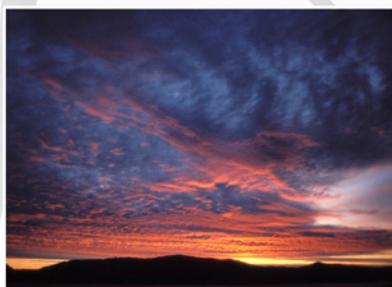


Linee guida per il monitoraggio della radioattività





a Claudio

*Vogliamo dedicarti questo lavoro, ricordando il tuo impegno,
la tua determinazione e la tua lucidità nel confrontarti con le molteplici
e complesse situazioni in cui la nostra attività ci porta ad operare.
Queste qualità si accompagnavano con il piacere della condivisione,
il gusto dell'ironia pungente,
il calore che sapevi portare nei rapporti con le persone.
Lasci un grande vuoto in tutti coloro che hanno lavorato con te,
ti hanno conosciuto e stimato
e ti hanno voluto bene.*

Linee guida per il monitoraggio della radioattività

Delibera del Consiglio Federale delle Agenzie Ambientali.
Seduta del 25 ottobre 2012 - Doc. n.16/12 - CF

Informazioni legali

L'istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), le Agenzie Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (APPA) e le persone che agiscono per loro conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo manuale.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.it

ISPRA, Manuali e Linee Guida 83/2012
ISBN 978-88-448-0582-1

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Paolo Orlandi

Coordinamento editoriale

Daria Mazzella
ISPRA – Servizio Comunicazione

Ornella Notargiacomo
ISPRA – Dipartimento AMB

Dicembre 2012

Autori

Giancarlo Torri (coordinatore del gruppo di lavoro) – ISPRA, Giuseppe Menna – ISPRA, Sonia Fontani – ISPRA, Francesco Bochicchio – ISS, Silvia Bucci – ARPA Toscana, Eugenio Chiaravalle – IZS Foggia, Alessandro Magliano – Ministero della Salute, Mauro Magnoni – ARPA Piemonte, Claudio Operti – ARPA Valle D’Aosta, Corrado Pantalone – ARPA Marche, Rosella Rusconi – ARPA Lombardia, Paola Sabatini – ARPA Umbria, Luca Verdi – APPA Bolzano, Luigi Vitucci – ARPA Puglia

Indice

1	PREMESSA	1
2	CONTESTO NORMATIVO NAZIONALE E COMUNITARIO	2
3	RETE NAZIONALE DI MONITORAGGIO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE (RESORAD) ...	4
3.1	Obiettivi della rete nazionale	4
3.2	Struttura della rete nazionale	5
3.3	Matrici, punti di prelievo, tipologia di misura, frequenze di campionamento e di misura della Rete Nazionale	5
3.3.1	Particolato atmosferico totale in sospensione (PTS)	6
3.3.2	Deposizione totale (umida e secca)	6
3.3.3	Radiazione esterna (rateo di equivalente di dose ambientale/rateo di dose gamma in aria)	7
3.3.4	Acque superficiali	7
3.3.5	Acqua potabile	8
3.3.6	Latte	8
3.3.7	Dieta mista	9
3.3.8	Alimenti per consumo animale (foraggi e mangimi)	10
3.4	Altre matrici rilevanti	12
3.4.1	Detrito Minerale Organico Sedimentabile (DMOS)	12
3.4.2	Sedimenti (marini, fluviali e lacustri)	12
3.4.3	Suolo	12
3.4.4	Miele	13
3.4.5	Molluschi	13
3.4.6	Funghi, bacche, selvaggina e pesci carnivori di lago	13
3.4.1	Muschi	13
3.5	Attività straordinarie	14
3.6	Banche dati della radioattività ambientale e flusso dei dati	14
4	RETI REGIONALI DI MONITORAGGIO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE	15
4.1	Obiettivi della Rete Regionale	15
4.2	Struttura della Rete Regionale	16
4.3	Matrici, punti di prelievo, tipologia di misura, frequenze di campionamento e di misura della Rete Regionale	16
4.3.1	Fanghi e acque reflue da impianti di depurazione civile	16
4.4	Banche dati regionali della radioattività ambientale e flusso dei dati	16
5	RISORSE NECESSARIE PER LA GESTIONE DELLA RETE DI CONTROLLO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE (LABORATORI, STRUMENTAZIONE E PERSONALE)	18
5.1	Attrezzature e materiali per i campionamenti	18
5.2	Laboratorio di spettrometria gamma, misure alfa-beta	18
5.2.1	Locali	19
5.2.2	Strumentazione fissa di laboratorio	19
5.2.3	Strumentazione portatile	19
5.2.4	Risorse umane	20
5.3	Laboratorio radiochimico	20
5.3.1	Locali	20
5.3.2	Strumentazione di laboratorio	20
5.3.3	Risorse umane	21
5.4	Laboratorio spettrometria di massa	21
5.4.1	Locali	21
5.4.2	Strumentazione di laboratorio	21
5.4.3	Risorse umane	21
6	ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE E DEI LAVORATORI AL RADON	22
6.1	Laboratorio radon	22
6.1.1	Locali	22
6.1.2	Strumentazione di laboratorio	22
6.1.3	Risorse umane	22
7	AFFIDABILITÀ DELLE RETI DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE	24

ACRONIMI

APAT – Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi tecnici (ora ISPRA)

APPA – Agenzie per la protezione dell’ambiente delle province autonome

ARPA, ARTA – Agenzie regionali per la protezione dell’ambiente

CE – Commissione Europea

CRI – Croce Rossa Italiana

DBRad – Data Base di radioattività ambientale

DSA – Direzione per la Salvaguardia Ambientale

EML – Environmental Measurements Laboratory

EN – Norme Europee

ENEA – Ente per le Nuove Tecnologie, l’Energia e l’Ambiente

EPA – Environmental Protection Agency

INMRI – Istituto di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti

IRSA – Istituto di Ricerca Sulle Acque

CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche

ISO – International Organization for Standardization

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

ISS – Istituto Superiore di Sanità

IZS – Istituto Zooprofilattico Sperimentale

MAR – Minime Attività Rivelabili

MATTM – Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

MIDRad – Modulo Interscambio Dati di Radioattività

NORM – Naturally Occurring Radioactive Materials

RADIA – Sistema di trasferimento e archiviazione dati di radioattività ambientale

RL – Reporting Level

REM DB – Radioactivity Environmental Monitoring Data Base della Commissione Europea presso il Joint Research Center di Ispra (VA)

RESORAD – REte nazionale di SORveglianza della RADioattività ambientale

SINA – Sistema Informativo Nazionale Ambientale

UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione

SSNTD’s – Rivelatori a stato solido di tracce nucleari

1 PREMESSA

L'articolo 104 del Decreto Legislativo 230/95 e s.m.i. attribuisce al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e al Ministero della Salute rispettivamente la responsabilità del controllo sulla radioattività ambientale e del controllo sugli alimenti e bevande per consumo umano e animale.

Il complesso dei controlli è articolato in reti di sorveglianza regionali e reti di sorveglianza nazionali. Le reti regionali sono gestite dalle Regioni ed affidate a strutture pubbliche idoneamente attrezzate, tipicamente le Agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente (ARPA/APPA). Alle reti regionali si affianca la rete nazionale denominata RESORAD, alla quale rete partecipano gli stessi soggetti ARPA/APPA ed altri enti, al fine di produrre il set di dati stabilito a livello nazionale anche sulla base del rispetto della normativa dell'Unione Europea. La gestione delle reti regionali effettuata dalle singole Regioni e il coordinamento tecnico delle reti nazionali effettuato da ISPRA è previsto che siano svolti secondo direttive impartite dai due Ministeri, le quali, però, non sono state ancora emanate ai sensi del citato Decreto Legislativo.

In questo contesto, il presente documento intende rappresentare un riferimento per l'organizzazione dei controlli radiometrici nell'ambito delle reti regionali e della rete nazionale RESORAD. Il documento è di natura prevalentemente tecnica e non vuole, né può, sostituirsi alle prerogative di indirizzo dei Ministeri e alle citate direttive. Alcuni elementi di gestione sono tuttavia inevitabilmente presenti nel testo e sono da intendersi come transitori fino all'emanazione delle direttive stesse.

Il documento non va interpretato come un elenco di prescrizioni alle quali ogni Regione, e in particolare l'ARPA (o APPA), deve necessariamente attenersi, ma come un insieme ragionato (una linea guida, appunto) di elementi da prendere in esame da parte delle varie istituzioni coinvolte nel monitoraggio della radioattività ambientale, ed in particolare da parte delle ARPA/APPA, per quanto riguarda la pianificazione di tali attività.

Le presenti linee guida saranno presumibilmente prese in esame nel processo elaborativo che porterà alla emanazione delle citate direttive dei Ministeri, direttive nelle quali dovrà essere affrontato anche il problema dell'adeguamento, ottimizzazione e mantenimento dell'intero sistema di controlli sulla radioattività.

Il presente documento si inserisce nell'ambito delle attività del Programma triennale 2010 - 2012 del Sistema Agenziale, presentato dal Comitato Tecnico Permanente al Consiglio Federale di Milano del 11 dicembre 2009. In particolare, per il 2010, è stato costituito, nell'ambito dell'area di attività "Monitoraggio e controlli ambientali", un gruppo di lavoro con l'obiettivo di elaborare una linea guida di carattere generale per definire i requisiti per le attività di monitoraggio della radioattività nell'ambiente e negli alimenti. Tale attività rappresenta un tema centrale del Sistema delle agenzie ed è quindi necessario armonizzare ed ottimizzare i criteri di definizione e gestione delle reti di monitoraggio, tenendo conto in particolare degli obblighi derivanti dalla normativa in materia.

Oggetto del documento è quindi la definizione dei criteri generali di pianificazione e attuazione delle reti di monitoraggio ai fini di soddisfare:

- le esigenze nazionali di conoscenza del livello di radioattività nell'ambiente e negli alimenti anche nel rispetto della legislazione comunitaria, inclusa l'archiviazione dei rilevamenti effettuati in una banca dati nazionale;
- le esigenze locali di approfondimento della conoscenza del livello di radioattività nell'ambiente e negli alimenti in funzione delle fonti di pressione sul territorio regionale;
- le esigenze di risposta alla domanda di informazione in occasione di eventi anomali.

Il documento tratta non solo i piani di controllo in termini di matrici, luoghi e frequenze di campionamenti e misure, ma anche i requisiti relativi alla qualità dei dati analitici prodotti e i requisiti di funzionamento delle strutture in termini di risorse umane e strumentali necessarie.

Il documento non prende in considerazione le attività di monitoraggio a supporto della gestione delle emergenze nucleari in quanto trattate da specifica legislazione, tuttavia nella definizione degli aspetti tecnici e scientifici considerati, si è tenuto conto della concomitante necessità di assolvere anche a tale compito da parte delle strutture interessate.

Una ulteriore importante fonte di esposizione alle radiazioni ionizzanti per la popolazione è costituita dalla presenza del radon e dei suoi prodotti di decadimento negli ambienti chiusi. In particolare per quanto riguarda i luoghi di lavoro il Decreto Legislativo 230/95 e s.m.i. affida alle regioni il compito di effettuare attività di monitoraggio sul territorio per l'individuazione delle aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon e delle attività lavorative con caratteristiche determinate che espongono al radon. Per questo aspetto saranno descritte le strutture necessarie al fine di poter effettuare il monitoraggio a livello regionale.

Il documento riflette l'attuale contesto normativo e tecnico. Revisioni e aggiornamenti sono soggetti e dipendenti dalla evoluzione normativa e tecnico-scientifica in materia. Al gruppo di lavoro hanno partecipato anche rappresentanti del Ministero della Salute, dell'ISS e degli Istituti Zooprofilattici Sperimentali.

2 CONTESTO NORMATIVO NAZIONALE E COMUNITARIO

Il controllo della radioattività ambientale in Italia è regolato dal Decreto Legislativo n. 230 del 1995 e successive modifiche ed integrazioni. Il decreto recepisce le direttive 89/628/Euratom, 90/641/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti, fermo restando il rispetto del Trattato Euratom che stabilisce che ogni stato deve provvedere agli impianti necessari per effettuare il controllo del grado di radioattività dell'atmosfera, delle acque e del suolo e deve comunicare alla Commissione Europea (CE) i risultati ottenuti.

In base all'art. 104 del D.Lgs. 230/95 il controllo sulla radioattività ambientale è esercitato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; il controllo sugli alimenti e bevande per consumo umano e animale è esercitato dal Ministero della Salute. Il complesso dei controlli è articolato in reti di sorveglianza regionali e reti di sorveglianza nazionali.

La gestione delle reti regionali è effettuata dalle singole Regioni le quali debbono avvalersi, anche attraverso forme consortili tra le regioni stesse, di strutture pubbliche idoneamente attrezzate.

Le reti nazionali si avvalgono dei rilevamenti e delle misure effettuati da istituti, enti e organismi idoneamente attrezzati.

All'ISPRA sono affidate le funzioni di coordinamento tecnico al fine di assicurare l'omogeneità dei criteri di rilevamento e delle modalità dei prelievi e delle misure, relativi alle reti nazionali.

Nello stesso art. 104 del D.Lgs. 230/95 sono affidate all'ISPRA i compiti di diffusione dei dati rilevati dalle reti nazionali e la trasmissione dei dati alla CE in ottemperanza al Trattato EURATOM. Attualmente è operativa la REte di SORveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD) costituita dalle 21 Agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente e da altri enti che concorrono al complesso delle misure. Dal 2004 i dati sono raccolti nella banca dati DBRad dalla quale sono estratti i dati inviati alla CE.

Al fine di dare indirizzi sui requisiti delle reti di monitoraggio la Commissione ha emanato la Raccomandazione 2000/473/Euratom sull'applicazione dell'articolo 36 del Trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione, nella quale sono riportate le indicazioni generali sull'architettura delle reti, sulle matrici da sottoporre ad analisi e sui campionamenti.

La stessa Raccomandazione richiama i contenuti della Direttiva della Commissione Europea 98/83, recepita dal Decreto Legislativo n. 31 del 2001, per quanto riguarda il controllo della radioattività nelle acque potabili.

Un'ulteriore raccomandazione da tenere in considerazione è la 2003/274/CE del 14/04/2003 sulla protezione e l'informazione del pubblico per quanto riguarda l'esposizione risultante dalla continua contaminazione radioattiva di taluni prodotti di raccolta spontanei, a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl.

In relazione alle attività di supporto alle emergenze nucleari da parte delle strutture regionali destinatarie del presente documento è utile citare ulteriori reti di monitoraggio operanti sul territorio nazionale:

- la rete REMRAD, gestita dall'ISPRA, con compiti di pronto allarme, è costituita da sette stazioni, automatiche, scelte in base alla loro importanza geografica al fine di controllare le probabili vie d'ingresso nel territorio italiano della contaminazione radioattiva, che dovesse originarsi a seguito di gravi incidenti presso installazioni nucleari straniere. Il sistema è in grado di analizzare il particolato atmosferico raccolto su filtro.
- la rete GAMMA, gestita dall'ISPRA, è composta di stazioni di rilevamento della dose gamma in aria in tempo reale, distribuite nel territorio italiano al fine di rilevare anomalie dovute alla diffusione di radioattività artificiale sul territorio nazionale e permettere di stimare l'estensione geografica delle aree coinvolte. A tale rete vanno aggiunte ulteriori stazioni di misura gestite dalle ARPA/APPA alcune delle quali integrate nella rete GAMMA.

Per completezza di informazione deve essere citata, infine, la rete di rilevamento della dose gamma in aria del Ministero degli Interni con scopi di difesa civile.

Per quanto riguarda l'esposizione al radon negli ambienti di lavoro la legislazione di riferimento è il D.Lgs. 230/95 e s.m.i.; per il radon nelle abitazioni si può far riferimento al WHO "Handbook on Indoor Radon: a Public Health Perspective"¹, e la recente proposta della CE per la prossima Direttiva sui "Basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation"² in attesa dell'emanazione di tale direttiva e del suo recepimento nella normativa italiana. Infine, per l'esposizione della popolazione al radon nelle acque si può far riferimento alla Raccomandazione 928/01/Euratom "On the protection of the public against exposure to radon in drinking water supplies" e alla recente proposta della CE per una Direttiva sui "Requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in

¹ 2009, http://www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en/index1.html)

² 2011, http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/radiation_protection_en.htm)

*water intended for human consumption*³ in attesa dell'emanazione di tale Direttiva e del suo recepimento nella normativa italiana.

³ 2011, http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/radiation_protection_en.htm).

3 RETE NAZIONALE DI MONITORAGGIO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE (RESORAD)

La rete nazionale di sorveglianza della radioattività nell'ambiente e negli alimenti (RESORAD) discende dalle esigenze di monitoraggio della radioattività nell'ambiente e negli alimenti a seguito dell'adesione dell'Italia al Trattato Euratom del 1957 e dalla necessità di potenziare il sistema dei controlli evidenziata a fronte dell'incidente di Chernobyl (1986) a seguito del quale furono istituiti 21 Centri Regionali di Riferimento per la Radioattività ambientale (CRR).

I piani di monitoraggio, in termini di frequenza, distribuzione dei campionamenti e tipologie delle matrici, furono indicati nelle direttive del Ministero della Salute emanate con la Circolare n.2 del 3 febbraio 1987. Successivamente, tali piani di monitoraggio sono stati aggiornati tenendo in considerazione anche i seguenti documenti tecnici:

- Raccolta dei risultati dell'attività dei gruppi di lavoro delle reti nazionali – ANPA maggio 1995;
- Guida tecnica sulle misure di radioattività ambientale, RTI CTN_AGF 2/2002 – AGF-T-GTE-00-02;
- Guida tecnica sulle misure di radioattività ambientale: H-3, α e β totale in acque potabili, α e β emettitori artificiali e naturali in matrici ambientali, AGF-T-GTE-04-01.

L'entrata in vigore della Legge n. 61 del 21 gennaio 1994 che istituì l'ANPA (poi divenuta APAT e ora ISPRA) e delle leggi regionali istitutive delle rispettive Agenzie regionali e delle province autonome di Trento e Bolzano per la protezione dell'ambiente, ha trasferito le competenze affidate ai CRR (e le relative attrezzature) alle rispettive agenzie.

La rete RESORAD è attualmente costituita dall'insieme delle Agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente che a loro volta sono soggetti attuatori delle rispettive reti regionali di sorveglianza della radioattività ambientale e da alcuni istituti ed enti che storicamente contribuiscono al complesso delle misure. I dati raccolti sono un sottoinsieme dei dati prodotti a livello regionale da ogni singola ARPA/APPA. All'ISPRA è affidato il coordinamento tecnico relativamente alla promozione di criteri di normalizzazione e di intercalibrazione, al coordinamento delle misure, alla promozione di stazioni di prelievo di campioni, nonché alla trasmissione dei dati rilevati alla CE.

Gli stessi soggetti sono, inoltre, chiamati, sulla base del DPCM 19 marzo 2010 "Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche", a fornire i dati sui rilevamenti effettuati al Centro Elaborazione e Valutazione Dati (CEVaD) dell'ISPRA a supporto del Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri per la gestione delle emergenze.

3.1 Obiettivi della rete nazionale

Fermo restando i compiti assegnati alle autorità competenti sul controllo ispettivo degli impianti, i principali obiettivi che giustificano la presenza di una rete per il controllo della radioattività nell'ambiente e negli alimenti sono:

- valutare la dose alla popolazione, o a particolari gruppi della popolazione, esposta a radiazioni ionizzanti dovuta alla presenza di materiali radioattivi o a campi di radiazioni nell'ambiente a seguito di attività che producano tali condizioni, di eventi incidentali e alla radioattività naturale;
- verificare il rispetto dei limiti o livelli di riferimento della vigente normativa;
- segnalare tempestivamente situazioni di possibile o probabile impatto sull'ambiente e sulla popolazione.

Per raggiungere tali obiettivi il monitoraggio ambientale deve consentire di:

- seguire l'andamento spazio-temporale delle concentrazioni dei radioelementi di origine antropica nelle matrici dei diversi comparti ambientali e alimentari sull'intero territorio nazionale, allo scopo di valutare lo stato dell'ambiente e degli alimenti a livello regionale e nazionale;
- fornire un set di dati radiometrici rappresentativo per la valutazione della dose ricevuta dalla popolazione italiana a seguito dell'esposizione alle radiazioni derivanti dai radionuclidi presenti nell'ambiente e negli alimenti, anche a seguito di eventi incidentali;
- rilevare fenomeni di accumulo dei radionuclidi a lunga vita media nei principali comparti ambientali e alimentari;
- individuare prontamente anomalie derivanti da eventi, verificatisi anche al di fuori del territorio nazionale, che comportino contaminazione, fungendo da mezzo di allarme e da strumento per la valutazione tempestiva e post-incidentale a supporto delle decisioni;
- integrarsi con le reti di allarme gestite a livello centrale da ISPRA o da altre istituzioni;
- mettere a punto e sostenere un sistema capace di rispondere ad eventuali possibili situazioni di emergenza sul territorio regionale o nazionale.

A quanto sopra deve essere aggiunto il compito di informare periodicamente la popolazione e le istituzioni nazionali e comunitarie preposte sull'attività svolta promuovendo la diffusione dei risultati.

3.2 Struttura della rete nazionale

La Raccomandazione Europea 2000/473/Euratom fornisce le indicazioni per implementare una rete a livello nazionale. Per ogni stato membro sono definite una o più aree denominate "regioni" che per ovvi motivi di sovrapposizione dei termini saranno nel seguito nominate "aree macroregionali".

Per l'Italia, le aree macroregionali e le rispettive regioni che le costituiscono sono le seguenti:

- Nord: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Province autonome di Trento e Bolzano, Liguria ed Emilia-Romagna;
- Centro: Toscana, Marche, Umbria, Abruzzo, Molise, Lazio e Sardegna;
- Sud: Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia.

A livello nazionale sono definite due diverse tipologie di reti:

"Rete fitta di monitoraggio": una rete di monitoraggio che comprenda punti di campionamento e frequenze di campionamento e misure tali da consentire una valutazione rappresentativa di ogni singola area macroregionale. Tuttavia si raccomanda che la scelta del numero e della localizzazione dei punti di campionamento sia rappresentativa anche dell'area di competenza delle singole regioni. Ove non diversamente specificato per questa tipologia di rete è prevista una frequenza di campionamento trimestrale.

"Rete diradata di monitoraggio": una rete di monitoraggio che comprenda, per ciascuna area macroregionale e per ogni matrice indicata, almeno un punto di campionamento rappresentativo dell'intera area macroregionale nel quale effettuare misurazioni ad alta sensibilità tali da fornire, ove possibile, l'andamento dei livelli di radioattività. La determinazione del numero e della localizzazione dei punti di prelievo dovrà essere concordata tra tutte le Regioni che fanno parte dell'area macroregionale interessata e l'ISPRA. Generalmente il punto o i punti di campionamento della rete diradata sono un sottoinsieme dei punti di campionamento delle reti fitta. Ove non diversamente specificato per questa tipologia di rete è previsto un campionamento mensile.

Inoltre, dove non diversamente indicato, sono previsti almeno un punto di campionamento/misura per ogni regione per la rete fitta e almeno un punto di campionamento/misura per ogni area macroregionale per la rete diradata.

Per svolgere le misurazioni previste devono essere attrezzati idonei laboratori, distribuiti sul territorio delle varie aree macroregionali. In base alle attività da svolgere possono essere individuate diverse tipologie di laboratori e le relative distribuzioni territoriali:

- laboratori di spettrometria gamma e misure alfa-beta: almeno uno per ogni regione;
- laboratori di radiochimica: almeno due per l'area nord, almeno uno per ognuna delle aree centro e sud;
- laboratori di spettrometria di massa: almeno uno per ogni area macroregionale.

Il sistema di monitoraggio deve, inoltre, prevedere la possibilità di effettuare misurazioni e indagini in campo con adeguate strumentazioni. Le strutture così definite assolvono anche ai compiti derivanti dalle esigenze di monitoraggio in caso di emergenze o di eventi anomali.

3.3 Matrici, punti di prelievo, tipologia di misura, frequenze di campionamento e di misura della Rete Nazionale

Sono di seguito indicate le matrici (ambientali e alimentari) che devono essere analizzate nell'ambito del monitoraggio della radioattività ambientale. Sono comprese tutte le matrici indicate nella Raccomandazione 2000/473/Euratom della CE, la deposizione al suolo e i principali alimenti destinati al consumo animale. Per ogni matrice sono riportati una generica descrizione della matrice stessa e la sua significatività, i criteri di scelta dei punti di prelievo, le frequenze di campionamento e di misura, i principali radionuclidi che devono essere determinati, con l'indicazione delle relative Minime Attività Rivelabili (MAR).

Le informazioni tengono conto principalmente delle indicazioni riportate nella Raccomandazione 2000/473/Euratom della CE. Tali informazioni, ove necessario, sono riportate separatamente per la rete fitta e per la rete diradata. I valori delle MAR indicati sono stati definiti tenendo conto delle attuali prestazioni tecniche strumentali e comunque in modo da garantire il confronto con i valori di riferimento indicati dalle normative e raccomandazioni internazionali, con particolare riguardo ai valori notificabili (Reporting Level – RL) definiti

nella citata Raccomandazione della CE. I valori delle MAR sono espressi a livello di ordini di grandezza decimali salvo ove diversamente specificato e sono da intendersi come indicativi, restando comunque ferma la necessità che la sensibilità analitica sia pari almeno ai livelli notificabili stabiliti dall'Unione Europea sempre nella Raccomandazione 2000/473/Euratom.

Le indicazioni e i valori riportati potranno essere modificati in ragione di particolari esigenze locali o aggiornati in relazione alle evoluzioni tecnico-scientifiche.

3.3.1 Particolato atmosferico totale in sospensione (PTS)

La misura del particolato atmosferico totale in sospensione è finalizzata al monitoraggio ed alla pronta individuazione della radioattività associata alla componente corpuscolare dispersa in aria. Essa fornisce indicazioni sulle contaminazioni legate alla presenza in aria di radionuclidi dovuta alla ricaduta dagli strati più alti dell'atmosfera e alla risospensione in aria del suolo contaminato. La sua determinazione contribuisce alla stima della dose efficace alla popolazione per inalazione ed irraggiamento.

Scelta dei punti di prelievo: il campionamento del particolato atmosferico deve essere eseguito in zone densamente popolate, con scarso traffico veicolare, con il punto di prelievo posizionato ad un'altezza non inferiore ai due metri dal suolo, in ampi spazi privi di barriere schermanti.

Rete fitta

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori;

Frequenza di campionamento: in continuo con prelievo mensile;

Frequenza di misura: mensile;

MAR:

Cs-137: 10^{-4} Bq m⁻³ (sul campione composito mensile).

Tipologia di misura: attività beta totale;

Relativamente a tale misura si sottolinea che non è strettamente necessario che sia effettuata in tutte le regioni. Dovranno essere individuati, sentite le disponibilità delle rispettive ARPA/APPa i punti di prelievo.

Frequenza di campionamento: in continuo con prelievo giornaliero;

Frequenza di misura: giornaliero;

MAR:

attività beta totale: 10^{-4} Bq m⁻³.

Rete diradata

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori;

Frequenza di campionamento: in continuo con prelievo giornaliero/mensile;

Frequenza di misura: mensile (valutazione dell'andamento)/giornaliera (come sistema di allarme);

MAR:

Cs-137: 10^{-4} Bq m⁻³ (sul campione giornaliero);

Cs-137: 10^{-6} Bq m⁻³ (sul campione composito mensile).

In almeno un punto per ogni area macroregionale deve essere prevista la misura I-131 gassoso in atmosfera con frequenza di prelievo almeno settimanale e con una MAR (per misure settimanali) pari a circa 10^{-4} Bqm⁻³.

Inoltre, sempre in almeno un punto per ogni area macroregionale, deve essere prevista la misura alfa totale con frequenza giornaliera e una MAR (per misure giornaliere) pari a circa 10^{-4} Bqm⁻³.

3.3.2 Deposizione totale (umida e secca)

La misura della deposizione totale è finalizzata al monitoraggio della frazione radioattiva di particolato che si deposita al suolo. La valutazione delle singole componenti, umide e secche, permette di discriminare l'entità veicolata da precipitazioni atmosferiche da quella depositata per ricaduta secca.

La sua determinazione pur se non prevista nella raccomandazione 2000/473/Euratom della CE, contribuisce alla valutazione di rilasci accidentali in ambiente e alla conoscenza del trasferimento della radioattività depositata ai vari comparti ambientali, come pure alla valutazione della dose efficace alla popolazione per inalazione e irraggiamento.

Scelta dei punti di prelievo: il campionamento della deposizione totale deve essere eseguito in zone densamente popolate, con scarso traffico veicolare, ad un'altezza non inferiore ai due metri dal suolo, in ampi spazi privi di barriere schermanti, possibilmente in prossimità dei campionatori di particolato atmosferico.

Rete fitta

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori;

Frequenza di campionamento: in continuo con prelievo mensile;

Frequenza di misura: mensile;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq m⁻².

Rete diradata

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori, Sr-90, isotopi del plutonio;

Frequenza di campionamento: in continuo con prelievo mensile;

Frequenza di misura: mensile (Cs-137), semestrale (Sr-90 e isotopi del plutonio);

MAR:

Cs-137 (deposizione mensile): 10^{-1} Bq m⁻²;

Sr-90 (sul campione composito semestrale): 10^{-2} Bq m⁻²;

Isotopi del plutonio (sul campione composito semestrale): 10^{-3} Bq m⁻².

3.3.3 Radiazione esterna (rateo di equivalente di dose ambientale/rateo di dose gamma in aria)

La misura della dose gamma in aria è finalizzata al monitoraggio del valore di fondo ambientale di un determinato sito e consente la rapida individuazione di incrementi di livelli di radioattività in aria conseguenti a rilasci di sostanze radioattive.

La sua determinazione permette la valutazione della dose efficace alla popolazione per irraggiamento diretto da nube e suolo.

Il numero dei punti di misura deve tener conto della presenza sul territorio delle stazioni di misura della rete GAMMA dell'ISPRA, in un'ottica di integrazione e di ottimizzazione della copertura territoriale e di rappresentatività rispetto alla popolazione.

Scelta dei punti di prelievo: i sistemi di misura fissi sono posizionati in luoghi aperti privi di barriere schermanti, possibilmente in prossimità dei campionatori di particolato atmosferico e delle deposizioni. Per tale matrice non è prevista una distinzione tra rete fitta e rete diradata.

Tipologia di misura: rateo di equivalente di dose ambientale/rateo di dose gamma in aria;

Frequenza di campionamento: in continuo;

Frequenza di misura: in continuo con restituzione dati medi mensili;

Sensibilità strumentale:

10^{-8} Sv h⁻¹ rateo di equivalente di dose ambientale;

10^{-8} Gy h⁻¹ rateo di dose gamma in aria.

3.3.4 Acque superficiali

La misura della radioattività nelle acque superficiali (acque dolci e acque marine) è finalizzata al monitoraggio del contenuto di radioattività dei corpi idrici e alla valutazione dell'entità dell'eventuale contaminazione trasferibile da questi alle componenti animali, vegetali e ai sedimenti.

La sua determinazione contribuisce alla valutazione della dose efficace alla popolazione per ingestione.

Scelta dei punti di prelievo: per questa matrice, relativamente alla rete fitta, i punti di prelievo non saranno necessariamente almeno uno per ogni regione, ma saranno stabiliti in merito alla loro significatività a livello nazionale. Per le acque dolci il campionamento deve essere effettuato, quindi, sui principali corsi d'acqua e laghi definiti a livello nazionale, nei punti a valle degli scarichi a rischio di immissione radioattiva, valutando, se possibile, anche la portata del fiume al momento del campionamento. Per le acque di mare, sempre selezionati a livello nazionale, i controlli devono essere effettuati preferibilmente in prossimità di punti di immissione di fognature o di corsi d'acqua che raccolgono i liquami di grossi agglomerati urbani.

È opportuno prevedere anche punti di campionamento che non siano influenzati, per quanto possibile, da fonti locali di pressione e che costituiscano il riferimento per lo stato dell'ambiente in situazioni precedenti a eventi anomali o emergenze.

Rete fitta

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori, attività beta residua;

Frequenza di campionamento: trimestrale per le acque dolci, semestrale per le acque marine;

Frequenza di misura: trimestrale per le acque dolci, semestrale per le acque marine;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq l⁻¹;

Attività beta residua: 10^{-1} Bq l⁻¹ (ovvero attività beta totale scorporata del contributo del K-40).

Rete diradata

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori attività beta residua;

Frequenza di campionamento: mensile;

Frequenza di misura: mensile;

MAR:

Cs-137: 10^{-4} Bq l⁻¹;

Attività beta residua: 10^{-1} Bq l⁻¹.

Si prevede di effettuare misure di Sr-90 e isotopi del plutonio con cadenza periodica pluriennale allo scopo di mantenere sotto controllo i livelli di fondo ambientale.

3.3.5 Acqua potabile

La misura della radioattività nelle acque potabili è finalizzata alla valutazione della dose efficace da ingestione di radionuclidi alla popolazione. È necessario effettuare una campagna regionale conoscitiva sul complesso della rete idrica, finalizzata ad evidenziare eventuali criticità; devono comunque essere individuati punti fissi sui quali effettuare monitoraggi periodici secondo criteri di seguito specificati.

Scelta dei punti di prelievo: il campionamento deve essere effettuato presso i principali acquedotti della regione tenendo conto del volume di acqua potabile prodotta, distribuita o consumata.

Rete fitta

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori, H-3, Sr-90 e radionuclidi naturali;

Frequenza di campionamento: semestrale; per eventuali acquedotti minori può essere superiore a sei mesi;

Frequenza di misura: semestrale; per eventuali acquedotti minori può essere superiore a sei mesi;

MAR:

Cs-137: 10^{-2} Bq l⁻¹;

Sr-90: 10^{-2} Bq l⁻¹;

H-3: 10 Bq l⁻¹;

Beta totale⁴: 10^{-1} Bq l⁻¹;

Alfa totale⁵: 10^{-2} Bq l⁻¹.

Rete diradata

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori, H-3, Sr-90 e radionuclidi naturali;

Frequenza di campionamento: mensile;

Frequenza di misura: mensile;

MAR:

Cs-137⁶: 10^{-2} Bq l⁻¹;

Sr-90⁷: 10^{-2} Bq l⁻¹;

H-3: 10 Bq l⁻¹;

Beta totale: 10^{-1} Bq l⁻¹;

Alfa totale: 10^{-2} Bq l⁻¹.

Relativamente al H-3, il monitoraggio è necessario qualora sia presente sul territorio una sorgente di H-3 e non sia dimostrabile, sulla base di specifiche indagini, che la sua concentrazione sia ben al di sotto di 100 Bq l⁻¹.

3.3.6 Latte

La misura della radioattività nel latte è finalizzata alla rapida individuazione di contaminazione, in quanto via diretta di trasferimento all'uomo di radionuclidi, ed alla valutazione della dose efficace alla popolazione da ingestione nel suo insieme e in particolare a determinati gruppi di riferimento (lattanti-bambini). Tale matrice ha anche una valenza come indicatore ambientale.

⁴ Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption: 0,4 Bq l⁻¹;

⁵ Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption: 0,04 Bq l⁻¹;

⁶ Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption: 0,5 Bq l⁻¹;

⁷ Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption: 0,4 Bq l⁻¹;

Scelta dei punti di prelievo: il campionamento deve essere effettuato presso i principali impianti regionali di produzione o di raccolta o di distribuzione.

Rete fitta

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori, Sr-90;

Frequenza di campionamento: mensile;

Frequenza di misura: mensile gamma emettitori, trimestrale Sr-90;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq l⁻¹;

Sr-90: 10^{-1} Bq l⁻¹ (sul campione composito trimestrale).

Rete diradata

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori, Sr-90;

Frequenza di campionamento: mensile;

Frequenza di misura: mensile;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq l⁻¹;

Sr-90: 10^{-2} Bq l⁻¹.

3.3.7 Dieta mista

La misura della radioattività nella dieta ha lo scopo di consentire la determinazione della quantità di radionuclidi introdotti con l'alimentazione e quindi valutare la dose efficace da ingestione per la popolazione nel suo insieme. La composizione della dieta italiana, sia come media nazionale sia per macroregione, è riportata nella seguente tabella⁸:

MATRICE	Composizione della dieta italiana (g/giorno)			
	Media nazionale	Nord	Centro	Sud
Latte	119	116	124	122
Carni bovine	43	46	49	35
Carni suine	40	38	41	44
Pollame	21	19	25	21
Pesce	45	39	42	54
Cereali e derivati	258	264	277	245
Derivati del latte	79	86	78	70
Vegetali a foglia	43	47	49	36
Vegetali non a foglia	230	234	252	216
Frutta	208	216	224	190
Olio e grassi	40	41	42	40
Carni ovine	5	6	5	6
Uova	21	20	20	22
Acqua e bevande non alcoliche	836	956	860	676
Vino e bevande alcoliche	91	109	92	69

Tutti gli alimenti sopra riportati sono da sottoporre a monitoraggio secondo le modalità di seguito descritte, con la sola esclusione dell'acqua (che è già stata considerata nel paragrafo 3.3.5) e di olio, carni ovine, uova e vino il cui contributo alla dose può essere ritenuto in prima istanza trascurabile, ma che saranno oggetto di campagne di approfondimento *ad hoc* pianificate su base periodica. In alternativa, limitatamente allo Sr-90 è possibile effettuare il controllo periodico di campioni di pasto completo, inteso come il pasto che si consuma in una mensa (scolastica o aziendale). Le componenti della dieta e il loro campionamento (distribuzione territoriale e frequenza) saranno soggette a periodiche verifiche, in particolare per quanto riguarda gli alimenti per infanti e bambini.

⁸ Dati elaborati sulla base di informazioni cortesemente fornite da INRAN

Scelta dei punti di prelievo: il campionamento dei singoli componenti della dieta deve essere effettuato presso mercati o centri di produzione o di distribuzione che forniscono derrate alimentari a grandi gruppi di popolazione; il campionamento del pasto completo deve essere effettuato presso mense aziendali o scolastiche. I punti di prelievo della rete diradata rappresentano un sottoinsieme dei punti di prelievo della rete fitta. Tali punti dovranno essere individuati sentite le disponibilità delle rispettive ARPA/APPA.

Rete fitta

Tipologia di misura:

singoli componenti della dieta: radionuclidi gamma emettitori;

campioni di pasto completo: radionuclidi gamma emettitori e Sr-90. Per lo Sr-90 i punti di prelievo saranno un sottoinsieme di quelli individuati per i radionuclidi gamma emettitori per ogni area macroregionale, selezionati a livello nazionale.

Frequenza di campionamento per i singoli componenti della dieta: trimestrale;

Frequenza di campionamento per il pasto completo: mensile per la costituzione del campione composto trimestrale;

Frequenza di misura: trimestrale;

MAR:

per i singoli componenti della dieta:

Cs-137: 10^{-1} Bq kg⁻¹;

per il pasto completo:

Cs-137: 10^{-2} Bq kg⁻¹ (che corrisponde indicativamente a 0.02 Bq d⁻¹ p⁻¹);

Sr-90: 10^{-2} Bq kg⁻¹ (che corrisponde indicativamente a 0.02 Bq d⁻¹ p⁻¹).

Rete diradata

Tipologia di misura:

singoli componenti della dieta: radionuclidi gamma emettitori;

campioni di pasto completo: radionuclidi gamma emettitori e Sr-90;

Frequenza di campionamento per i singoli componenti della dieta: mensile;

Frequenza di campionamento per il pasto completo: quindicinale per la costituzione del campione composto trimestrale;

Frequenza di misura per i singoli componenti della dieta: mensile;

Frequenza di misura per il pasto completo: trimestrale;

MAR:

per i singoli componenti della dieta:

Cs-137: 10^{-1} Bq kg⁻¹;

per il pasto completo:

Cs-137: 10^{-2} Bq kg⁻¹ (che corrisponde indicativamente a 0.02 Bq d⁻¹ p⁻¹);

Sr-90: 10^{-2} Bq kg⁻¹ (che corrisponde indicativamente a 0.02 Bq d⁻¹ p⁻¹).

In aggiunta al piano sopra definito saranno pianificate annualmente, a livello nazionale, campagne di approfondimento sui singoli componenti della dieta o su altre derrate alimentari considerate di interesse (in particolare per quanto riguarda lo Sr-90 e i radionuclidi di origine naturale).

3.3.8 Alimenti per consumo animale (foraggi e mangimi)

La misura della radioattività in tale matrice, pur se non prevista nella Raccomandazione 2000/473/Euratom della CE, è indicata in quanto il foraggio fa parte della catena alimentare e rappresenta una via di trasferimento della radioattività dall'ambiente all'uomo contribuendo alla conoscenza e alla valutazione della dose efficace alla popolazione.

Per tale matrice non è prevista la distinzione tra rete fitta e rete diradata.

Scelta dei punti di prelievo: il campionamento va effettuato presso i principali produttori o distributori locali;

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori e Sr-90;

Frequenza di campionamento: gamma emettitori: annuale per il foraggio, trimestrale per i mangimi; Sr-90: annuale;

Frequenza di misura: gamma emettitori: annuale (foraggio) e trimestrale (mangimi); Sr-90: annuale;

MAR:

Cs-137: 1 Bq kg⁻¹;

Sr-90: 10^{-1} Bq kg⁻¹.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa nella quale sono elencate le principali matrici di interesse con le indicazioni delle frequenze di campionamento e di misura per la rete fitta e la rete diradata.

Tabella riepilogativa delle frequenze di campionamento e di misura delle principali matrici per la rete fitta e la rete diradata

Matrice	Rete fitta			Rete diradata		
	Radionuclidi/ tipologia misura	Frequenza di campionamento	Frequenza di misura	Radionuclidi/ tipologia misura	Frequenza di campionamento	Frequenza di misura
Particolato atmosferico	Cs-137, beta totale	Giornaliero	Mensile	Cs 137, Be-7	Giornaliero	Giornaliero (allarme) Mensile (andamento)
Deposizione umida e secca	Cs-137	Mensile	Mensile	Cs-137, Sr-90	Mensile	Mensile (Cs-137) Semestrale (Sr-90)
Aria	Dose gamma assorbita	In continuo	In continuo (restituzione dati mensile)	Dose gamma assorbita	In continuo	In continuo (restituzione dati mensile)
Acque superficiali	Cs-137, beta residuo	Trimestrale (acque dolci) Semestrale (acque marine)	Trimestrale (acque dolci) Semestrale (acque marine)	Cs-137, beta residuo	Mensile	Mensile
Acque potabili	H-3, Cs-137, Sr-90, naturali (alfa totale – beta totale)	Semestrale (grandi acquedotti) >6 mesi (piccoli acquedotti)	Semestrale (grandi acquedotti) >6 mesi (piccoli acquedotti)	H-3, Cs-137, Sr-90, naturali (alfa totale – beta totale)	Mensile (grandi acquedotti)	Mensile (grandi acquedotti)
Latte	Cs-137, Sr-90	Mensile	Mensile (Cs-137) Trimestrale (Sr-90)	Cs-137, Sr-90, K-40	Mensile	Mensile
Dieta mista (singoli alimenti)	Cs-137	Trimestrale	Trimestrale	Cs-137	Mensile	Mensile
Dieta mista (pasto completo)	Cs-137, Sr-90	Mensile/Trimestrale	Trimestrale	Cs-137, Sr-90	15gg/Trimestrale	Trimestrale
Alimenti per consumo animale	Cs-137, Sr-90	Foraggio: Annuale Mangimi: trimestrale (Cs-137) Annuale (Sr-90)	Foraggio: Annuale Mangimi: trimestrale (Cs-137) Annuale (Sr-90)	-	-	-

3.4 Altre matrici rilevanti

In questo capitolo sono riportate le indicazioni relative ad ulteriori matrici ambientali ed alimentari che pur non rientrando nel programma di misure della RESORAD, in determinati casi, si ritiene contribuiscano alla conoscenza dello stato dell'ambiente dal punto di vista radiometrico.

Le matrici alimentari di seguito riportate, pur non essendo particolarmente significative per la dieta umana, sono importanti perché forniscono un'utile indicazione sulla diffusione della radioattività ambientale a causa delle loro capacità di accumulare i radionuclidi. Alcune di queste matrici, indicate nella Raccomandazione 2003/274/Euratom del 14 aprile 2003, presentano ancora, in talune regioni dell'Unione Europea, elevati livelli di Cs-137, per cui risulta necessario provvedere ad un loro controllo al fine di tutelare la salute dei consumatori.

Per queste matrici non vi è la distinzione tra la rete fitta e la rete diradata e non sono previsti valori di livelli notificabili.

3.4.1 Detrito Minerale Organico Sedimentabile (DMOS)

La misura di questa matrice, costituita da materiale trasportato in sospensione dalla corrente dei fiumi, contribuisce a fornire informazioni sulla presenza di radioattività dei principali fiumi italiani.

Scelta dei punti di prelievo: i punti di campionamento devono essere localizzati nell'alveo principale del fiume, possibilmente in corrispondenza delle massicciate;

Frequenza campionamento: semestrale;

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori e Sr-90;

Frequenza di misura: semestrale;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq kg⁻¹ (peso secco);

Sr-90: 1 Bq kg⁻¹ (peso secco);

Pu-238 e Pu (239+240): 10^{-3} Bq kg⁻¹ (peso secco).

3.4.2 Sedimenti (marini, fluviali e lacustri)

La misura di questa matrice fornisce un'indicazione dell'accumulo a lungo termine dei radionuclidi presenti nelle acque marine, fluviali e lacustri. E' possibile rilevare da questa matrice la presenza di contaminanti non rilevabile dal controllo delle acque.

Scelta dei punti di prelievo: per i sedimenti lacustri vanno scelti almeno due punti lontano da eventuali emissari o immissari e ad una distanza dalla riva tale da evitarne l'influenza. I sedimenti marini e fluviali vanno prelevati nei punti di minore turbolenza e velocità delle acque, possibilmente in corrispondenza dei punti di prelievo delle acque. Le stazioni vanno selezionate in modo da permettere il prelievo nello stesso punto del maggior numero possibile di matrici al fine di seguire l'evoluzione temporale dei livelli di radioattività in diversi comparti di un unico microambiente.

Frequenza campionamento: semestrale;

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori, Sr-90, isotopi del plutonio (su un solo punto di prelievo);

Frequenza di misura: semestrale;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq kg⁻¹ (peso secco);

Sr-90: 1 Bq kg⁻¹ (peso secco);

Pu-238 e Pu (239+240): 10^{-3} Bq kg⁻¹ (peso secco).

3.4.3 Suolo

La misura di questa matrice è utile sia per determinare la contaminazione del suolo a seguito di un rilascio accidentale sia per indagini radioecologiche, in particolare per valutare l'entità e le modalità di migrazione dei radionuclidi lungo gli orizzonti pedologici, per valutare la rimozione nel tempo dei radionuclidi stessi, per valutare il trasferimento dei radionuclidi dal suolo ai vegetali, etc.. Le misure possono essere effettuate sulla base di specifici programmi di monitoraggio definiti a livello nazionale o regionale.

Scelta dei punti di prelievo: il sito di campionamento deve essere possibilmente individuato al centro di un'area pianeggiante aperta. Devono essere escluse zone ai piedi di un dislivello del suolo o dove possano scorrere o ristagnare acque, nonché zone che siano in qualche modo particolari e quindi non rappresentative del territorio in esame. I siti devono essere lontani da alberi o edifici che possano fare da schermo durante le precipitazioni e i temporali e distanti almeno 100 m da strade con molto traffico. Qualora si supponga che il materiale depositato rimanga a lungo sul luogo, il sito dovrebbe essere scelto in un'area coperta da vegetazione di tipo erboso e con

una buona permeabilità per limitare il più possibile la rimozione del radionuclide per dilavamento o erosione da parte di agenti atmosferici.

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori, Sr-90, isotopi del plutonio (su uno solo dei punti di prelievo);

Frequenza campionamento: annuale;

Frequenza di misura: annuale;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq kg⁻¹ (peso secco);

Sr-90: 1 Bq kg⁻¹ (peso secco);

Pu-238 e Pu (239+240): 10^{-3} Bq kg⁻¹ (peso secco).

3.4.4 Miele

La misura della radioattività in tale matrice è finalizzata al monitoraggio di ampi ecosistemi naturali con presenza di allevamenti di apicoltura.

Scelta dei punti di prelievo: il campionamento va effettuato presso i principali produttori locali;

Frequenza campionamento: annuale;

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori;

Frequenza di misura: annuale;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq kg⁻¹ (peso fresco).

3.4.5 Molluschi

La misura della radioattività in tali organismi è finalizzata al monitoraggio di particolari ecosistemi marini, in virtù della capacità di tali organismi di filtrare grossi volumi d'acqua.

Scelta dei punti di prelievo: il campionamento va effettuato presso i principali allevatori locali;

Frequenza campionamento: semestrale;

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori;

Frequenza di misura: semestrale;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq kg⁻¹ (peso fresco).

3.4.6 Funghi, bacche, selvaggina e pesci carnivori di lago

Il monitoraggio della radioattività in tali matrici riveste particolare importanza a causa dell'elevato contenuto di radioattività ancora presente in taluni ecosistemi indisturbati come i boschi e per la rilevanza radiologica che il consumo abituale di tali alimenti può rivestire per alcuni gruppi della popolazione. Tali matrici possono essere escluse dal monitoraggio qualora si sia dimostrato che le aree di interesse non sono risultate contaminate in modo rilevante dalla ricaduta radioattiva dovuta all'incidente di Chernobyl.

Scelta dei punti di prelievo:

Funghi: il campionamento va effettuato presso le aziende alimentari locali di commercializzazione e di trasformazione di tali prodotti, presso centri di smistamento delle catene alimentari o presso zone boschive;

Bacche, selvaggina e pesci carnivori di lago: il campionamento va effettuato presso i centri di smistamento delle catene alimentari, presso zone boschive, presso allevamenti o pescherie;

Frequenza campionamento:

Funghi: annuale;

Bacche, selvaggina e pesci carnivori di lago: semestrale;

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori;

Frequenza di misura:

Funghi: annuale;

Bacche, selvaggina e pesci carnivori di lago: semestrale;

MAR:

Cs-137: 10^{-1} Bq kg⁻¹ (peso fresco).

3.4.1 Muschi

Il monitoraggio della radioattività in tale matrice riveste particolare importanza a causa dell'elevata capacità di accumulo di radionuclidi derivante dalla sola deposizione, senza alcun contributo derivante dall'assorbimento dal suolo.

Scelta dei punti di prelievo: il campionamento va effettuato presso zone lontane da strade di grande traffico e da centri abitati;

Frequenza campionamento: triennale;

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori;
Frequenza di misura: triennale;
MAR:
Cs-137: 1 Bq m⁻² (peso secco).

Nell'allegato 1 sono riportate in forma schematica, per la rete fitta, la rete diradata e per ogni ulteriore matrice indicata, le informazioni sulle frequenze di campionamento e misura, le tipologie di misura e le MAR.

3.5 Attività straordinarie

Il sistema di monitoraggio sopra descritto deve essere in grado di affrontare sia situazioni di emergenza radiologica sia eventi particolari in cui si manifesta la necessità di effettuare un monitoraggio al fine di valutare lo stato dell'ambiente e per rispondere alla domanda di informazione sulle potenziali esposizioni di gruppi di persone o della popolazione intera, ma che non richiedono la dichiarazione dello stato di emergenza.

Il sistema di risposta alle emergenze è, infatti, disciplinato dal "Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche" (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 19 marzo 2010), che per gli aspetti tecnici fa riferimento al documento "Emergenze nucleari e radiologiche - Manuale per le valutazioni dosimetriche e le misure ambientali"⁹, elaborato nell'ambito del Centro Elaborazione e Valutazione Dati (CEVaD) dell'ISPRA.

In caso di emergenza le MAR richieste sono di norma superiori a quelle previste per l'attività ordinaria descritta in questo documento, per cui la capacità di risposta è garantita automaticamente da un punto di vista qualitativo, mentre la riduzione dei tempi di analisi può consentire un aumento del numero di campioni.

Nel caso invece di eventi particolari che non implicano lo stato di emergenza, è possibile che le MAR necessarie a seguire l'andamento temporale della contaminazione siano anche molto inferiori a quelle previste in situazione ordinaria: ciò implica la necessità di adattare al caso in essere il piano complessivo regionale e nazionale anche per tenere conto di tali esigenze; questo documento risponde solo parzialmente a tale necessità non potendo prevedere la tipologia di evento.

Inoltre, il sistema deve essere in grado di rispondere alla richiesta di indagini una tantum o da ripetersi con cadenze pluriannuali, estese sul territorio nazionale, di carattere conoscitivo e scientifico.

3.6 Banche dati della radioattività ambientale e flusso dei dati

I dati relativi al monitoraggio della radioattività ambientale della rete RESORAD devono essere raccolti e conservati in una banca dati dedicata. ISPRA ha realizzato, nel 2005, la banca dati DBRad nell'ambito del Sistema Informativo Nazionale Ambientale SINA ed è gestita direttamente dall'ISPRA.

Il popolamento dei dati da parte dei soggetti della rete avviene via WEB tramite credenziali di accesso con un sistema denominato RADIA attraverso un software applicativo (MIDRad) che consente il caricamento dei dati nella banca dati. Attualmente sono raccolti i dati a partire dal 2004.

Nella banca dati devono confluire non solo i dati relativi al monitoraggio della rete nazionale RESORAD, ma anche i dati delle reti regionali, i dati delle reti locali degli esercenti gli impianti nucleari e qualsiasi altro dato prodotto dai soggetti abilitati all'inserimento degli stessi.

Dalla banca dati sono estratti i dati che annualmente devono essere inviati alla CE ai sensi dell'art. 36 del trattato Euratom e quelli utili per la valutazione della dose alla popolazione ai sensi dell'art 106 D. Lgs. n. 230/1995 e s.m.i.

⁹ ISPRA - Serie Manuali e Linee Guida n. 57/2010

4 RETI REGIONALI DI MONITORAGGIO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

Le reti di monitoraggio regionali derivano dalla necessità di potenziare il sistema dei controlli della radioattività ambientale, evidenziata a fronte dell'incidente di Chernobyl (1986) a seguito del quale furono istituiti 21 Centri Regionali di Riferimento per la Radioattività ambientale (CRR) inseriti nel Sistema Sanitario Nazionale. Con le leggi istitutive delle agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente, le strutture e i compiti di monitoraggio sono stati trasferiti alle agenzie stesse. Attualmente tutte le Regioni e le Province Autonome hanno affidato alle rispettive agenzie per la protezione dell'ambiente il compito di gestire le reti di monitoraggio e di effettuare le relative misurazioni.

Inoltre, fatto salvo quanto già descritto per la rete nazionale, a livello regionale occorre tenere presente le fonti di pressioni locali derivanti da attività considerate dalle citate normative comunitarie e nazionali che possono comportare un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori e, eventualmente, di persone del pubblico e per le quali le singole strutture territoriali possono essere chiamate a rispondere in termini di misure radiometriche e valutazioni di impatto radiologico quali ad esempio:

- attività lavorative implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali o la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali (materiali radioattivi di origine naturale – NORM);
- controllo di scarichi industriali o ospedalieri con presenza di sostanze radioattive;
- controllo sulla presenza di sorgenti radioattive “orfane” rinvenute sul territorio o incidentalmente presenti in diversi cicli produttivi.

4.1 Obiettivi della Rete Regionale

Per gli obiettivi di una rete di monitoraggio della radioattività ambientale a livello regionale valgono gli stessi principi generali descritti in precedenza per la rete nazionale. A questi occorrono aggiungere le esigenze di monitoraggio dettate da contingenze locali legate alle fonti di pressione che insistono sul territorio. Inoltre, una rete regionale può avere la necessità di approfondire particolari matrici ambientali e alimentari tipiche del territorio che possano comportare una esposizione non trascurabile della popolazione e dei lavoratori. Pertanto una rete regionale deve fornire i dati e le informazioni necessarie a:

- verificare il rispetto dei limiti o livelli di riferimento stabiliti dalla normativa vigente;
- valutare la dose alla popolazione per esposizione sia a sorgenti di radiazione sia naturali che artificiali, anche a seguito di eventi incidentali;
- conseguire e mantenere livelli adeguati di conoscenza del territorio rispetto ai livelli di radioattività sia naturale che artificiale;
- individuare prontamente anomalie derivanti da eventi, verificatisi anche al di fuori del territorio nazionale, che comportino contaminazione ambientale, fungendo da mezzo di allarme e da strumento per la valutazione tempestiva e post-incidentale a supporto delle decisioni;
- informare la popolazione.

A livello regionale possono essere definiti programmi di monitoraggio più dettagliati rispetto a quello definito a livello nazionale, in ragione della necessità di una migliore rappresentatività regionale. Il programma dei controlli deve di conseguenza consentire di:

- seguire l'andamento spazio-temporale delle concentrazioni dei radioelementi di origine antropica nelle matrici dei diversi comparti ambientali e alimentari sull'intero territorio allo scopo di valutare lo stato dell'ambiente e degli alimenti a livello regionale e contribuire alla valutazione a livello nazionale;
- fornire un set di dati radiometrici rappresentativo per la valutazione della dose ricevuta dalla popolazione italiana a seguito dell'esposizione alle radiazioni derivanti dai radionuclidi presenti nell'ambiente e negli alimenti, anche a seguito di eventi incidentali o di eventi anomali o a seguito di particolari condizioni di esposizione;
- rilevare fenomeni di accumulo dei radionuclidi a lunga vita media nei principali comparti ambientali e alimentari.

La Rete Regionale di controllo della radioattività ambientale deve fornire tutte le informazioni necessarie a garantire una conoscenza adeguata dell'ambiente; deve inoltre garantire, in caso di necessità, emergenze o eventi anomali, gli approfondimenti e l'acquisizione di tutte le informazioni necessarie per la definizione della situazione e per l'adozione delle eventuali contromisure, integrandosi con le reti di allarme gestite a livello centrale da ISPRA o da altre istituzioni.

Resta valido quanto riportato a livello nazionale in materia di possibilità di effettuare indagini straordinarie, eventualmente, in collaborazione tra più regioni.

4.2 Struttura della Rete Regionale

La struttura della rete di monitoraggio regionale deve essere tale da garantire, attraverso l'insieme dei campionamenti e misure, la conoscenza della situazione radiometrica a livello regionale. Il piano di monitoraggio deve, inoltre, garantire le esigenze derivanti dalle necessità di monitoraggio nazionale, ossia deve comprendere anche tutti i punti di monitoraggio dell'area macroregionale (reti fitta e diradata) che ricadono nel territorio regionale.

Il programma di monitoraggio in termini di matrici, frequenze di campionamento e misure deve tener conto della estensione del territorio, della numerosità e distribuzione della popolazione presente. Devono essere in particolare considerate le fonti di pressione, nonché deve tener conto degli usi e le abitudini locali, quali ad esempio le diete alimentari.

Quindi, in una rete regionale saranno comunque presenti, in relazione a quanto descritto nei capitoli precedenti matrici e punti di prelievo che afferiscono alla rete nazionale, sia appartenenti alla rete fitta, sia alla rete diradata e ulteriori matrici, punti di prelievo e/o di osservazione ritenuti necessari o utili ai fini della sorveglianza ambientale locale.

4.3 Matrici, punti di prelievo, tipologia di misura, frequenze di campionamento e di misura della Rete Regionale

La Rete Regionale di controllo della radioattività ambientale deve garantire il controllo dei seguenti comparti:

- aria;
- ambiente acquatico;
- ambiente terrestre;
- alimenti.

Fermo restando quanto riportato nel punto 4.2, relativamente alle matrici, le indicazioni relative alla scelta dei punti e delle frequenze di campionamento, delle frequenze di misura, dei radionuclidi di interesse e delle caratteristiche delle misura, si può far riferimento a quanto riportato nel capitolo 3.3 riguardante la rete nazionale, in particolare per quanto riguarda le caratteristiche della rete fitta.

In aggiunta si riporta la descrizione della matrice fanghi e acque reflue da impianti di depurazione civile.

4.3.1 Fanghi e acque reflue da impianti di depurazione civile

La misura di queste matrici fornisce informazioni sull'eventuale carico radioattivo introdotto in ambiente, che può avvenire sia a seguito dell'immissione nel corpo idrico recettore di acque reflue provenienti da impianti di depurazione civile (e/o industriale) sia dall'utilizzo in agricoltura dei fanghi depurati.

Scelta dei punti di campionamento: nel programma di controllo dovrebbero essere inclusi i principali impianti di depurazione e quelli nel cui bacino di utenza sono presenti strutture con reparti di medicina nucleare. Il campionamento delle acque reflue depurate deve avvenire, se possibile, nelle immediate vicinanze dell'immissione nel corpo idrico recettore, mentre per i fanghi il campionamento va effettuato, terminati i processi di trattamento, prima del suo allontanamento dall'impianto;

Frequenza campionamento: la frequenza deve essere adattata alle caratteristiche del sito e delle fonti di pressione e comunque non inferiore ad una frequenza semestrale;

Tipologia di misura: radionuclidi gamma emettitori con particolare riguardo a quelli di origine sanitaria;

Frequenza di misura: la frequenza deve essere adattata alle caratteristiche del sito e delle fonti di pressione e comunque non inferiore ad una frequenza semestrale;

MAR:

Cs-137: acque reflue: 1 Bq l⁻¹, fanghi: 1 Bq kg⁻¹ (peso fresco).

Ulteriori matrici potranno essere incluse in considerazione della loro presenza sul territorio. In particolare si fa riferimento a matrici interessate da attività che comportano la produzione, l'uso, lo stoccaggio o la produzione di residui di materiali naturali contenenti radionuclidi naturali (NORM).

4.4 Banche dati regionali della radioattività ambientale e flusso dei dati

A livello regionale i dati dei rilevamenti effettuati devono essere conservati in banche dati regionali la cui organizzazione e gestione deve essere affidata alle rispettive Agenzie per la Protezione dell'Ambiente.

Le ARPA/APPA sono tenute ad aggiornare, via web, tramite il sistema applicativo RADIA, la citata banca dati DBRad gestita dall'ISPRA nell'ambito del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. ISPRA provvede a trasmettere i dati sul monitoraggio della radioattività alla Commissione Europea in ottemperanza al Trattato Euratom.

5 RISORSE NECESSARIE PER LA GESTIONE DELLA RETE DI CONTROLLO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE (LABORATORI, STRUMENTAZIONE E PERSONALE)

A fronte delle indicazioni riportate nei capitoli precedenti, è possibile individuare in linea di massima le dotazioni di una struttura tipo in carico alle ARPA/APPA in grado di assolvere i compiti previsti per il controllo della radioattività ambientale sia a livello nazionale che regionale e anche eventualmente di rispondere alle esigenze in situazioni di emergenza radiologica o in caso di situazioni anomale.

Le dotazioni in termini di personale e le dotazioni strumentali di cui ogni singola Regione/Agenzia si deve dotare non possono essere definite in modo generalizzato in quanto dipendono, oltre che dalla esigenza di copertura del monitoraggio nazionale, soprattutto dalle specifiche situazioni ed esigenze regionali, tenuto conto della situazione demografica, delle caratteristiche ambientali del territorio, della presenza e rilevanza di fonti di pressione dovute a radiazioni ionizzanti nonché di ogni altro fattore localmente ritenuto rilevante.

La definizione quali quantitativa delle risorse umane e strumentali necessarie deve quindi essere effettuata alla luce del complesso delle attività programmate per la rete nazionale e per la rete regionale e delle funzioni di supporto espletate.

Nel seguito sono elencate le caratteristiche principali di una struttura laboratoristica tipo e le relative dotazioni strumentali. Ovviamente, laddove le esigenze di monitoraggio regionale richiedano un maggior impegno a causa della estensione del territorio, di ulteriori fonti di pressione locali o per attività supplementari, tali strutture andranno opportunamente adeguate.

Come riferimento di massima, si riporta di seguito un quadro di sintesi delle tipologie di laboratorio che possono essere implementate e delle attività che gli stessi possono garantire.

Tipologia di laboratorio	Attività che possono essere svolte	Parametri
Laboratorio di spettrometria gamma, misure alfa-beta, e strumentazione portatile per misure in campo	Campionamento e misura	Gamma emettitori, alfa totale, beta totale
Laboratorio radiochimica	Campionamento e misura	Tutti i radioisotopi alfa e beta emettitori con separazione chimica (uranio, plutonio, stronzio, polonio)
Laboratorio di spettrometria di massa a bassa risoluzione	Misura	Uranio-238, torio-232
Laboratorio di spettrometria di massa ad alta risoluzione	Misura	Isotopi dell'uranio, torio e plutonio, radio-226

Si fornisce di seguito una descrizione più dettagliata delle diverse tipologie di laboratorio e delle risorse di cui necessitano.

5.1 Attrezzature e materiali per i campionamenti

A prescindere dal tipo di analisi che saranno effettuate, il laboratorio tipo dovrebbe disporre della seguente strumentazione per il prelievo di campioni ambientali:

- dispositivi per il prelievo di campioni di particolato atmosferico e gas in atmosfera: campionatori di particolato atmosferico ad alto e basso volume corredati di sistema filtrante per la raccolta del particolato (PTS) e di sistema filtrante per la raccolta dei gas in atmosfera (carboni attivi specifici per il prelievo di radionuclidi gassosi); la presenza di un cambia-campioni automatico agevola le operazioni, permettendo una programmazione dei prelievi anche in assenza di personale;
- dispositivi per il prelievo delle ricadute umide e secche (fallout): sistema di vasche in acciaio di superficie totale pari almeno a 2 m²;
- dispositivi per il prelievo di terreni e sedimenti sia in superficie che in profondità: carotatori manuali per i prelievi in profondità, sagome metalliche per i prelievi superficiali;
- materiale generico per il prelievo di campioni liquidi e solidi.

5.2 Laboratorio di spettrometria gamma, misure alfa-beta

Si intende che il laboratorio di spettrometria gamma e di misure alfa-beta debba essere in grado di eseguire determinazioni di gamma emettitori mediante spettrometria gamma, misure di attività alfa e beta totale con trattamento semplice delle matrici (cioè senza separazione chimica dei radionuclidi). Deve inoltre essere in grado

di eseguire misure in campo per la determinazione della dose gamma in aria, della contaminazione alfa e beta totale e infine per l'individuazione dei radionuclidi presenti (con quantificazione in geometria standard).

5.2.1 Locali

Il laboratorio tipo dovrebbe disporre di almeno due aree, preferibilmente separate, destinate rispettivamente al trattamento dei campioni ed alle misure strumentali di radioattività. Le misure comprendono sia gli strumenti da laboratorio, che il controllo di funzionamento delle apparecchiature portatili.

È necessario disporre di un locale separato, o quantomeno di un armadio dedicato ad opportuna distanza dalla strumentazione, per la conservazione delle sorgenti radioattive di taratura (sigillate e non) e di un ulteriore armadio/ambiente per la conservazione degli eventuali campioni fortemente contaminati o connessi con indagini della magistratura (per cui lo smaltimento delle aliquote di analisi o di riserva può richiedere tempi lunghi).

Nei locali destinati alle misure di radioattività è importante che la temperatura sia regolata in modo da garantire il corretto funzionamento della strumentazione. Lo stesso vale per le bilance dedicate presenti nel laboratorio di trattamento dei campioni.

Gli ambienti, le attrezzature e apparecchiature, nonché le procedure di lavoro, dovranno, inoltre, essere conformi alla normativa generale sulla sicurezza negli ambienti di lavoro di cui al D.Lgs. 81/08 e s.m.i. e al D.Lgs. 230/95 e s.m.i. in materia di radiazioni ionizzanti per quanto riguarda la protezione dei lavoratori, popolazione e ambiente, e i rispettivi futuri aggiornamenti.

5.2.2 Strumentazione fissa di laboratorio

La strumentazione di laboratorio viene descritta separatamente per il laboratorio pretrattamento dei campioni e per il laboratorio di misure di radioattività.

Laboratorio preparazione campioni

Si tratta di un laboratorio per il trattamento e la preparazione semplice dei campioni con le dotazioni di seguito orientativamente indicate:

- banco di lavoro;
- cappa per chimica con servizi di base (acqua, elettricità, aria compressa);
- pH-metro;
- conducimetro;
- titolatore;
- frigorifero;
- frigorifero congelatore;
- stufa ad aria con riscaldamento fino a 300°C;
- muffola con riscaldamento fino a 1000°C;
- bilancia tecnica;
- bilancia analitica;
- piastra riscaldante/bagno a sabbia;
- frullatori/omogeneizzatori;
- mulino a palle;
- setacci;
- sistema di filtrazione di piccoli volumi;
- sistema di filtrazione di grandi volumi;
- pompa a vuoto; vetreria da laboratorio di classe opportuna (in funzione dell'incertezza e del metodo);
- contenitori per le analisi gamma (es. contenitori di Marinelli) e alfa/beta (es. piattelli porta campione).

Se è presente uno scintillatore liquido, devono anche essere disponibili micropipette e dispenser, oltre a contenitori per le analisi (vials).

Laboratorio misure di radioattività

- Almeno due sistemi di misura di spettrometria gamma con rivelatore al germanio iperpuro;
- Sistema di misure di attività alfa totale;
- Sistema di misure di attività beta totale.

5.2.3 Strumentazione portatile

- Misuratore di intensità di dose gamma in aria;
- Misuratori di contaminazione superficiale alfa/beta/gamma;
- Spettrometro portatile a bassa risoluzione e/o ad alta risoluzione.

5.2.4 Risorse umane

Si individuano di seguito le figure professionali (o equipollenti) cui possono essere affidati i compiti previsti per la gestione di un laboratorio di spettrometria gamma e misure alfa-beta. La numerosità delle risorse umane deve essere valutata a livello regionale, considerato le peculiarità delle singole regioni. Si osserva, comunque in via del tutto generale, che, poiché la gestione di un laboratorio tipo richiede una altissima competenza e un'attività routinaria giornaliera che deve essere garantita indipendentemente dalla numerosità dei campioni analizzati, è necessario garantire la presenza di personale tecnico specificamente addestrato e dedicato minimo con le qualifiche indicate nella tabella di seguito riportata.

Attività	Figura professionale (o equipollente)
Attività di campionamento	Operatori tecnici
Laboratorio preparazione campioni	Tecnici diplomati (preferibilmente periti chimici)
Laboratorio misure di radioattività	Tecnici laureati fisici, tecnici diplomati (periti fisici)

5.3 Laboratorio radiochimico

Si intende un laboratorio che sia in grado di eseguire le misure di radionuclidi non effettuabili con il laboratorio tipo descritto in precedenza e che richiedano, in particolare, un trattamento complesso dei campioni al fine di separare la componente o i componenti di interesse. Tale tipologia di laboratorio, di conseguenza, deve essere considerata in aggiunta ai laboratori tipo sopra descritti.

In ragione della loro complessità, essi richiedono specifiche professionalità e attrezzature particolarmente onerose. Per tali motivi si ritiene ingiustificato dal punto di vista soprattutto economico che ogni regione si doti di una tale struttura e si raccomanda, anche sulla base di quanto riportato nel D.Lgs. n. 230/95 e s.m.i, che le regioni si organizzino in forme consortili individuando alcune strutture di riferimento come già descritto in precedenza.

La descrizione che segue si riferisce ad un laboratorio in grado di eseguire tutte le determinazioni previste dalla rete RESORAD. Tuttavia le dotazioni possono essere modulate in funzione della specifica tipologia di analisi che si intende eseguire, in relazione alle diverse realtà territoriali.

Dovranno, inoltre, essere rispettate le norme sulla sicurezza negli ambienti di lavoro di cui al D.Lgs. 81/08 e s.m.i. e quelle relative al D.Lgs. 230/95 e s.m.i. in materia di radiazioni ionizzanti e i rispettivi futuri aggiornamenti.

5.3.1 Locali

I locali destinati alla preparazione chimica dei campioni (trattamento e separazione radiochimica) dovrebbero essere suddivisi in almeno 3 aree:

- area pretrattamento campioni, in cui eseguire operazioni preliminari di macinatura, attacchi acidi, calcinazioni, combustioni, etc.;
- area laboratorio in cui eseguire, attraverso procedure chimiche, la separazione dei radionuclidi da inviare alla successiva misura;
- area dedicata alla strumentazione di misura dei campioni preparati.

In presenza di un laboratorio radiochimico, l'area dedicata alle sorgenti radioattive dovrà prevedere la possibilità di effettuare operazioni su sorgenti non sigillate al fine di eseguire tarature, marcature con aggiunta di standard interni, etc..

5.3.2 Strumentazione di laboratorio

Oltre a quanto descritto per il laboratorio di spettrometria gamma e misure alfa-beta, dovrebbe essere presente la seguente strumentazione aggiuntiva:

Laboratorio radiochimico

- Cappa per chimica adatta all'uso di acidi e basi forti;
- armadio per i solventi (se non è presente un deposito esterno al laboratorio);
- piastre agitanti e riscaldanti;
- agitatori ad asta;
- mantello riscaldante (specifico per le misure di trizio in acqua);
- sistema per la produzione di acqua ultrapura (se non disponibile come distribuzione di rete);
- centrifuga;

- pH-metro;
- apparecchio per elettrodeposizione;
- spettrometro per assorbimento atomico (specifico per le misure di Sr-90, da prevedere nei casi in cui la misura dello stronzio stabile non sia già disponibile come servizio analitico);
- dispenser e micropipette;
- pompe ad alto vuoto.

Laboratorio misure di radioattività

- Sistema di spettrometria alfa ad alta risoluzione.

5.3.3 Risorse umane

Si individuano di seguito le figure professionali (o equipollenti) cui possono essere affidati i compiti previsti per la gestione di un laboratorio di radiochimica. La numerosità delle risorse umane deve essere valutata a livello regionale, considerato le peculiarità delle singole regioni. Valgono le stesse considerazioni riportate sopra per il laboratorio di spettrometria gamma per quanto riguarda la necessità di garantire la presenza costante in laboratorio di personale tecnico specificamente addestrato e dedicato che segua le attività di routine giornaliera.

Attività	Figura professionale (o equipollente)
Attività di campionamento	Operatori tecnici
Laboratorio di radiochimica	Tecnici laureati chimici, tecnici diplomati (periti chimici)
Laboratorio misure di radioattività	Tecnici laureati fisici, tecnici diplomati (periti fisici)

5.4 Laboratorio spettrometria di massa

Le valutazioni che seguono sono riferite a laboratori di spettrometria di massa non ad alta risoluzione che richiedono caratteristiche infrastrutturali e di preparazione tecnica del personale non compatibili con una destinazione esclusiva alla rete di monitoraggio radiometrico. Con queste dotazioni strumentali è possibile eseguire esclusivamente analisi di uranio e torio. In analogia a quanto riportato per i laboratori di radiochimica non si ritiene giustificata la presenza di un laboratorio per ogni regione, raccomandando forme consortili tra le stesse tramite l'individuazione di strutture di riferimento come già descritto in precedenza.

Dovranno, inoltre, essere rispettate le norme sulla sicurezza negli ambienti di lavoro di cui al D.Lgs. 81/08 e s.m.i. e quelle relative al D.Lgs. 230/95 e s.m.i. in materia di radiazioni ionizzanti e i rispettivi futuri aggiornamenti.

5.4.1 Locali

Il laboratorio tipo dovrebbe disporre di due aree, preferibilmente separate, destinate rispettivamente al pretrattamento campioni (tale area potrebbe essere individuata all'interno della corrispondente area del laboratorio tipo) ed alle misure con lo spettrometro di massa.

5.4.2 Strumentazione di laboratorio

Oltre a quanto descritto per il laboratorio di spettrometria gamma e misure alfa-beta, dovrebbe essere presente la seguente strumentazione aggiuntiva:

- piastre agitanti e riscaldanti;
- dispenser e micro pipette;
- sistema per la produzione di acqua ultrapura (se non disponibile come distribuzione di rete);
- mineralizzatore a microonde;
- spettrometro di massa, le cui caratteristiche devono essere valutate in modo puntuale tenendo conto delle tipologie delle misure che si vogliono effettuare (risoluzione radionuclidi e matrici).

5.4.3 Risorse umane

Si individuano di seguito le figure professionali (o equipollenti) cui possono essere affidati i compiti previsti per la gestione di un laboratorio di spettrometria di massa.

Attività	Figura professionale (o equipollente)
Laboratorio preparazione campioni	Tecnico laureato/diplomato chimico
Laboratorio misure spettrometria di massa	Tecnico laureato chimico/fisico

6 ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE E DEI LAVORATORI AL RADON

Negli ultimi decenni l'evoluzione della conoscenza dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori al radon e ai suoi prodotti di decadimento ha reso necessario lo sviluppo di competenze e di capacità di studi e indagini specifiche per questo particolare problema a livello regionale. La legislazione italiana ha introdotto nel D. Lgs. n. 230 del 1995, tramite il D. Lgs. n. 241 del 2000 la problematica della esposizione al radon nei luoghi di lavoro. Il decreto prevede uno specifico compito per le regioni: la individuazione delle aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon. Pur nella carenza di indicazioni sulle modalità di esecuzione delle indagini ai fini di questa individuazione e dei criteri di definizione di dette aree, molte regioni hanno affidato alle rispettive Agenzie per la protezione dell'ambiente il compito di effettuare delle indagini sulla distribuzione della concentrazione di radon al fine di classificare il territorio, e in alcuni casi, anche funzioni di sviluppo e supporto per le azioni di rimedio (per la riduzione della concentrazione di radon). Le ARPA/APPA dovranno pertanto prevedere nelle loro attività l'acquisizione di competenze e la realizzazione di strutture di laboratorio in grado di affrontare anche tale problematica, sia in relazione alle normative in vigore che in vista della futura direttiva in materia attualmente in fase di discussione.

6.1 Laboratorio radon

Dovranno essere rispettate le norme sulla sicurezza negli ambienti di lavoro di cui al D.Lgs. 81/08 e s.m.i. e quelle relative al D.Lgs. 230/95 e s.m.i. in materia di radiazioni ionizzanti e i rispettivi futuri aggiornamenti.

6.1.1 Locali

I locali destinati al laboratorio radon consistono in un area nella quale poter posizionare la strumentazione sotto elencata. In generale una stanza di circa 20 m² per effettuare le operazioni di preparazione e misura può essere sufficiente. Per le strutture di supporto (locali per le sorgenti, locale con cappa chimica, etc.) potranno essere utilizzate quelle previste per laboratori di spettrometria gamma e di misura alfa e beta.

6.1.2 Strumentazione di laboratorio

Le tecniche di base previste per le misure di radon consistono in sistemi di rivelazione a stato solido di tracce nucleari (SSNTD's). Per questa tipologia di misure sono previste le seguenti attrezzature, in parte già incluse nei laboratori di spettrometria gamma e di misura alfa e beta:

- banco da lavoro con lavello;
- cappa chimica;
- bagno termostato e vasche per il lavaggio dei rivelatori;
- frigo-congelatore (o sistema di conservazione dei rivelatori ad azoto o ad aria vecchia);
- sistema automatico di conteggio delle tracce nucleari;
- attrezzatura di laboratorio (termometri, densimetri, etc.);
- titolatore acido base (optional);
- termosaldatrici per materiali a tenuta di radon;
- eventuali sorgenti per il controllo di qualità della strumentazione e del metodo.

In alternativa è possibile utilizzare sistemi diversi quali quelli che si basano sugli "elettretti". In tal caso le attrezzature sono quelle relative alle camere di esposizione, agli elettretti stessi e ai dispositivi di lettura della carica degli elettretti.

Oltre alla strumentazione descritta potranno essere utilizzati strumenti portatili per la misura diretta della concentrazione di radon o dei suoi prodotti di decadimento per scopi connessi con le indagini territoriali (diagnostica di edifici, etc.).

6.1.3 Risorse umane

Si individuano di seguito le figure professionali (o equipollenti) cui possono essere affidati i compiti previsti per la gestione di un laboratorio radon. La numerosità delle risorse umane deve essere valutata a livello regionale, in funzione dell'estensione del territorio e della popolazione. Inoltre, la tipologia del fenomeno può richiedere in alcuni casi o in alcuni periodi, ad esempio in occasione della esecuzione di indagini estese che prevedono la misura in contemporanea in un grande numero di punti di campionamento, l'impegno di un numero di addetti temporaneamente consistente (in particolare di operatori tecnici), per periodi definiti.

La figura del responsabile del laboratorio radon può in questo caso essere la stessa del responsabile del laboratorio di spettrometria gamma.

Attività	Figura professionale (o equipollente)
Laboratorio radon	Tecnici laureati, tecnici diplomati, operatori tecnici

7 AFFIDABILITÀ DELLE RETI DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

Al fine di garantire la qualità delle rilevazioni radiometriche, ma anche della trasmissione e della conservazione dei dati prodotti, al fine di poterne garantire una corretta fruibilità e per il rispetto delle norme nazionali e comunitarie, deve essere implementato un sistema/programma di affidabilità delle reti descritte. Gli stati membri della CE per gli effetti degli articoli 35 e 36 del Trattato Euratom sono soggetti a verifiche periodiche sugli *“...impianti necessari per effettuare il controllo permanente del grado di radioattività ...”* al fine di *“...verificarne il funzionamento e l’efficacia”*. Gran parte delle attività soggette a verifica sono i piani di campionamento e misure e il controllo di qualità e la tracciabilità delle attività di laboratorio per le misure radiometriche e la conservazione dei dati.

La legislazione italiana ha inserito tale aspetto, per quanto riguarda la rete nazionale, nel D. Lgs. 230/95 e s.m.i. (art. 104, comma 4) affidando all’ISPRA il ruolo di coordinamento tecnico, in particolare, per quanto concerne *“...le misure effettuate dagli istituti, enti o organismi...”* (soggetti della rete) *“... seguendo le modalità di esecuzione e promuovendo criteri di normalizzazione e di intercalibrazione...”*.

Oltre a tale fondamentale riferimento normativo, l’affidabilità della rete e la qualità e l’adeguatezza dei dati devono essere assicurate dagli stessi soggetti della rete facendo riferimento ai principi generali contenuti nelle norme relative alla competenza dei laboratori che effettuano analisi e misure, che comprendono anche i requisiti delle stesse organizzazioni che gestiscono i laboratori.

L’ISPRA, pertanto, sulla base del ruolo di coordinamento tecnico, deve definire, sentito anche il Sistema delle Agenzie, un programma di affidabilità che dia riferimenti in relazione a:

- formale riconoscimento dei soggetti che forniscono i dati ambientali;
- criteri generali delle dotazioni strutturali, di laboratorio e di personale;
- metodi di campionamento e misura cui fare riferimento (in mancanza di metodi normati, nazionali o internazionali, indicazioni sui metodi disponibili nella letteratura scientifica o elaborati da specifici gruppi di lavoro);
- criteri per la validazione dei metodi che non siano oggetto di norme specifiche;
- tipologia e caratteristiche tecniche minime delle apparecchiature, periodicità e tipologia delle tarature, controlli di funzionamento e verifiche di taratura;
- programmi di formazione e aggiornamento per il personale ed esercitazioni in campo;
- interconfronti su matrici e parametri di interesse in collaborazione con istituti primari metrologici delle radiazioni ionizzanti. A tale proposito ISPRA ricopre il ruolo di punto di contatto tra i laboratori della rete e la CE in merito alla partecipazione ai corrispondenti programmi di interconfronto organizzati dalla Commissione stessa;
- criteri di verifica, congruenza e validazione dei dati prodotti dai soggetti della rete e inseriti nella banca dati nazionale DBRad anche per gli effetti della trasmissione degli stessi alla CE;
- piano annuale di audit interni, coordinamento degli audit della CE.

Inoltre, ISPRA organizza periodiche riunioni sull’attività svolta dalla rete nazionale, nella quale sono riesaminati gli aspetti tecnici dell’attività e le segnalazioni dai soggetti della rete che riguardano i metodi e i dati e sono discusse le necessità di adeguamento dei programmi di monitoraggio e di affidabilità.

Le indicazioni sopra descritte per la rete nazionale sono in gran parte applicabili ai programmi di monitoraggio delle reti regionali. Per quanto riguarda le ulteriori attività effettuate a livello regionale, non riconducibili in termini di programma di affidabilità a quanto sopra riportato, si farà riferimento ai principi descritti a livello nazionale.

RETE NAZIONALE DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE - PROGRAMMA CAMPIONAMENTO ED ANALISI MATRICI PRINCIPALI - RETE FITTA

MATRICE	Tipologia di misura	Frequenza di campionamento	Frequenza di misura	Livello notificabile/riferimento		M.A.R.	
PARTICOLATO ATMOSFERICO (PTS)	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	In continuo (prelievo mensile)	Mensile	3 E-02	Bq m ⁻³	1 E-04	Bq m ⁻³
	Attività beta totale ⁽²⁾	Giornaliera	Giornaliera	5 E-03	Bq m ⁻³	1 E-04	Bq m ⁻³
DEPOSIZIONE TOTALE (UMIDA E SECCA)	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Mensile	Mensile	-		1 E-01	Bq m ⁻²
RADIAZIONE ESTERNA	Rateo di dose gamma						
	Rateo di equivalente di dose ambientale (in alternativa al precedente)	In continuo	(3)	-		1 E-08	Gy h ⁻¹
ACQUE SUPERFICIALI - ACQUE DOLCI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Trimestrale	Trimestrale	1 E+00	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
	Attività beta residua ⁽⁴⁾	Trimestrale	Trimestrale	6 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
ACQUE SUPERFICIALI - ACQUE DI MARE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Semestrale	Semestrale	1 E+00	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
	Attività beta residua ⁽⁴⁾	Semestrale	Semestrale	6 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
ACQUE POTABILI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	1 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-02	Bq l ⁻¹
	Attività alfa totale	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	1 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-02	Bq l ⁻¹
	Attività beta totale	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	1 E+00	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
	Stronzio-90	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	6 E-02	Bq l ⁻¹	1 E-02	Bq l ⁻¹
	Trizio	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	1 E+02	Bq l ⁻¹	1 E+01	Bq l ⁻¹
LATTE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Mensile	Mensile	5 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
	Stronzio-90	Trimestrale	Trimestrale	2 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
ALTRI PRINCIPALI COMPONENTI DELLA DIETA MISTA ⁽⁷⁾	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Trimestrale	Trimestrale	5 E-01	Bq kg ⁻¹	1 E-01	Bq kg ⁻¹
PASTO COMPLETO	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Trimestrale ⁽⁵⁾	Trimestrale	1 E-01	Bq kg ⁻¹	1 E-02	Bq kg ⁻¹
	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽⁶⁾	Trimestrale ⁽⁵⁾	Trimestrale	2 E-01	Bq d ⁻¹ p ⁻¹	2 E-02	Bq d ⁻¹ p ⁻¹
	Stronzio-90 ⁽⁶⁾	Trimestrale ⁽⁵⁾	Trimestrale	1 E-01	Bq d ⁻¹ p ⁻¹	2 E-02	Bq d ⁻¹ p ⁻¹
ALIMENTI PER IL CONSUMO ANIMALE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Foraggio: annuale Mangimi: trimestrale	Foraggio: annuale Mangimi: trimestrale	-		1 E+00	Bq kg ⁻¹
	Stronzio-90	Annuale	Annuale	-		1 E-01	Bq kg ⁻¹

(1) Le M.A.R. sono riferite al radionuclide Cs-137; (2) Sr-90 equivalente; (3): Comunicare il dato medio mensile; il dato di MAR è riferito alla sensibilità strumentale; (4) Attività beta totale scorporata del contributo del K-40; (5) Mensile per la costituzione del campione composto trimestrale; (6) I corrispondenti valori in Bq Kg⁻¹ si ottengono dividendo per un fattore 2; (7) Carni bovine, carni suine, carne avicola, carne ovine, pesce, cereali e derivati, derivati del latte, vegetali a foglia larga, vegetali non a foglia larga, frutta, olio e grassi, uova, bevande non alcoliche, vino e bevande alcoliche.

RETE NAZIONALE DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE - PROGRAMMA CAMPIONAMENTO ED ANALISI MATRICI PRINCIPALI - RETE DIRADATA

MATRICE	Tipologia di misura	Frequenza di campionamento	Frequenza di misura	M.A.R.
PARTICOLATO ATMOSFERICO (PTS) giornaliero (allarme)	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	In continuo	Giornaliera	1 E-04 Bq m ⁻³
PARTICOLATO ATMOSFERICO (PTS) composito mensile (monitoraggio)	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	In continuo	Mensile	1 E-06 Bq m ⁻³
PARTICOLATO ATMOSFERICO (PTS)	Attività alfa totale	In continuo	Giornaliera	1 E-04 Bq m ⁻³
GAS IN ATMOSFERA	Radionuclidi gamma emettitori ⁽²⁾	In continuo	Settimanale	1 E-04 Bq m ⁻³
DEPOSIZIONE TOTALE (UMIDA E SECCA)	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	In continuo	Mensile	1E-01 Bq m ⁻²
	Stronzio-90	In continuo	Semestrale	1 E-02 Bq m ⁻²
	Isotopi del plutonio	In continuo	Semestrale	1 E-03 Bq m ⁻²
RADIAZIONE ESTERNA	Rateo di dose gamma Rateo di equivalente di dose ambientale (in alternativa al precedente)	In continuo	(3)	1 E-08 Gy h ⁻¹
ACQUE SUPERFICIALI - ACQUE DOLCI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Mensile	Mensile	1 E-04 Bq l ⁻¹
	Attività beta residua ⁽⁴⁾	Mensile	Mensile	1 E-01 Bq l ⁻¹
	Stronzio-90 ⁽⁵⁾	Pluriennale	Pluriennale	1 E-02 Bq l ⁻¹
ACQUE SUPERFICIALI - ACQUE DI MARE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Mensile	Mensile	1 E-04 Bq l ⁻¹
	Attività beta residua ⁽⁴⁾	Mensile	Mensile	1 E-01 Bq l ⁻¹
	Stronzio-90 ⁽⁵⁾	Pluriennale	Pluriennale	1 E-02 Bq l ⁻¹
ACQUE POTABILI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Mensile	Mensile	1 E-02 Bq l ⁻¹
	Attività alfa totale	Mensile	Mensile	1 E-02 Bq l ⁻¹
	Attività beta totale	Mensile	Mensile	1 E-01 Bq l ⁻¹
	Stronzio-90	Mensile	Mensile	1 E-02 Bq l ⁻¹
	Triizo ⁽⁶⁾	Mensile	Mensile	1 E+01 Bq l ⁻¹
LATTE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Mensile	Mensile	1 E-01 Bq l ⁻¹
	Stronzio-90	Mensile	Mensile	1 E-02 Bq l ⁻¹
ALTRI PRINCIPALI COMPONENTI DELLA DIETA MISTA	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Mensile	Mensile	1 E-01 Bq kg ⁻¹
PASTO COMPLETO	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽⁶⁾	Trimestrale ⁽⁷⁾	Trimestrale	2 E-02 Bq d ⁻¹ p ⁻¹
	Stronzio-90 ⁽⁶⁾	Trimestrale ⁽⁵⁾	Trimestrale	2 E-02 Bq d ⁻¹ p ⁻¹

(1) Le M.A.R. sono riferite al radionuclide Cs-137; (2) Le M.A.R. sono riferite al radionuclide I-131; (3) Comunicare il dato medio mensile; il dato di MAR è riferito alla sensibilità strumentale; (4) Attività beta totale scorporata del contributo del K-40; (5) Selezionare un punto differente all'interno della macroregione in occasione della misura pluriennale; (6) Il monitoraggio è necessario qualora sia presente sul territorio una sorgente di H-3 e non sia dimostrabile, sulla base di specifiche indagini, che la sua concentrazione sia ben al di sotto di 100 Bq l⁻¹; (7) Quindicinale per la costituzione del campione composto trimestrale; (8) Carni bovine, carni suine, carne avicola, carne ovine, pesce, cereali e derivati, derivati del latte, vegetali a foglia larga, vegetali non a foglia larga, frutta, olio e grassi, uova, bevande non alcoliche, vino e bevande alcoliche.

RETE NAZIONALE DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE- PROGRAMMA CAMPIONAMENTO ED ANALISI - ALTRE MATRICI RILEVANTI

MATRICE	Tipologia di misura	Frequenza di campionamento	Frequenza di misura	M.A.R.
DMOS	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽²⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E-01 Bq kg ⁻¹
	Stronzio-90 ⁽²⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E+00 Bq kg ⁻¹
	Isotopi del plutonio ⁽²⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E-03 Bq kg ⁻¹
SEDIMENTI LACUSTRI E/O MARINI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽²⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E-01 Bq kg ⁻¹
	Stronzio-90	Semestrale	Semestrale	1.00E+00 Bq kg ⁻¹
	Isotopi del plutonio	Semestrale	Semestrale	1.00E-03 Bq kg ⁻¹
SUOLO	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽²⁾	Annuale	Annuale	1.00E-01 Bq kg ⁻¹
	Stronzio-90	Annuale	Annuale	1.00E+00 Bq kg ⁻¹
	Isotopi del plutonio	Annuale	Annuale	1.00E-03 Bq kg ⁻¹
MIELE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽³⁾	Annuale	Annuale	1.00E-01 Bq kg ⁻¹
MOLLUSCHI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽³⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E-01 Bq kg ⁻¹
FUNGHI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽³⁾	Annuale	Annuale	1.00E-01 Bq kg ⁻¹
BACCHE, SELVAGGINA E PESCI CARNIVORI DI LAGO	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽³⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E-01 Bq kg ⁻¹
MUSCHI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽³⁾	Triennale	Triennale	1.00E+00 Bq m ⁻²
FANGHI DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE CIVILE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽³⁾⁽⁴⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E+00 Bq kg ⁻¹
ACQUE REFLUE DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE CIVILE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽⁴⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E+00 Bq l ⁻¹

1) I valori delle M.A.R. sono riferite al radionuclide Cs-137; (2) I valori sono riferiti al peso secco; (3) I valori sono riferiti al peso fresco; (4) Con particolare riguardo ai radionuclidi di origine sanitaria.

