

La stazione per il controllo della contaminazione dell'aria dell'Istituto Superiore di Sanità

GUIDO MISSONI

Laboratori di Fisica

Riassunto. — È descritto l'impianto per il prelevamento di campioni di aria installati presso i Laboratori di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità. Sono illustrati alcuni rilevamenti della radioattività dell'aria relativi al periodo settembre 1961 - ottobre 1963.

Summary. — The air filtration unit of the Physics Laboratory of the Istituto Superiore di Sanità for taking air samples is described. Some data concerning air-born radioactivity in the period september 1961 - october 1963 are reported.

INTRODUZIONE

È noto che l'aria, specialmente quella sovrastante i grandi centri urbani e industriali, si è andata negli ultimi tempi sempre più inquinando a causa di numerosi prodotti di rifiuto che, in quantità sempre maggiori, vengono immessi nell'atmosfera. Le fonti di inquinamento sono molte e di diversa natura come pure diverse e molteplici sono le sostanze inquinanti quali, per esempio, i gas di scarico dei motori a scoppio, i gas e i fumi derivanti dall'esercizio degli impianti di riscaldamento domestico ed anche gas fumi e polveri, immessi in grande quantità nell'atmosfera da fabbriche e impianti industriali. Va infine ricordato come agente di contaminazione dell'atmosfera, sotto certi aspetti non meno pericoloso degli altri, il *fall-out*, cioè la ricaduta di polveri radioattive susseguenti alle esplosioni nucleari che sono state eseguite negli ultimi anni nell'atmosfera. Infatti tali polveri, prodotte all'atto dell'esplosione, si spargono rapidamente su tutto il globo e, ricadendo al suolo, iniziano quella serie di contaminazione che tramite i cibi e l'aria inspirata porta la radioattività fino all'uomo.

È oggi un problema sanitario della massima urgenza, specialmente nei centri urbani più colpiti, quello di combattere e prevenire le cause di conta-



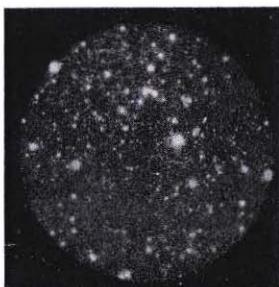
23-9-1961



19-10-1961



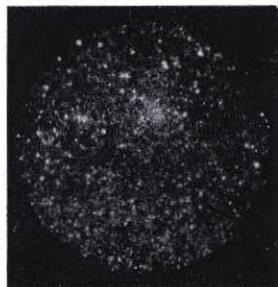
23-12-1961



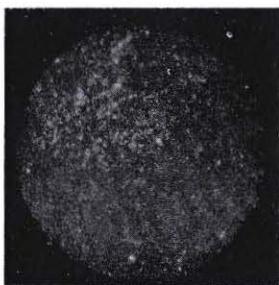
7-1-1962



19-2-1962



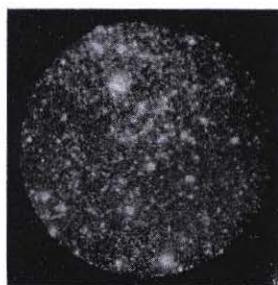
27-4-1962



19-7-1962



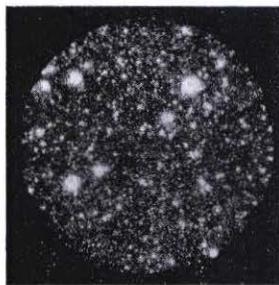
11-9-1962



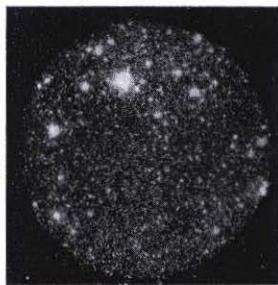
28-10-1962



2-12-1963

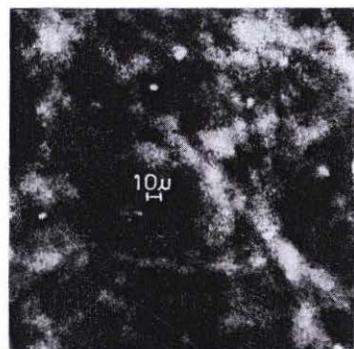


7-1-1963

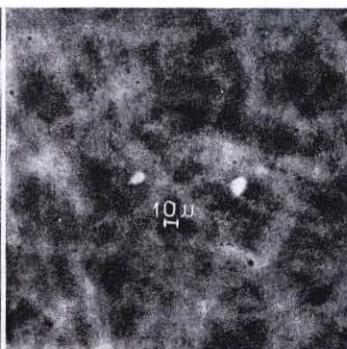


7-2-1963

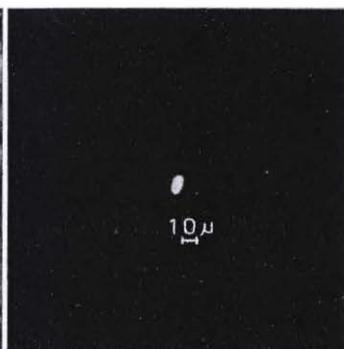
Fig. 8. — Autoradiografie di filtri contenenti pulviscolo atmosferico.



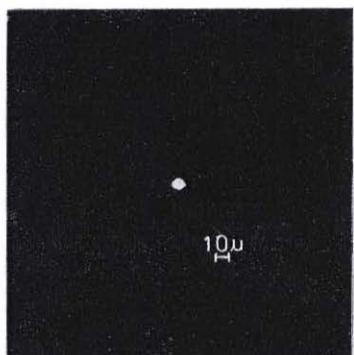
7-10-1961
Monte Cimone



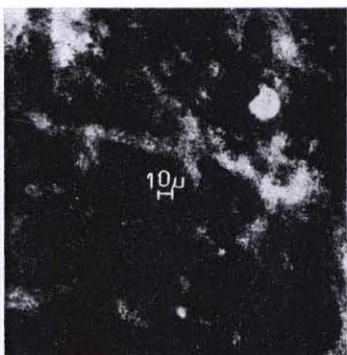
7-10-1961
Monte Cimone



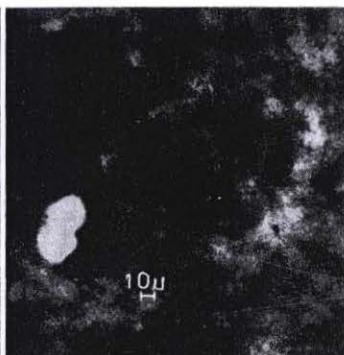
19-10-1961
Istituto Superiore Sanità



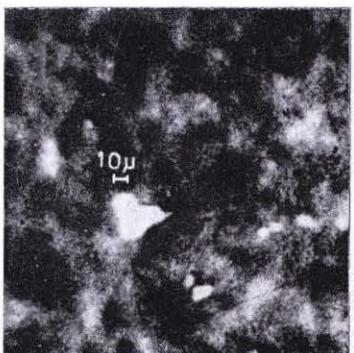
19-10-1961
Istituto Superiore Sanità



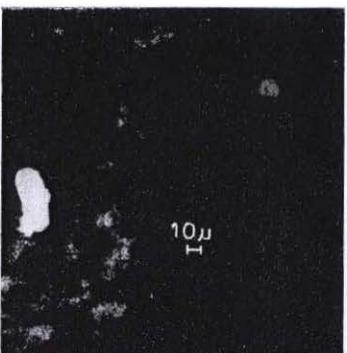
20-10-1961
Monte Cimone



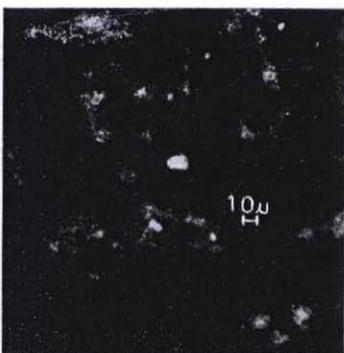
20-10-1961
Monte Terminillo



21-11-1961
Monte Terminillo



21-11-1961
Monte Terminillo



21-11-1961
Monte Terminillo

Fig. 9. — Radiografie di alcuni filtri contenenti granuli di pulviscolo radioattivo.



GENNAIO 1962



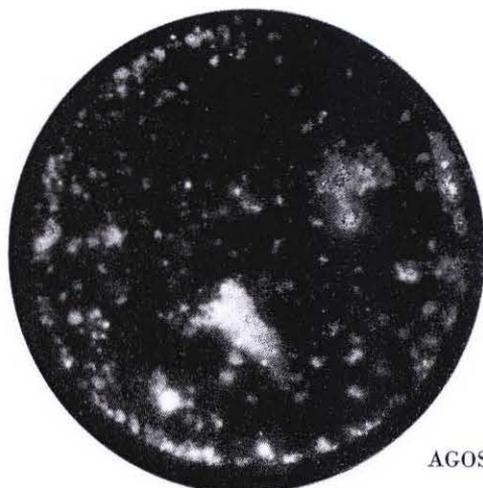
FEBBRAIO 1962



OTTOBRE 1962



GENNAIO-FEBBRAIO 1963



AGOSTO-SETTEMBRE 1962

Fig. 10. — Autoradiografia del materiale fermato nel filtro del recipiente per la raccolta delle acque piovane.

minazione dell'aria ed è perciò necessario avere la possibilità di studiare la natura e le caratteristiche fisiche e chimiche degli agenti inquinanti che si trovano dispersi nell'atmosfera.

Per questa ragione, per avere cioè un mezzo di controllo e di studio della contaminazione dell'aria, fin dalla primavera del 1961 è stata installata presso i Laboratori di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità una stazione per il prelevamento controllato di volumi d'aria sui quali si potranno, di volta in volta, eseguire quelle misure che si ritengono opportune ed interessanti al fine di ottenere informazioni dirette e dati scientifici sicuri.

Questo impianto è stato finora impiegato per prelevare dall'aria campioni di pulviscolo al fine di eseguire su di essi tutte quelle misure ed osservazioni necessarie per determinare la contaminazione radioattiva dell'atmosfera.

Qui di seguito saranno quindi brevemente riportati i dati ottenuti riguardanti solamente questo tipo di contaminazione.

DESCRIZIONE TECNICA DELLA STAZIONE

La stazione per il controllo della contaminazione dell'aria è attualmente costituita da un'apparecchiatura di notevoli dimensioni (fig. 1) destinata al

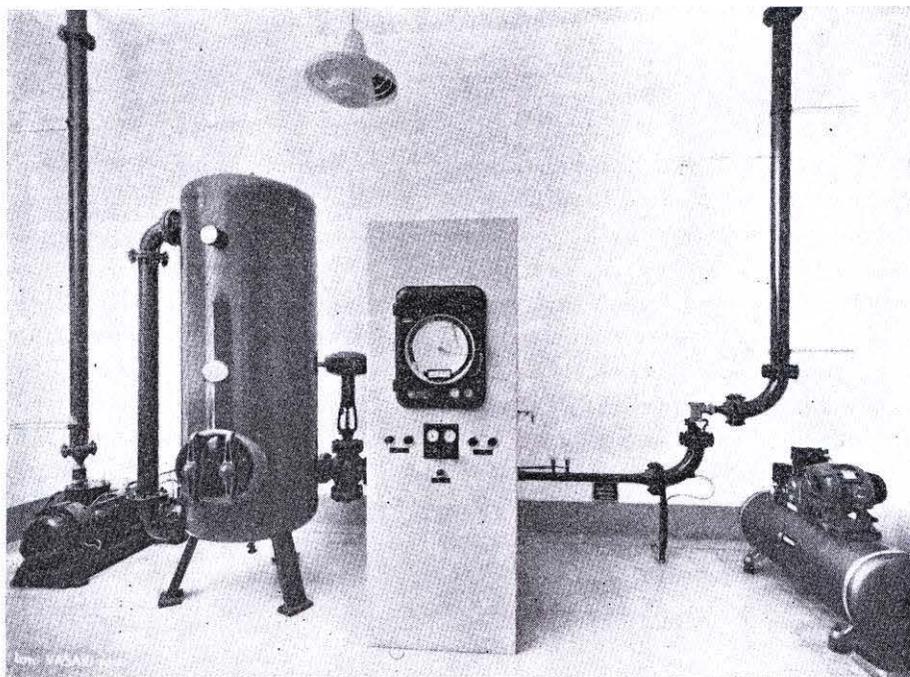


Fig. 1. — Impianto per il prelevamento di campioni d'aria.

prelevamento di campioni di aria dalla libera atmosfera. Ad essa è affiancato un pluviometro, corredato di recipiente contenente un filtro e delle resine a scambio termico, il quale provvede a fissare tutte le particelle ed i composti solubili trasportati dalle acque piovane. V'è poi tutta una serie di apparecchiature standard adibite alla misura della radioattività del pulviscolo e di altri composti solubili raccolti dall'aria e dalle acque piovane.

L'impianto per il prelevamento di campioni d'aria è riprodotto schematicamente in fig. 2, e funziona nel modo seguente.

Da una presa d'aria disposta a 3,40 m sul tetto dell'edificio principale dell'Istituto Superiore di Sanità (quota 63 m s. l. m.) parte un condotto

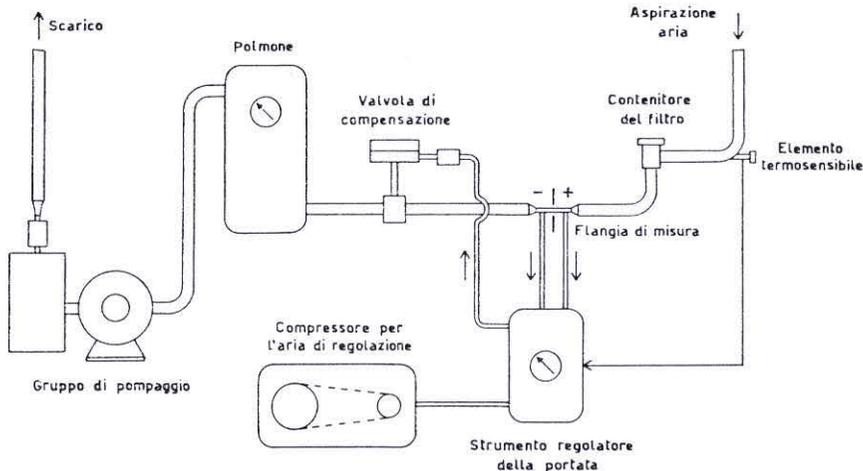


Fig. 2. — Schema dell'apparato per il prelevamento controllato di campioni d'aria.

($\varnothing = 4''$) lungo il quale sono montati diversi dispositivi per la misura della portata, della pressione e della temperatura, ed una pompa rotativa, la quale aspira continuamente aria dall'atmosfera e la rigetta all'esterno attraverso una valvola di ritenuta ed uno scarico.

Sul canale a monte della pompa è disposto un grande recipiente a tenuta di vuoto (polmone) che, con la sua notevole capacità, serve a stabilizzare il flusso dell'aria. Tale flusso è inoltre regolato nel modo che sarà detto fra breve, dall'apertura della valvola di compensazione montata immediatamente a monte del polmone. Proseguendo verso la presa d'aria si trova inserito sulla conduttura un sistema per la misura della portata. Esso è costituito da un diaframma calibrato montato su di un tratto di condotto rettilineo, di sezione e lunghezza ben definito, in modo da assicurare un flusso non turbolento dell'aria e permettere così di ricavare il valore della portata dalla misura della differenza di pressione che si stabilisce fra il lato a monte e a valle del diaframma. A monte della flangia è posto nella conduttura un ter-

mometro a resistenza per la misura della temperatura dell'aria. Infine è inserito sulla condotta un alloggiamento per il montaggio di filtri di carta, fatto in modo tale che su ciascun filtro risulta definita una superficie circolare di area nota, attraverso la quale viene a passare tutta l'aria che fluisce nel condotto. Il sistema di pompaggio fin qui descritto è inoltre corredato da un'apparecchiatura abbastanza complessa che è il vero centro regolatore di tutto l'impianto.

Si consideri, innanzi tutto, l'informazione fornita dalla flangia di misura della portata. Essa è costituita, come già detto, dalle pressioni prelevate a monte e a valle del diaframma. La portata è legata a questi valori della relazione

$$Q = k \sqrt{\Delta P}$$

dove ΔP è la differenza delle pressioni in questione e k è un coefficiente dipendente dalla pressione e temperatura dell'aria e da alcune caratteristiche dell'impianto, come ad esempio il diametro del condotto e il diametro del diaframma.

La prima funzione dell'apparecchio di regolazione è quello di misurare questa differenza di pressioni. Ciò è fatto mediante un manometro a toro pendolare che permette di trasformare in una rotazione la pressione differenziale applicata. Questo strumento è essenzialmente costituito da un corpo a forma di anello, cavo all'interno, e sospeso per il suo centro in modo che l'anello si venga a trovare in un piano verticale e che possa liberamente ruotare per un angolo di circa 30° . La cavità interna dell'anello è riempita di un opportuno liquido fino al livello del centro di sospensione e la parte che rimane vuota è suddivisa da un diaframma a tenuta, posto al sommo dell'anello in due camere non comunicanti. Alle due camere così formate sono applicate le pressioni prelevate a monte e a valle del diaframma di misura.

Quando, a causa del flusso d'aria, fra i due lati del diaframma si stabilisce una differenza di pressione, questa stessa differenza si trova applicata al settore che separa le due camere dell'anello, il quale tende quindi a ruotare intorno al suo centro. A tale rotazione si oppone l'azione di una molla antagonista così che per ogni valore di ΔP si ottiene una posizione di equilibrio in cui l'anello è ruotato in un angolo definito rispetto alla sua posizione di zero.

La rotazione dell'anello viene trasmessa, attraverso una camma profilata ad una penna scrivente ed il profilo della camma è fatto in modo tale che lo spostamento risultante della penna è direttamente proporzionale alla portata.

L'apparecchio di regolazione esegue quindi automaticamente le operazioni necessarie per passare dai valori delle pressioni prelevate ai lati del diaframma, al valore della portata e fornisce una indicazione ed una registrazione grafica continua di quest'ultima. Similmente le variazioni di temperatura del-

l'aria aspirata si traducono in variazioni della resistenza elettrica di un elemento termosensibile. Queste variazioni vengono misurate in un opportuno circuito elettrico il quale, mediante un motorino, provvede a posizionare un indice scrivente. In tal modo, sullo stesso diagramma orario dove appaiono registrati i valori della portata, vengono registrati anche quelli della temperatura dell'aria.

Come sopra accennato il valore della portata d'aria che corrisponde ad una data differenza di pressioni ΔP dipende dalla temperatura e dalla pressione che regnano nel tratto di condotto a monte del diaframma di misura. Di conseguenza l'operazione automatica mediante la quale l'apparecchio ricava i valori della portata da quelli della differenza di pressione è corretta solo per definiti valori della temperatura e della pressione, che in questo impianto sono state prescelte di 20 gradi centigradi e 457 mm di mercurio, rispettivamente.

Naturalmente queste condizioni sulla temperatura e pressione sono rispettate solo in brevi intervalli di funzionamento dell'impianto così che, se l'apparecchio di controllo limitasse le sue funzioni a quanto fin qui detto, esso sarebbe di scarsa utilità dovendosi poi correggere con il calcolo i dati ricavati. Per ovviare a ciò lo strumento è provvisto di speciali dispositivi meccanici che permettono, in base ai valori continuamente rilevati della pressione e della temperatura, di correggere in modo automatico il calcolo della portata che lo strumento fa a partire dal valore ΔP fornito dal diaframma. Anche il valore così corretto viene registrato, così che nel complesso, l'apparecchio permette di misurare il valore della portata essendo questa sempre riferita a condizioni di temperatura e pressione note e costanti. Inoltre nell'apparecchio è inserito anche un sistema integratore della portata, di modo che è possibile conoscere ad ogni istante non solo il valore di questa ma anche il volume totale di aria, riferito a condizioni note e fisse di temperatura e pressione, che è stato aspirato attraverso la condotta.

Come sopra accennato l'aria pompata viene attualmente fatta passare attraverso un filtro di carta e ciò allo scopo di catturare i granuli di pulviscolo in esso sospesi, ed avere quindi la possibilità di studiare questo materiale dal punto di vista della sua radioattività. Man mano che l'aria fluisce attraverso il filtro e vi deposita il pulviscolo, questo va gradatamente ad occludere gli spazi vuoti esistenti fra le fibre di carta, ed impedisce quindi sempre più il paesaggio di successive quantità d'aria. Questo intasamento determina un aumento della perdita di carico sul tratto aspirante del condotto e tende quindi a diminuire la portata. Si può rimediare a questo inconveniente facendo ricorso alla valvola di regolazione, inserita a valle del filtro, prima della pompa. All'inizio del funzionamento, quando il filtro è ancora pulito ed offre la minima resistenza al passaggio dell'aria, la luce della valvola viene di molto ridotta, in modo tale che la caduta di pressione che l'aria

subisce nell'attraversarla è grande confronto a quella che si verifica sul filtro. Va tenuto presente che a monte del filtro regna la pressione atmosferica e che si hanno successive cadute di pressione sul filtro, sul diaframma di misura e sulla valvola, fino a raggiungere nel polmone il minimo di pressione compatibile con la portata e la resistenza complessiva del condotto. Man mano che aumenta la caduta di pressione per l'intasamento del filtro, mediante un dispositivo inserito nell'apparecchiatura di regolazione, si comanda automaticamente l'apertura della valvola in modo di diminuire la perdita di carico su di essa, compensando l'aumento che si verifica sul filtro e ottenendo così di mantenere costante la portata per diverse ore di funzionamento.

Si può dire che la valvola funziona come una riserva di perdita di carico che viene impiegata man mano che il filtro ne consuma.

Il dispositivo per il comando dell'apertura progressiva della valvola è del tipo a reazione negativa o ad inseguimento. Esso è in grado di confrontare il valore attuale della portata corretta con quello prefissato per il funzionamento, ed emette un segnale di errore proporzionale alla loro differenza. Questo segnale, opportunamente amplificato, agisce sulla valvola determinando un aumento della portata fino a quando il segnale stesso non si riduce a zero.

Il dispositivo di controllo è, schematicamente, costituito nel modo seguente. Aria proveniente da un compressore fluisce dentro una tubazione e viene fatta scaricare tramite un ugello contro una superficie metallica molto vicina alla bocca dell'ugello. Questa superficie è rigidamente connessa con la penna che registra la portata corretta. Se la portata dell'impianto varia, varia la distanza fra la superficie e l'ugello e di conseguenza anche la portata d'aria compressa e quindi la sua pressione all'interno della tubazione. La pressione nella tubazione dell'aria compressa posiziona opportunamente una valvola pilota attraverso la quale altra aria proveniente dal compressore, in parte entra in una camera interna del dispositivo ed in parte viene impiegata per comandare la valvola di regolazione della portata.

Una parete di tale camera interna è costituita da un soffietto il quale si sposta sotto l'azione risultante della pressione che regna nell'interno e di una molla esterna, tale spostamento è comunicato in modo opportuno all'ugello.

Se quindi, a causa di una variazione di portata, si determina una variazione della fessura fra ugello e superficie metallica, tutto il sistema entra in movimento e nella camera la pressione varia fino a quando il conseguente spostamento dell'ugello non abbia ripristinato il primitivo valore della fenditura. In questo modo si ottiene uno scarico tale da stabilire nella tubazione dell'ugello una pressione adatta per ripristinare l'equilibrio del sistema.

Come sopra detto la pressione nella camera interna comanda l'apertura della valvola così che, come inizia una diminuzione di portata essa viene immediatamente avvertita e compensata mediante l'apertura della valvola.

In conclusione, per riassumere le prestazioni dell'impianto di pompaggio, si può dire che esso permette di prelevare aria dalla libera atmosfera facendola fluire attraverso un condotto con una portata costante, riferita a definite condizioni di temperatura e pressione. Sia la portata che il volume totale pompato vengono continuamente registrati.

ORGANIZZAZIONE DELLE MISURE

La stazione per il controllo della contaminazione dell'aria sopra descritta ha iniziato la sua attività nel settembre del 1961, in occasione della ripresa delle esplosioni nucleari nella atmosfera, con lo scopo di rilevare e misurare il tenore di radioattività che veniva ad inquinare l'aria. L'impianto, salvo le necessarie interruzioni per manutenzione e riparazione, ha inizialmente funzionato per 8-10 ore al giorno e poi a partire dal mese di febbraio 1963 è in funzione continua per 24 ore al giorno. I campioni d'aria vengono prelevati in due periodi successivi uno diurno, della durata di circa 10 ore, ed uno notturno di circa 14 ore. Com'è noto la radioattività dell'aria (1) è dovuta al minutissimo pulviscolo radioattivo in esso sospeso e quindi, per misurare la contaminazione radioattiva, occorre raccogliere questo pulviscolo in notevoli volumi di aria e misurarne poi l'attività. Per far questo, come sopra accennato, l'aria viene fatta passare attraverso dei filtri di carta di tipo standard; in condizioni normali ogni giorno viene così filtrato un volume complessivo dell'ordine di 100-120 m³. Il contenuto radioattivo del filtro viene esaminato con un contatore di Geiger a parete sottile e di efficienza nota, cinque giorni dopo il prelevamento. I residui attivi del Radon e del Thoron che si trovano naturalmente nell'atmosfera sono quindi, al momento della misura completamente decaduti. L'attività β misurata viene poi riferita al volume totale filtrato riportato a condizioni normali (temperatura 0° C, pressione 1 atmosfera) esprimendola in picocurie per m³ d'aria.

Oltre che una misura dell'attività β totale, sui campioni di pulviscolo atmosferico raccolti su filtri, viene eseguita, mediante uno spettrometro a scintillazione, anche una rivelazione della radioattività gamma. Questa misura permette di individuare alcuni degli isotopi che contribuiscono alla radioattività atmosferica.

Infine di ogni filtro raccolto viene sistematicamente eseguita una autoradiografia su pellicola radiografica Ferrania tipo N con una esposizione della durata di 20 giorni. Ciò vien fatto per ottenere informazioni, non ricavabili dalle misure di attività totale β e γ , circa il numero, l'attività e le dimensioni dei granuli radioattivi dispersi nell'atmosfera.

Oltre che al prelevamento di campioni di pulviscolo atmosferico, si provvede anche alla misura della radioattività delle acque piovane. Per mezzo di un recipiente si raccoglie la pioggia e la si fa fluire in un'apposita

« cartuccia » dove l'acqua viene a contatto con resine a scambio ionico. Allo ingresso della cartuccia è disposto un filtro di carta, o di polpa di cellulosa, che ferma tutte le particelle insolubili che si depositano nel recipiente e che vengono poi raccolte dalle acque piovane, o che precipitano insieme alla pioggia stessa. Viene quindi eseguita una misura dell'attività β totale fissata sulle resine e di quella dovuta alle particelle insolubili depositate sul filtro.

La serie di misure su descritta ha carattere di routine; di tanto in tanto, quando se ne presenta la necessità, vengono eseguite anche misure diverse come ad esempio quelle tendenti a determinare le dimensioni dei granuli radioattivi mediante radiografia dei filtri, o quelle tendenti a determinare la frazione solubile della radioattività depositata sul filtro.

PRINCIPALI RISULTATI OTTENUTI

In quest'ultimo paragrafo sono riportati i principali risultati riguardanti la contaminazione radioattiva dell'aria finora ottenuti per mezzo dell'impianto descritto.

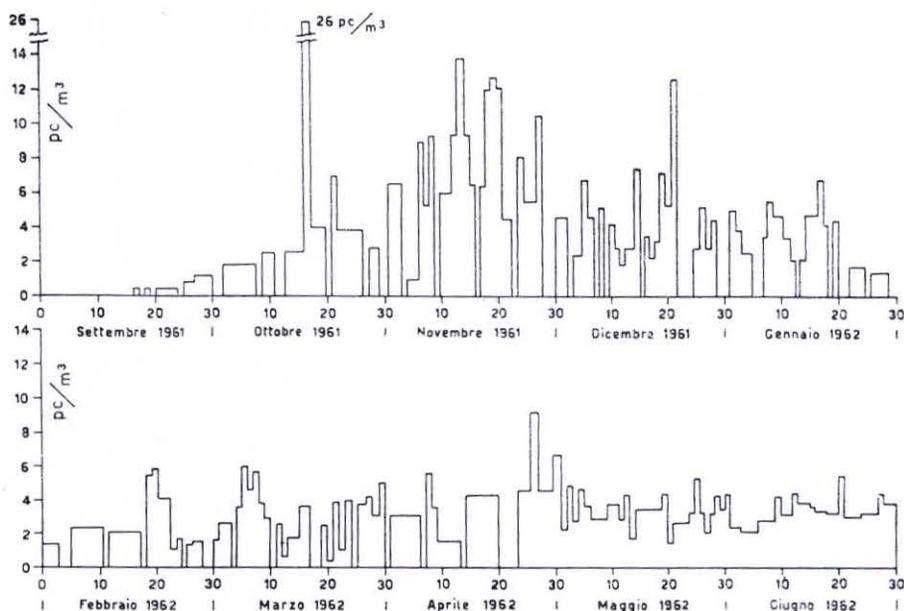


Fig. 3. — Andamento dell'attività β totale per m^3 d'aria.

Nelle figure 3 e 4 è riprodotto l'andamento della attività β totale espressa in picocurie per m^3 di aria ridotto a condizioni normali di temperatura e pressione ($t = 0^\circ \text{C}$ $p = 1$ atmosfera). In figura 5 è invece riportato per lo stesso periodo di tempo l'andamento del valore medio settimanale dell'atti-

vità β totale per m^3 d'aria. Alcune lacune che si riscontrano nei grafici sono dovute ad arresti della stazione per manutenzione o guasti. Nel considerare l'andamento della radioattività mostrato nei grafici qui riportati va tenuto presente che, dopo la prima serie di esplosione dell'autunno-inverno 1961-62, si è avuta una pausa e poi di nuovo una ripresa nella primavera-estate 1962

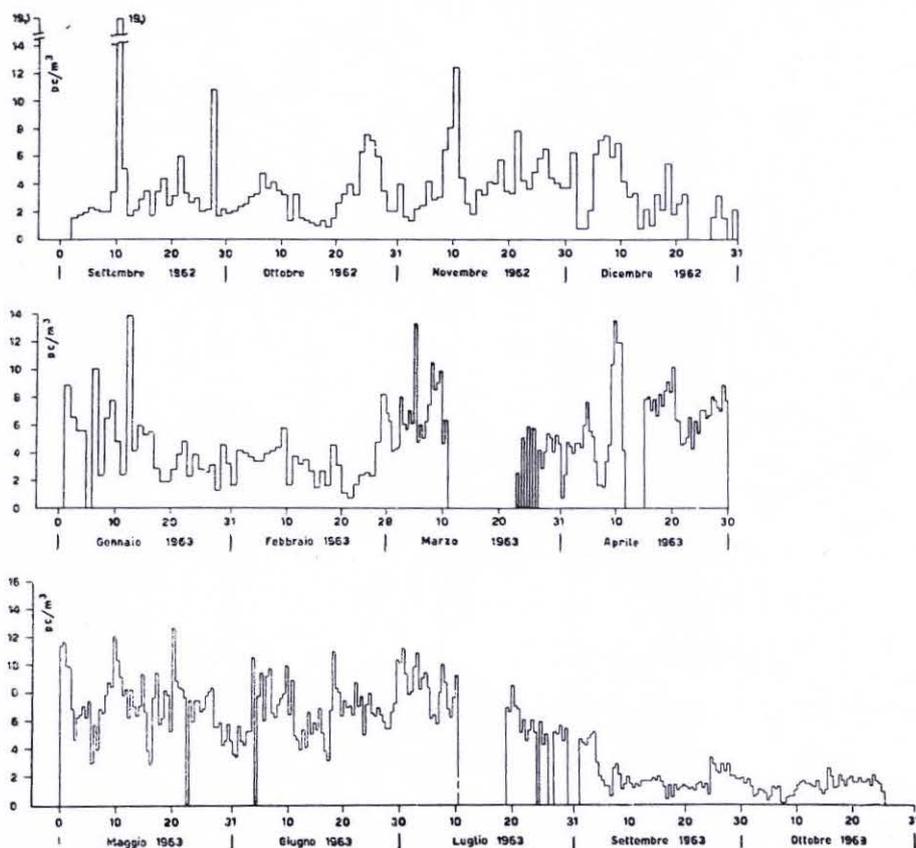


Fig. 4. — Andamento dell'attività β totale per m^3 d'aria.

e che le esplosioni si sono poi succedute quasi ininterrottamente per tutto l'anno 1962 fino agli inizi del 1963.

Alcuni esempi delle misure di attività gamma sono dati nelle figure 6 e 7. Essi si riferiscono ai filtri raccolti nei mesi di maggio ottobre e novembre 1962 e gennaio 1963.

In questi spettri appaiono con notevole evidenza delle righe a 750 keV dovute alla catena $Zr^{95} \rightarrow Nb^{95} \rightarrow Mo^{95}$; delle righe a 500 keV dovute al decadimento del Ru^{103} e le righe a circa 150 keV originate nel decadimento del Ce^{141} e del Ce^{144} . Sono anche individuabili negli spettri dei mesi di ottobre-

novembre 1962 e gennaio 1963 delle righe di energia di circa 220 keV attribuibili al $\text{Nb}^{95\text{m}}$, delle righe con energia di circa 275 keV attribuibili allo I^{131} ed infine nello spettro del mese di ottobre 1962 si nota anche una riga di circa 300 keV attribuibile al Ba^{140} e al La^{140} .

In figura 8 sono invece mostrate alcune copie delle autoradiografie di filtri mostrandoti la distribuzione della radioattività del pulviscolo rimasto

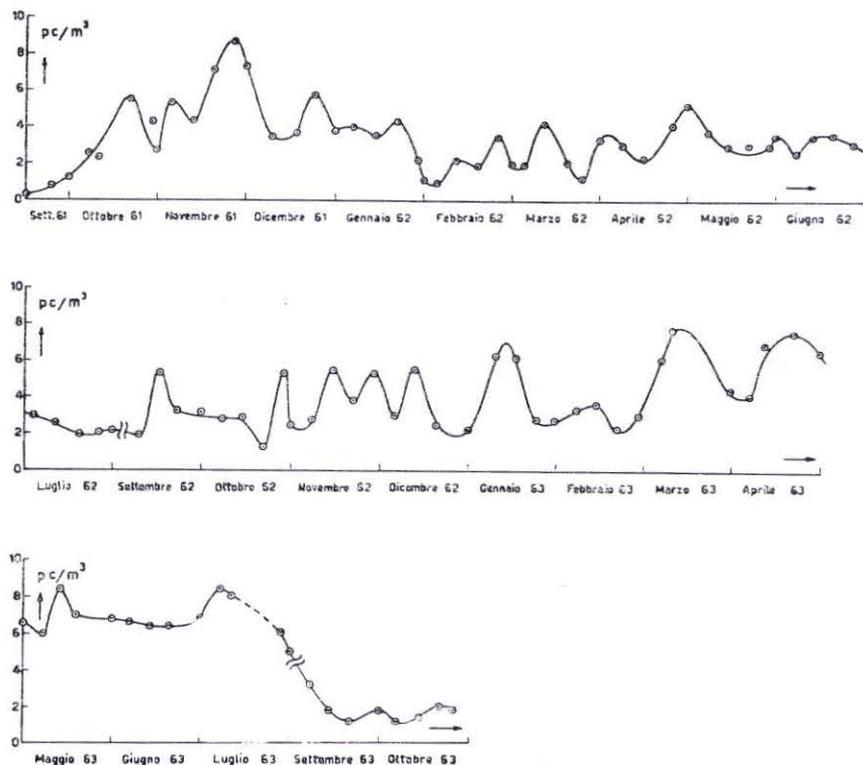
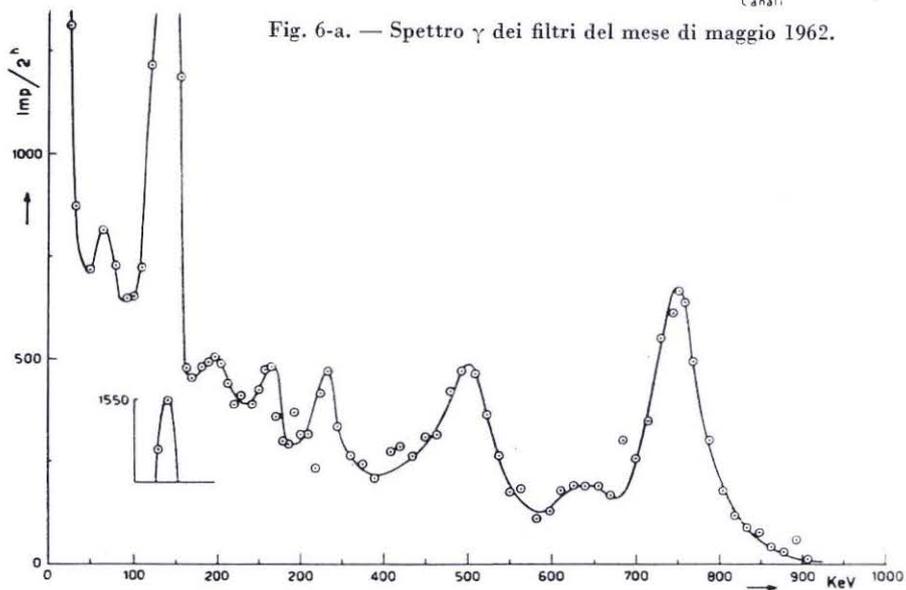
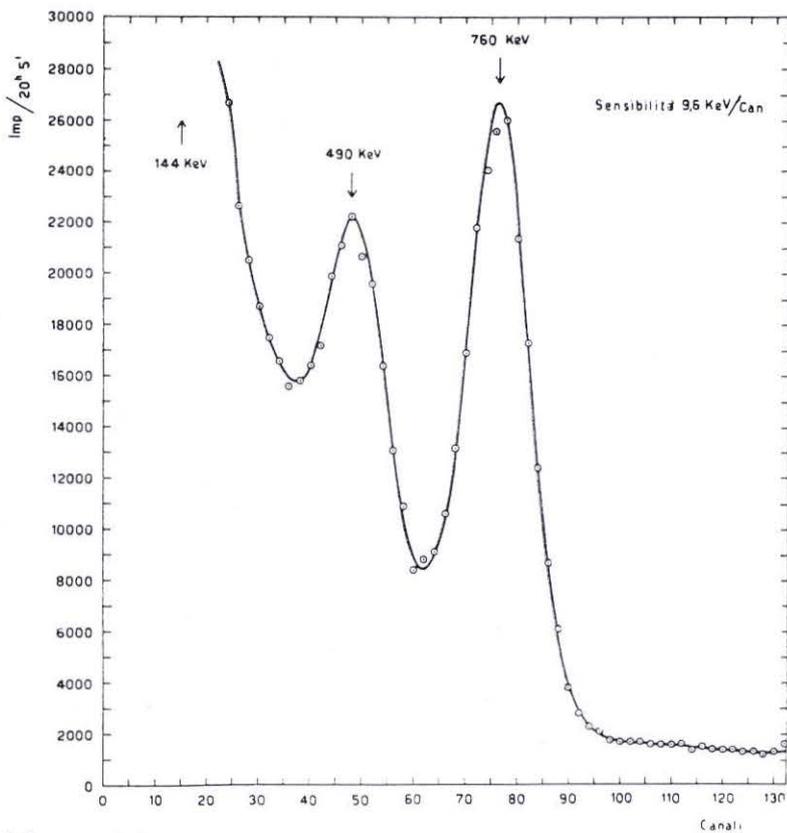


Fig. 5. — Andamento del valore medio settimanale dell'attività β totale per m^3 d'aria.

in essi imprigionato. Queste immagini mostrano chiaramente che la radioattività atmosferica, almeno nei primi tempi successivi alle esplosioni è costituita, anche a notevole distanza dai luoghi dell'esplosione, da granuli radioattivi sui quali sono state riscontrate attività fino a qualche migliaio di picocurie. È stato fatto un rapido tentativo di stimare le dimensioni fisiche di tali granuli eseguendo radiografie dei filtri.

I granuli di pulviscolo, in modo particolare quelli contaminati da sostanze radioattive, risultano infatti, per i raggi X di bassa energia, più assorbenti di quanto non lo siano i componenti della carta. Sulla fotografia ripro-



dotta in figura 9 si vedono chiaramente le ombre prodotte dai granuli; da questa indagine sono risultate dimensioni comprese fra alcuni micron ed alcune decine di micron.

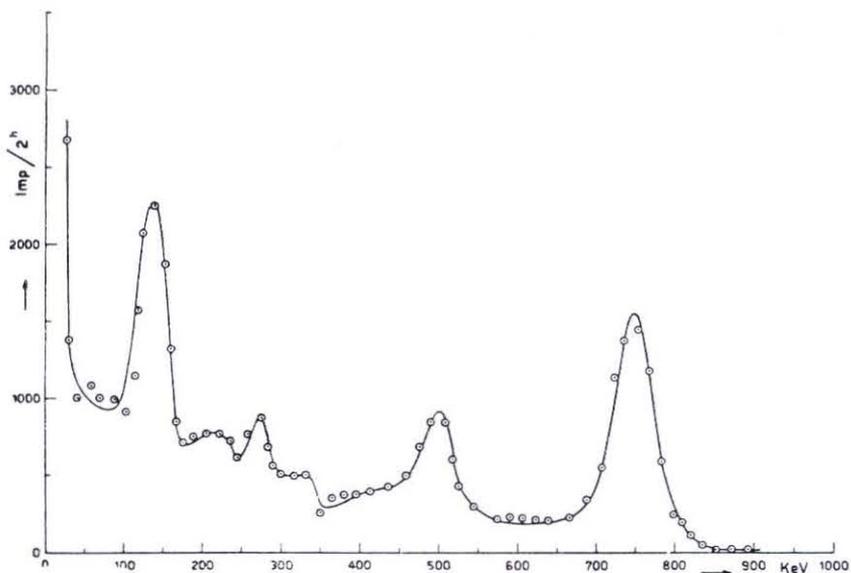


Fig. 7-a. — Spettro γ di filtri del mese di novembre 1962.

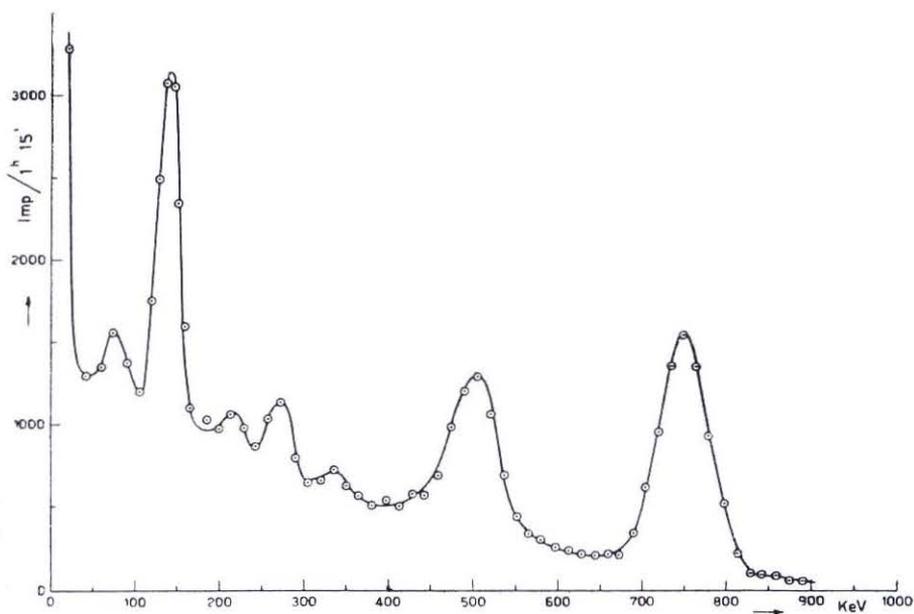


Fig. 7-b. — Spettro γ di filtri del mese di gennaio 1963.

TABELLA I

Attività β totale delle acque piovane.

Mese	Periodo di raccolta acque piovane		Data misura	Attiv. Tot. Pc. della resina a scambio ionico	Attiv. Tot. Pc. del filtro	Autoradiografie	
	Inizio	Fine				Inizio esp.	Fine esp.
Novembre 1961	15-11-61	15-12-61	8- 2-62	1750	—	27- 2-62	—
Dicembre 1961	16-12-61	16- 1-62	9- 2-62	526	—	—	—
Gennaio 1962	17- 1-61	19- 2-62	10- 4-62	1264	—	27- 2-62	16- 3-62
Febbraio 1962	27- 2-62	20- 3-62	3- 5-62	1158	—	—	—
Marzo 1962	21- 3-62	7- 4-62	7- 6-62	4800	224,2	23- 3-62	12- 4-62
Aprile 1962	7- 4-62	7- 5-62	19- 6-62	1222	—	12- 6-62	2- 7-62
Maggio 1962	8- 5-62	10- 6-62	28- 6-62	1090	107,7	5- 7-62	25- 7-62
Giugno 1962	15- 6-62	8- 7-62	23-10-62	818,5	279	30- 7-62	19- 8-62
Luglio 1962	10- 7-62	31- 7-62	23-10-62	537,5	17,43	19- 9-62	9-10-62
Agosto- Settembre 1962	31- 7-62	7-10-62	31-10-62	1860	—	7-11-62	27-11-62
Ottobre 1962	10-10-62	10-11-62	15-11-62	3050	236	26-11-62	15-12-62
Novembre 1962	14-11-62	20-12-62	20-12-62	2288	3042	20-12-62	9- 1-63
Dicembre 1962	28-12-62	31- 1-63	1- 2-63	9676	876,5	20- 2-63	12- 3-63
Gennaio 1963							
Febbraio 1963	6- 2-63	6- 3-63	29- 3-63	3503	—	—	—
Marzo 1963	15- 3-63	15- 4-63	6- 5-63	1559	—	—	—
Aprile 1963	18- 4-63	18- 5-63	8- 6-63	3655	—	—	—
Maggio 1963	18- 5-63	18- 6-63	9- 7-63	1678	—	—	—
Giugno 1963	18- 6-63	18- 7-63	1-10-63	114,4	—	—	—
Luglio- Agosto 1963	18- 7-63	7- 9-63	1-10-63	1248	—	—	—
Settembre 1963	9- 9-63	9-10-63	19-10-63	658,2	—	—	—
Ottobre 1963	9-10-63	9-11-63	2-12-63	220,3	—	—	—

Per ogni mese e per ogni stazione di prelevamento sono indicati i 5 giorni di massima attività.

Il segno * sta ad indicare che nel filtro di quel giorno è identificabile un centro di alta attività.

Settembre 1961	ISS	30	23	26	25	29
	Casaccia	23	30	24	26	29
	Vigna di Valle	30	30	24	26	28
Ottobre 1961	ISS	18*	23*	20	24	30
	Casaccia	22	19	24	18	9
	Vigna di Valle	19	22	18	24	1
Novembre 1961	ISS	16*	22*	23	21*	30*
	Casaccia	22	21	16	20	10
	Vigna di Valle	16	22	21	5	14
Dicembre 1961	ISS	23*	16*	21*	6	9
	Casaccia	21	22	23	3	6
	Vigna di Valle	21	22	10	23	3
Gennaio 1962	ISS	18	3	10	17	22*
	Casaccia	18	26	3	17	14
	Vigna di Valle	18	14	9	10	22
Febbraio 1962	ISS	20*	19	21*	26	9
	Casaccia	19	20	21	25	7
	Vigna di Valle	20	19	21	7	8

TABELLA 2 (segue)

Marzo 1962	ISS	6	8	23	27	31
	Casaccia	6	7	4	31	10
	Vigna di Valle	6	7	4	27	31
Aprile 1962	ISS	3*	9	21	28	29
	Casaccia	28	21	27	22	25
	Vigna di Valle	1	27	22	24	25
Maggio 1962	ISS	1*	3	13	20	26
	Casaccia	4	30	19	6	25
	Vigna di Valle	30	26	25	3	18
Giugno 1962	ISS	21	28	1	15	10
	Casaccia	1	21	15	16	10
	Vigna di Valle	21	18	1	10	16
Luglio 1962	ISS	6*	11	14	15*	8
	Casaccia	10	27	2	3	4
	Vigna di Valle	22	28	11	10	24
Settembre 1962	ISS	11*	28	12*	22*	19*
	Casaccia	27	11	22	16	18
	Vigna di Valle	27	11	26	15	22
Ottobre 1962	ISS	26*	27	25	28	7
	Casaccia	26	27	25	24	28
	Vigna di Valle	27	27	26	28	24

TABELLA 2 (segue)

Novembre 1962	ISS	11	10	22*	27	9
	Casaccia	26	9	10	27	25
	Vigna di Valle	11	10	27	22	26
Dicembre 1962	ISS	8	7	10*	2*	6*
	Casaccia	7	6	10	8	31
	Vigna di Valle	8	7	6	9	5
Gennaio 1963	ISS	13	7	2*	10	3
	Casaccia	3	2	1	7	8
	Vigna di Valle	2	1	5	11	9
Febbraio 1963	ISS	28	10	27	19	9
	Casaccia	10	27	2	3	4
	Vigna di Valle	22	28	11	10	14
Marzo 1963	ISS	6	9	10	4*	5*
	Casaccia	10	9	4	8	5
	Vigna di Valle	10	9	8	6	5
Aprile 1963	ISS	10	20	30	16	27
	Casaccia	10	11	30	19	29
	Vigna di Valle	10	11	20	21	30
Maggio 1962	ISS	21	10	1	11	2
	Casaccia	10	11	2	22	1
	Vigna di Valle	27	24	10	11	12

TABELLA 2 (segue)

Giugno 1963	ISS	18	4	30	10	5
	Casaccia	30	19	5	10	27
	Vigna di Valle	30	21	7	19	29
Luglio 1963	ISS	6*	11	14	15*	8
	Casaccia	10	27	2	3	4
	Vigna di Valle	22	28	11	10	14
Agosto 1963	ISS	—	—	—	—	—
	Casaccia	6	5	2	3	1
	Vigna di Valle	2	6	3	15	4
Settembre 1963	ISS	3	2	1	27	28
	Casaccia	4	3	2	26	27
	Vigna di Valle	4	3	2	27	28
Ottobre 1963	ISS	16	18	24	20	22
	Casaccia	21	22	20	16	13
	Vigna di Valle	1	19	20	22	21
Novembre 1963	ISS	16	18	20	24	22
	Casaccia	10	4	5	2	3
	Vigna di Valle	10	13	11	4	3

Per quanto riguarda l'attività trasportata dalle acque piovane in tabella 1 è dato un quadro riassuntivo dei dati disponibili.

Mentre l'attività che si riscontra nella resina a scambio ionico è da attribuirsi a composti radioattivi solubili in acqua o comunque così finemente

suddivisi da passare oltre il filtro, i materiali che vengono da questo fermati sono sicuramente insolubili e presentano una distribuzione granulare della radioattività molto simile a quello che si riscontra nel pulviscolo atmosferico. Ciò è mostrato in fig. 10 dove sono riprodotte le autoradiografie del materiale raccolto sui filtri delle cartucce esposte nei mesi di gennaio, febbraio, ottobre 1962 e gennaio, febbraio 1963.

Allo scopo di controllare i risultati delle misure della contaminazione dell'aria, condotte come sopra esposto, sono stati confrontati gli andamenti dell'attività per metro cubo d'aria rilevata in tre stazioni di prelevamento diverse e distanti fra loro alcune decine di chilometri, come quella del CNEN alla Casaccia, quella dell'Aeronautica Militare a Vigna di Valle e quella dell'Istituto Superiore di Sanità a Roma.

Nella tabella 2 sono riportate, per i mesi nei quali i dati sono disponibili, le date dei cinque giorni di massima attività di ciascun mese e di ciascuna stazione.

Le date sono disposte in ordine decrescente, secondo il valore dell'attività per m^3 di aria misurata in quel giorno.

L'asterisco apposto sulle date relative alle misure eseguite presso l'Istituto Superiore di Sanità sta ad indicare che nei filtri corrispondenti sono stati individuati grossi centri di radioattività che contribuiscono in modo notevole, se non preponderante, all'attività totale del filtro.

L'analisi di questi dati fornisce due evidenze. Primo l'esistenza di una forte correlazione fra i massimi della attività dei tre luoghi menzionati. Secondo (limitatamente alle misure eseguite presso l'Istituto Superiore di Sanità) che per i mesi di ottobre, novembre, dicembre 1961, immediatamente seguenti l'inizio e durante le esplosioni, nei filtri dotati delle massime attività sono in genere presenti grossi centri di attività e che questi centri tendono a scomparire dal mese di gennaio 1962, per ritornare numerosi, dal settembre 1962 in poi, dopo la ripresa delle esplosioni.

Questi fatti mostrano che la presenza di massimi di radioattività, anche quando questa è dovuta a pochi e intensi centri, è pure sempre un fenomeno riscontrabile in una zona piuttosto vasta di territorio, anche se le misure eseguite da una singola stazione possono talora fornire valori notevolmente eccedenti la media dei valori registrati nei giorni precedenti e susseguenti.

Dai dati riportati si può constatare che la contaminazione radioattiva dell'atmosfera, alla fine dell'anno 1963 si è notevolmente ridotta (circa $1pc/m^3$) rispetto al livello mantenuto negli anni precedenti e che i grossi centri di radioattività sono praticamente scomparsi dal fall-out, il quale mostra ora una distribuzione della radioattività in granuli abbastanza fine ed uniforme.

Si ringraziano i signori SERGIO VOLTERRA e ROCCO ORLANDO che hanno curato il funzionamento dell'impianto per il prelevamento di campioni di pulviscolo atmosferico, ed hanno eseguito le misure della loro attività.

16 marzo 1964

BIBLIOGRAFIA

- (¹) MISSONI G. - Rivelazioni e misure sulla contaminazione radioattiva dell'atmosfera eseguite presso la stazione di controllo dell'Istituto Superiore di Sanità, settembre 1961-giugno 1962 (Rapporti dei Laboratori di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità, ISS 62/39).

Direttore responsabile: Prof. G. B. MARINI-BETTÒLO

Reg. Stampa - Trib. di Roma n. 10.158 del 25 gennaio 1965.

Roma, 1965 - Tipografia Operaia Romana - Via Emilio Morosini, 17