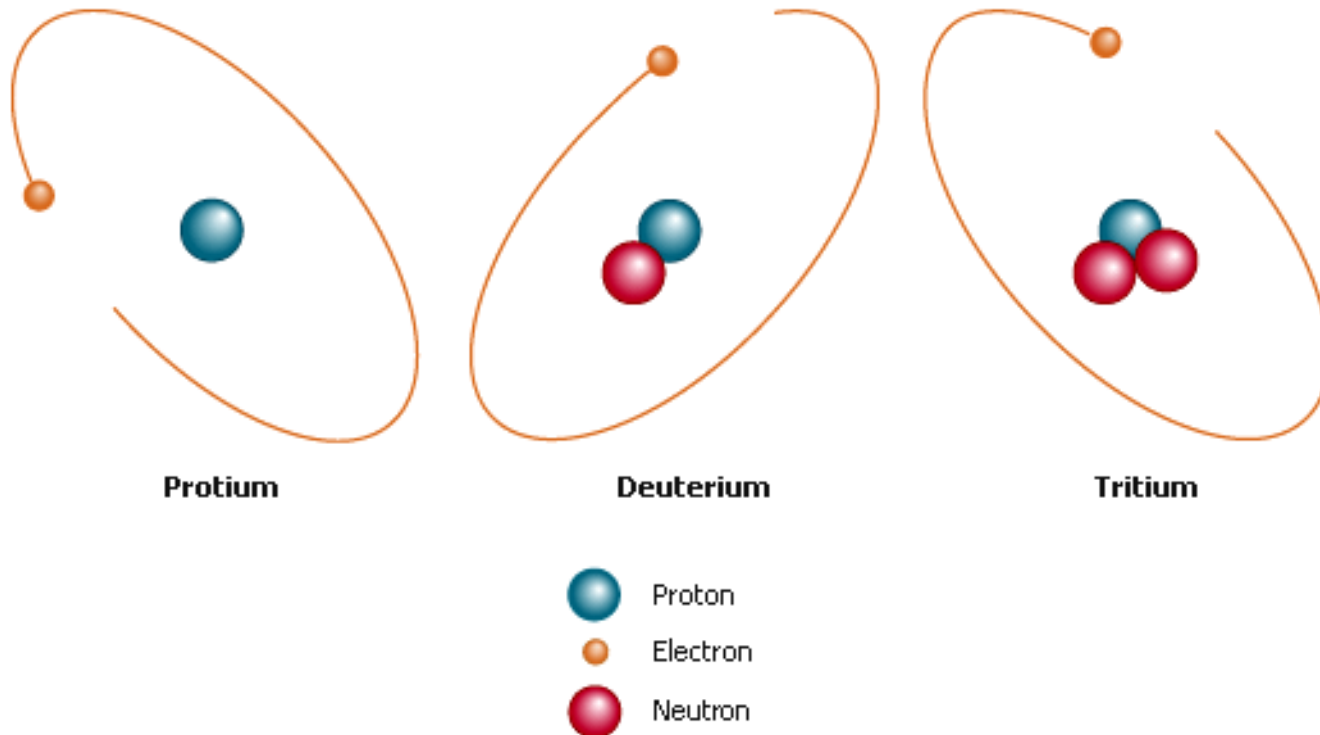
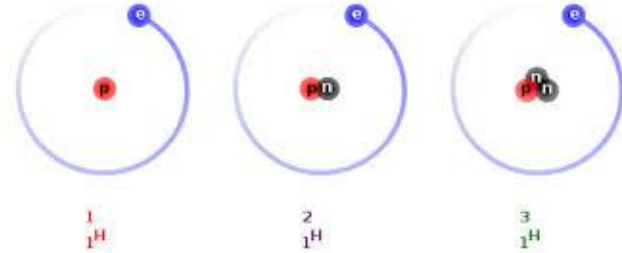


Il Trizio

Tre sono gli isotopi dell'Idrogeno: ^1H , ^2H (deuterio), and ^3H (trizio), con abbondanza media terrestre (in %) di 99.985, 0.015 and $<10^{-14}$ rispettivamente.

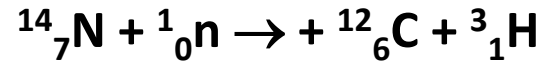


Isotopi Instabili – TRIZIO o TRITIO



Il trizio è l'isotopo instabile dell'Idrogeno cosmogenico in quanto viene prodotto per via naturale da **reazioni di frantumazione o "spallazione"** di nuclei di **carbonio, ossigeno, azoto e argon** in seguito a collisione con le particelle della **radiazione cosmica secondaria**.

es:



mentre per decadimento β^- si trasforma in Elio secondo la



Il trizio per ossidazione forma la molecola HT^{16}O

per questioni energetiche non sono possibili altri tipi di molecole come DTO , DT^{16}O o DT^{18}O

Come si comporta un'**acqua triziata**?

(la molecola ha peso molecolare 20 come quella formata da $H_2^{18}O$)

Segue il normale frazionamento di un acqua "pesante" , per cui sarà tra le prime a condensarsi e tra le ultime ad evaporare.

A differenza degli isotopi stabili che si esprimono in valori di $\delta\%$, il Trizio viene espresso in TU (Unità Trizio = $T/H = 1/10^{18}$).

L'unità di misura storica del decadimento è il Curie che viene definito come il numero di disintegrazioni al secondo dovute a un grammo di $^{226}_{88}Ra$.

La nuova unità di misura maggiormente utilizzata è il Bequerel che equivale a una disintegrazione al secondo.

$$1 \text{ Curie} = 3,7 * 10^{10} \text{ Bq}$$

$$1 \text{ nCu} = 37 \text{ Bq}$$

$$1 \text{ TU} = 3.25 \text{ pCi L}^{-1} = 0,118 \text{ Bq L}^{-1}$$

Legge del decadimento radioattivo

Il decadimento di un isotopo radioattivo è una reazione di primo ordine:

$$dN/dt = -\lambda N$$

dove N è il numero di isotopi instabili presente al tempo t e λ è la **costante di decadimento radioattivo**.

L'equazione base può essere riscritta:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Dove N_0 è il numero di atomi presenti al $t = 0$.

Nella realtà si misura l'attività radioattiva del campione:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

Dove A è l'attività radioattiva del campione al tempo t, definita come numero totale di disintegrazioni per unità di tempo.

Riarrangiando questa equazione si può ricavare:

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln (A_0/A)$$

Tempo di dimezzamento ($t_{1/2}$): tempo necessario affinché il numero di nuclidi presenti si dimezzi.

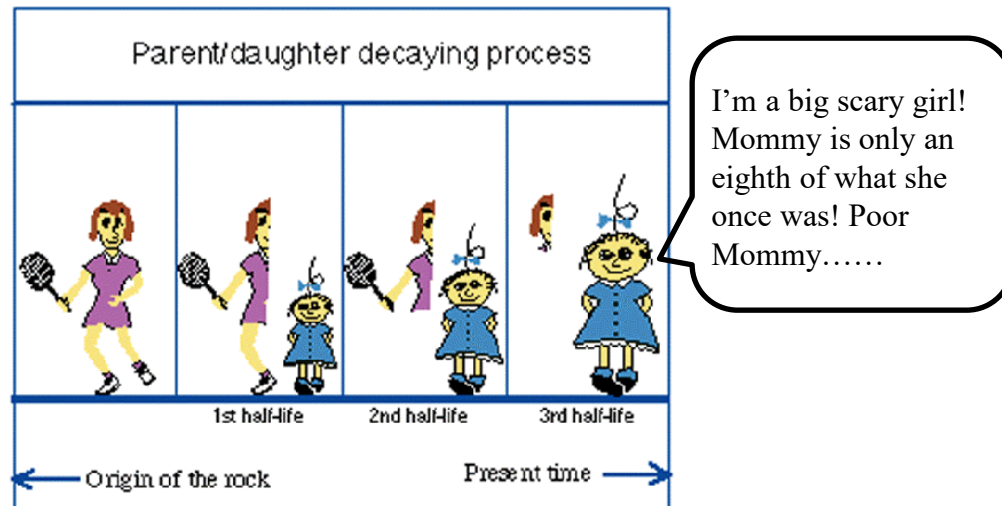
$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

In pratica, è spesso più facile considerare il decadimento radioattivo in termini di nuclide padre (N) e figlio (P).

**per qualunque sistema chiuso, il numero di nuclidi figli più il numero di nuclidi padre rimanenti deve essere uguale al numero totale di nuclidi padre al momento zero.

Considerando le 2 componenti e riarrangiando l'equazione del decadimento per il tempo

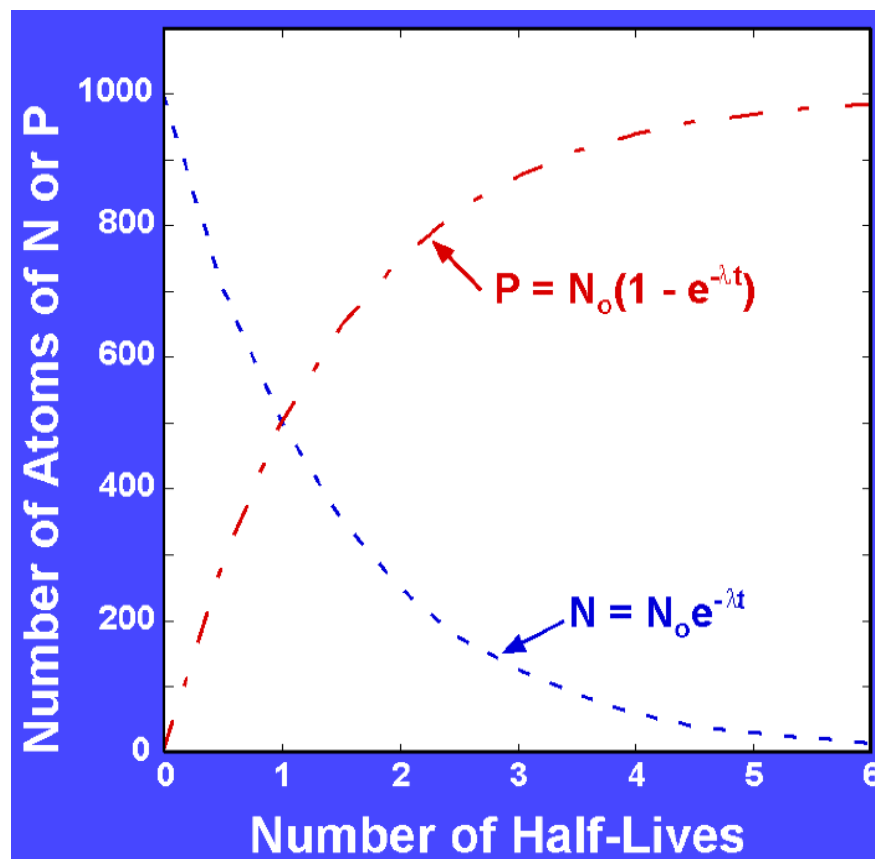
$$t = 1/\lambda \ln[1 + (P/N)]$$



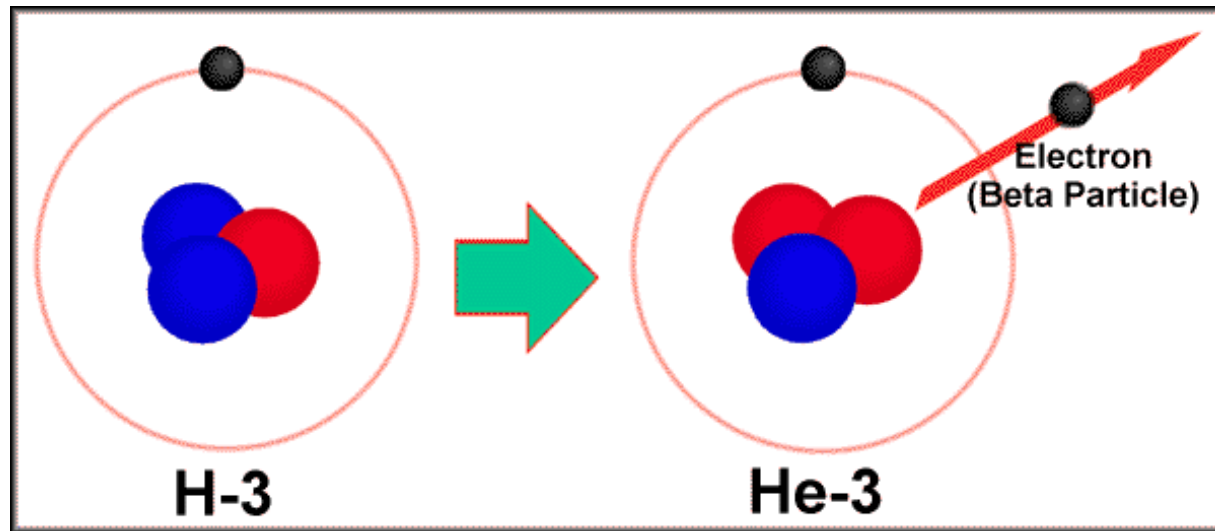
Il numero di atomi del nuclide figlio (P) può essere determinato dalla seguente formula:

$$P = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

Con il passare del tempo, gli atomi del nuclide padre diminuiranno, viceversa, quelli del nuclide figlio aumenteranno.



Esempio



Dato $\lambda_T = 5.575 \times 10^{-2} \text{ y}^{-1}$, se dal campionamento ed analisi delle acque di falda ottengo ${}^3\text{H} = 25 \text{ TU}$ e ${}^3\text{He} = 0.8 \text{ TU}$, quanto tempo è passato dalla ricarica delle acque di falda attraverso le precipitazioni?

Richiamando l'espressione $t = 1/\lambda \cdot \ln[1 + (P/N)]$

$$t = 17.937 \cdot \ln[1 + (0.8/25)] = 0.6 \text{ y}$$

La produzione di Trizio *nucleare*

1952 inizio dei test nucleari in atmosfera

1963 picchi di migliaia TU sono stati registrati nelle piogge dell'emisfero boreale

1980 fine esperimenti in atmosfera

Il contenuto di Trizio nelle precipitazioni era probabilmente fra 5 e 15 TU prima dei test nucleari.



Event dating: descrive il *tracciamento* di un periodo specifico in cui l'abbondanza di un isotopo è stata insolitamente elevata o scarsa.

Le acque sotterranee che sono state ricaricate tra il 1952 e il 1963 avranno una firma distintiva che indica un aumento della produzione ^3H

Esempio

Assumiamo che nel 1951, prima del primo test nucleare, la concentrazione di ^3H nell'acqua piovana era 8 TU.

Calcolare la massima attività in pCi L^{-1} del ^3H pre test nucleare in un'acqua di falda prelevata nel 2003.

$$3.25 \text{ pCi L}^{-1} \times 8 \text{ TU} = 26 \text{ pCi L}^{-1}$$

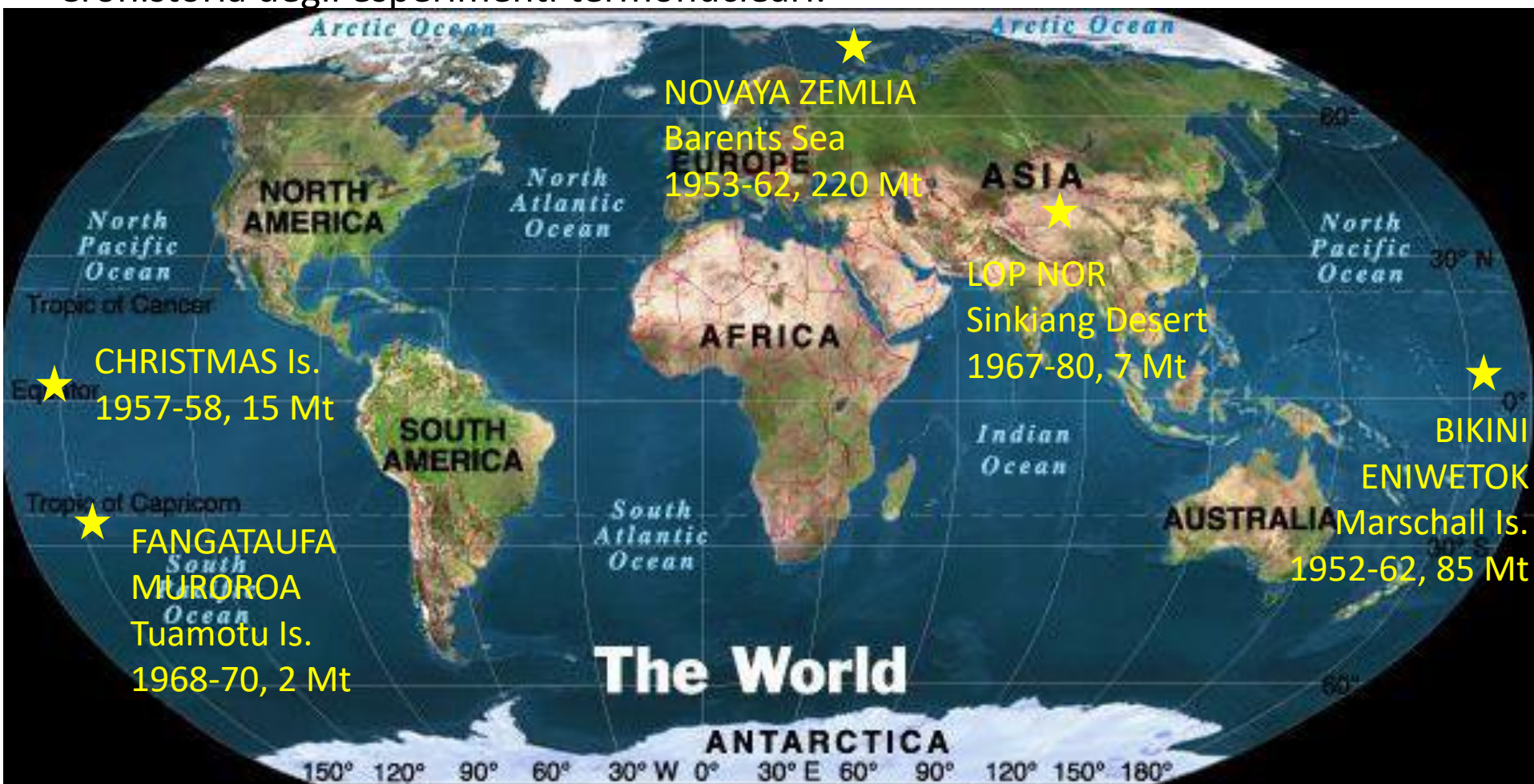
Ci sono 52 anni tra 1951 and 2003, $\lambda_{\text{Tritio}} = 5.575 \times 10^{-2} \text{ anni}^{-1}$.

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = 26 e^{-(0.05575)(52)} = 1.4 \text{ pCi L}^{-1}$$

Per qualsiasi acqua di falda che presenta attività Trizio maggiore di 1.4 pCi L^{-1} , concludiamo che almeno una parte d'acqua tritiata è stata apportata all'acquifero a partire dal 1951.

Il TRIZIO assunse rilevante importanza come tracciante idrologico agli inizi degli anni 50, quando i numerosi esperimenti termonucleari eseguiti in atmosfera, causarono un elevato aumento della concentrazione di questo isotopo nelle precipitazioni.

Cronistoria degli esperimenti termonucleari:



Si passò rapidamente da poche TU a:

10.000 TU	Whitehorse (Yukon)	lat 60.6° N
5950	Vienna	lat 48.2° N
5817	Ottawa	lat 45.3° N
4573	Genova	lat 44.4° N
75	Kaitoke (Nuova Zelanda)	lat 41,1° S

Il Trizio è presente nelle acque a ricarica recente, caratterizzate da età inferiori a ca. 70 anni, dove valori di TU (Tritium Unit) inferiori a 0.8 rappresentano una ricarica anteriore al 1952; valori compresi fra 0.8 e 5 TU indicano un'acqua con età compresa tra 30 e 70 anni; valori fra 5 e 15 TU, tra 3 e 30 anni; **e valori maggiori di 15 TU indicano possibili casi di inquinamento.**

UNSCEAR, 2000:
- 543 atmospheric
bomb tests
between 1945 and
1980;

~ 530 kg of ^3H
produced,
more than 95 %
decayed
or deposited in the
ocean

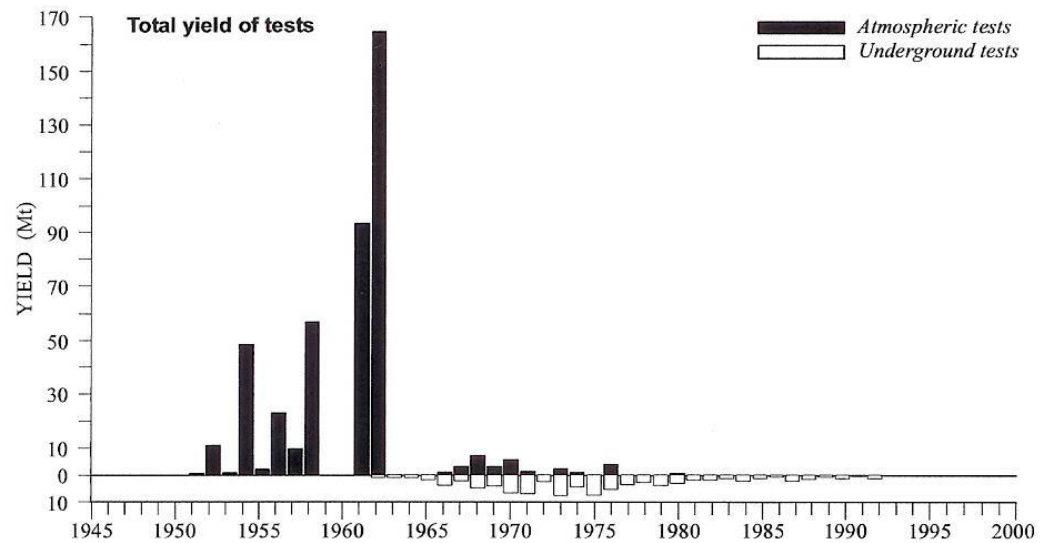
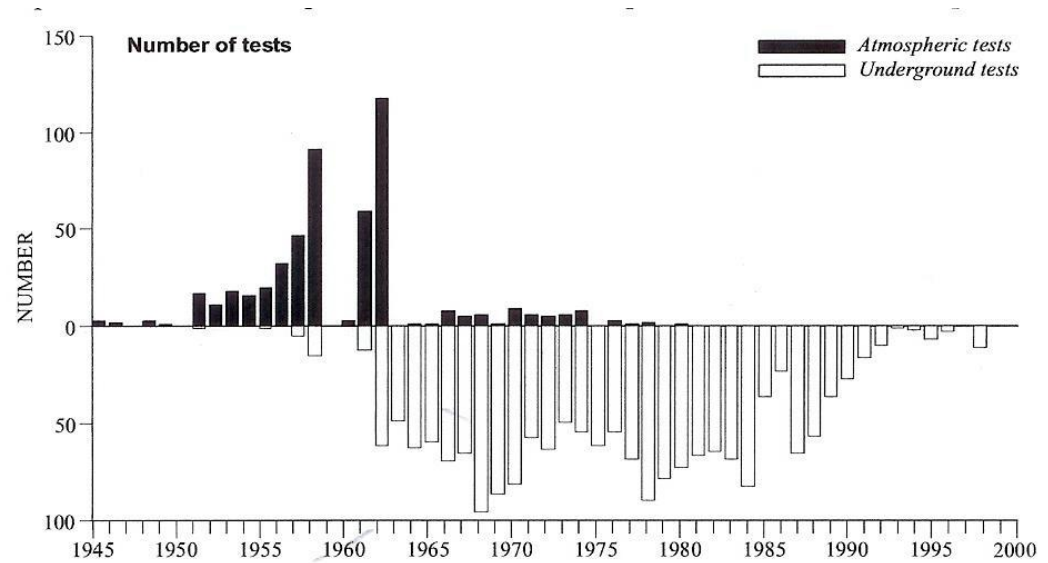


Figure I. Tests of nuclear weapons in the atmosphere and underground.

L'andamento del Trizio nelle **precipitazioni** delle zone equatoriali e dell'**emisfero australe** si differenzia soprattutto per i valori massimi raggiunti che furono anche di **due ordini di grandezza inferiori** alle quantità presenti nell'**emisfero boreale** e per un ritardo di circa due anni nel picco massimo raggiunto.

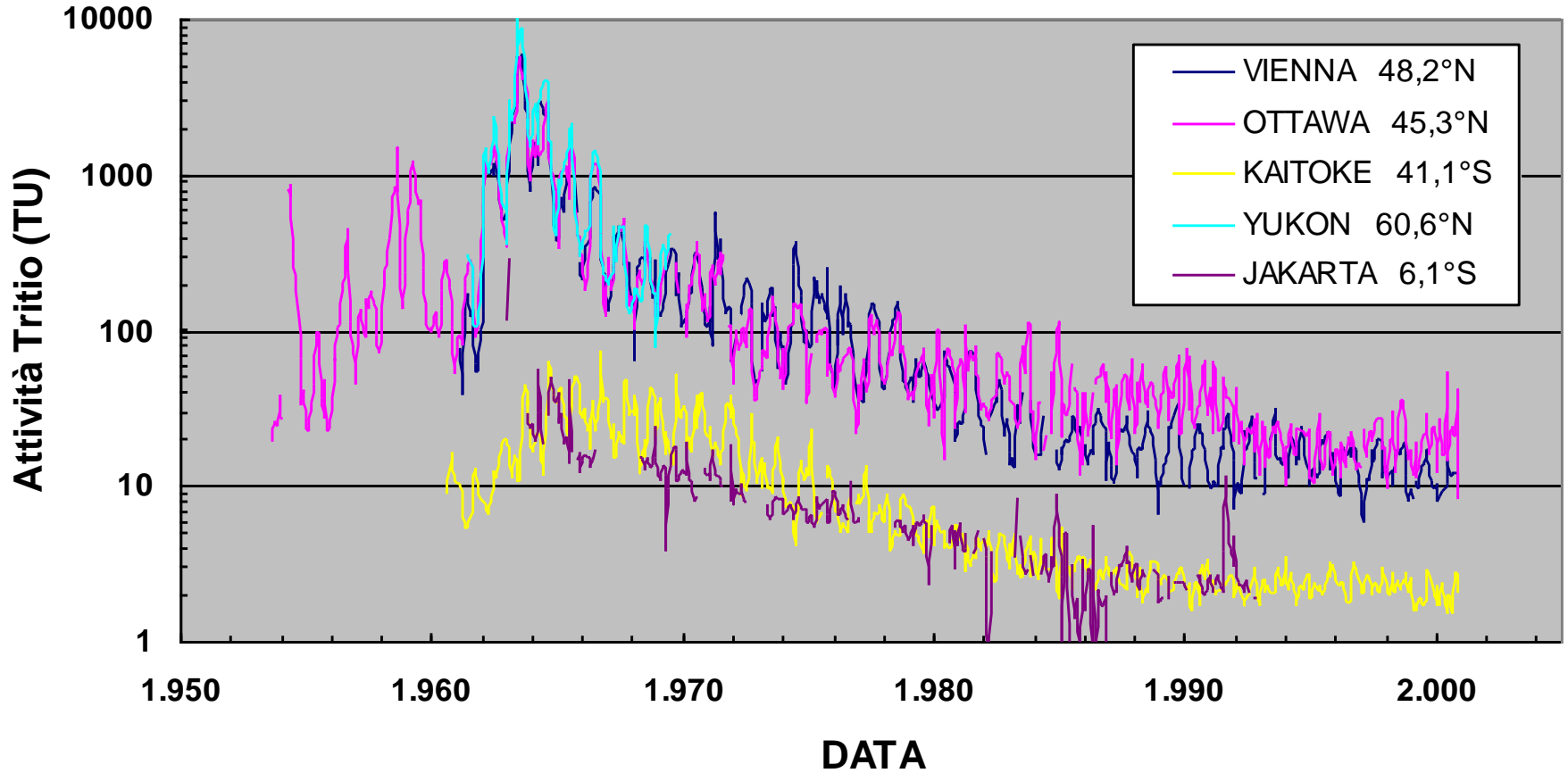


Maggior numero di **esperimenti termonucleari** realizzati nell'**emisfero Nord**

Circolazione generale dell'atmosfera che non agevola la redistribuzione delle emissioni

Effetto di diluizione provocato dagli oceani che coprono aree molto più vaste nell'emisfero meridionale.

Attività Tritio (TU) nelle precipitazioni



CONCENTRAZIONE DEL TRIZIO NELLE PRECIPITAZIONI

Prima del 1952: 5-15 TU

Dopo il 1952 la concentrazione è aumentata in seguito alle esplosioni termonucleari nell'atmosfera.

La concentrazione massima fu raggiunta nel 1963: fino a 10.000 TU in primavera alle alte latitudini dell'emisfero nord

Oggigiorno la concentrazione del trizio nelle Precipitazioni è ritornata al livello pre-termonucleare: 5-15 TU

A partire dal 1963, il contenuto di Trizio nelle precipitazioni cominciò a decrescere con andamento pressoché esponenziale e raggiunse i valori pre-termonucleari nel corso degli anni '90.

I fattori principali del ritorno in tempi relativamente brevi a condizioni paragonabili ai periodi anteriori ai test termonucleari:

- effetto di diluizione delle acque oceaniche**
- effetto serbatoio delle acque sotterranee**
- effetto del decadimento radioattivo che ha ridotto a 1/8 il tritio prodotto nel periodo dei test termonucleari**

Altre sorgenti di Trizio legate alle attività antropiche attuali:

- Reattori termonucleari per la produzione di energia elettrica
- Impianti per la rigenerazione del combustibile nucleare
- Produzione di materiale bellico
- Industrie che producono e usano prodotti triziati (es. vernici luminose)

Le quantità prodotte ed immesse in atmosfera a causa di queste attività non sono tali da incidere sulla concentrazione del Trizio a livello globale, ma **possono** comunque **arricchire** anche significativamente le **precipitazioni e le acque** delle località prossime a questi siti produttivi.

Il trizio è usato come fonte di energia per prodotti luminescenti, incorporato nelle vernici luminescenti o in strumenti luminosi

FLASHLAMP



WATCHES



MAP READER



LCD ILLUMINATOR



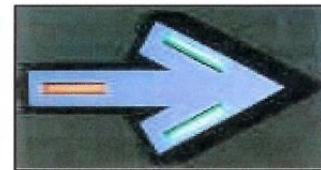
LEVEL BUBBLE



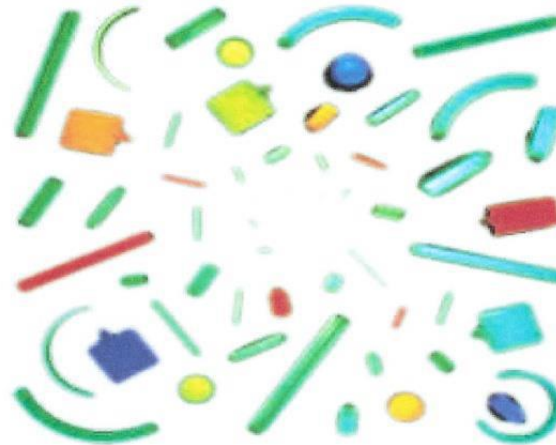
SIGN



ROUTE MARKER

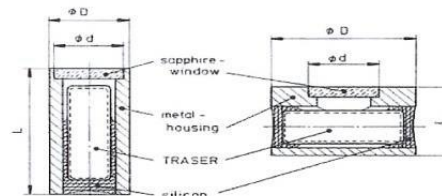
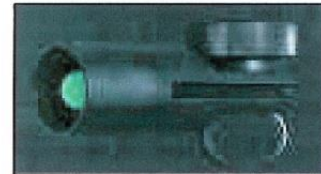


WEAPON INSERTS



OEM PARTS ANY SHAPE ANY COLOR

AIMING POST LAMP



Le **precipitazioni meteoriche** in fase liquida e solida sono, in genere, la maggior **fonte di alimentazione delle acque superficiali e di falda e dei ghiacciai** presenti nelle aree fredde della Terra.

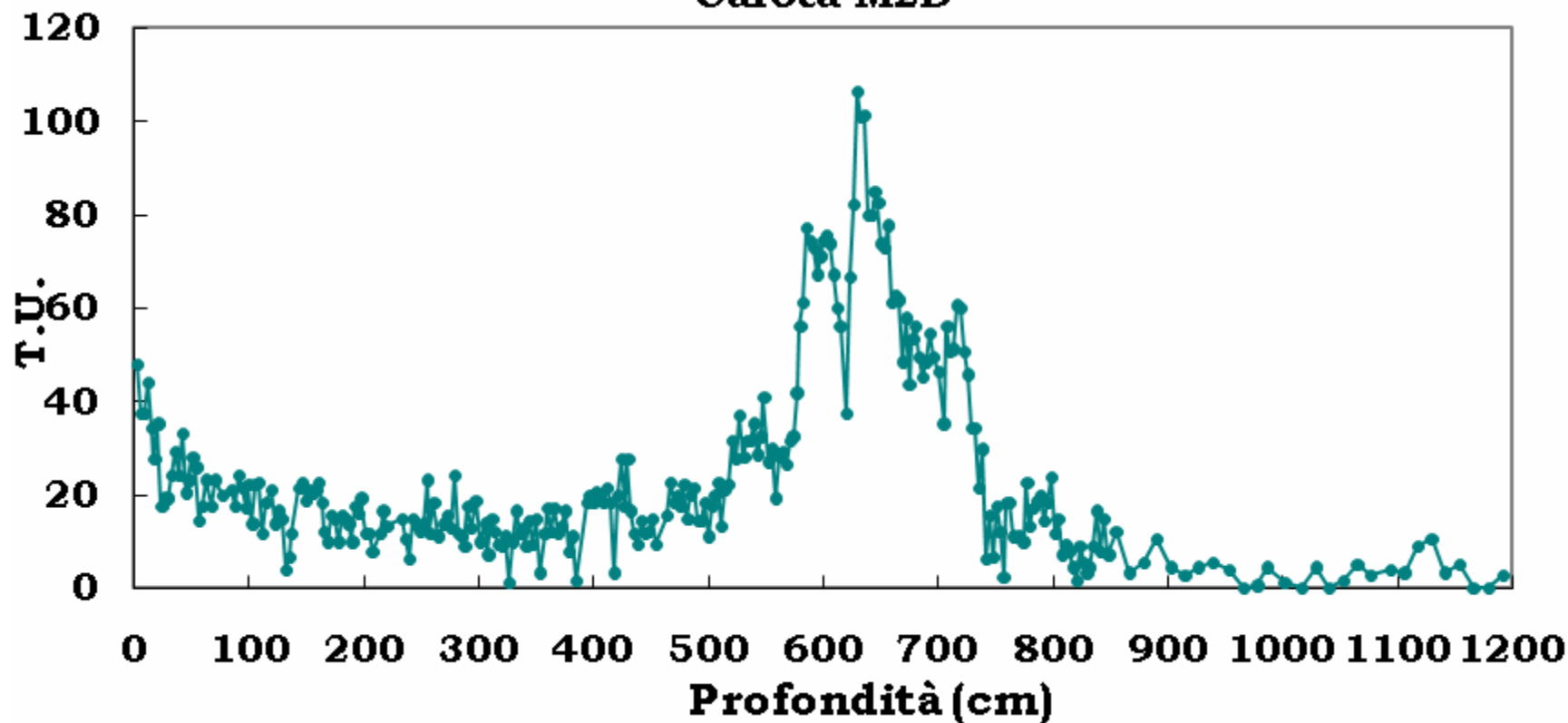
La conoscenza dell'attività Trizio può fornire informazioni per definire:

- **Mescolamenti e tempi di deflusso delle acque superficiali**
- **Tempi di residenza delle acque sotterranee e dinamica dei circuiti idrologici**
- **Datazione di carote di ghiaccio e accumuli nevosi per la valutazione del bilancio di massa**
- **Datazione di ghiacci in cavità ipogee (speleotemi)**

Oltre a queste applicazioni bisogna ricordare che con un monitoraggio costante delle precipitazioni viene fornito un **controllo** di tipo ambientale sulle **emissioni in atmosfera**.

Carote di ghiaccio dell'Antartide) databile in relazione al picco massimo di attività del 1966

Carota M2D



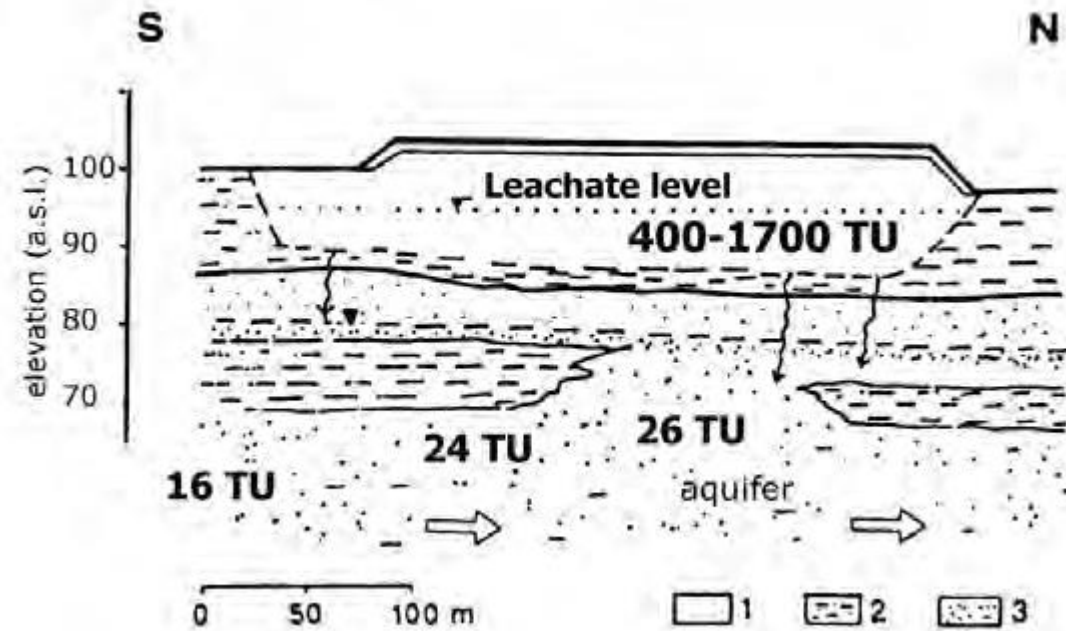
Acque sotterranee

Nelle acque sotterranee la concentrazione del Trizio è un parametro che dipende dal mescolamento delle varie tipologie idriche che contribuiscono all'alimentazione delle falde acquifere, quindi si possono ottenere **informazioni sul tempo di residenza medio** e sulle **condizioni dinamiche del sistema idrologico**.

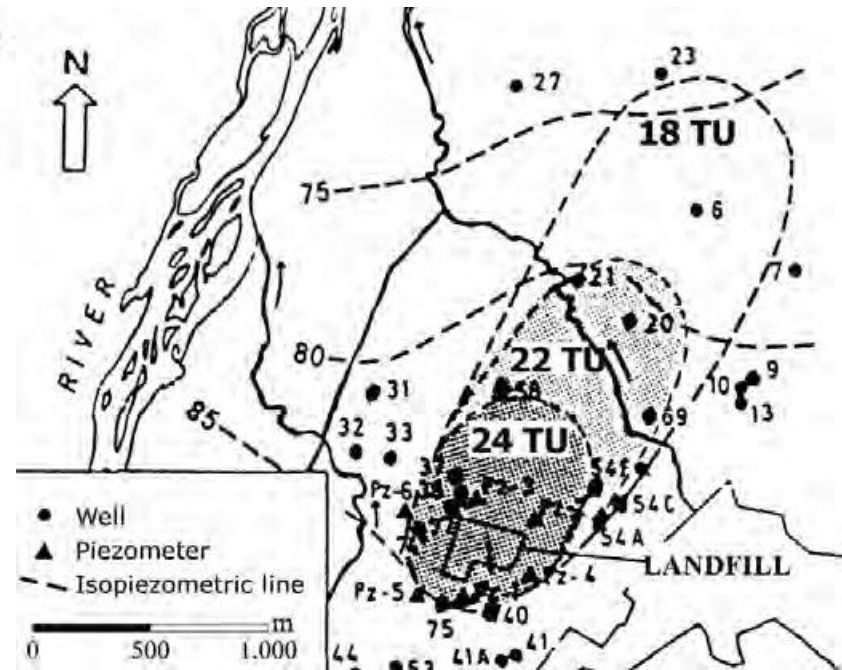
I **sistemi** che **meglio** possono essere **studiati** con il metodo del Tritio sono quelli con **tempo medio di residenza dell'acqua non superiori ai cinquanta-sessanta anni**, che risentono ancora dell'origine del tritio del periodo di test termonucleari.

Il Trizio, può essere impiegato come **tracciante** caratteristico di **inquinamento da percolato**, dato che il suo contenuto in questo liquido è centinaia di volte superiore a quello presente nelle acque naturali (3-5 TU).

Il Trizio, facendo parte della molecola d'acqua, ne segue il flusso e non risente né di rallentamenti o assorbimenti, né dei processi fisico-chimici e quindi dà informazioni molto più certe e utili dei soli dati idrochimici delle acque.



Hydrogeological cross section of the landfill 1. 1: wastes. 2: silty and sandy-clayey layer. 3: gravel and sandy sediments. Values of tritium activities in TU are reported for leachate and phreatic groundwater (after Calestani et al., 1999).



Leachate migration downgradient from the landfill 1. Grey zones indicate the pollutant plume discovered by means of tritium content (after Calestani et al., 1999).

Procedure di arricchimento e analisi del trizio in campioni d'acqua

PRIMA DISTILLAZIONE

- Lo scopo di questa distillazione è quello di eliminare i sali ed altre sostanze, organiche ed inorganiche, presenti nel campione



FASE D'ARRICCHIMENTO ELETTROLITICO

- Il processo elettrolitico è necessario per concentrare le molecole di acqua triziata;





PREPARAZIONE DEL CAMPIONE PER LA FASE DEL CONTEGGIO

- Il campione distillato viene versato nei appositi contenitori chiamati *vial*
- In ogni *vial* viene versato dell'liquido scintillante

FASE DI CONTEGGIO

- L.K.B QUANTALUS, scintillatore a liquido o contatore multicanale
- Questo strumento permette di rilevare i fotoni emessi dal campione sotto forma di energia luminosa



Contatore a Liquido Scintillante: principio di funzionamento

Gli strumenti utilizzati per la determinazione di questo radioisotopo, pur tecnologicamente avanzati, non sono in grado di discriminare valori inferiori a 1,5 CPM, quindi, di norma, si ricorre ad un arricchimento del campione da analizzare ricorrendo alla tecnica dell'elettrolisi.

Vial Portacampione

Guardie

Schermo in Pb

