



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



**Geocronologia: Tecniche di datazione e metodi di correlazione
Roma, 14-16 Giugno 2011**

**DATAZIONE CON IL RADIOCARBONIO:
FONDAMENTI E APPLICAZIONI**

Lucio Calcagnile

**CEDAD – Centro di Datazione e Diagnostica
Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione – Università del Salento
Cittadella della Ricerca - Brindisi**



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



TANDETRON LAB



CLAMS



OPTLAB



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



IL CEDAD

FONDAMENTI DEL METODO DEL RADIOCARBONIO

DATAZIONE RADIOMETRICA

DATAZIONE PER AMS

LA PREPARAZIONE CHIMICA DEI CAMPIONI

Il Parte

APPLICAZIONI

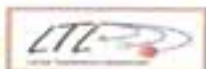


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



**UN ACCELERATORE
DI PARTICELLE
PER LA DATAZIONE
CON IL RADIOCARBONIO
E LA DIAGNOSTICA
DEI BENI CULTURALI**

Inaugurazione del Laboratorio Tandetron
dell'Università di Lecce

Iniziativa 24 del Piano Coordinato
Catania-Lecce: "Realizzazione del Centro
Nazionale di Ricerca e Servizio per la Datazione
al Radiocarbonio con Metodologie Nucleari"

Venerdì, 5 Ottobre 2001, ore 17.00
Auditorium Cittadella della Ricerca
S.S. 7 per Mesagne km.7+300 - Brindisi



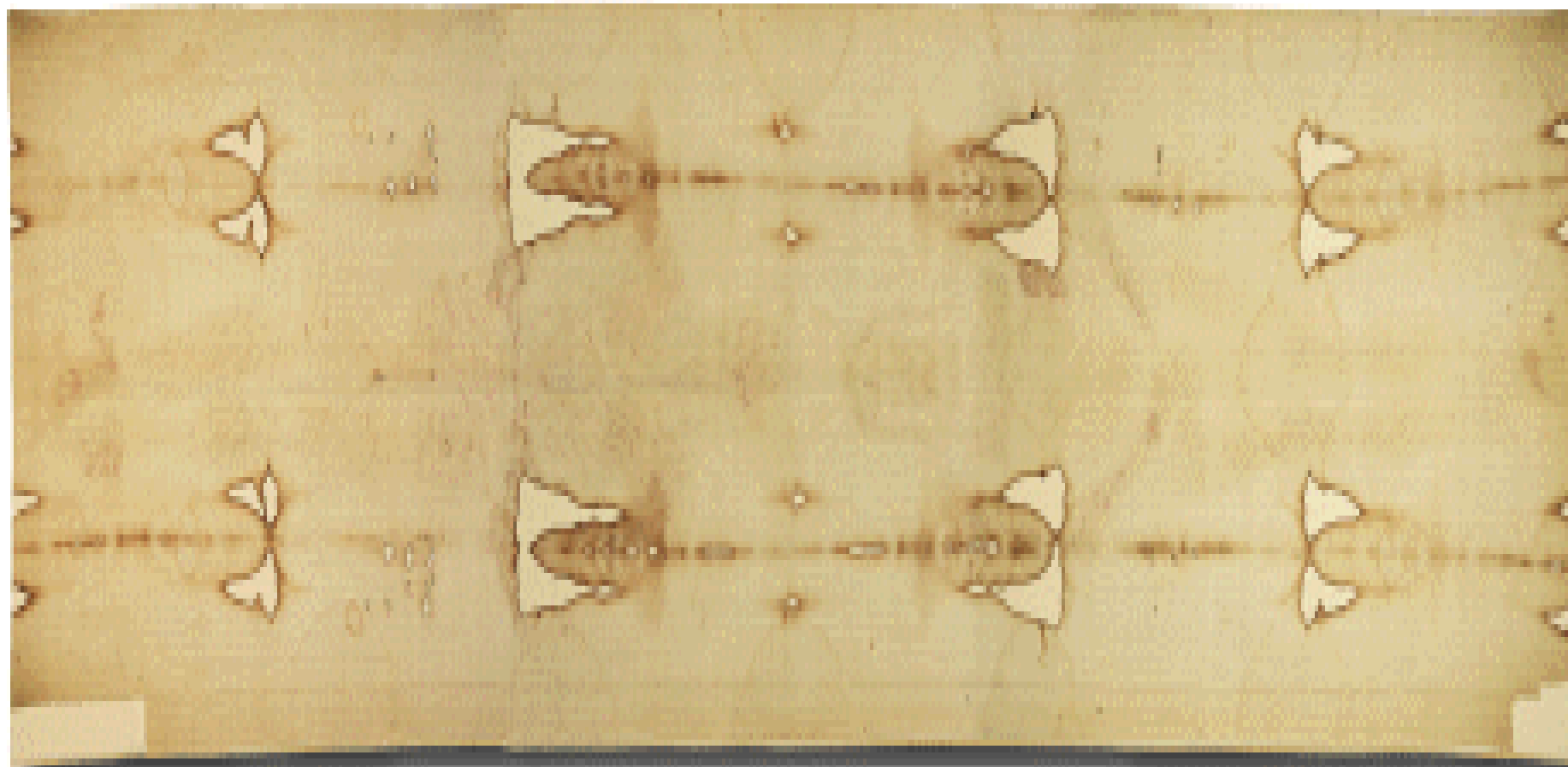


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



1260-1390 AD



LA STAMPA

L'«orologio» della Storia ora è più pratico e sicuro

A LECCE L'UNICO IMPIANTO ITALIANO DOTATO DI ACCELERATORE
PER DATARE REPERTI ARCHEOLOGICI RAPIDAMENTE E SENZA DANNI

Roberto Antonetto

Si chiama "Tandemtron" e il laboratorio dell'Università di Lecce che ha fatto compiere un grande balzo in avanti alla datazione con il carbonio radioattivo. E' infatti il primo in Italia ad aver messo a punto il metodo di datazione al radiocarbonio mediante accelerazione di particelle (AMS, Accelerator Mass Spectrometry). Il laboratorio è in grado di effettuare la diagnostica dei beni culturali con tecniche di spettrometria di massa: ciò significa che reperti archeologici e resti di animali antichi fino a 50-60 mila anni trovano la loro età certa in maniera assai più rapida e precisa di prima.

Per rendersi conto dell'importanza di "Tandemtron" basta dire un paio di fatti e spostarsi all'Università di Chicago: qui negli Anni 50 un gruppo di ricercatori guidato da Willard F. Libby (premio Nobel nel 1960) scoprì il metodo di datazione con il radiocarbonio. La scoperta lanciava una vera e propria rivoluzione, perché metteva nelle mani degli studiosi dei riferimenti sicuri per la datazione archeologica e apriva nuove possibilità in numerosi altri campi della ricerca.

Il carbonio, principale costituente della materia organica e quindi presente in ogni forma vivente animale e vegetale, ha in natura tre forme isotopiche: ^{12}C , ^{13}C e ^{14}C . I primi due isotopi, cioè il ^{12}C e il ^{13}C , sono stabili. Il terzo, cioè il ^{14}C , è

radioattivo. In un organismo vivente c'è un ammontico costante di miliardi di atomi di ^{14}C . Dopo la morte dell'organismo, il contenuto di ^{14}C diminuisce a dismisura secondo una precisa legge di decadimento: Libby trovò che il tempo di dimezzamento per il ^{14}C è pari a 5730 anni, poco perché la determinazione del rapporto fra ^{14}C e ^{12}C consente di risalire all'epoca in cui l'organismo è morto. In altri termini, se un campione di materia organica si trova in rapporto fra ^{14}C e ^{12}C pari alla metà del valore per gli organismi viventi, si può concludere che il campione ha 5730 anni. Attualmente il valore del tempo di dimezzamento è stato corretto in 5730 ± 40 anni. Nel metodo di datazione convenzionale il rapporto fra ^{14}C e ^{12}C viene determinato sfruttando il fatto che nel decadimento radioattivo del ^{14}C si ha l'emissione di un elettrone. Ciò richiede tempi di misura assai lunghi e notevoli quantità di materiale (parcochi grammi). Invece nel metodo di datazione realizzato dal laboratorio di Lecce, la spettrometria di massa con l'acceleratore, si va a misurare direttamente il rapporto isotopico fra ^{14}C e ^{12}C , evitando la determinazione del numero di atomi di radiocarbonio presenti nel campione.

Il cuore dell'impianto è un particolare acceleratore lineare in grado di portare gli atomi di carbonio radioattivo uno ad uno dal campione analizzato a gradine e polvere di fiori (queste serve da catalizzatore), gli atomi ven-

La datazione con il sistema del carbonio 14 è diventata più rapida e molto meno distruttiva grazie a una tecnica che utilizza acceleratori di particelle: basta disporre di qualche milligrammo di materiale tratto dal reperto



gosi estratti con successivi procedimenti, incostruendo con l'impiego di una sorgente ionica e di un analizzatore elettrostatico. Un pioggetto acceleratore di bassa energia effettua quindi una prima separazione in base ai tre isotopi. In questo modo ^{12}C , ^{13}C e ^{14}C vengono isolati separatamente nel tubo di accelerazione. Il sistema dell'Università di Lecce, costruito dalla ditta canadese High Voltage Engineering, è il primo al mondo con un tale modello di ionizzazione per gli isotopi del carbonio. Dopo ulteriori studi e separazioni, il ^{14}C , rimasto solo nella sua forma attiva al momento finale della "svolta", che avviene cioè un rivelatore a ionizzazione di gas (elettronico). Proprio grazie a questa tecnica è che l'AMS permette di effettuare la datazione con un

campione anche mille volte più piccolo di quello necessario fino a ieri: basta qualche milligrammo. Con questa tecnica e quindi possibile datare materiali che prima non potevano essere sottoposti all'analisi perché troppo preziosi per estrarne parti sufficientemente grandi (si pensi agli scorpelli inseriti nei prelievi frammenti dal lato della Sindone per il test del C14). Ma c'è un altro enorme vantaggio: i tempi diventano cento volte minori.

I risultati che si producono nel campo dell'archeologia e dei beni culturali non hanno bisogno di commenti. Ma le applicazioni dell'AMS di Lecce sono anche altre, perché il metodo si può applicare dalle coste al ripello, dalla terra alla carta, dal sangue all'urina. Sono questi

ultimi paleoclimatologia, paleontologia, scienze ambientali, astrofisica. Il laboratorio nasce da un piano della Università di Catania e Lecce ed è stato finanziato anche con fondi europei. E' uno dei fiori all'occhiello del Parco Scientifico e Tecnologico Lecce Salento, a una trentina di chilometri da Lecce. Vi lavorano 5 ricercatori e i tecnici. E' il responsabile Lucio Calabro, del Dipartimento di Ingegneria dell'Università dell'Università Salento. Oltre la Italia e nel bacino del Mediterraneo, lo confronto soltanto con una ventina di laboratori simili nel mondo e collabora con i centri europei più avanzati nel campo della spettrometria di massa tramite collaborazione tra stati. L'Università italiana di Kiel e il Probatorio Federale di Zurigo.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



RADIOCARBONIO

Anche l'Italia potrà dire la sua sull'età

La nascita del laboratorio Tandem colma un grave gap tecnologico del nostro Paese che, pur essendo il più ricco patrimonio d'arte del mondo, solo oggi si dota di un centro avanzato per la datazione col radiocarbonio. Per questo tipo di analisi negli ultimi vent'anni si sono via via attrezzate Francia, Gran Bretagna, Svizzera, Germania, Austria e Olanda, e sono sorti centri specializzati come quelli di Kiel e Zerigo, con i quali il Tandem condivide oggi una serie di progetti di ricerca. Il nuovo laboratorio è nel parco scientifico tecnologico scalo-saltino «Punto» alla porta di Brindisi, ed è stato realizzato dall'Università di Lecce in collaborazione con l'Università di Catania (finanziamento di allungamento circa 5 milioni di euro). Il centro impiega un sistema avanzato di spettrometria nucleare che, rispetto a tecniche più tradizionali, rappresenta un salto di qualità sia dal punto di vista della precisione dell'analisi sia dell'attendibilità dei risultati.

Non solo archeologia. Il metodo di datazione col radiocarbonio non è che la più nota delle molte applicazioni della fisica all'archeologia; applicazioni da cui sono scaturiti importanti risultati non solo per la datazione (oltre a quella del radiocarbonio, esistono tecniche di termoluminescenza, ideale per datare vasellame e materiali cerici, e di cronometria di spin elettronico applicata per i minerali), ma anche per l'analisi, la diagnostica e il restauro dei reperti e per l'individuazione dei siti di interesse archeologico (attorno a sistemi radar e tecniche capaci di misurare minime variazioni del campo magnetico del suolo). Il metodo del

radiocarbonio risale alla metà del secolo scorso (vale il Nobel nel 1960 a Willard Libby dell'Università di Chicago) e viene oggi applicato in campi che vanno dall'archeologia all'osteologia, dalla paleontologia alla biomedicina: esso si basa sul fatto che in un organismo vivente il rapporto tra Carbonio 12 (C^{12}) e Carbonio 14 (C^{14}) ha un valore definito.

Dalla morte il conto alla rovescia. Al cessare delle funzioni vitali, il carbonio non viene più metabolizzato; da quel momento il C^{14} comincia a decadere; mentre il C^{12} (come il C^{13}) resta stabile; il rapporto tra i due isotopi cambia in relazione all'età del campione. Essendo noto il tempo di dimezzamento con cui il C^{14} si disintegra (5.600 anni), dal rapporto C^{14}/C^{12} è possibile risalire all'età del campione. Il metodo si presta alla datazione di qualunque materiale organico o inorganico purché prodotto da organismo vivente: non solo quindi ossa e capelli ma anche ceramiche con inclusi organici, pitture realizzate con materiale organico, legno, carta, papiro. Ciò spiega, ad esempio, perché la Sacra Sindone di Torino sia stata sottoposta a indagini di questo tipo. La misura del rapporto isotopico C^{14}/C^{12} può essere effettuata con due diversi sistemi: quello convenzionale è basato sul fatto che ogni campione organico possiede una radioattività proporzionale alla concentrazione di C^{14} : in questo caso però la radioattività emessa è così ridotta da richiedere tempi lunghissimi di misura o notevoli quantità di materiale. Il sistema di spettrometria di massa ad alta risoluzione (Ams) adottato al Tandem, misura invece il numero degli atomi di radiocarbonio presenti nel campio-



Analisi. Lo strumento utilizzato al Tandem per la datazione al radiocarbonio

ne: il campione da analizzare viene trasformato in grafite e quindi bombardato con ioni di azoto che provocano il rilascio di ioni di carbonio. Questi vengono scintillati e spinti attraverso diverse a secondarie che si tratti di ioni di C^{14} , C^{13} o C^{12} (è rende possibile la misura separata dei tre isotopi). La tecnica consente di operare analisi non distruttive con pochissimo di quantità dell'ordine del milligrammo, vale a dire migliaia di volte meno di quanto richiede il metodo convenzionale) in tempo molto più breve e con risultati molto più affidabili (il livello di approssimazione è inferiore allo 0,5%). La macchina del Tandem usa un sistema di marcioni dei tre isotopi che vengono inviati a intervalli di tempo prefissati nell'acceleratore e quindi accelerati verso il sistema di spettrometria di massa, dove un reagente analizzatore divide le tre masse. La cura dedicata alla preparazione dei campioni è poi indispensabile per ridurre le

contaminazioni. Tandem dispone dell'intera flotta dei servizi dell'analisi al microscopio ottico all'elettromicroscopia, dai microscopi, dal filtraggio alla purificazione chimica, dalla conversione del campione in grafite purificata. Cosmone di misurare 55 campioni contemporaneamente (oltre, di età nota, per riferimento) e datare oltre 500 campioni all'anno, con un costo a operazione di circa mezzo milione di euro.

Leonardo in lista d'attesa. Tra le opere oggi in lista di attesa, dipinti su tavola che gli esperti attribuiscono a un giovane Leonardo non ancora entrato nella bottega del Verrocchio. Il provalo comprende analisi ottiche e nucleari. Dalle tavole verranno prelevati ridottissimi campioni (pochi per la datazione col radiocarbonio; le analisi ottiche (di riflettografia) conclusioni eventuali scati di dipinti scrostati e altri elementi non valutabili ad occhio nudo.

Elisabetta Dicante



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



NUOVO **Quotidiano**
di Puglia
Lecce

In frazione nella Cittadella della ricerca di Bindi si il laboratorio per la datazione dei reperti storici

Tandetron, il detective del tempo

di **FRANCESCO CANTONE**

In un'aula spaziosa, con soffitti alti e pareti colorate, si affacciano una serie di tavoli con apparecchiature sofisticate. È il laboratorio di datazione dei reperti storici, situato nella frazione di Bindi, in provincia di Lecce. Qui, con l'ausilio di un Tandetron, si datano i reperti storici, dalla ceramica alla pittura murale, dalla moneta alla perla. È un lavoro che richiede precisione e competenza. Il Tandetron, infatti, è uno strumento che misura la datazione dei reperti storici, basandosi sulla quantità di carbonio-14 presente nel campione. La datazione è un processo che richiede tempo e risorse, ma è essenziale per la ricerca storica e per la tutela del patrimonio culturale.



LA STRUTTURA
Fiore all'occhiello dell'ateneo leccese

Il laboratorio Tandetron del governo di Lecce è uno dei più moderni d'Italia. È stato realizzato con l'obiettivo di migliorare la qualità della ricerca e di attrarre studenti e ricercatori. La struttura è stata progettata e costruita con il massimo standard di sicurezza e di efficienza. È un luogo dove la scienza e la tecnologia si incontrano, dove si creano nuove conoscenze e si applicano le tecniche più avanzate. Il Tandetron è uno strumento che ha rivoluzionato il modo di datare i reperti storici, permettendo di ottenere risultati più precisi e affidabili. È un orgoglio per l'ateneo leccese e per la comunità di Bindi.



LO SCIENZIATO
Il passato svelato da studi e ricerche

Il Tandetron è uno strumento che ha rivoluzionato il modo di datare i reperti storici, permettendo di ottenere risultati più precisi e affidabili. È un orgoglio per l'ateneo leccese e per la comunità di Bindi. La datazione è un processo che richiede tempo e risorse, ma è essenziale per la ricerca storica e per la tutela del patrimonio culturale. Il Tandetron è uno strumento che ha rivoluzionato il modo di datare i reperti storici, permettendo di ottenere risultati più precisi e affidabili. È un orgoglio per l'ateneo leccese e per la comunità di Bindi.

Il Tandetron è uno strumento che ha rivoluzionato il modo di datare i reperti storici, permettendo di ottenere risultati più precisi e affidabili. È un orgoglio per l'ateneo leccese e per la comunità di Bindi. La datazione è un processo che richiede tempo e risorse, ma è essenziale per la ricerca storica e per la tutela del patrimonio culturale. Il Tandetron è uno strumento che ha rivoluzionato il modo di datare i reperti storici, permettendo di ottenere risultati più precisi e affidabili. È un orgoglio per l'ateneo leccese e per la comunità di Bindi.

Il Tandetron è uno strumento che ha rivoluzionato il modo di datare i reperti storici, permettendo di ottenere risultati più precisi e affidabili. È un orgoglio per l'ateneo leccese e per la comunità di Bindi. La datazione è un processo che richiede tempo e risorse, ma è essenziale per la ricerca storica e per la tutela del patrimonio culturale. Il Tandetron è uno strumento che ha rivoluzionato il modo di datare i reperti storici, permettendo di ottenere risultati più precisi e affidabili. È un orgoglio per l'ateneo leccese e per la comunità di Bindi.

Il Tandetron è uno strumento che ha rivoluzionato il modo di datare i reperti storici, permettendo di ottenere risultati più precisi e affidabili. È un orgoglio per l'ateneo leccese e per la comunità di Bindi. La datazione è un processo che richiede tempo e risorse, ma è essenziale per la ricerca storica e per la tutela del patrimonio culturale. Il Tandetron è uno strumento che ha rivoluzionato il modo di datare i reperti storici, permettendo di ottenere risultati più precisi e affidabili. È un orgoglio per l'ateneo leccese e per la comunità di Bindi.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



SABATO
29 MAGGIO 2004

CATHOLICA



Sabato,
29 maggio
2004

ANNO LVIII N. 227
€ 0,90

Avenire



S. Maurizio

www.avenire.it

Benedetto, la scienza conferma la devozione



DA SAN BENEDETTO DEL TIRRENTO

«La tradizione ha trovato la sua conferma: le parole di Monsignor Gervasio Gestori, vescovo di San Benedetto del Tronto-Ripatransone-Montalto

arrivano dopo l'annuncio da parte della facoltà di ingegneria dell'Università di Lecce che i prelievi effettuati dalle reliquie di san Benedetto, patrono della città risalgono agli inizi del quarto secolo. Un'indagine partita dalla leggenda è approdata, grazie alla scienza, alla storia: quella di un uomo perseguitato ai tempi di Diocleziano e uno degli ultimi cristiani ad essere stato martirizzato con la decapitazione nel 304. E le celebrazioni per il patrono, che iniziano domani, saranno arricchite da questa scoperta a 1700 anni esatti dalla morte del santo. E seppur rimane la prudenza, ad essa si affianca l'orgoglio - come sostiene Gestori - che il martirio cristiano abbia un senso, che la verità non può prescindere dalla

fede e viceversa, una verità scoperta anche grazie all'iniziativa di Giuseppe Romani, che, con l'assenso del vescovo, si è sobbarcato l'onere dell'operazione. Il lavoro è stato affidato al centro di Lecce diretto dal professor Lucio Calcagnile, l'unico nell'area mediterranea in grado di realizzare degli esami al radiocarbonio. Un'équipe di quattro persone, compresa anche un'archeologa, guidata da Gianluca Quarta, è giunta a San Benedetto per effettuare i prelievi dopo aver aperto l'urna alla presenza di Giuseppe Romani di don Romsaldo Scarponi e don Vincenzo Cabini. Dopo un mese di lavori, i risultati: quei resti appartengono ad un uomo vissuto agli inizi del quarto secolo. Un esame accurato che per i reperti

inferiori ai 2000 anni può avere un margine di errore di 40 anni. L'intera impresa si conoscerà meglio quando i protagonisti spiegheranno nei dettagli le operazioni svolte durante un convegno scientifico in programma per l'8 e il 9 novembre. Una fetta quindi con un clima diverso quella che si apre domani alle 18,30 quando la città accoglierà il santo al largo del porto dove l'imbarcazione con a bordo Gestori riceverà il simulacro di Cupra Marittima. Seguirà la processione fino alla città alta con la benedizione del vescovo. Non mancheranno le indulgenze plenarie per ricordare che il periodo è davvero unico nel suo genere e propizio per la riflessione e la conversione nella vita di tutti i fedeli.

Andrea Borchiesi



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



S. Giovanna d'Arco

Le reliquie di Giovanna d'Arco custodite nel museo di Chinon sono i resti di una mummia egiziana del terzo-sesto secolo avanti Cristo.

In una precedente riesumazione era stato trovato anche un femore di gatto, ma come spiegazione di alcuni avevano invocato l'abitudine medioevale di bruciare gatti e altri animali insieme agli eretici, in quanto rappresentanti del diavolo.

I resti di Giovanna d'Arco, arsa sul rogo come eretica nel 1431 a Rouen, Normandia, furono trovati nel 1867 nella soffitta di una farmacia parigina.

L'urna recava l'iscrizione 'Resti trovati sotto il palo di Giovanna D'Arco, pulzella d'Orleans' e sono stati riconosciuti ufficialmente

Le datazioni al C14 hanno confermato che i resti risalgono a un periodo compreso fra il III e il VI secolo a.C.





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



(Cultura DOPO L'ANNUNCIO DEL PAPA, PARLANO GLI SCIENZIATI)



SAN PAOLO

Abbiamo fotografato i resti dell'apostolo

Ratzinger rivela a sorpresa: «Quelle sono le ossa del martire». Noi siamo stati nel laboratorio «segreto» che ha fatto le analisi. Ecco cosa abbiamo visto

di Marco Merola

I resti di San Paolo che hanno discusso la stampa e i teologi di tutto il mondo si affollano nei miei occhi. Sono nel laboratorio del Cedad, il Centro di datazione e diagnostica di Lecce, il più avanzato centro italiano per la datazione al radiocarbonio. Il C14. Parlo con-

te del campigno prelevati nell'aprile 2008 dal santuario del Santo, nella Basilica di San Paolo Fuori le Mura, a Roma.

LA SONDA OTTICA

A dire l'arcivescovo della clamorosa indagine archeologica è stato Papa Benedetto XVI, a

conclusione dell'anno passato, lo scorso 20 giugno. Qualcuno, invece, ha tentato di entrare per bucare il catolofano di pietra e far passare una sonda ottica in un foro di 30 millimetri di diametro.

«Sono stato il primo a fare un'analisi di un campione preso colatore di



IMMAGINI ESCLUSIVE

Sottoposti al Carbonio 14

Le due eccezionali fotografie a destra, un frammento del lineare estratto di pergamina e l'immagine di un occhio estratto dalla tomba di San Paolo, appaiono al microscopio elettronico. Sopra, una fotografia del Cedad, interpretata nel laboratorio di datazione di alcuni resti della tomba più a destra, la tomba dell'apostolo, nella quale nella basilica romana di San Paolo Fuori le Mura.



LE NOSTRE DUE GUIDE

Qui sopra, da sinistra, Paolo Colaprico, direttore del Cedad di Lecce, che ha dato il via alla ricerca di Paolo, e il cardinale Andrea Cappelletti, arcivescovo di Lecce, che ha scoperto il San Paolo fuori le Mura. Chiamo guidate nella nostra indagine.



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LA LUPA CAPITOLINA





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LA STAMPA

QUOTIDIANO FONDATA NEL 1867

MERCOLEDÌ 1 AGOSTO 2007 • ANNO LXXI N. 209 • 1,00 € IN ITALIA (PREZZI PROMOZIONALI ED ESTERO IN ULTIMA SPEDIZIONE ABB. POSTALE - D.L. 354/02 (DIRIV. IN L. 27/02/98) ART. 1 EDIRMA 1, DOE - TO www.lastampa.it

il caso

TONIO ATTINO
BRINDISI

Il bronzo
simbolo di Roma
non è etrusco

La lupa capitolina non è etrusca. Il mito lo adatterebbe l'esame del radiocarbonio. Soltanto il verdetto ufficiale sul monumento simbolo di Roma sia atteso per la fine dell'anno, i primi risultati confermerebbero la svolta e, in qualche modo, la teoria sostenuta (anche in un libro, *La lupa capitolina, un bronzo medioevale*, ed. De Luca) da Anna Maria Carruba, Archeologa che ha lavorato al restauro dal 1997 al 2000.

I due approcci - archeologico e molecolare - non sono paragonabili, ovviamente. Se la restauratrice sostiene che la lupa è di origini medioevali e non etrusca per via delle differenti tecniche di fusione del bronzo (gli etruschi fondavano in pezzi mentre la lupa è realizzata con un getto unico), l'acceleratore molecolare ci aiuta esaminando le terre di fusione contenute all'interno della statua: si tenta di contare le possibili particelle di radiocarbonio ¹⁴ che consistono



La lupa conservata a Roma al Museo Capitolino, ritenuta finora un'opera del V sec. a.C.

no di misurare l'età. Gli esami sono in corso al Cedad di Brindisi, il Centro di datazione e diagnostica dell'Università del Salento. Primo in Italia e tra i migliori al mondo, il Cedad è dotato di Tandemtron, un acceleratore di particelle capace di determinare fino a 50 mila anni indietro l'età di reperti con campioni di pochi milligrammi di materiale organico (anche una fogliolina o un frammento di ramo) e

in tempi ristretti. Margine di errore: 25 anni su 50 mila. Ad aprile i Musei Capitolini hanno deciso di rivolgersi al Cedad, che aveva già datato il corredo di Massonara, per ottenere un giudizio scientifico definitivo. È stato così anche per la Sindona e - del caso si è occupato proprio il Cedad - per le reliquie di San Benedetto, risultate essere quelle del santo.

Luca Calogno, Fabio Quarantacin-

quomo di Lecce, direttore del Cedad e capo di un'equipe di dieci persone, sta alla larga dalle indiscrezioni e non parla della lupa. «I risultati non ci sono ancora. Non c'è nulla che lo possa dire se non che finora abbiamo eseguito urtali esami e costiamo di arrivare a venti. Finora abbiamo tratto i campioni esaminati da circa due chili di terra di fusione prelevati dalla poscia della lupa. Dopo l'estate provvederemo a nuovi prelievi utilizzando un endoscopio e, conclusi gli altri nove esami, entro dicembre saremo in grado di fornire i risultati».

Insediato nel 2001 e ospitato nella Cittadella della ricerca di Brindisi, un'isola tecnologica in cui si mescolano aeronautica e biomedica, studi sui nuovi materiali e formazione di eccellenza, il Cedad è un laboratorio della facoltà di Ingegneria dell'innovazione che utilizza la spettroscopia ma-

siolare nei settori archeologici, ambientale e medico, lavorando anche per Germania, Austria, Egitto, Turchia, Nigeria, Dubai, Stati Uniti. L'acceleratore di particelle permette di mettere in pratica, ma in tempi rapidi e con campioni piccolissimi che consentono di non danneggiare il reperto da esaminare, il metodo della datazione con radiocarbonio idento a fine anni 40 da Willard Frank Libby, premio Nobel nel 1960. Assoluta-

AL CEDAD DI BRINDISI
I tecnici incaricati di datare
la statua confermano la tesi
dell'archeologa Carruba

to durante il ciclo vitale, il carbonio ¹⁴ comincia a decadere a conclusione di qualunque forma di vita. Calcolando il numero degli isotopi restanti è possibile risalire all'età del reperto. Per la lupa capitolina sono stati sufficienti pochi grammi: un seme, una fogliolina contenenti nelle terre di fusione. L'esame del radiocarbonio sarà come una sentenza della Cassazione. Inappellabile.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



SELEZIONE DEI CAMPIONI

Molti campioni organici sono stati selezionati per le datazioni con il radiocarbonio dalle terre di fusione





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



CEDAD
Centro di Datazione e Diagnostica

CORRIERE DELLA SERA

CORRIERE DEL MEZZOGIORNO

LECCE E PUGLIA

» Ricerca Umanisti avvelenati?
Pico e Poliziano, indaga il Cedad

LECCE — Affascinante, misterioso, come scopriremmo, cosa ha traghinato Leonardo da Vinci prima di morire. Anzi, molto di più: stabilire la causa di morte di due persone vivente meno millenarie. Ad occuparsene, in maniera tutt'altro che fantascientifica, saranno gli studiosi del Cedad dell'Università del Salento che con la collaborazione del filo di Parma archeologo di far luce su due delle più misteriose morti del Quattrocento italiano: quella del filosofo Pico della Mirandola e del letterato Angelo Poliziano.

Il progetto scientifico è stato presentato ieri a Firenze dal direttore del Cedad, professor Francesco Colagrosso, e da altri studiosi italiani coinvolti nel progetto tra i quali il tecnico scientifico, Luciano Giordano, comandante del filo di Parma, che si interessa dell'analisi di biologia molecolare e dell'esame del Dna dei resti umani; l'ingegner Francesco De Crescenzo, dell'Università di Bologna, che si occupa dell'analisi delle ossa e della partecipazione rapida dei resti antropologici e Francesco Mallegri, antropologo dell'Università di Pisa, esperto in metodologie e tecniche di ricostruzione facciale. Il pool di esperti ha già esaminato ciò che resta dei due illustri personaggi rivelando una preziosa ipotesi sulla causa di morte. La fine dei due personaggi dell'Umanesimo - hanno già ipotizzato gli scienziati di questa prima visita - potrebbe essere dipesa da una lesione e all'epoca diffusissima



Francesco Colagrosso è il direttore del Cedad, centro multidisciplinare per la ricerca di Lecce

diffide oppure da un più letargico e drammatico avvelenamento da arsenico. Scoperta la risposta che avrà la ricerca su cui ha puntato il Cedad di Lecce.

«Il per noi una grande soddisfazione perché parte a questo studio - afferma il professor Lucio Colagrosso - che coinvolge importanti esperti del mondo scientifico nazionale. Siamo procedendo alla datazione tramite radiocarbonio e test genetici - aggiunge il ricercatore - allo scopo di evidenziare i connessioni. Per ora - anticipa - quello che si è rilevato nei resti è la presenza di molto piombo». Lo studio sarà oggetto di una trasmissione televisiva curata dal giornalista Silvano Vianini che la presenterà in una prossima puntata dedicata all'argomento dal titolo «Disgrati del passato».

Nazarena Divisi

venerdì 4 febbraio 2010

Quotidiano 23

CULTURA & SPETTACOLI

Il Centro dell'università del Salento protagonista nel progetto che porterà a svelare i misteri della fine del poeta e del filosofo

L'ultimo segreto
di Pico della Mirandola e Poliziano

Personaggi dal fascino straordinario

Mistero, che rimarrà svelato solo con il tempo. Il progetto è stato presentato ieri a Firenze dal direttore del Cedad, professor Francesco Colagrosso, e da altri studiosi italiani coinvolti nel progetto tra i quali il tecnico scientifico, Luciano Giordano, comandante del filo di Parma, che si interessa dell'analisi di biologia molecolare e dell'esame del Dna dei resti umani; l'ingegner Francesco De Crescenzo, dell'Università di Bologna, che si occupa dell'analisi delle ossa e della partecipazione rapida dei resti antropologici e Francesco Mallegri, antropologo dell'Università di Pisa, esperto in metodologie e tecniche di ricostruzione facciale. Il pool di esperti ha già esaminato ciò che resta dei due illustri personaggi rivelando una preziosa ipotesi sulla causa di morte. La fine dei due personaggi dell'Umanesimo - hanno già ipotizzato gli scienziati di questa prima visita - potrebbe essere dipesa da una lesione e all'epoca diffusissima



Il Cedad e i Ris cercano la verità



Il progetto è stato presentato ieri a Firenze dal direttore del Cedad, professor Francesco Colagrosso, e da altri studiosi italiani coinvolti nel progetto tra i quali il tecnico scientifico, Luciano Giordano, comandante del filo di Parma, che si interessa dell'analisi di biologia molecolare e dell'esame del Dna dei resti umani; l'ingegner Francesco De Crescenzo, dell'Università di Bologna, che si occupa dell'analisi delle ossa e della partecipazione rapida dei resti antropologici e Francesco Mallegri, antropologo dell'Università di Pisa, esperto in metodologie e tecniche di ricostruzione facciale. Il pool di esperti ha già esaminato ciò che resta dei due illustri personaggi rivelando una preziosa ipotesi sulla causa di morte. La fine dei due personaggi dell'Umanesimo - hanno già ipotizzato gli scienziati di questa prima visita - potrebbe essere dipesa da una lesione e all'epoca diffusissima

Il progetto è stato presentato ieri a Firenze dal direttore del Cedad, professor Francesco Colagrosso, e da altri studiosi italiani coinvolti nel progetto tra i quali il tecnico scientifico, Luciano Giordano, comandante del filo di Parma, che si interessa dell'analisi di biologia molecolare e dell'esame del Dna dei resti umani; l'ingegner Francesco De Crescenzo, dell'Università di Bologna, che si occupa dell'analisi delle ossa e della partecipazione rapida dei resti antropologici e Francesco Mallegri, antropologo dell'Università di Pisa, esperto in metodologie e tecniche di ricostruzione facciale. Il pool di esperti ha già esaminato ciò che resta dei due illustri personaggi rivelando una preziosa ipotesi sulla causa di morte. La fine dei due personaggi dell'Umanesimo - hanno già ipotizzato gli scienziati di questa prima visita - potrebbe essere dipesa da una lesione e all'epoca diffusissima

Il progetto è stato presentato ieri a Firenze dal direttore del Cedad, professor Francesco Colagrosso, e da altri studiosi italiani coinvolti nel progetto tra i quali il tecnico scientifico, Luciano Giordano, comandante del filo di Parma, che si interessa dell'analisi di biologia molecolare e dell'esame del Dna dei resti umani; l'ingegner Francesco De Crescenzo, dell'Università di Bologna, che si occupa dell'analisi delle ossa e della partecipazione rapida dei resti antropologici e Francesco Mallegri, antropologo dell'Università di Pisa, esperto in metodologie e tecniche di ricostruzione facciale. Il pool di esperti ha già esaminato ciò che resta dei due illustri personaggi rivelando una preziosa ipotesi sulla causa di morte. La fine dei due personaggi dell'Umanesimo - hanno già ipotizzato gli scienziati di questa prima visita - potrebbe essere dipesa da una lesione e all'epoca diffusissima

STORIA E SCIENZA
IL CEDAD SOTTO I RIFLETTORI

Arriva da Bologna un prestigioso incarico per l'Università del Salento: la dotazione dei resti trovati a Porto Ercole

Uno «007» salentino nel «giallo» di Caravaggio

Il mistero delle ossa nelle mani del professore Lucio Calcagnile

DI MARIO

La vita del professor Calcagnile è un giallo. Un giallo che si è aperto con la sua partenza per Bologna, dove ha accettato un prestigioso incarico per l'Università del Salento. Un giallo che si è chiuso con la sua morte, avvenuta il 15 gennaio 2004, a Porto Ercole, in provincia di Grosseto. Un giallo che si è riaperto con la scoperta delle ossa, ritrovate nelle mani del professor Calcagnile, e che ha portato alla luce un mistero che ha coinvolto il professor Calcagnile e la sua famiglia.

Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.



Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.

Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.

Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.

Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.

Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.



La «missione impossibile» dei ricercatori punta, così come hanno dimostrato analoghe ricerche, a risolvere o a ripaginare alcune vicende storiche

Un volto e una risposta: «Come è morto Michelangelo Merisi?»



La «missione impossibile» dei ricercatori punta, così come hanno dimostrato analoghe ricerche, a risolvere o a ripaginare alcune vicende storiche. Un volto e una risposta: «Come è morto Michelangelo Merisi?». La vita tormentata segnata da morte, agguati, fughe e laceri di sangue.

LA STRUTTURA A BRACCIOLE, PRIMA OCORRENZA ITALIANA

Sotto la lente del radiocarbonio



La struttura a bracciole, prima occorrenza italiana, è stata analizzata con la lente del radiocarbonio. Un vero team di «cacciatori».

LA STRUTTURA A BRACCIOLE, PRIMA OCORRENZA ITALIANA

Un vero team di «cacciatori»



Un vero team di «cacciatori» ha analizzato la struttura a bracciole con la lente del radiocarbonio. Un vero team di «cacciatori».

Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.

Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.

Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.

Il professor Calcagnile è un uomo di grande intelligenza e di grande cultura. Ha lavorato per anni all'Università del Salento, dove ha insegnato Storia e Filosofia. Ha scritto molti libri e ha tenuto molte conferenze. La sua vita è stata dedicata alla ricerca e alla divulgazione della cultura.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



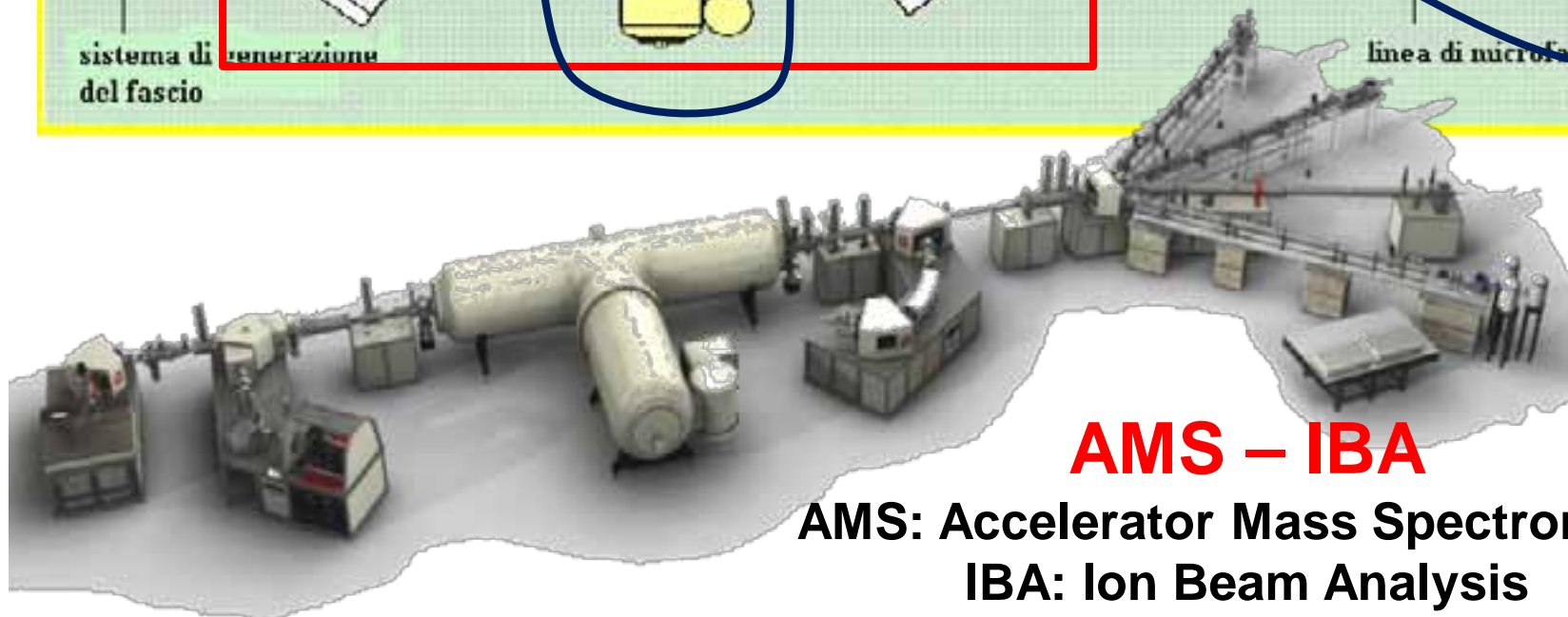
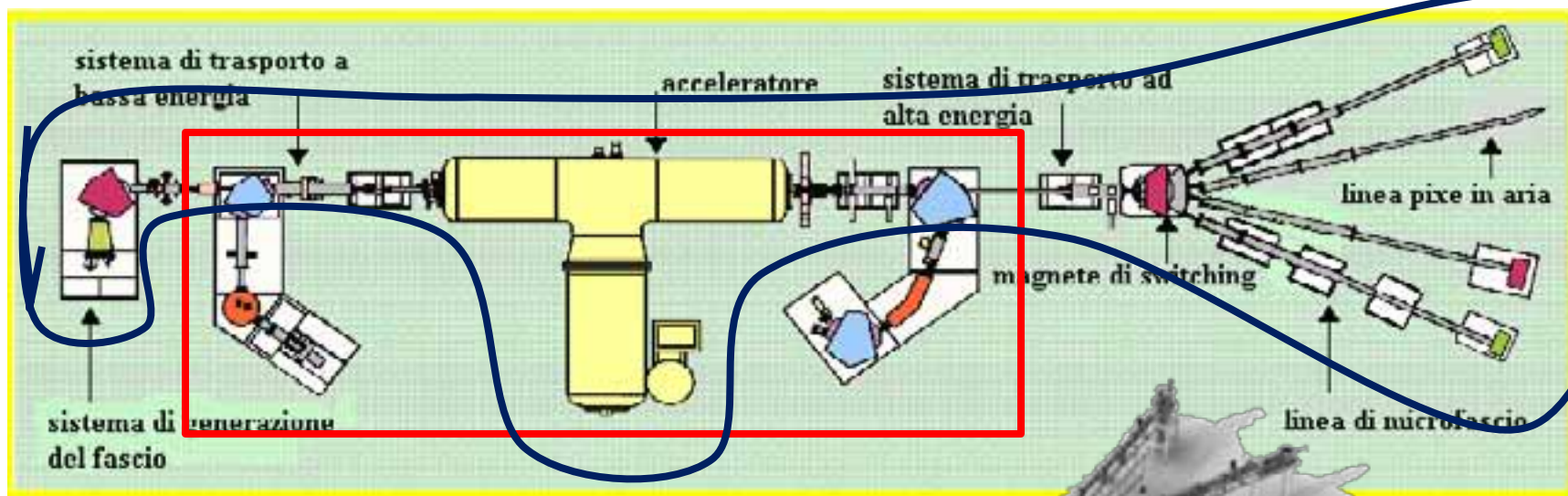


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



AMS – IBA

AMS: Accelerator Mass Spectrometry
IBA: Ion Beam Analysis



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



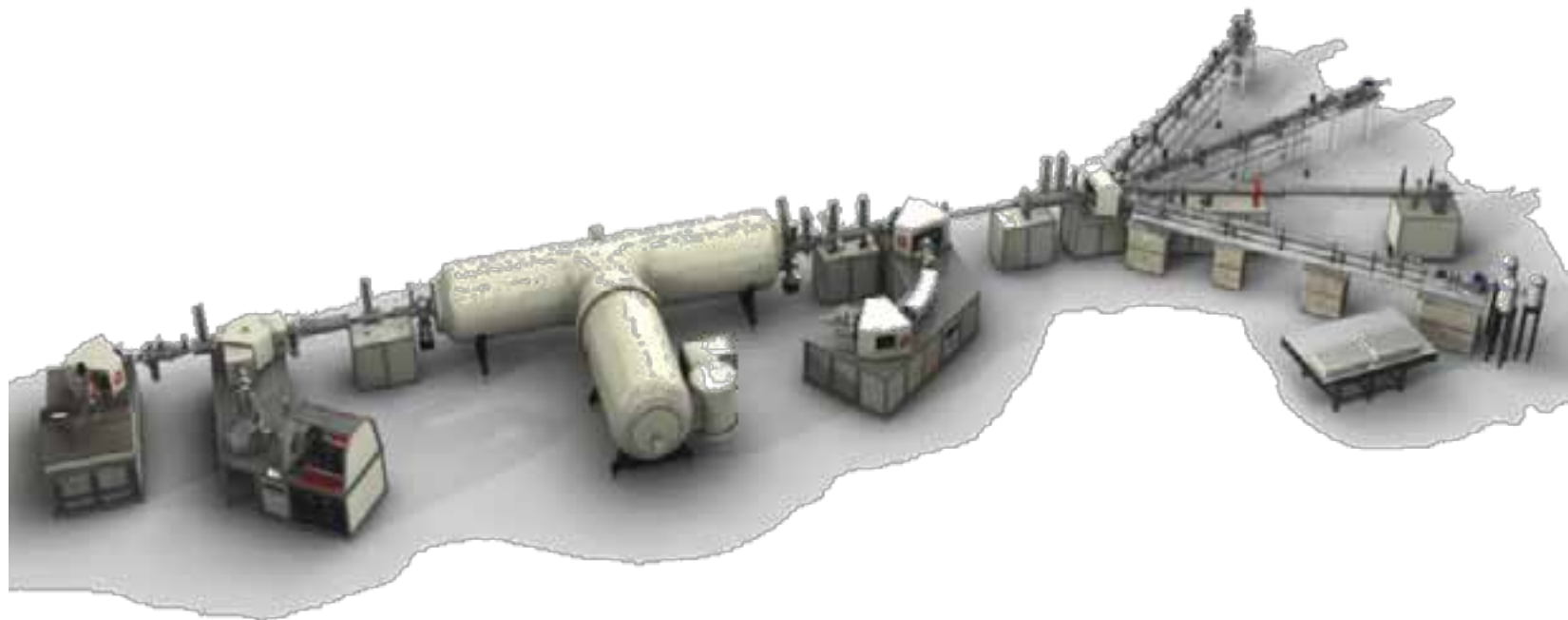
ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



www.cedad.unisalento.it

Media Room





**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**

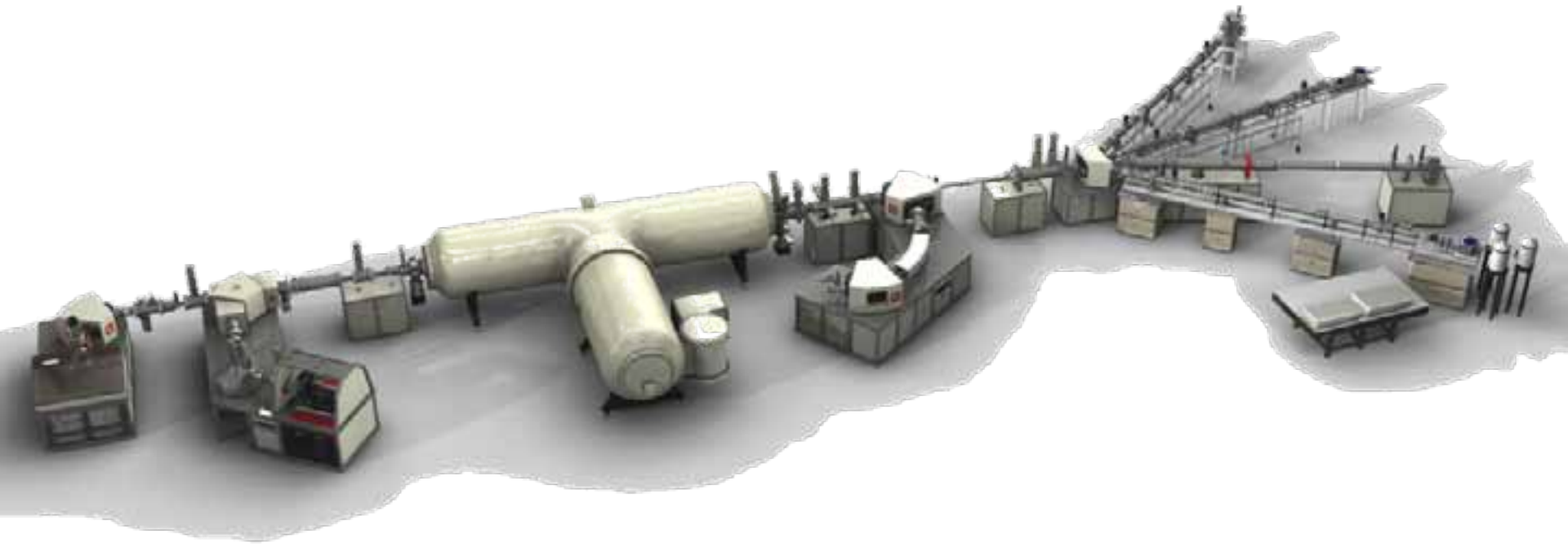


ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Il CEDAD dispone di un acceleratore di particelle con tensione massima di accelerazione di 3 MV (Tandetron HVEE Mod.4130 HC) dotato di sei linee di fascio per:





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



Il CEDAD dispone di un acceleratore di particelle con tensione massima di accelerazione di 3 MV (Tandetron HVEE Mod.4130 HC) dotato di sei linee di fascio per:

[Spettrometria AMS](#)





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



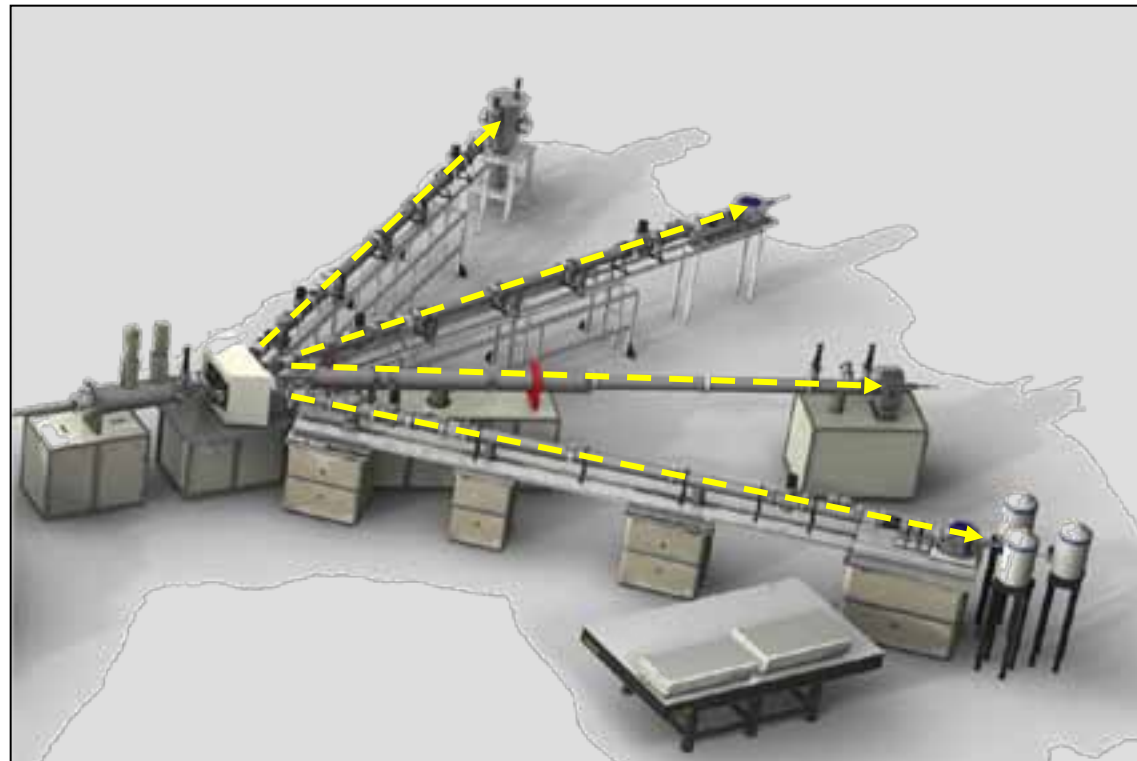
Il CEDAD dispone di un acceleratore di particelle con tensione massima di accelerazione di 3 MV (Tandetron HVEE Mod.4130 HC) dotato di sei linee di fascio per:

Impiantazione ionica

RBS/Channeling

IBA - fascio esterno

Microfascio





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



Il CEDAD è un Centro di ricerca multidisciplinare dove si studiano gli aspetti fondamentali e le applicazioni in vari campi di ricerca tra cui:

Beni Culturali

Scienze ambientali

Scienze forensi

Scienze della terra e biologiche

Scienza dei materiali



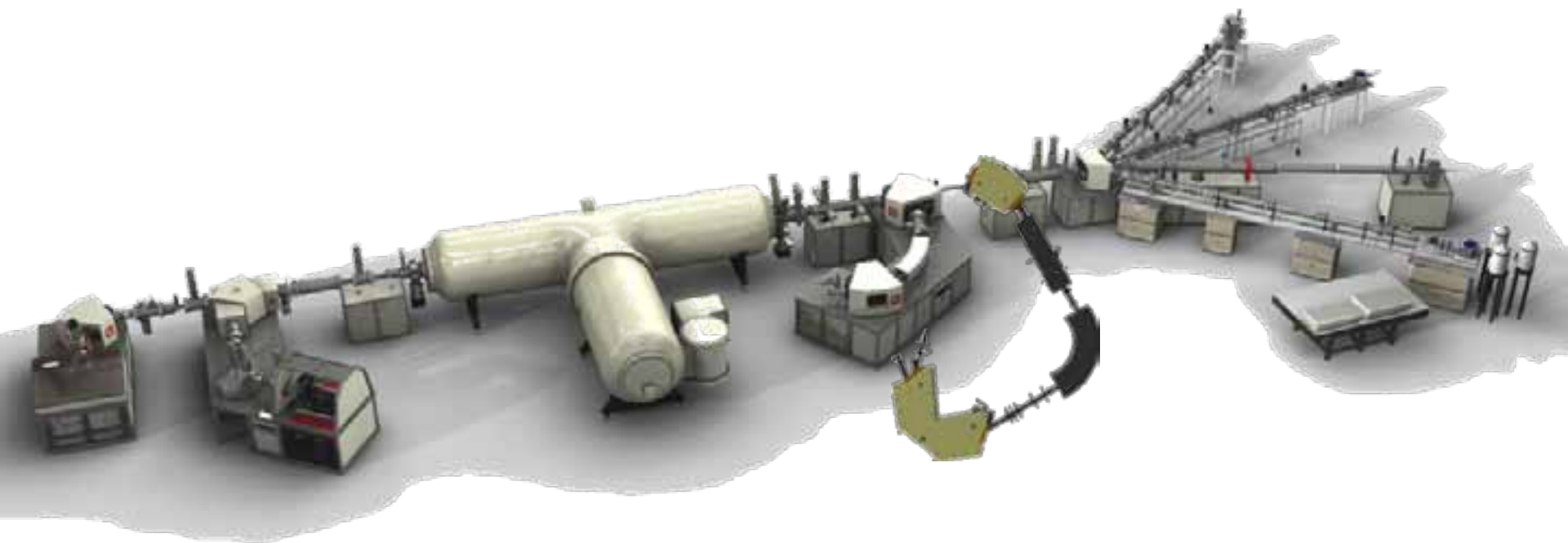


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Una nuova linea di fascio per la misura di isotopi rari tra cui ^{10}Be , ^{26}Al , ^{129}I è in fase di installazione



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



10

CORRIERE DELLA SERA

21 FEBBRAIO 2008

CORRIERE DEL MEZZOGIORNO

LECCE E PUGLIA

Brindisi

21 Febbraio 2008

Scienza La società universitaria si rafforza, sarà tra le prime al mondo

Nuovo record per il Cedad: indietro per milioni di anni

Investimenti sul Centro di datazione diagnostica

Avanza al progetto del laboratorio e al ruolo di riferimento in attività di perfezionamento e di ricerca

1000000 - Per un'attività di ricerca di alto livello, il Cedad ha investito in un centro di datazione diagnostica che ha permesso di realizzare un centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

dei progetti degli istituti di ricerca. L'operazione è collegata ad un progetto di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

La scienza
Il Cedad ha investito in un centro di datazione diagnostica che ha permesso di realizzare un centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.



Il laboratorio del Cedad con l'acceleratore di particelle

per il centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

per il centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

per il centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

15 | I misteri investigati Colle Lupea capitolina a Pico della Mirandola

Così il radiocarbonio «corregge» la storia

1000000 - Per un'attività di ricerca di alto livello, il Cedad ha investito in un centro di datazione diagnostica che ha permesso di realizzare un centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

1000000 - Per un'attività di ricerca di alto livello, il Cedad ha investito in un centro di datazione diagnostica che ha permesso di realizzare un centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

1000000 - Per un'attività di ricerca di alto livello, il Cedad ha investito in un centro di datazione diagnostica che ha permesso di realizzare un centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.



Il professor Lucio Colagrosso

1000000 - Per un'attività di ricerca di alto livello, il Cedad ha investito in un centro di datazione diagnostica che ha permesso di realizzare un centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

1000000 - Per un'attività di ricerca di alto livello, il Cedad ha investito in un centro di datazione diagnostica che ha permesso di realizzare un centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

1000000 - Per un'attività di ricerca di alto livello, il Cedad ha investito in un centro di datazione diagnostica che ha permesso di realizzare un centro di ricerca di alto livello, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

Il Sole 24 ORE

Ricerca. Il Cedad dell'Università Decolla a Brindisi il superlaboratorio che data i reperti

Maria Rita Orlando

Il superlaboratorio con il carbonio-14 diventerà utile anche ai cuneisti delle grandi opere. Secondo l'esperienza del Cedad, il superlaboratorio sarà il primo al mondo. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

Il superlaboratorio con il carbonio-14 diventerà utile anche ai cuneisti delle grandi opere. Secondo l'esperienza del Cedad, il superlaboratorio sarà il primo al mondo. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

CARATURA INTERNAZIONALE
Il superlaboratorio sarà il primo al mondo. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

Il superlaboratorio con il carbonio-14 diventerà utile anche ai cuneisti delle grandi opere. Secondo l'esperienza del Cedad, il superlaboratorio sarà il primo al mondo. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.

Il superlaboratorio con il carbonio-14 diventerà utile anche ai cuneisti delle grandi opere. Secondo l'esperienza del Cedad, il superlaboratorio sarà il primo al mondo. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro. Il centro è stato realizzato in un edificio di 1000 metri quadrati, con un budget di 10 milioni di euro.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



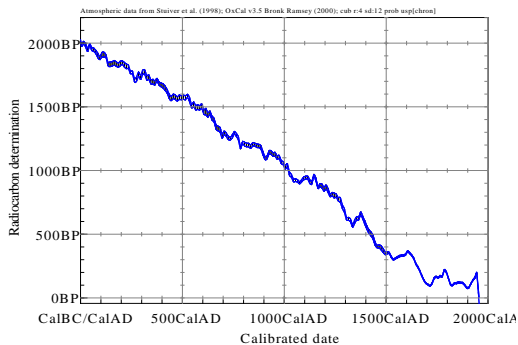
Ted Litherland al 30^{mo} anniversario della conferenza AMS-11
Roma, Settembre 2008



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

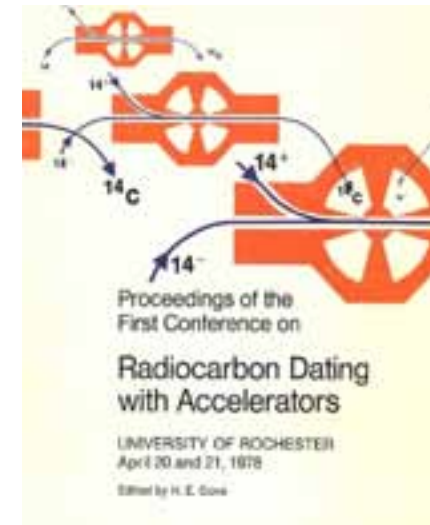


La prima rivoluzione del radiocarbonio 1952-1960



La seconda rivoluzione del radiocarbonio 1960-1977

La terza rivoluzione del radiocarbonio 1977-





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

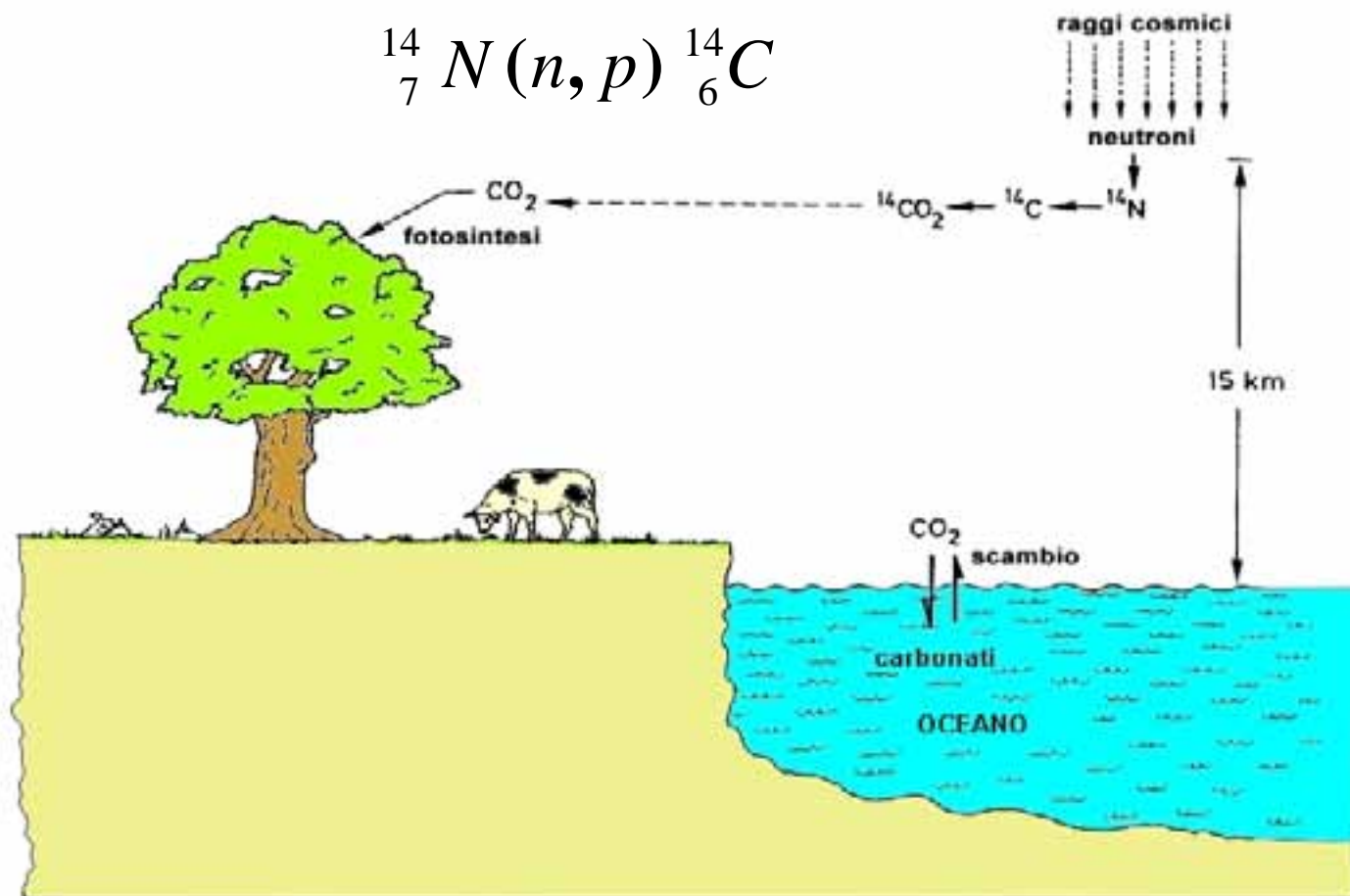


ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



FONDAMENTI DEL METODO DEL RADIOCARBONIO





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



MECCANISMI NATURALI DI FORMAZIONE DEL RADIOCARBONIO

Esistono diverse **reazioni nucleari** che portano alla produzione del radiocarbonio:



Lo stesso Libby aveva riconosciuto il primo meccanismo come quello più importante.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



OSSIDAZIONE

Il radiocarbonio viene immediatamente ossidato a ^{14}CO risiedendo nell'atmosfera in questa forma per 2-6 mesi



Il monossido di carbonio viene quindi ulteriormente ossidato a $^{14}\text{CO}_2$ dal radicale ossidrilico OH molto raro ma estremamente reattivo



La $^{14}\text{CO}_2$ risiede nell'atmosfera per 6-8 anni miscelandosi alla $^{13}\text{CO}_2$ e alla $^{12}\text{CO}_2$ e progressivamente entra nelle diverse "riserve" terrestri come la biosfera e l'idrosfera.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



CENNI STORICI

1930-1931: Viene dimostrato che la sezione d'urto di assorbimento di neutroni da parte dell'azoto è molto alta.

1934: F.N.D. Kurie (Yale University) bombardando target di azoto con neutroni veloci scopre che viene emessa una particella, per la prima volta viene ipotizzata l'esistenza del ^{14}C .

1936: Viene dimostrato che la reazione corretta è $^{14}_7\text{N}(n, p)^{14}_6\text{C}$

1939: C.G. e D.D. Montgomery ipotizzano che il ^{14}C si possa produrre anche in natura per effetto dei raggi cosmici.

1940: S. Korff scopre che i neutroni sono effettivamente prodotti nell'alta atmosfera dai raggi cosmici.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



1946: W.Libby riprende le ricerche sulla presenza di ^{14}C in natura.

1947: Anderson dimostra la presenza di ^{14}C nel gas di fogna.

1949: Anderson e Libby datano campioni archeologici di età nota.

1958 : De Vries mette in evidenza che tra il 1500 ed il 1700 AD la concentrazione di radiocarbonio nell'atmosfera era stata di circa il 2% superiore al suo valore nel XIX secolo ed attribuisce questo a variazioni climatiche.

1959: Si dimostra che l'età al radiocarbonio di reperti egizi di età storicamente certa (III millennio BC) risulta più giovane di alcune centinaia di anni. Si introduce il concetto di calibrazione delle datazioni al radiocarbonio.

1977: Viene effettuata la prima misura di radiocarbonio con la tecnica della spettrometria di massa con acceleratore AMS.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL PREMIO NOBEL A LIBBY

Per lo sviluppo del metodo del radiocarbonio W.Libby fu insignito nel 1960 del premio Nobel per la Chimica





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



*K*unliga Svenska Vetenskaps-
akademien har vid sin samman-
komst den 3 november 1960 i enlig-
het med föreskrifterna i det av
ALFRED NOBEL
den 27 november 1895 upprättade
testamentet beslutat att överlämna
det pris som detta år bortgives för
den viktigaste kemiska upptäckt
eller förbättring till
WILLARD F. LIBBY
för hans upptäckt av kol-14 som
tidmätare inom arkeologi, geologi,
geofysik m. fl. vetenskaper.
Stockholm den 10 december 1960.

Nuttil Rindell
Akademien preses

Ezile Lindberg
Akademien sekreterare



“At its meeting of November 3, 1960, the Royal Swedish Academy of Science has decided, in conformity with the terms of the November 27, 1895 will of Alfred Nobel, to award the prize to be given this year for the most important chemical discovery or improvement to **Willard F. Libby** for his method to use Carbon-14 for age determinations in archaeology, geology, geophysics and other branches of science.”

Seldom has a single discovery in chemistry had such an an impact on the thinking of so many fields of human endeavor. Seldom has a single discovery generated such wide public interest.

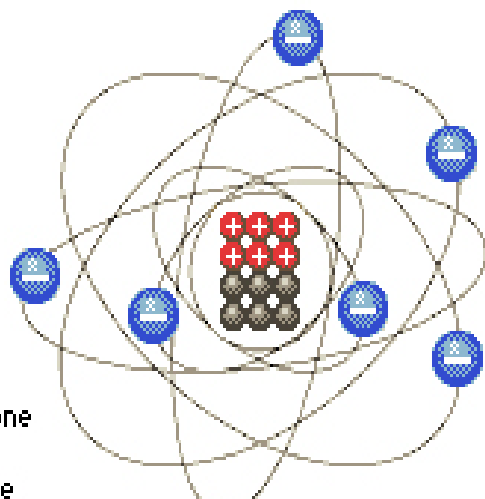


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

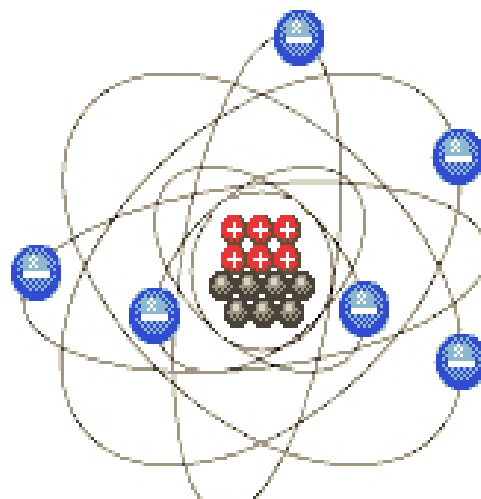


ISPRA

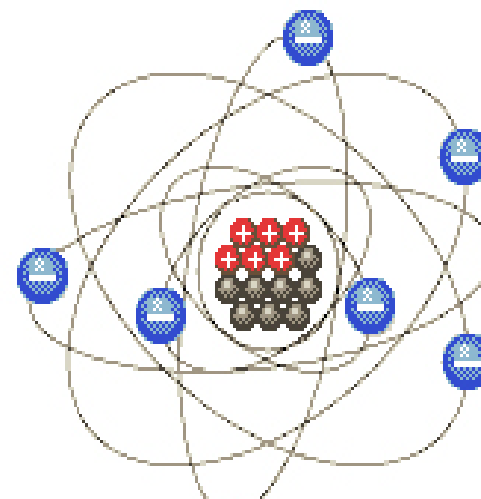
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Carbonio-12



Carbonio-13



Carbonio-14

- Elettrone
- Protone
- Neutrone

$$\frac{^{14}\text{C}}{^{13}\text{C}} = 10^{-10}$$

$$\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 10^{-12}$$



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



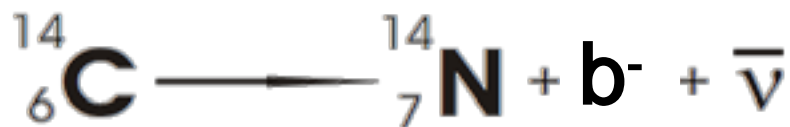
ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

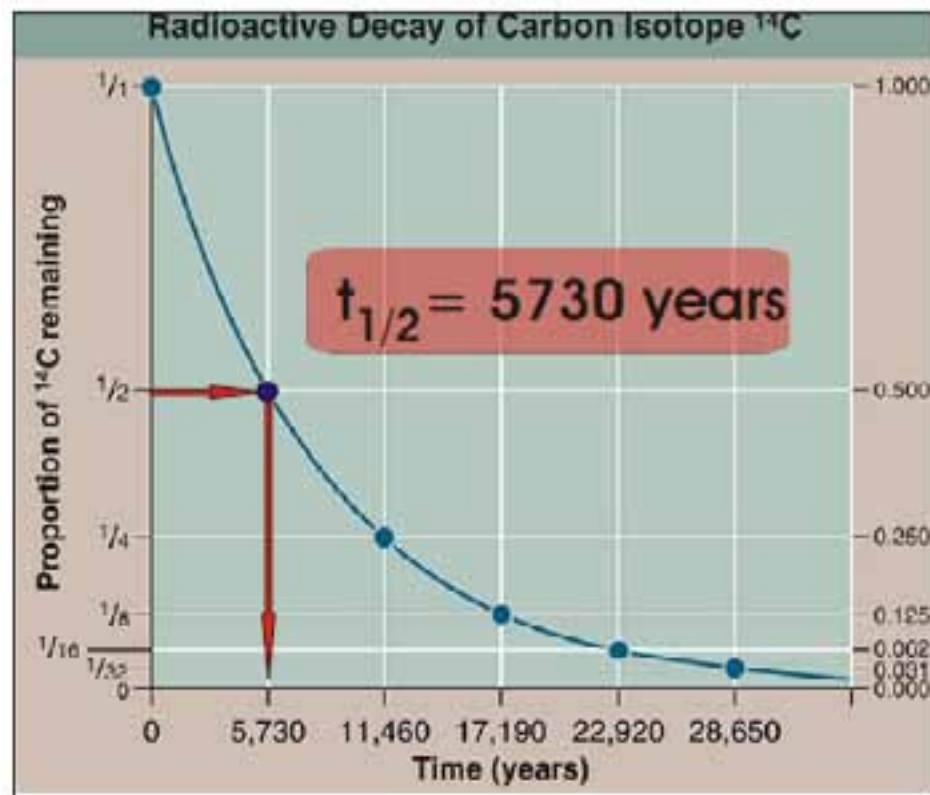


Quando gli scambi con l'ambiente cessano a causa della morte dell'organismo la concentrazione di ^{14}C comincia a diminuire secondo la legge del decadimento radioattivo con un tempo di dimezzamento di 5730 anni.

THE RADIOCARBON DECAY



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



La misura del ^{14}C residuo nei campioni consente di determinare il tempo trascorso dalla morte

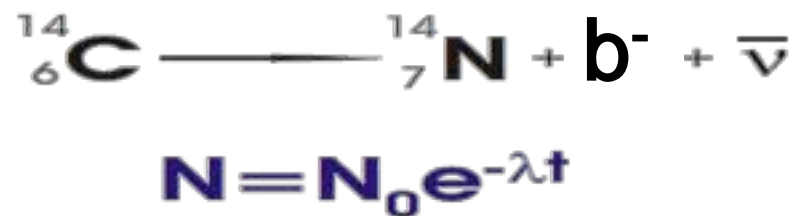


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL DECADIMENTO RADIOATTIVO DEL ^{14}C

Il **radiocarbonio** decade secondo la reazione nucleare:



Se indichiamo con **N (t)** il numero di atomi di radiocarbonio presenti in un campione al generico tempo **t** e **A** il numero di disintegrazioni al secondo risulta:

$$A = \lambda N(t)$$

λ viene detta **costante di decadimento radioattivo** e rappresenta la **probabilità che un atomo decada nell'unità di tempo**



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



Ma per definizione di A (atomi di radiocarbonio che decadono nell'unità di tempo risulta):

$$A = - \frac{dN(t)}{dt} \longleftrightarrow dN(t) = - A dt$$

Ma poiché era:

Si ha:

$$A = \lambda N(t)$$

$$dN(t) = - \lambda N dt$$



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



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL TEMPO DI DIMEZZAMENTO

Il tempo di dimezzamento è l'intervallo di tempo che deve trascorrere affinché il numero di atomi di carbonio si riduca alla metà del valore iniziale.

$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

$$N(t_{1/2}) = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$$

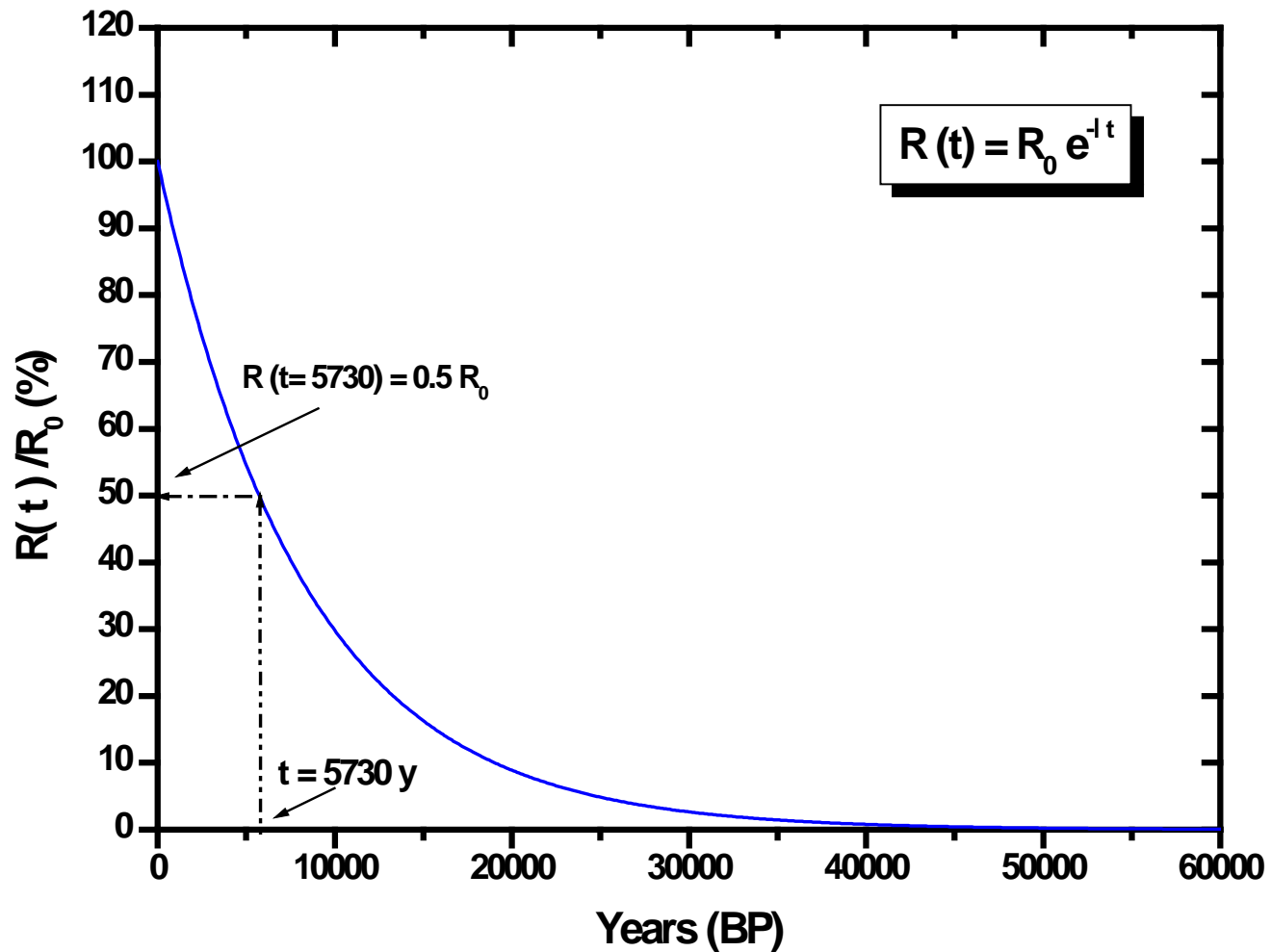
$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Tempo di dimezzamento di Libby: 5568 anni

Tempo di dimezzamento corretto: 5730 anni



LA LEGGE DI DECADIMENTO



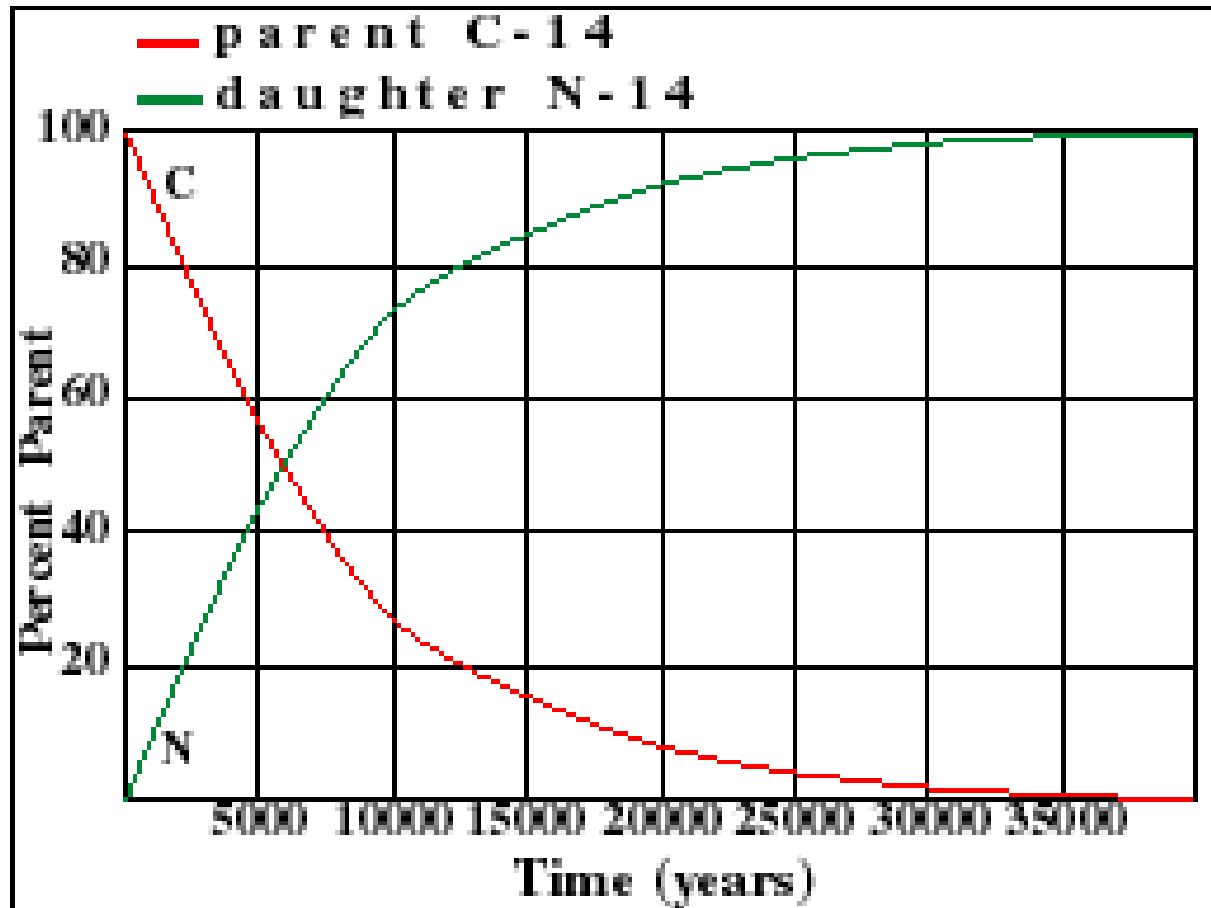


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



EQUILIBRIO DINAMICO E FRAZIONAMENTO ISOTOPICO



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL CICLO DEL CARBONIO: approccio quantitativo

La concentrazione di radiocarbonio in un qualsiasi organismo vivente dipende da:

L'apporto di radiocarbonio dalla riserva attraverso la catena alimentare o la fotosintesi.

Il rilascio di radiocarbonio nella riserva a causa dei processi vitali;

Il decadimento radioattivo naturale del radiocarbonio.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

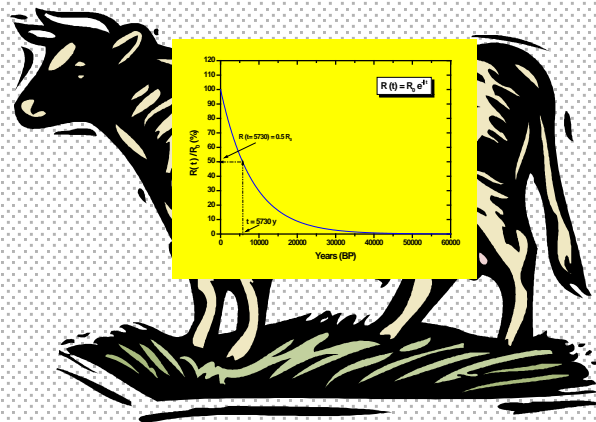
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



IL CICLO DEL CARBONIO: schema

Riserva di ^{14}C

Apporto di
radiocarbonio



Rilascio di
radiocarbonio



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL CICLO DEL CARBONIO: equazione di bilancio

Se indichiamo con $N(t)$ il numero di atomi di radiocarbonio presenti nell'organismo vivente al tempo t risulta:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{dN}{dt}_{\text{apporto}} + \frac{dN}{dt}_{\text{rilascio}} - \frac{dN}{dt}_{\text{decadimento}}$$

La combinazione dei tre processi definisce come varia nel tempo il numero di atomi di carbonio nel sistema vivente.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



L'APPORTO DI RADIOCARBONIO DALLA RISERVA

Se indichiamo con:

$R_r(t)$ la concentrazione di radiocarbonio nella riserva al tempo t ;

dm la massa che l'organismo riceve dalla riserva nel tempo dt ;

f il rapporto tra la concentrazione di radiocarbonio nell'organismo vivente e nella sua riserva;

$$\frac{dN}{dt} = f R_r \frac{dm}{dt}$$

f è il FATTORE DI FRAZIONAMENTO ISOTOPICO



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL RILASCIO DI RADIOCARBONIO NELLA RISERVA

Se indichiamo con:

$R(t)$ la concentrazione di radiocarbonio nell'organismo vivente al tempo t ;

dm la massa che l'organismo cede alla riserva nel tempo dt

Il numero $N(t)$ di atomi di radiocarbonio che l'organismo cede alla riserva nel tempo dt sarà dato da:

$$\frac{dN}{dt} = - R(t) \frac{dm}{dt}$$



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL DECADIMENTO RADIOATTIVO

Il numero $N(t)$ di atomi di radiocarbonio che nell'organismo decadono nel tempo dt può essere ricavato dalla legge di decadimento radioattivo:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N(t)$$

λ è il coefficiente di decadimento



L'EQUAZIONE DI BILANCIO

Sostituendo le espressioni trovate in precedenza nell'equazione di bilancio si ottiene:

$$\frac{dN}{dt} = f R_r \frac{dm}{dt} - R(t) \frac{dm}{dt} - \lambda N(t)$$

Apporto dalla riserva

Rilascio nella riserva

Decadimento Radioattivo

Se indichiamo con r la velocità di scambio di massa:

$$r = \frac{dm}{dt}$$

Ed essendo:

$$R(t) = \frac{N(t)}{m}$$

L'equazione di bilancio diventa:

$$\frac{dN}{dt} = f R_r r - \left(\frac{r}{m} + \lambda \right) N(t)$$



L'EQUAZIONE DI BILANCIO:soluzione

Quindi il problema da risolvere è trovare come varia N in funzione del tempo sapendo che all'istante iniziale il suo valore era N_0 .

$$\frac{dN}{dt} = f r R_r - \frac{\alpha r}{\epsilon m} + l \frac{\ddot{\circ}}{\emptyset} N(t)$$

$$N(t = 0) = N_0$$

E' possibile dimostrare che la soluzione matematica è:

$$N(t) = \frac{f r R_r}{l'} + \frac{\alpha}{\epsilon} N_0 - \frac{f r R_r}{l'} \frac{\ddot{\circ}}{\emptyset} e^{-l' t}$$

Dove si è posto:

$$l' = \frac{r}{m} + l$$



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



L'EQUAZIONE DI BILANCIO: ipotesi semplificative

Il termine r/m è dato da:

$$\frac{r}{m} = \frac{dm}{dt} \times \frac{1}{m} = \frac{dm}{m} \frac{1}{dt}$$

Rappresenta la percentuale di massa che viene scambiata nell'unità di tempo. Tipicamente è dell'ordine dell'1% al giorno.

Inoltre i fenomeni di scambio di massa sono molto più rapidi dei fenomeni di decadimento radioattivo. Quindi:

$$\lambda' = \frac{r}{m} + \lambda \quad @ \quad \frac{r}{m}$$

L'equazione di scambio diventa allora:

$$N(t) = fR_r m + \left(N_0 - fR_r m \right) e^{-\frac{r}{m}t}$$



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



L'EQUAZIONE DI BILANCIO: ipotesi semplificative

Per tempi sufficientemente lunghi:

$$t \gg \frac{m}{r}$$

L'equazione di scambio diventa:

$$N(t) = fR_r m$$

Ovvero:

$$\frac{N(t)}{m} = R(t) = fR_r$$



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



L'EQUAZIONE DI BILANCIO: CONCLUSIONI

L'equazione di bilancio consente allora di affermare che tra un organismo vivente e la sua riserva di radiocarbonio si stabilisce una condizione di equilibrio dinamico per cui la concentrazione di ^{14}C rimane costante.

$$\frac{N(t)}{m} = R(t) = fR_r$$

Inoltre tale concentrazione è funzione di:

Concentrazione di radiocarbonio nella riserva;

Effetti di frazionamento.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



PRINCIPIO DI DATAZIONE

Quando sopraggiunge la morte dell'organismo non vi è più né apporto dalla riserva né rilascio verso di essa e quindi la concentrazione di radiocarbonio nell'organismo decresce con la nota legge esponenziale di decadimento:

$$R(t) = R_0 e^{-\lambda t}$$

Ma dalla legge di bilancio segue:

$$R(t) = f R_{r0} e^{-\lambda t}$$

Dove R_{r0} indica la concentrazione di radiocarbonio nella riserva al tempo $t=0$.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



PRINCIPIO DI DATAZIONE

Quindi è possibile calcolare il tempo passato dalla morte:

$$t = - \frac{1}{\lambda} \ln \frac{R(t)}{R_0}$$

Si parla di età convenzionale al radiocarbonio - **Radiocarbon Age** - espressa in anni BP (Before the Present) quando:

Si assume come valore del tempo di dimezzamento il valore ipotizzato da Libby (5568 anni)

Si suppone che R_0 sia costante e pari al suo valore moderno;

Si assume come anno di riferimento il 1950.



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



LA RADIOCARBON AGE

QUINDI UNA DATAZIONE CONVENZIONALE AL RADIOCARBONIO ESPRESSA IN ANNI BP NON E' UNA DATA STORICA PERCHE':

IL TEMPO DI DIMEZZAMENTO DI LIBBY NON E' QUELLO CORRETTO;

R_{r0} NON E' COSTANTE MA E' VARIATO ANCHE IN MODO SIGNIFICATIVO NEL PASSATO;

IL PRESENTE NON E' IL 1950!



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



LE DIVERSE “RISERVE” DI RADIOCARBONIO

Dall'equazione di bilancio consegue che la datazione di un qualsiasi organismo dipende dalla concentrazione di radiocarbonio nella riserva con cui l'organismo stesso ha interagito nel corso della propria vita.

A tale proposito possiamo distinguere tra:

Organismi in equilibrio con l'atmosfera;

Organismi in equilibrio con il mare o gli oceani;

Organismi in equilibrio con altre riserve (ambienti vulcanici, organismi che interagiscono con più riserve di radiocarbonio)



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL FRAZIONAMENTO ISOTOPICO

La concentrazione di radiocarbonio in un organismo vivente è in genere leggermente diversa da quella nella sua riserva di radiocarbonio.

Questo fenomeno viene detto **frazionamento isotopico** ed è dovuto al fatto che nei processi biochimici che regolano lo scambio organismo-riserva un isotopo può essere assorbito più facilmente di un altro.

Nel processo di fotosintesi, ad esempio, il ^{12}C viene assorbito più facilmente del ^{14}C .

La concentrazione di radiocarbonio in una pianta è di circa il 3-4 % inferiore a quella atmosferica.

Questo porta ad un errore nell'età di 240-320 anni!



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL FRAZIONAMENTO ISOTOPICO : il termine $\delta^{13}\text{C}$

Convenzionalmente il frazionamento isotopico per il ^{13}C viene espresso introducendo il termine $\delta^{13}\text{C}$:

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{campione}} - \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{PDB}}}{\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{PDB}}} \times 1000$$

Il termine $\delta^{13}\text{C}$ rappresenta la differenza in parti per mille tra il rapporto $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ nel campione ed in uno standard assunto come riferimento

(PDB: Pee Dee Belemnite, sono formazioni dolomitiche del cretaceo nella Carolina del Sud, USA).



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL FRAZIONAMENTO ISOTOPICO : il termine $\delta^{14}\text{C}$

Sperimentalmente si è verificato che l'effetto di frazionamento per il ^{14}C è **doppio** rispetto a quella misurata per il ^{13}C .

$$d^{14}\text{C} = 2 \times d^{13}\text{C}$$

Quindi tutte le datazioni al radiocarbonio vanno corrette per tenere conto di questo effetto di frazionamento utilizzando la formula di Stuiver e Polach:

$$\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{corrected}} = \frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{uncorrected}} \left(1 - \frac{d^{13}\text{C}_{\text{sample}}}{1000} \right)^2$$



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



IL TERMINE $\delta^{14}\text{C}$: valori tipici

Il termine $\delta^{13}\text{C}$ può essere misurato o con uno spettrometro convenzionale o on line con il sistema AMS

Materiale	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Legno, Carbone	-25 ± 3
Collagene delle ossa	-20 ± 2
Acido Ossalico I	-19.40
Acido Ossalico II	-17.68
Saccarosio IAEA	-10.80
Piante Terrestri	-17 ± 2
Piante Marine	-12 ± 2
Anidride carbonica atmosferica	-9 ± 2
Carbonati non marini	-5 ± 5
Carbonati marini	0 ± 3

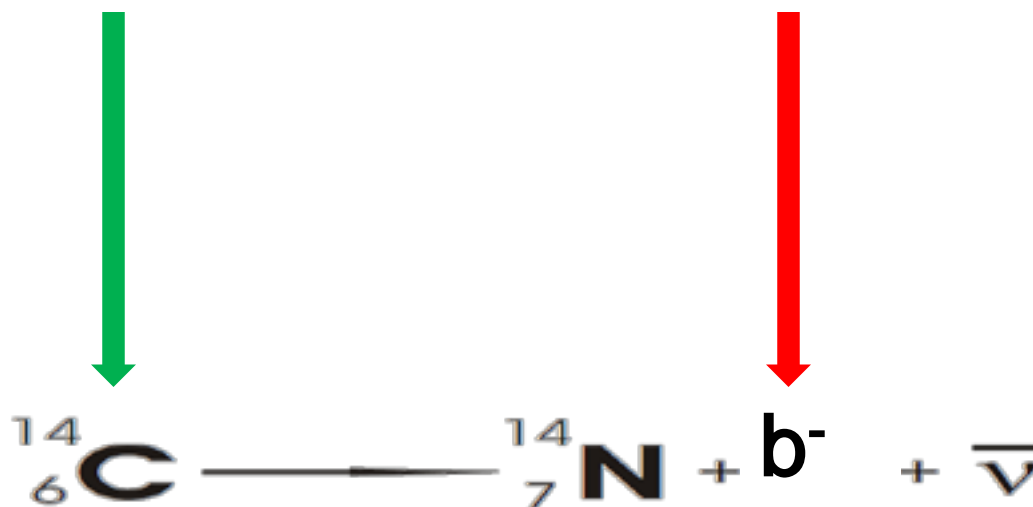


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ACCELERATOR MASS SPECTROMETRY

BETA COUNTING





**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



Misurando il ^{14}C in un campione si può dunque risalire alla data della sua morte

Datazione radiometrica

AMS

La concentrazione di ^{14}C viene misurata indirettamente dalla misura della radioattività'

Si contano gli atomi direttamente

Tempi di misura di alcuni giorni

Tempi di misura di alcune decine di minuti

Campioni di alcuni grammi

Meno di un mg



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



**Rispetto alla datazione convenzionale la spettrometria di massa con acceleratore
consente di ridurre:**

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

1000 -10000 volte

TEMPO DI MISURA

100 volte



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



COSA SI PUO' DATARE?

Legno

Osso

Carta

Carbone da legno

Torba

Polline

Tessuti

Denti

Corna

Conchiglie

Foraminiferi

Gusci di molluschi o lumache





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



AMS misura i radioisotopi contando gli atomi direttamente e il loro infrequente decadimento

$$dN/dt = - N (\ln 2/t_{1/2})$$

$$^{14}\text{C}/^{12}\text{C} = 1.2 \times 10^{-12}, t_{1/2} = 5730 \text{ anni}$$

1 mg di carbonio organico moderno contiene: 60×10^6 di atomi di ^{14}C

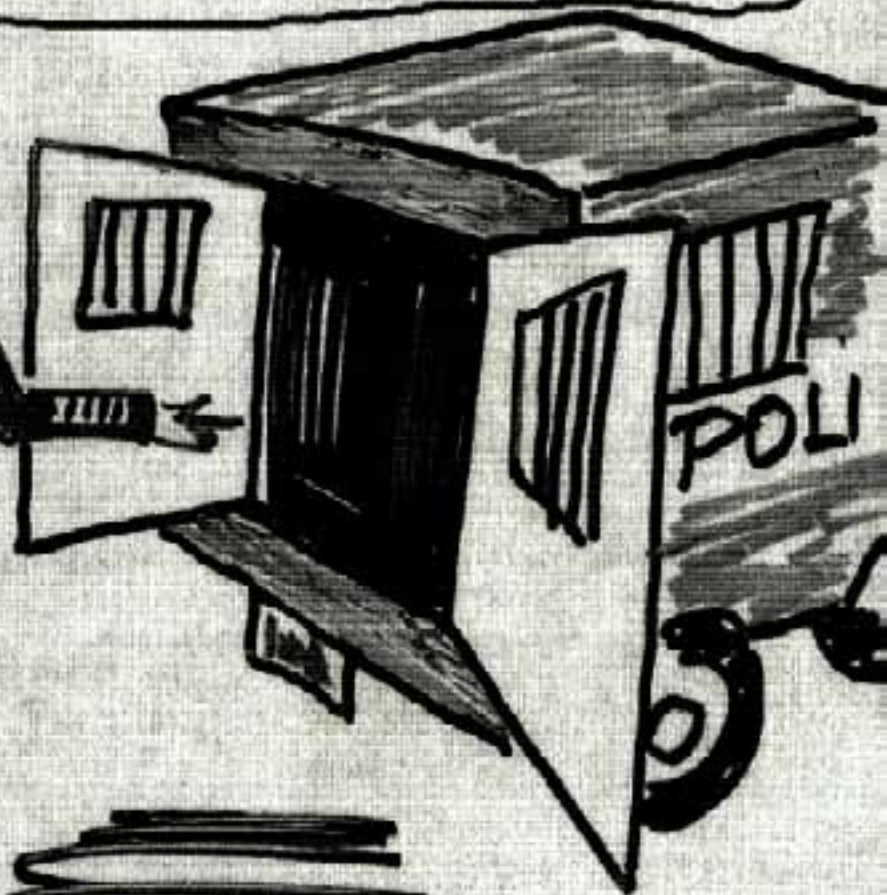
Datazione radiometrica: **0.5** ^{14}C atomi/ora

AMS: **5×10^5** ^{14}C atomi/ora

LA SPETTROMETRIA DI MASSA CON ACCELERATORE E' 1 MILIONE DI VOLTA PIU' SENSIBILE DELLA DATAZIONE RADIOMETRICA

What did he do?

Well, he still used conventional decay counting for radio-carbon dating!





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

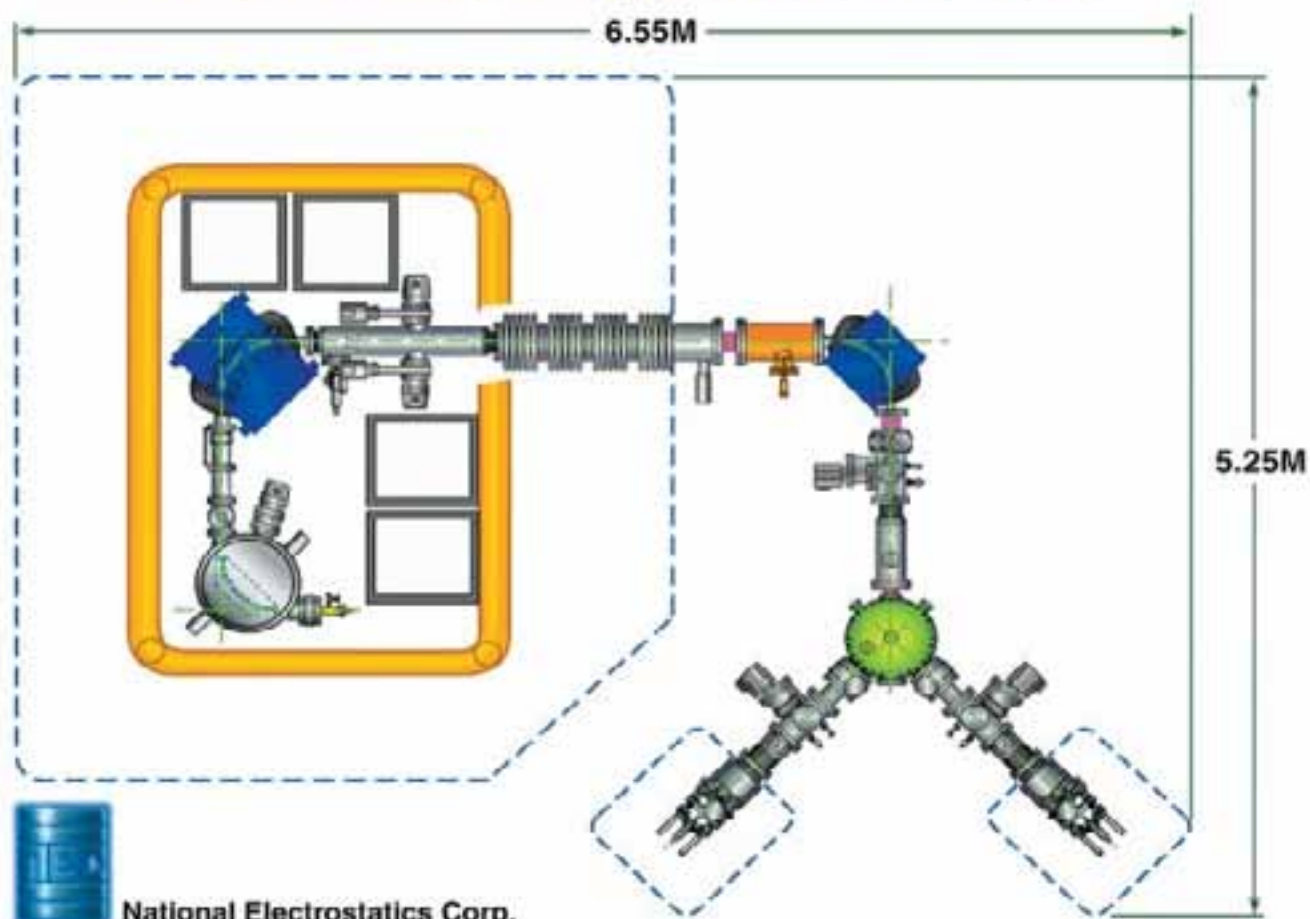


ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

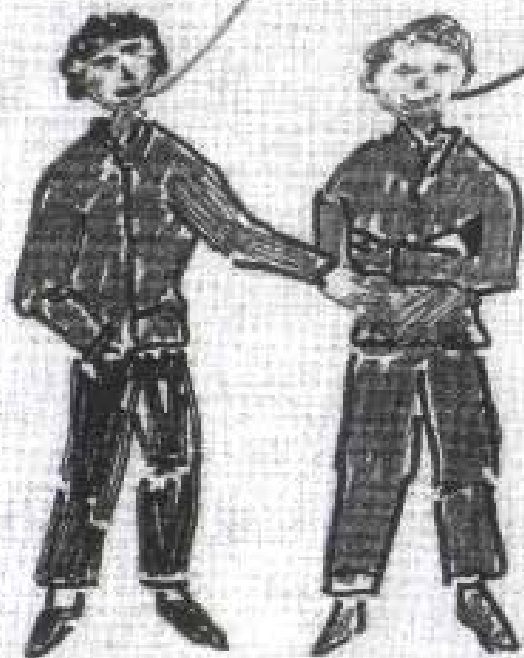


SINGLE STAGE AMS 40 MC-SNICS DUAL INJECTORS



What is he looking for?

He just unpacked his new miniature AMS system and he dropped the accelerator!





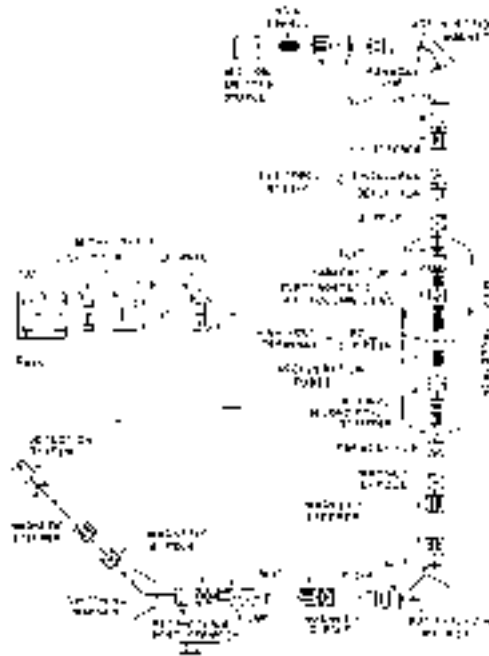
UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



The Rehovot 14UD Pelletron AMS Facility - 1981

^{10}Be , ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{44}Ti , ^{59}Ni , ^{90}Sr , ^{129}I , ^{236}U , Pu

GFM development, ^{41}Ca cross-sections, Chernobyl fallout, Dead Sea geo-hydrology, recoil reaction AMS, laser photo-detachment, e^- affinities, ^{236}U in ores and much more



from D. Fink,
Ph.D thesis, Hebrew Univ of
Jerusalem, 1987





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



RADIOISOTOPI MISURATI PER AMS

Isotopo	Tempo di dimezzamento (anni)
^3H	12
^{44}Ti	60
^{63}Ni	100
^{32}Si	140
^{39}Ar	269
^{14}C	5 730
^{59}Ni	75 000
^{41}Ca	104 000
^{81}Kr	230 000
^{36}Cl	301 000
^{26}Al	720 000
^{10}Be	1 520 000
^{53}Mn	3 600 000
^{182}Hf	8 900 000
^{129}I	17 000 000
^{236}U	23 000 000
^{244}Pu	81 000 000

... but does size really matter ? At AMS-12 will big = small ?



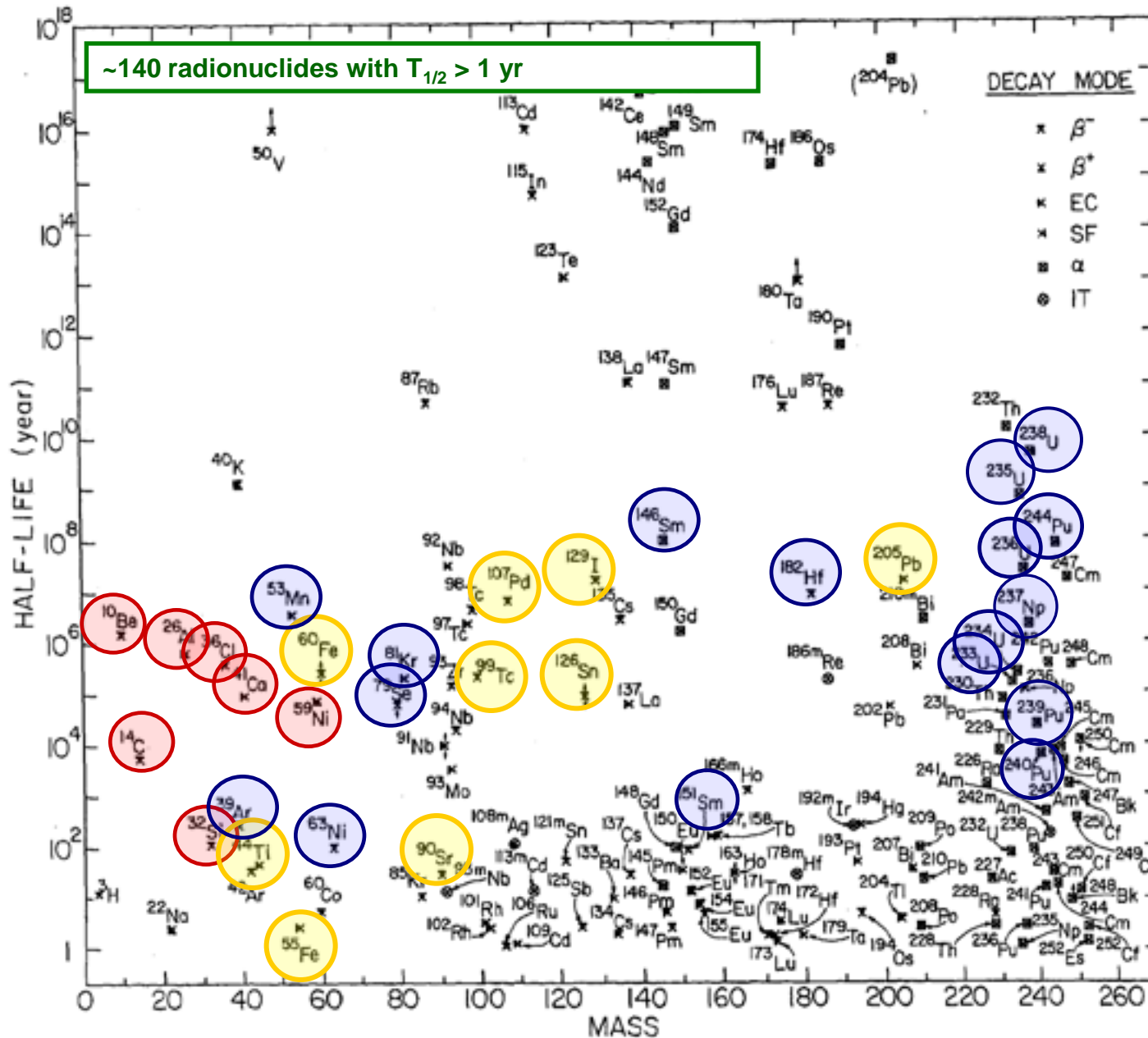
... but my **EN** is bigger than his **Compact** !!



... Ok, ok, honey... but is it **better** ?

.. and as we all know
it's not how big or better it is, but how we use it...

AMS statistics – 8 : *Kutschera* plot



AMS-2, p43-(1981)

7 msrd by AMS
 ^{10}Be , ^{14}C , ^{26}Al , ^{32}Si ,
 ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{59}Ni ,
 (^3He)

by AMS-7, +9
 more

AMS-11,
 2008:
 +17 more
 (24 listed in
 abstract
 titles)



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



The seven domains of our physical world subject to isotope measurements

Atmosphere

(troposphere, stratosphere, trace gases)

Biosphere

(all living matter, fauna, flora, humans)

Hydrosphere

(oceans, lakes, rivers, groundwater, soil moisture)

Cryosphere

(polar ice sheets, glaciers, perma frost)

Lithosphere

(rocks, soil, mountains, sea floor, vulcanos)

Cosmosphere

(meteorites, sun, planets, moon, cosmic rays)

Technosphere

(all things containing man-made trace isotopes)



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LA PREPARAZIONE DEI CAMPIONI



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



CAMPIONE

Osservazione Preliminare e pulizia

Trattamento di Eliminazione contaminanti (AAA)

Conversione in CO₂ (Combustione o Acidificazione)

Post combustione

Conversione della CO₂ in grafite



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Il sistema di conversione della CO₂ in grafite permette di preparare fino a 8 campioni contemporaneamente



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



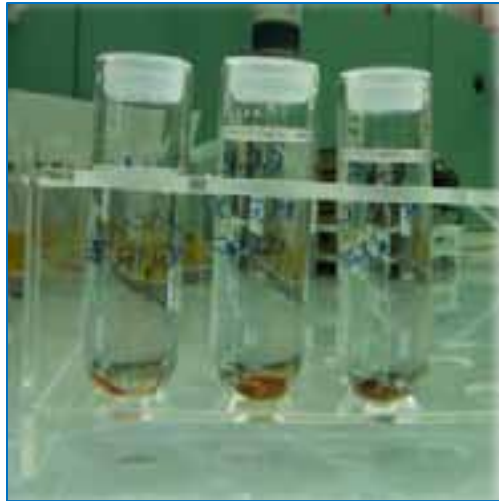
Pre-trattamento fisico:

- Osservazione al microscopio ottico.
- Rimozione delle contaminazioni più evidenti (radichette, fili di natura plastica, inclusioni di sedimento, incrostazioni, minerali, etc.).
- Separazione di frazioni di campione non coevi o di diversa natura, per datazione di confronto.
- Riduzione del campione in frammenti di ridotte dimensioni per aumentare la superficie sottoposta ai successivi trattamenti chimici (es. ossa).





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



Pre-trattamento chimico:

- Più aggressivo del trattamento fisico
- Rimozione dei contaminanti fortemente adsorbiti dal “bulk” del campione.
- Differente a seconda del tipo di campione e del grado di contaminazione.
- Distinto per campioni organici (carboni, ossa, sedimenti) e campioni inorganici (carbonati, conchiglie).





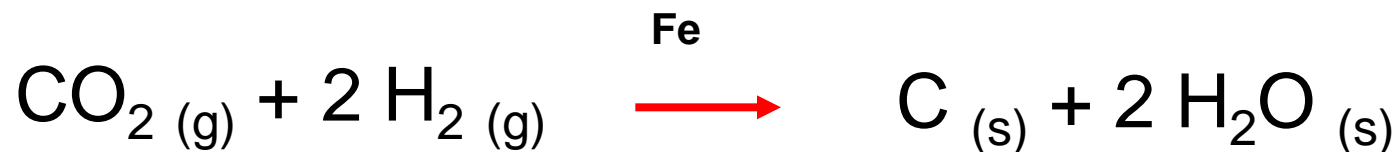
UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



COMBUSTIONE E GRAFITIZZAZIONE

La CO₂ è prodotta per **COMBUSTIONE** (campioni organici) o **ACIDIFICAZIONE** (campioni inorganici)

La CO₂ è convertita in grafite mediante riduzione catalitica su polvere di ferro





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



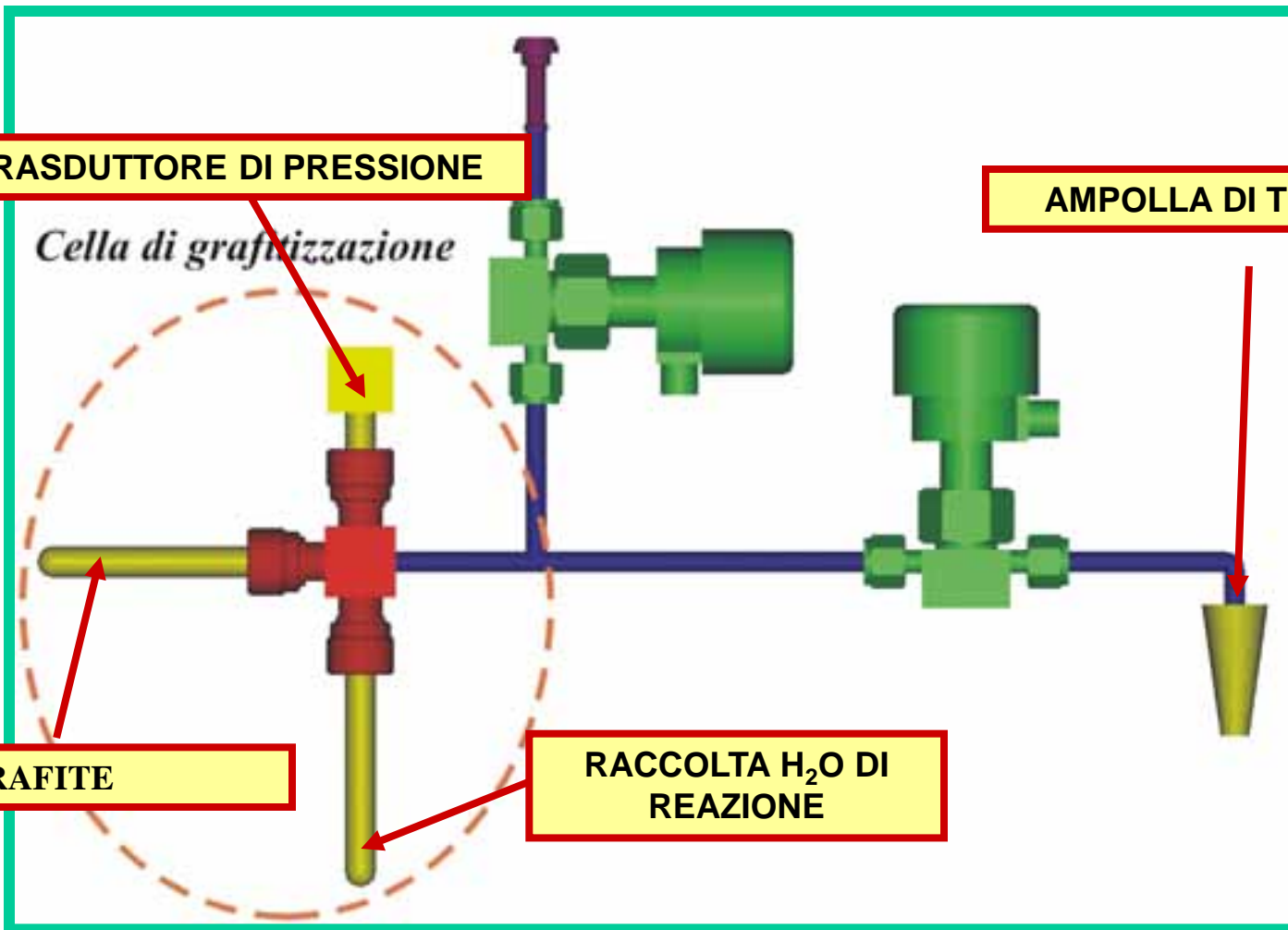
TRASDUTTORE DI PRESSIONE

AMPOLLA DI TRASPORTO

Cella di grafitizzazione

GRAFITE

RACCOLTA H₂O DI
REAZIONE



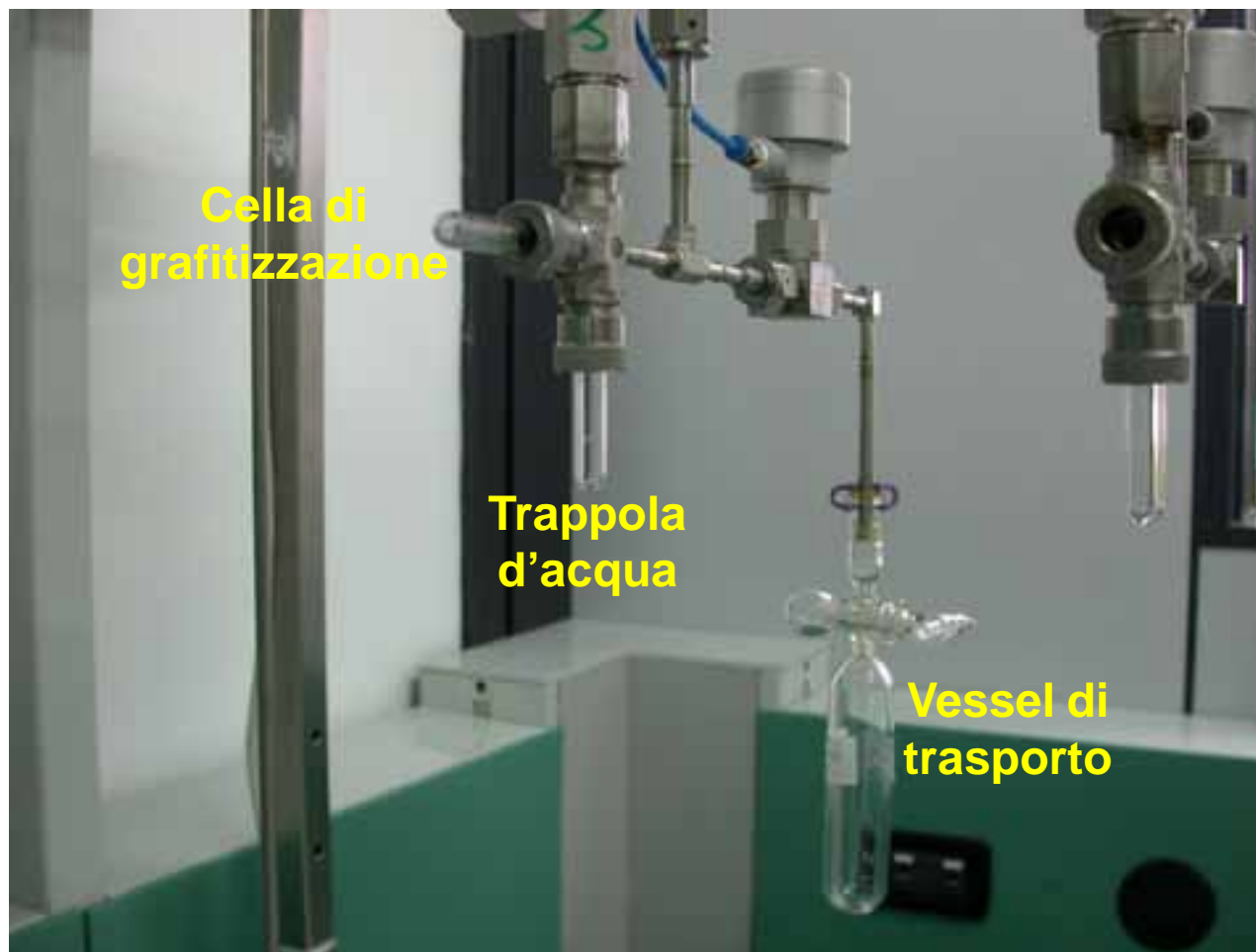


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



**PERCHE' UN ACCELERATORE
PER LA DATAZIONE
CON IL RADIOCARBONIO ?**



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



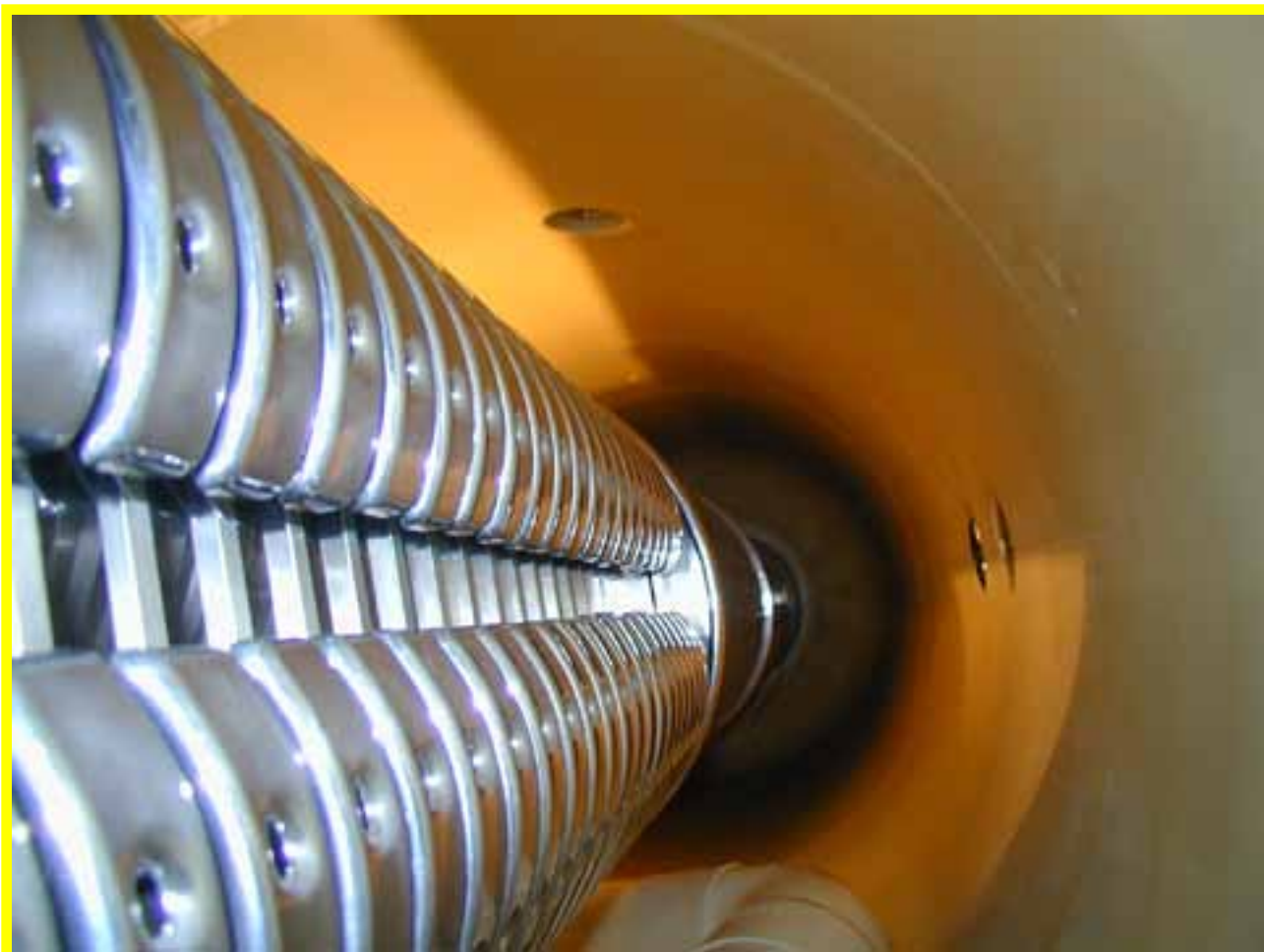


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



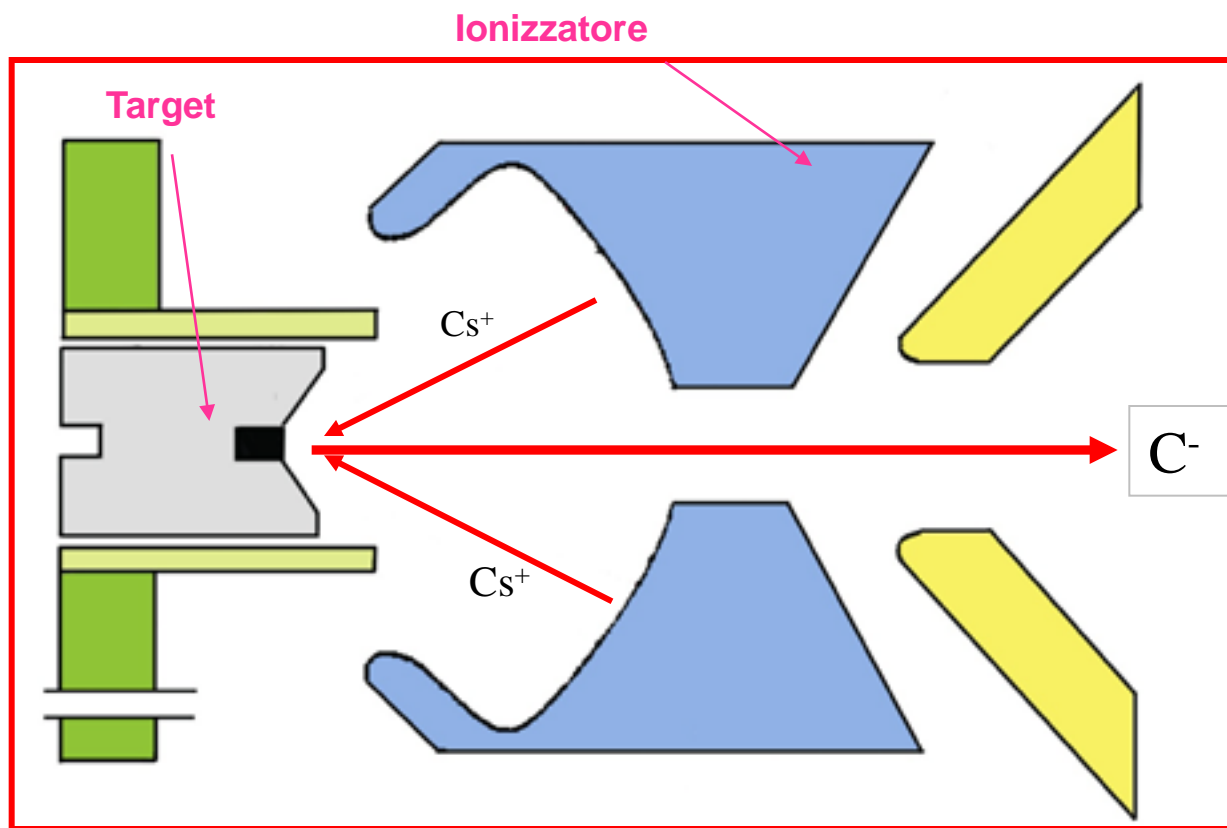
ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



LA SORGENTE IONICA

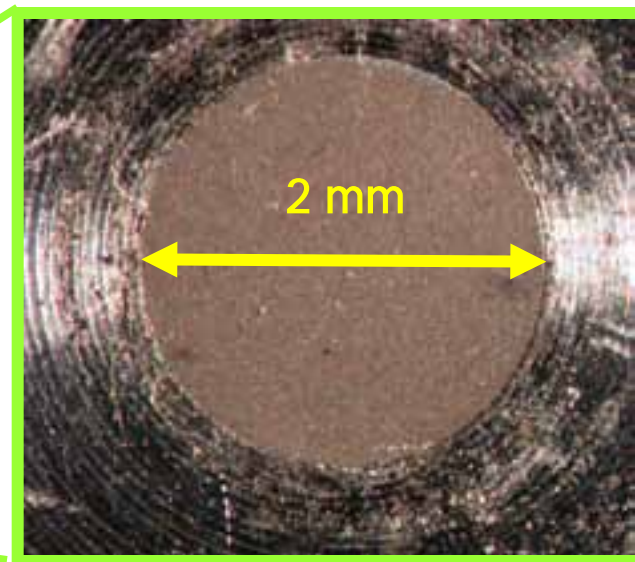
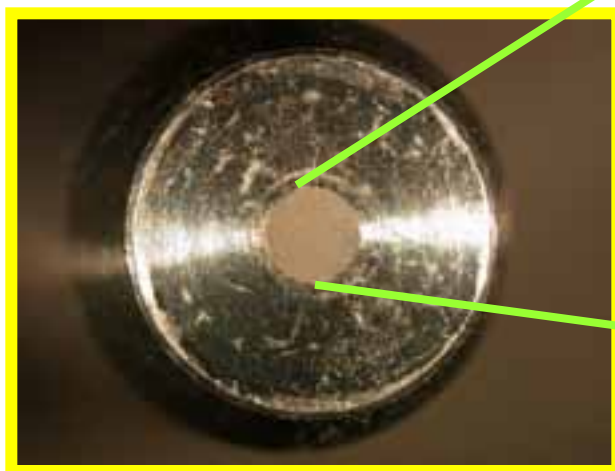
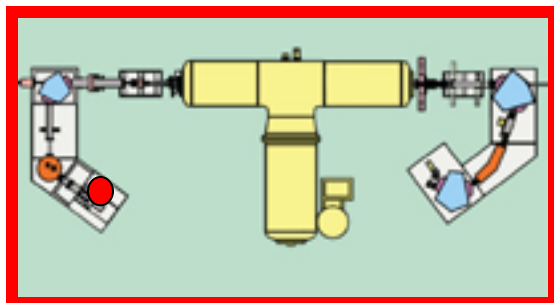


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



L'ANALIZZATORE ELETTROSTATICO A 54°

Gli ioni vengono deflessi mediante l'applicazione di un campo elettrico lungo una traiettoria circolare di raggio R dato da:



$$R = \frac{2Ed}{q\Delta V}$$

$$\Delta V = 7890 \text{ V}$$



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

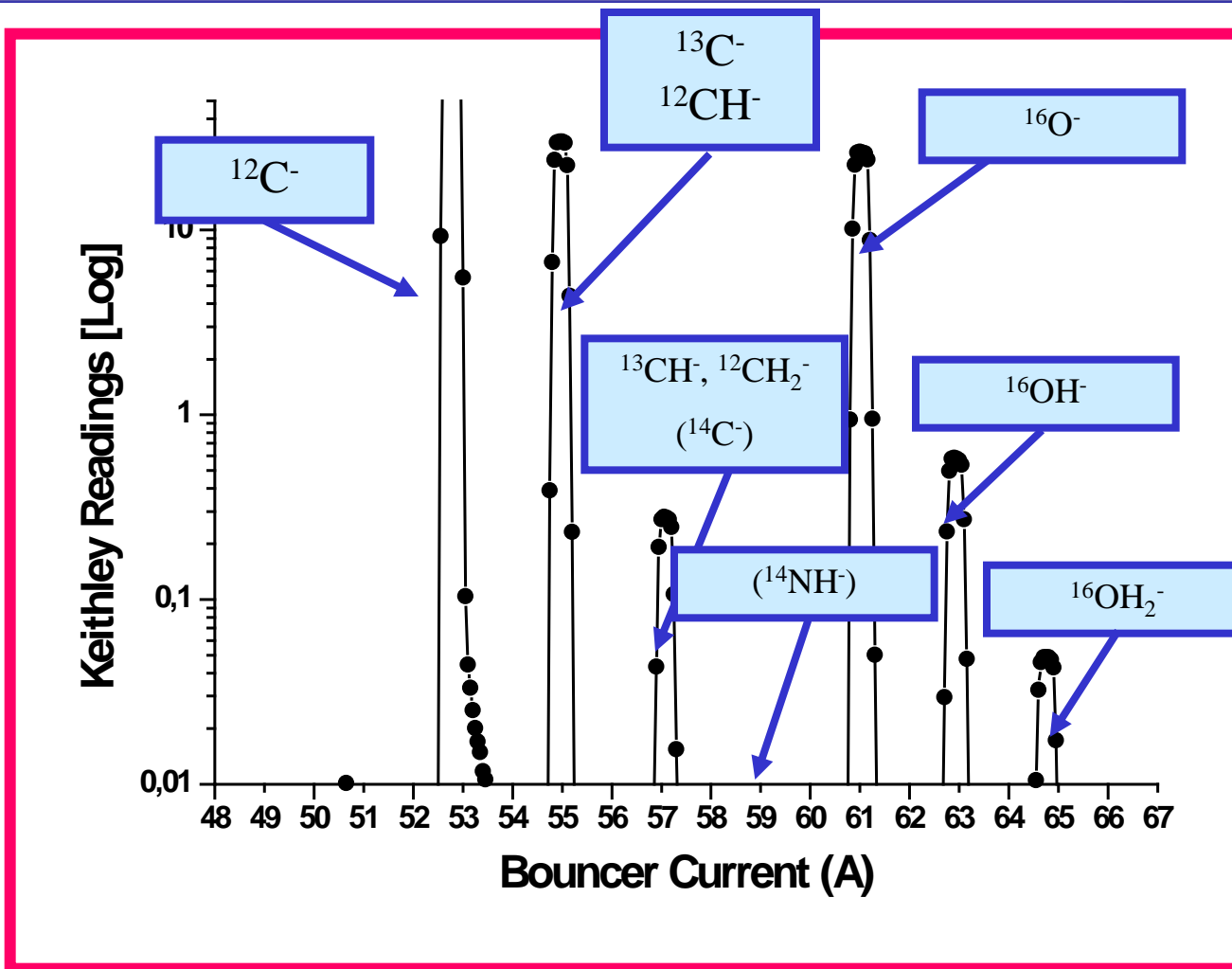
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



IL BOUNCER - INIEZIONE SEQUENZIALE

I tre isotopi del carbonio vengono iniettati in sequenze temporali variando l'energia all'ingresso del magnete e quindi i raggi di curvatura delle loro traiettorie.





SELEZIONE IN MASSA DOPO IL BOUNCER



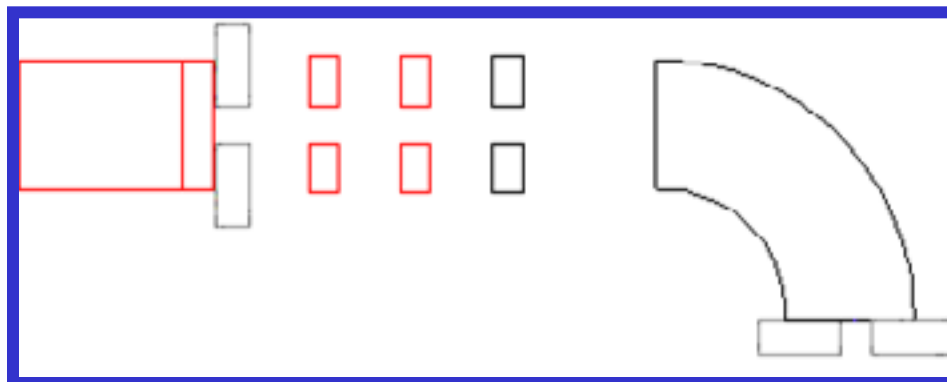
UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



L'iniezione sequenziale

Nel campo magnetico generato da un magnete uno ione di carica q , massa M ed energia E percorre una traiettoria circolare di raggio r dato dalla relazione:

$$r = \frac{\sqrt{2}}{B} \sqrt{\frac{M E}{q^2}}$$





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

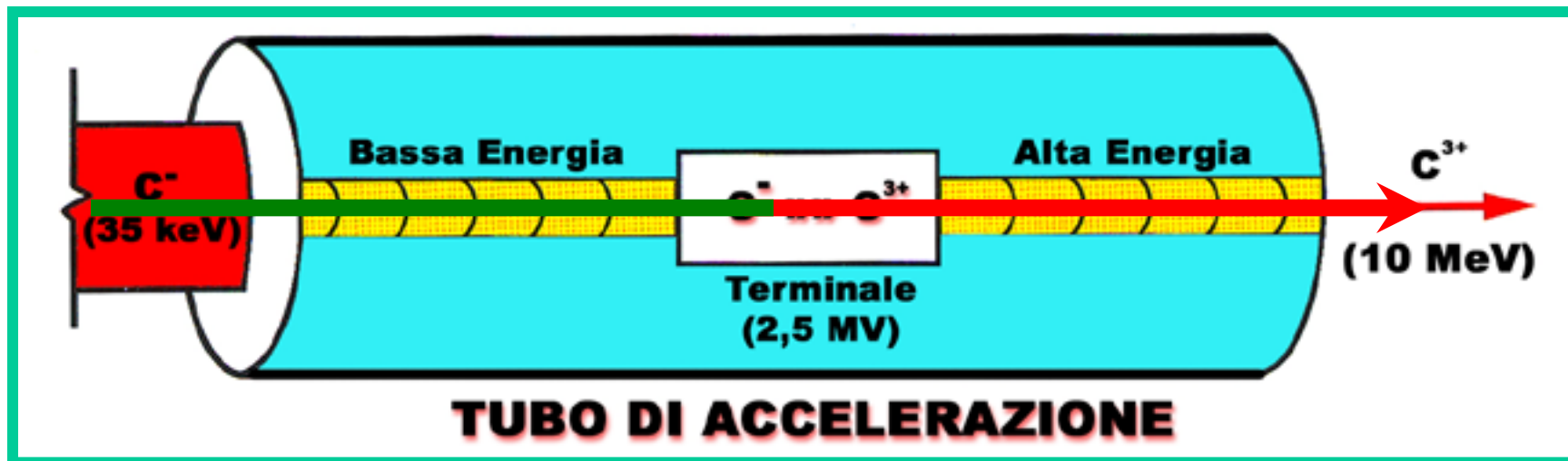


ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Principio di un acceleratore Tandem:



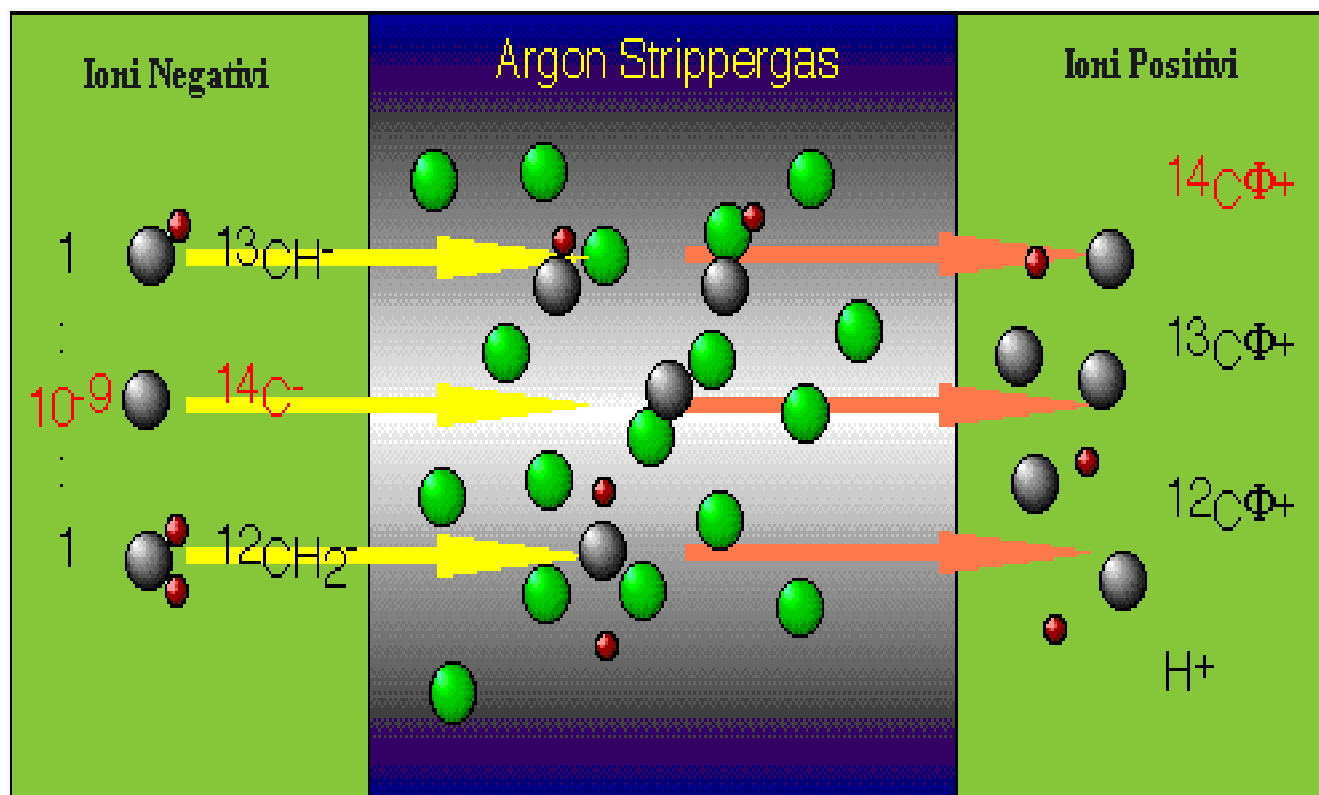


UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



IL SISTEMA DI SPETTROMETRIA DI MASSA DI ALTA ENERGIA

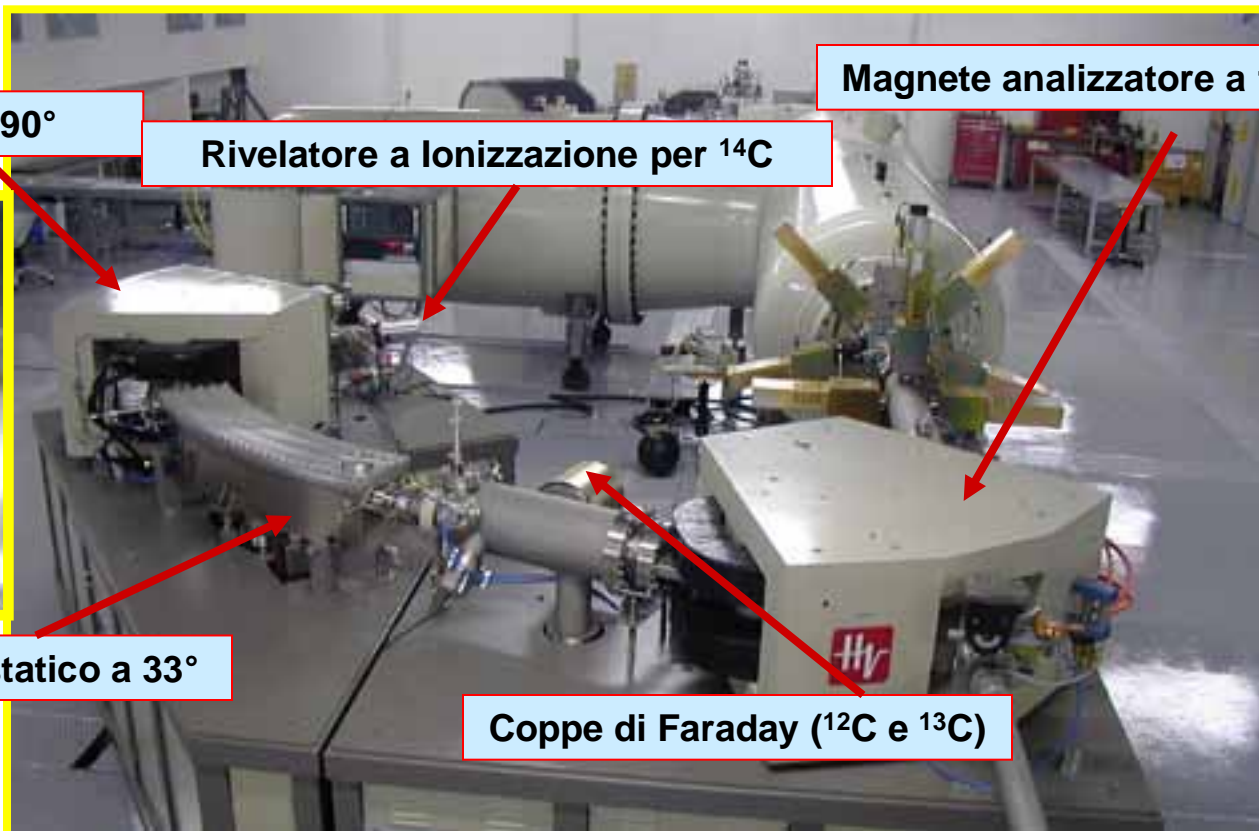
Magnete a 90°

Rivelatore a Ionizzazione per ^{14}C

Magnete analizzatore a 110°

Deflettore Elettrostatico a 33°

Coppe di Faraday (^{12}C e ^{13}C)





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

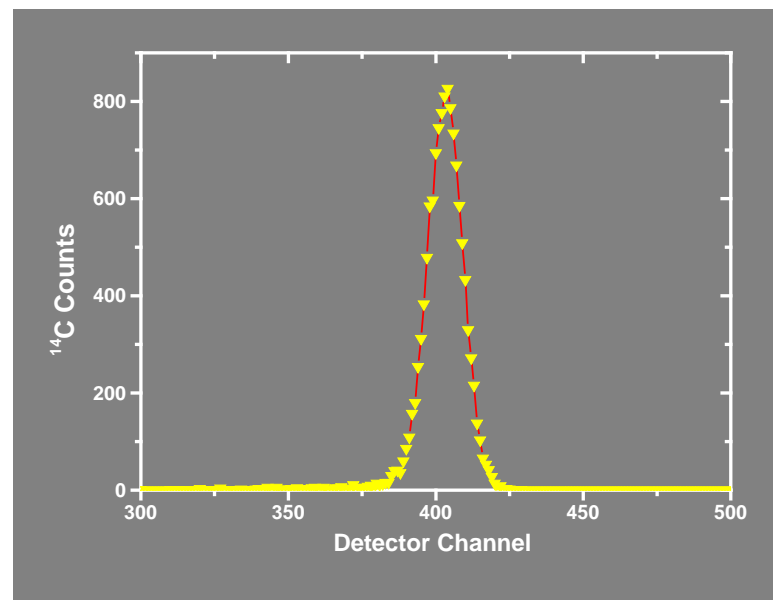


ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



RIVELATORE





UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

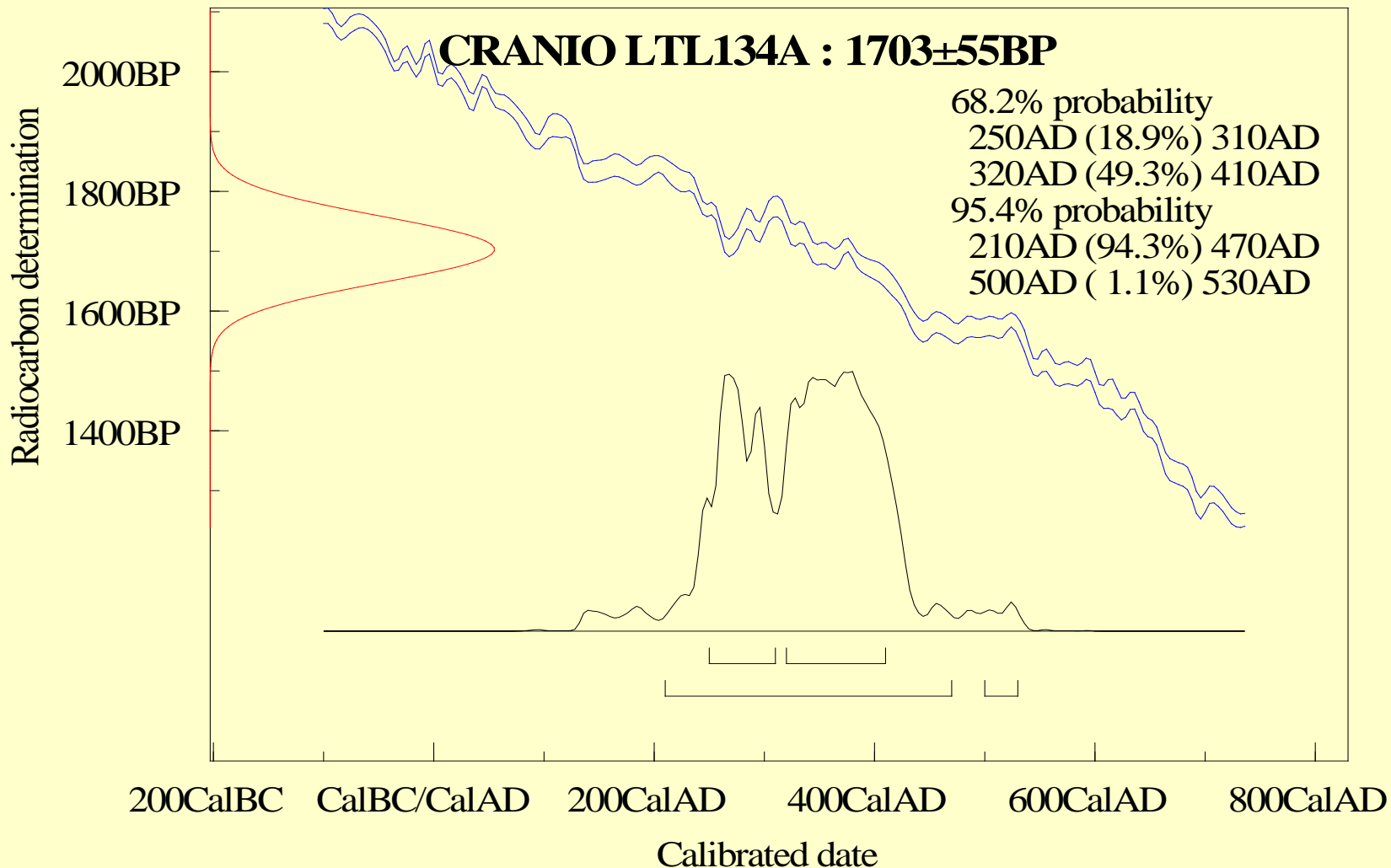


ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Atmospheric data from Stuiver et al. (1998); OxCal v3.9 Bronk Ramsey (2003); cub r:4 sd:12 prob usp[chron]



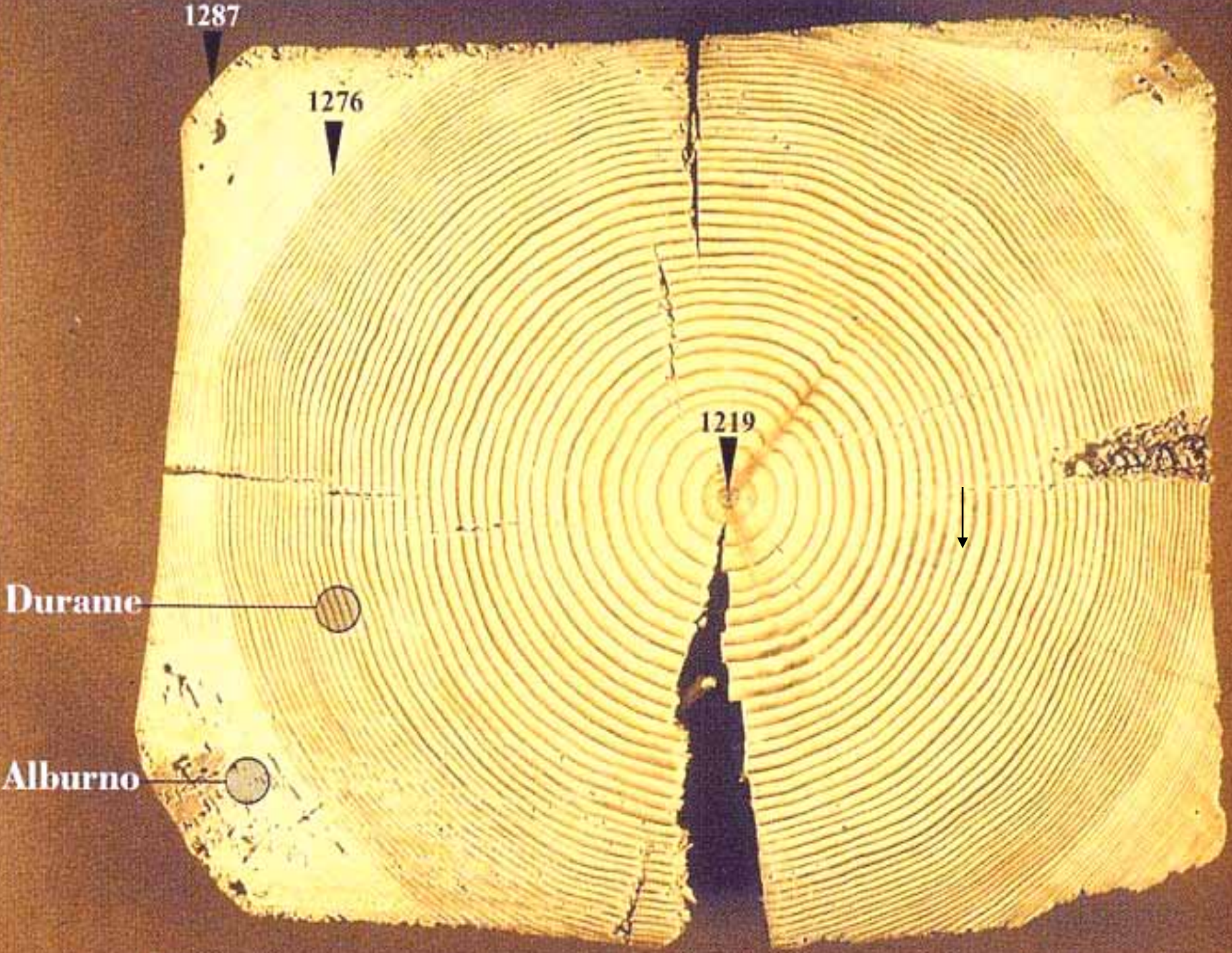
1287

1276

1219

Durame

Alburno



II “Bomb Peak”

Gli esperimenti nucleari nell’atmosfera condotti nel II dopoguerra hanno recato ad una abnorme produzione di radiocarbonio attraverso la reazione nucleare:



Come record delle variazioni della concentrazione di radiocarbonio nell’atmosfera sono stati utilizzati gli anelli di accrescimento degli alberi (*Pinus Pinea*).

Ogni anello è stato datato per via dendrocronologica



1952: Prima esplosione termonucleare degli USA

1953: Prima esplosione termonucleare dell' URSS

Ott. 1958- Feb. 1960: Moratoria temporanea dei test nucleari

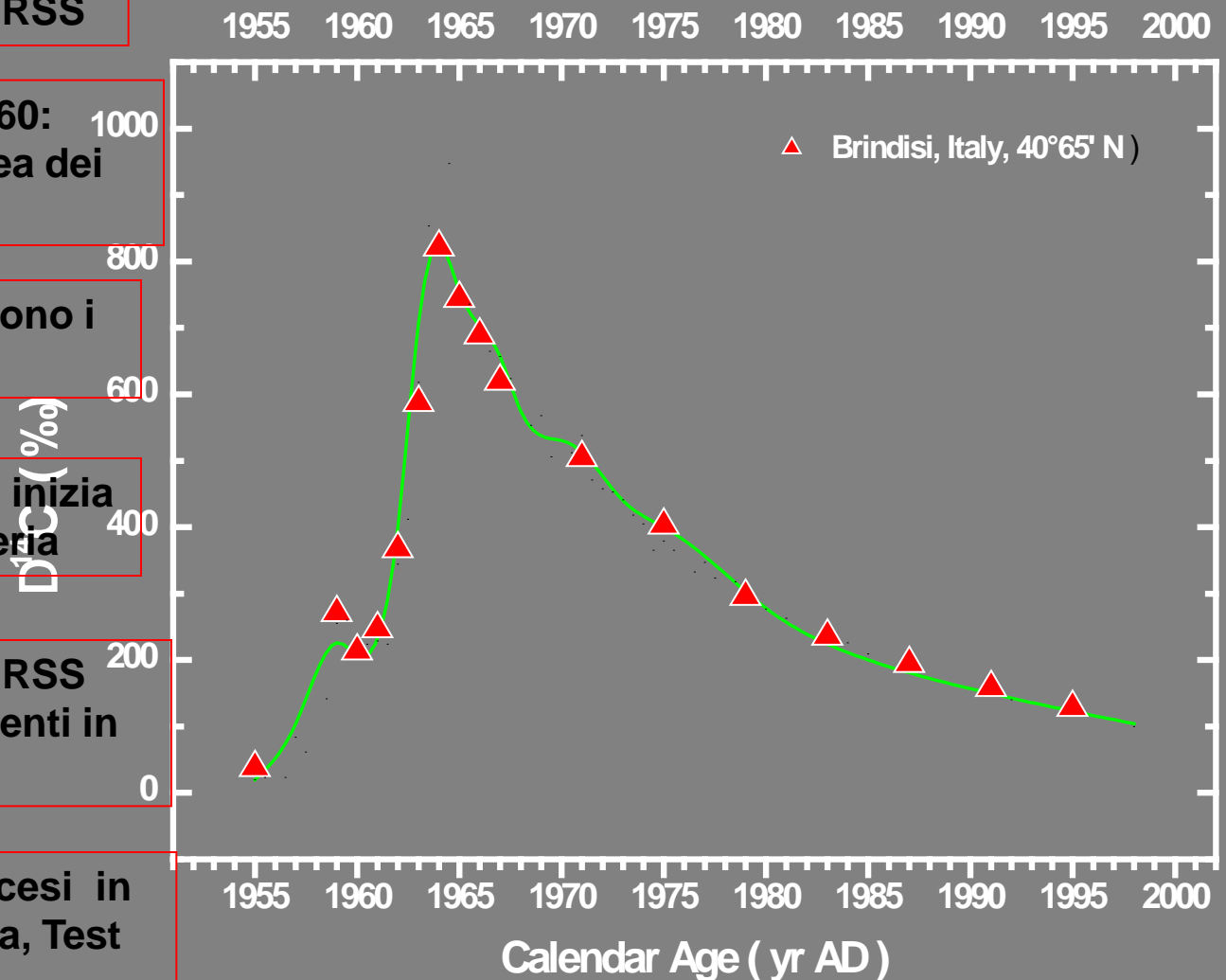
USA e URSS riprendono i propri test

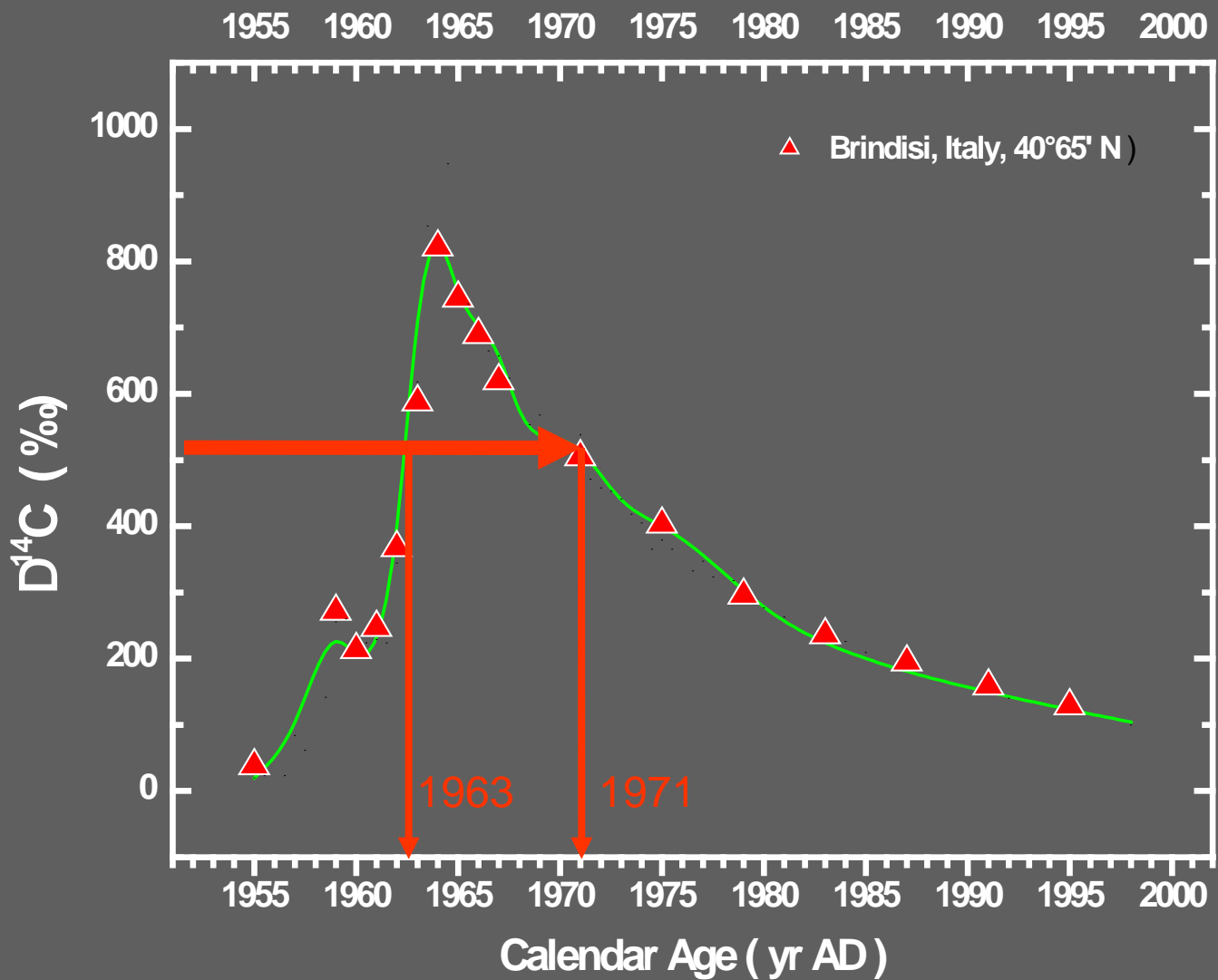
Feb. 1960: La Francia inizia i propri test in Algeria

Dic. 1962: USA e URSS cessano gli esperimenti in atmosfera

1964-1966: Test francesi in atmosfera a Mururoa, Test della Cina

II “Bomb Peak” nel Salento







UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

