

# LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne  
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese  
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

PARTE IN TERRITORIO ITALIANO – PROGETTO IN VARIANTE  
(OTTEMPERANZA ALLA PRESCRIZIONE N. 235 DELLA DELIBERA CIPE 19/2015)

CUP C11J05000030001 – PROGETTO DEFINITIVO

**GEOLOGIE – GEOLOGIA  
GENERAL – GENERALE  
COMPLEMENTS DE GEOLOGIE – COMPLEMENTI DI GEOLOGIA  
RISQUES POUR LES PERSONNES ET L'ENVIRONNEMENT – RISCHI PER LA POPOLAZIONE ED  
L'AMBIENTE**

**Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /  
Analyse des risques de lithologiques (côté Italie)**

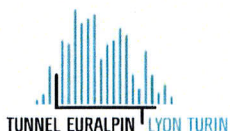
Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/11/2012	Première diffusion / Prima emissione	D. MURGESE / D. TESTA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	31/01/2013	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF	D. MURGESE / D. TESTA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
B	05/02/2013	Passage status AP/ Passaggio stato AP	D. MURGESE / D. TESTA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
C	19/12/2016	Première émission phase PRF-PRV / Prima emissione fase PRF-PRV	G. MANCARI (GEODATA)	A. EUSEBIO C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
D	28/02/2017	Reception observations TEL / Recepimento osservazioni TEL	G. MANCARI (GEODATA)	A. EUSEBIO C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
E	08/04/2017	Reception observations TEL / Recepimento osservazioni TEL	G. MANCARI (GEODATA) Attilio	A. EUSEBIO C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI

CODE DOC	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>V</b>	<b>C</b>	<b>3</b>	<b>B</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>E</b>
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

<b>A</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>T</b>
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	<b>C3B</b>	//	//	<b>00</b>	<b>05</b>	<b>04</b>	<b>10</b>	<b>01</b>
------------------------------	------------	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA
-



TELT sas – Savoie Technolac - Bâtiment "Homère"  
13 allée du Lac de Constance – 73370 LE BOURGET DU LAC (France)  
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75  
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952  
Propriété TELT Tous droits réservés – Proprietà TELT Tutti i diritti riservati

Ce projet  
est cofinancé par  
l'Union européenne  
(DG-TREN)



Questo progetto  
è cofinanziato  
dall'Unione europea  
(TEN-T)

## SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE .....	15
1.1 Quadro normativo .....	15
2. DEFINIZIONE DELLE COMPONENTI DI RISCHIO .....	16
2.1 Sorgenti di pericolo.....	16
2.2 Danno potenziale .....	16
2.3 Relazioni tra la componente pericolosità e la componente danno potenziale .....	17
2.3.1 Approccio metodologico.....	17
3. GESTIONE DEL RISCHIO AMIANTO .....	18
3.1 Individuazione delle potenziali sorgenti di roccia contenente amianto.....	18
3.1.1 Caratterizzazione della possibilità di presenza di mineralizzazione asbestiformi negli ammassi rocciosi interessati dallo scavo.....	20
3.2 Identificazione dei potenziali ricettori .....	20
3.3 Scenario operativo per la gestione del materiale contenente minerali asbestiformi	21
3.3.1 Modifiche rispetto al Progetto Definitivo Approvato .....	22
3.3.2 Fase di scavo per il settore di Mompantero (ultimi 350-400 m c.a. del Tunnel di Base).....	23
3.3.3 Scavo delle rocce verdi in altri settori.....	27
4. GESTIONE DEL RISCHIO RADIOATTIVITÀ NATURALE E GAS RADON .....	30
4.1 Gestione del rischio connesso all'attività degli isotopi naturali radioattivi negli ammassi rocciosi.....	30
4.1.1 Caratterizzazione radiometrica dei materiali di scavo .....	33
4.1.2 Identificazione dei potenziali ricettori .....	55
4.1.3 Misure di mitigazione del rischio .....	55
4.2 Gestione del rischio radon .....	57
4.2.1 Riferimenti Normativi.....	58
4.2.2 Valori delle concentrazioni di gas radon in ambienti civili per la bassa Valle Susa .....	59
4.2.3 Il contesto geologico della bassa Valle Susa in relazione al rischio radon.....	61
4.2.4 Monitoraggio Radon nel Cunicolo della Maddalena .....	70
4.2.5 Identificazione dei potenziali ricettori .....	74
4.2.6 Misure di mitigazione del rischio radon .....	75
5. GESTIONE DEL RISCHIO RADIOATTIVITÀ NATURALE E GAS RADON .....	76
5.1 Gestione del rischio connesso la presenza di concentrazione elevate in Arsenico..	76
6. BIBLIOGRAFIA .....	77
7. ALLEGATO 1 – CERTIFICATI DELLE PROVE DI LABORATORIO PER LA CARATTERIZZAZIONE RADIOMETRICA DEI MATERIALI.....	79

## LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1</b> – Stralcio del profilo geologico in asse Tunnel di Base nella zona dell'imbocco est del Tunnel di Base (rif. PRVC3BTS30006).....	19
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<b>Figura 2</b> – Modello concettuale seguito per la definizione delle relazioni tra sorgenti e ricettori .....	21
<b>Figura 3</b> -Principio della gestione delle rocce verdi in galleria nel Progetto Definitivo Approvato.....	22
<b>Figura 4</b> - Trasporto dello smarino e dei cassoni .....	23
<b>Figura 5</b> - Trasporto dello smarino nella zona di testa della TBM .....	24
<b>Figura 6</b> - Trasporto dello smarino e confezionamento .....	24
<b>Figura 7</b> - Tipi di cassoni (da CSP).....	25
<b>Figura 8</b> - Confezionamento in contenitori .....	25
<b>Figura 9</b> - Carri gommati a doppia cabina .....	25
<b>Figura 10</b> - Trasporto dei contenitori e lavaggio dei mezzi .....	26
<b>Figura 11</b> - Percorso dei mezzi dall'area di confezionamento fino all'area di stoccaggio .....	26
<b>Figura 12</b> – Lato Francia (vallone di Etache – F30bis; val di Ambin: F16): ubicazione planimetrica dei sondaggi F16 e F30bis (punti in verde) rispetto al tracciato del Tunnel di Base (linee blu e viola).....	35
<b>Figura 13</b> – Lato Italia (Val Clarea – S4; versante destro della Val Cenischia – S5): ubicazione planimetrica dei sondaggi S4 e S5 (punti in verde) rispetto al tracciato del Tunnel di Base (linee blu e viola). Le linee nere rappresentano rispettivamente il tracciato della galleria di ventilazione di Clarea (sinistra) e del cunicolo esplorativo della Maddalena (destra).....	35
<b>Figura 14</b> - Lato Italia (settore di Mompantero): ubicazione planimetrica dei sondaggi S8 e S42 (punti in verde) rispetto al tracciato del Tunnel di Base (linee blu e viola).....	35
<b>Figura 15</b> – Proiezione dei sondaggi considerati per il prelievo dei campioni sul profilo geologico del Tunnel di Base (barre verdi). (A) Dettaglio relativo al sondaggio F30bis; (B) dettaglio relativo al sondaggio F16; (C) dettaglio relativo ai sondaggi S4 e S5; (D) dettaglio relativo ai sondaggi S42 e S8. I tratti orizzontali lungo i sondaggi indicano gli intervalli di campionamento: i tratti in giallo corrispondono agli intervalli per i quali sono stati rilevati campioni con tenori dei metalli rispetto alle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) (rif. PRVC3BTS30084).....	36
<b>Figura 16</b> – Stratigrafie dei sondaggi considerati per il prelievo dei campioni. Quat: depositi quaternari; COMPLESSO DI AMBIN – r-t: quarziti micacee e conglomerati quarziticici; AMC: gneiss leucocratici; AMD: micascisti quarzosi ± conglomeratici; COMPLESSO DI CLAREA – CL: micascisti e gneiss minuti a glaucofane ± albitizzati con locali lenti di metabasiti anfibolitiche; ZONA PIEMONTESE – GCC: scisti filladici-carbonatici; GCK: gneiss albitici (Gneiss di Charbonnel auct.); OMB: prasiniti, metabasiti; F: faglie. Il rettangolo tratteggiato nero lungo i sondaggi indica il settore entro quale ricade la proiezione della quota di scavo del Tunnel di Base.....	37
<b>Figura 17</b> – Attività specifica degli isotopi considerati (punti in rosso) lungo i sondaggi dai quali sono stati prelevati i campioni. I colori dei grafici riflettono la litologia delle formazioni descritte al par. 5.1.1.1. In ascissa è indicata la profondità del sondaggio in metri. In ordinata è indicata l'attività specifica espressa in Bq/kg. ....	42
<b>Figura 18</b> – Attività specifica (Bq/kg) per $^{238}\text{U}$ rilevata nei campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi).....	49
<b>Figura 19</b> – Attività specifica per $^{232}\text{Th}$ rilevata nei campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi). ....	49
<b>Figura 20</b> – Attività specifica per $^{40}\text{K}$ rilevata nei campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi)...	50

**Figura 21** – Indice di attività calcolato per i campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi)..... 51

**Figura 22** – Sum Index (SI) calcolato per i campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi). La linea rossa indica il limite di rilevanza radiologica, posto dalla RP 122 pari a 1. .... 51

**Figura 23** – Modello concettuale seguito per la definizione delle relazioni tra sorgenti e ricettori ..... 55

**Figura 24** – Carta dei valori medi comunali della concentrazione di Radon per i comuni della Provincia di Torino. Il rettangolo indica il settore entro cui si colloca l’area di progetto. .... 60

**Figura 25** – Valori del rateo di esalazione radon misurati per i campioni analizzati. Nella tabella sono riportati i valori del RER per alcuni materiali lapidei naturali (Righi, Coatti, Verità, & Bruzzi, 2006). ..... 65

**Figura 26** – Tracciato delle opere in sotterraneo dell’impianto di idroelettrico di Pont-Ventoux (linee in verde). In fucsia è rappresentato il tracciato delle opere in progetto per la NLTL (figura non in scala). I cerchi in rosso indicano i settori per i quali i dati del monitoraggio hanno evidenziato, in condizioni di ventilazione spenta, i valori maggiori di concentrazione del gas radon. .... 70

**Figura 27** – Modello concettuale seguito per la definizione delle relazioni tra sorgenti e ricettori ..... 74

## LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

**Tabella 1** – Possibile presenza di mineralizzazioni asbestiformi per le differenti tratte del tracciato in progetto..... 20

**Tabella 2** – Attività specifica (Bq/kg) degli isotopi  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{232}\text{Th}$ , rilevati nei suoli di differenti nazioni (UNSCEAR, 2000). ..... 32

**Tabella 3** – Elenco dei sondaggi considerati per le attività di campionamento e analisi radiometrica..... 34

**Tabella 4** – Attività specifica degli isotopi di  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  rilevati per i campioni di roccia prelevati dalle carote di sondaggio. (\*)  $^{226}\text{Ra}$  è preso come indice della concentrazione di  $^{238}\text{U}$  poiché è stato verificato l’equilibrio secolare;(\*\*)  $^{228}\text{Ra}$  è preso come indice della concentrazione di  $^{232}\text{Th}$  poiché è stato verificato l’equilibrio secolare..... 40

**Tabella 5** – Valori medi dell’attività specifica degli isotopi naturali presenti nelle rocce analizzate..... 41

**Tabella 6** – Sintesi dei valori di attività specifica rilevati per i campioni esaminati distinti per unità litologica. \*(Righi, Bett, Bruzzi, Mazzotti, & G., 2000); \*\*(Hunter-Smith, 2012). ..... 42

**Tabella 7** – Risultati delle attività di caratterizzazione radiometrica dei materiali di scavo dei lavori di realizzazione della NLTL, condotte su campioni prelevati da sondaggi di TELT (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). ..... 44

**Tabella 8** - Valori medi dell’attività specifica degli isotopi naturali presenti nelle rocce analizzate dal Politecnico di Torino (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). ..... 45

**Tabella 9** – Valori medi dell’attività specifica distinti in funzione dei litotipi (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). \*(Righi, Bett, Bruzzi, Mazzotti, & G., 2000); \*\*(Hunter-Smith, 2012). ..... 45

**Tabella 10** – Clearance levels (Bq/g) definiti per i radioisotopi considerati dalla RP 122 Part 2..... 47

**Tabella 11** – Caratterizzazione del tracciato in termini di rischio di scavo in rocce con attività specifica degli isotopi naturali superiore ai valori medi dell’ammasso roccioso.\* per la Piana di Susa non sono previste opere in sotterraneo. .... 54

---

<b>Tabella 12</b> – Misure di monitoraggio per la valutazione del rischio radiologico.....	57
<b>Tabella 13</b> – Medie comunali della concentrazione di Radon .....	61
<b>Tabella 14</b> - Valori del Rateo di esalazione radon per i campioni considerati nella campagna di indagini del 2012. (***) RER indicativo. Per l'ubicazione dei sondaggi si faccia riferimento alle figure del par. 5.1.1.1.....	64
<b>Tabella 15</b> - Sintesi dei valori del rateo di esalazione radon rilevati per i campioni esaminati distinti per unità litologica.....	64
<b>Tabella 16</b> – Rateo di esalazione radon per i campioni analizzati senza preliminare frantumazione (Bq/m <sup>2</sup> /h) e relativo indice di attività calcolato secondo quanto previsto dalla RP 112 (UE, Radiation Protection 112 - Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials, 1999).....	65
<b>Tabella 17</b> –Livelli di suscettibilità all'emissione di gas radon per le differenti tratte del tracciato in progetto. .* per la Piana di Susa non sono previste opere in sotterraneo.....	72
<b>Tabella 18</b> – Punti di misura delle concentrazioni di radon in aria.....	75

## RESUME / RIASSUNTO

La présente d'étude a pour but de fournir le cadre pour la caractérisation et la gestion des risques pour la population et l'environnement liés aux thématiques spécifiques de la géologique et de l'environnement en relation avec les travaux de construction des ouvrages de la Nouvelle ligne Turin - Lyon: Amiante; Radioactivité ; Gaz Radon.

Ce rapport, dans la actuelle phase du Projet en Variante, reprend les concepts déjà défini dans le cadre de la précédente phase de étude de « Progetto Definitivo Approvato », intègre également les nouvelles informations provenant du retour d'expérience du Tunnel explicatif de la Maddalena, que les révisions à la précédente projet en raison du nouveau scénario de construction de la ligne ferroviaire côté italien suivant la prescription de la résolution n. 235 du CIPE 19/2015.

Le nouvelle scénario de construction comporte le déplacement de d'attaque de l'excavation à La Maddalena de Chiomonte, avec l'excavation de l'ouest à l'est et la sortie à le portal est du Tunnel de Base en localité Susa.

En ce qui concerne les deux principaux problèmes, le Projet en Variante et plus généralement la prescription 235 de la résolution CIPE 19/2015:

- pour le thème de l'amiante, relativement l'excavation du Tunnel de Base, la modification de l'excavation avec la possibilité d'exécuter directement en souterraine l'excavation des roches vertes, en éliminant les potentiels impacts environnementaux associés à l'environnement extérieur et ensuite sur la population;
- pour les thème radioactivité et radon, la mise à jour des données avec des mesures effectuées dans le suivi du Tunnel de la Maddalena.

La caractérisation des risques pour la

Il presente elaborato ha la finalità di fornire il quadro relativo alla caratterizzazione e gestione dei rischi per la popolazione e l'ambiente riferiti a specifiche tematiche geologico ambientali in relazione ai lavori di realizzazione delle opere connesse alla Nuova Linea Torino – Lione: Amianto; Radioattività; Radon.

Questo elaborato, nell'attuale fase di Progetto in Variante, riprende quanto già definito nell'ambito della precedente fase di Progetto Definitivo Approvato, integrando altresì sia le nuove informazioni provenienti dal ritorno di esperienza dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena, che le revisioni al precedente progetto per effetto della progettazione del nuovo scenario di costruzione del collegamento ferroviario lato Italia a seguito della prescrizione 235 della delibera CIPE.

Il nuovo scenario di costruzione prevede lo spostamento dell'attacco dello scavo alla Maddalena di Chiomonte, con verso di scavo da ovest verso est e uscita all'imbocco est del Tunnel di Base in località Susa.

Relativamente alle due principali problematiche, il Progetto in Variante e più in generale la prescrizione 235 della delibera CIPE 19/2015 determinano:

- per il tema amianto, relativamente lo scavo del Tunnel di Base, la modifica dello scavo con la possibilità di eseguire direttamente dal sotterraneo lo scavo delle rocce verdi, eliminando i possibili impatti di tipo ambientale connessi con l'ambiente esterno e quindi sulla popolazione;
- per il tema radioattività e radon, l'aggiornamento dei dati con le misure eseguite nel monitoraggio durante lo scavo del Cunicolo della Maddalena.

Al fine di procedere ad una caratterizzazione del rischio per la popolazione e l'ambiente in

population et l'environnement en relation avec les sources de danger est défini sur la base du modèle conceptuel suivant: vérification de la distribution et magnitude de la source de danger, distribution des récepteurs et définition de leur vulnérabilité par rapport aux effets de l'agent de danger (résumables comme dommage potentiel).

Amiante.

En ce qui concerne le thème de l'amiante, sur la base du modèle géologique de référence est définie une caractérisation de la possibilité de creuser dans des roches contenant de l'amiante comme suit:

riferimento alle sorgenti di pericolo poc'anzi elencate il modello concettuale seguito è il seguente: verifica della distribuzione e della magnitudo della sorgente di pericolo; distribuzione dei ricettori e caratterizzazione della loro vulnerabilità agli effetti dell'agente di rischio (sintetizzabili nel termine danno potenziale).

Amianto.

In relazione al tema amianto, sulla base del modello geologico di riferimento è definita una caratterizzazione della possibilità di scavo in rocce contenenti amianto come segue:

Opera	Pk da	Pk a	Lunghezza (m)	Possibile presenza di mineralizzazioni di amianto
<b>Tunnel di Base</b>	61+076	60+695	381	alta
	60+688	60+599	89	bassa
	60+599	60+565	34	molto bassa
	60+565	60+294	271	bassa
	60+294	60+244	50	molto bassa
	60+244	57+409	2835	bassa
	57+409	57+344	65	molto bassa
	57+344	55+017	2327	bassa
	55+017	54+966	51	molto bassa
	54+966	54+924	42	bassa
	54+924	53+393	1531	molto bassa
	53+393	51+960	1433	bassa
<b>Tunnel di Interconnessione</b>	63+870	0+165	165	bassa
	0+165	1+732	1567	bassa
	1+732	1+740	8	molto bassa

*Le PK et longueurs indiquées sont indicatives.*

*Le Pk e lunghezze sono indicative.*

En plus de la caractérisation des sources sont ensuite définis les impacts potentiels sur les récepteurs identifiés. En cas d'excavation dans une roche contenant de l'amiante doivent être évalués les impacts potentiels dans l'environnement de travail souterrain, en absence de mesures préventives et / ou d'atténuation. Ces effets sont: (a) la dispersion des fibres dans l'atmosphère, (b) la dispersion des fibres libérées par le matériel excavé dans les circuits d'eau souterraine et (c) la présence d'amiante dans le matériel excavé. En outre, en absence de mesures préventives et / ou d'atténuation, les impacts identifiés ont des répercussions sur l'environnement: (a) la propagation des fibres dans l'air, (b) la

Oltre alla caratterizzazione delle sorgenti sono quindi definiti i potenziali impatti sui ricettori identificati. Il modello seguito prevede che in caso di scavo in rocce contenenti amianto debbano essere valutati i possibili impatti nell'ambiente di lavoro in sotterraneo, in assenza di misure preventive e/o mitigative. Questi impatti sono: (a) la dispersione di fibre in atmosfera, (b) la dispersione delle fibre liberate dal marino nei circuiti idrici sotterranei e (c) la presenza di marino contenente amianto. Sempre in assenza di misure preventive e/o mitigative, gli impatti individuati hanno delle ripercussioni per l'ambiente esterno: (a) propagazione di fibre aerodisperse, (b) presenza di cumuli di marino

présence d'amiante dans le matériel d'excavation qui peut être rejeté dans l'air ou dans le sol, (c) la propagation des fibres provenant des circuits de l'eau souterrain dans ceux de surface à partir des points de résurgence. Pour ces impacts sont évidents les possibles conséquences pour la population et pour la santé publique sont mises en évidence.

Afin de prévenir les impacts identifiés les procédures suivantes sont définies pour l'excavation en souterrain articulées en fonction du niveau de probabilité et de l'ampleur de la source de danger.

Pour le secteur de Mompantero, le long des 350 à 400 m, les roches vertes seront excavées en priorité au tunnelier puis confinées dans des caisses directement sur le train suiveur du tunnelier. L'excavation au tunnelier s'est avéré la méthode la plus pertinente du point de vue de la sécurité des travailleurs.

Le transport s'effectuera en utilisant les trains sur pneus du tunnelier et restera souterrain jusqu'aux galeries de stockage.

Le stockage s'effectuera dans les tronçons de galeries non utilisées en phase d'exploitation de Maddalena 1 et de Maddalena 2. Le bilan des volumes d'excavation porte à la nécessité de créer une galerie parallèle à la galerie Maddalena 1 de longueur 1 km (accessible depuis Maddalena 1) afin de stocker la totalité du volume d'excavation prévu. Ces galeries seront remplies de mortier-ciment afin de constituer un dépôt stable et inaccessible en phase définitive.

L'eau utilisé pour ces travaux, ainsi que celle des barrières de confinement et celle des systèmes de décontamination sont également traitée et filtrée.

Dans les autres tronçons du Tunnel de Base la probabilité de découverte de roches vertes est de inexistante est faible, en cours de l'excavation seront activé les outils de contrôle suivants:

- exécution des sondages en cours d'excavation;
- surveillance du matériaux

contenenti fibre asbestiformi che si possono liberare nell'aria o nel suolo, (c) propagazione delle fibre dai circuiti sotterranei a quelli superficiali a partire dai punti di risorgenza. Per questi ultimi impatti sono evidenti le possibili ricadute per la popolazione relativamente all'aspetto della salute pubblica.

Al fine di prevenire gli impatti individuati sono definite le procedure di scavo in sotterraneo articolate in funzione del livello di probabilità e magnitudo della sorgente di pericolo.

Per il settore di Mompantero, lungo i 350-400m, le rocce verdi saranno scavate principalmente con TBM poi confinate in contenitori direttamente sul back-up della TBM. Lo scavo con TBM risulta il metodo più pertinente dal punto di vista della sicurezza dei lavoratori.

Il trasporto si effettuerà utilizzando i carri gommati della TBM e resterà in sotterraneo fino allo stoccaggio.

Lo stoccaggio si effettuerà nelle tratte delle gallerie Maddalena 1 e Maddalena 2 non utilizzate in fase di esercizio. Il bilancio dei volumi di scavo porta alla necessità di creare una galleria parallela a Maddalena 1 di lunghezza 1 km (accessibile da Maddalena 1) al fine di stoccare l'intero volume di scavo previsto. Queste gallerie saranno riempite di malta cementizia al fine di costituire un deposito stabile ed inaccessibile in fase definitiva.

Le acque di lavorazione, delle barriere di confinamento e dei processi di decontaminazione sono trattate e filtrate anch'esse.

Negli altri settori del Tunnel di Base la probabilità di incontrare rocce verdi è da nulla a bassa, tuttavia in corso di scavo saranno attivati i seguenti presidi di controllo:

- esecuzione di sondaggi in avanzamento;
- monitoraggio del marino con campionamento del materiale di risulta e analisi di laboratorio nel corso dello scavo.



d'excavation par prélèvement d'échantillon et l'analyse des laboratoire pendant l'excavation.

L'excavation du Tunnel d'Interconnexion sera réalisé en méthode conventionnelle. Pour ce secteur sont prévues des mesures qui permettent l'activation immédiate des actions indiquées pour le secteur de Mompantero dans le cas où seraient trouvés des minéraux d'amiante dans les matériaux à excaver.

Pour les autres secteurs du tunnel de base, où la possibilité de trouver l'amiante est évaluée comme très faible, des contrôles par des forages au front d'excavation et des analyses des matériaux excavés sont prévus.

Il convient de souligner que l'excavation du tunnel exploratif de la Maddalena n'a jamais intercepté rochers avec la présence de minéraux amiantiferi.

#### Radioactivité.

La caractérisation du tracé par rapport à la présence de minéraux radioactifs a été défini sur la base d'études menées au cours de l'APR2006, par le Politecnico di Torino sur la base des résultats des analyses de l'étude précédente de « Progetto Definitivo Approvato » sur échantillons de roche prélevés à partir des carottes des forages réalisées par TELT et les mesures effectuées au cours du suivi du Tunnel de la Maddalena. de la fouille du Terrier de la Maddalena.. En ce qui concerne le tracé du projet de la NLTL l'étude a permis de caractériser les micascistes de Clarea (CL), les gneiss aplitiques (AMC) et albitiques du complexe d'Ambin, les schistes carbonatiques phylliteux (CCG) et les gneiss de Charbonnel (GCK) de la Zone Piémontaise e de la Zone à Ecaille.

Pour chaque échantillon a été déterminée l'activité spécifique des isotopes naturels suivantes :  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  et  $^{40}\text{K}$ . Les valeurs mesurées par la présente étude et ceux déterminés par le Politecnico di Torino ont été utilisés pour le calcul de l'index d'activité, qui évalue l'aptitude à l'utilisation des déblais comme matériaux de construction, et l'index SI, qui évalue l'importance radiologique des déblais. L'activité spécifique des isotopes

Per il Tunnel di Interconnessione lo scavo avverrà in tradizionale. Per questo settore sono previste misure che permettano l'immediata attivazione dei presidi indicati per il settore di Mompantero nel caso siano rinvenute porzioni dell'ammasso scavato con minerali di amianto (rilevamento al fronte, monitoraggio di eventuali fibre aerodisperse, analisi sul marino).

Per i settori di scavo meccanizzato, dove la possibilità di rinvenimento di materiali contenenti amianto è valutata come remota, sono comunque previsti controlli con sondaggi in avanzamento e analisi sul marino.

Va tuttavia segnalato che lo scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena non ha mai intercettato rocce con presenza di minerali amiantiferi.

#### Radioattività.

La caratterizzazione del tracciato in relazione alla presenza di minerali radioattivi è stata definita in base agli studi condotti nella fase di APR2006, dal Politecnico di Torino, ai risultati delle analisi del precedente studio di Progetto Definitivo Approvato su campioni di roccia prelevate dalle carote dei sondaggi eseguiti da TELT e alle misure eseguite durante il monitoraggio del Cunicolo della Maddalena. In relazione allo sviluppo del tracciato del progetto della NLTL lo studio ha permesso la caratterizzazione dei micascisti di Clarea (CL), degli gneiss aplitici (AMC) e albitici del complesso di Ambin, degli scisti carbonatici filladici (GCC) e degli gneiss di Charbonnel (GCK) della Zona Piemontese e della Zona a Scaglie. Per ciascun campione è stata determinata l'attività specifica dei seguenti isotopi naturali:  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$ . I valori rilevati con le indagini del presente studio e quelli determinati dal Politecnico di Torino sono stati utilizzati per il calcolo dell'indice di attività, che valuta l'idoneità del marino come materiale da costruzione, e del Sum Index, che valuta la rilevanza radiologica del materiale di scavo. L'attività specifica degli isotopi analizzati è confrontabile con i valori medi rilevati per la crosta terrestre e per molti materiali da costruzione. Per tutti i

naturelles analysés est comparable aux valeurs moyennes de la croûte terrestre et de nombreux autres matériaux de construction. Pour tous les échantillons analysés le SI est <1 ; aucun échantillon montre importance radiologique. Les valeurs de l'index d'activité sont inférieurs à 1 (comme demandé par la RP112 de référence) pour 94 échantillons sur 95 analysés (50 dans la présente étude et 45 pour l'étude du Politecnico di Torino). Le seul dépassement des limites concerne un échantillon de gneiss aplitiques du Complexe d'Ambin caractérisé par un indice d'activité légèrement supérieur à 1 (valeur calculée 1,3).

Sur la base des résultats obtenus le tracé a été caractérisé en termes de possibilité de traverser des zones avec des minéralisations radioactives.

campioni analizzati il Sum Index risulta essere <1; nessuno dei campioni presenta caratteristiche di rilevanza radiologica. I valori dell'indice di attività risultano inferiori a 1 (come richiesto dalla RP112 di riferimento) per 94 campioni su 95 analizzati (50 per il presente studio e 45 per lo studio del Politecnico). L'unico superamento è verificato per una campione relativo agli gneiss aplitici del Complesso di Ambin caratterizzato da un indice di attività di poco superiore a 1 ( valore calcolate 1,3).

Sulla base dei risultati acquisiti il tracciato è stato caratterizzato in termini di possibilità di attraversamento di settori con mineralizzazioni radioattive.

Settore	Pk da	Pk a	Lunghezza (m)	Possibilità (attività specifica > att. spec. media crosta terrestre)
<b>Tunnel di Base</b>	44+120	53+750	12550	Bassa
	53+750	54+830	1080	Media
	54+830	61+076	6246	Bassa
<b>Piana di Susa*</b>	61+076	63+870	2794	Molto bassa
<b>Tunnel di Interconnessione</b>	63+870	0+035	165	Bassa
	0+035	1+900	1865	Bassa

\* per la Piana di Susa non sono previste opere in sotterraneo.

Il est noté que, au cours des surveillance effectué dans le Tunnel de la Maddalena ne sont pas enregistrées particuliers problèmes liés à la présence de la radioactivité naturelle le long de l'excavation du tunnel.

En plus de la caractérisation des sources sont ensuite définis les impacts potentiels sur les récepteurs identifiés. Le modèle indique que dans le cas des travaux d'excavation dans des roches contenant des minéraux radioactifs doivent être évalués les possibles effets dans l'environnement de travail, en l'absence de mesures préventives et / ou d'atténuation.

Ces impacts sont les suivants: (a) la dispersion des poussières radioactives dans l'atmosphère, (b) la dispersion de la poussière radioactive libérée par les matériaux d'excavation dans les circuits d'eau souterraine et (c) la présence des matériaux d'excavation caractérisés par un niveau élevé de radioactivité. En outre, en l'absence de

Si segnala che nel corso del monitoraggio eseguito nel Cunicolo della Maddalena non sono stati registrati particolari criticità connesse con la presenza di radioattività naturale lungo lo scavo del cunicolo.

Oltre alla caratterizzazione delle sorgenti sono quindi definiti i potenziali impatti sui ricettori identificati. Il modello seguito prevede che in caso di scavo in rocce contenenti minerali radioattivi debbano essere valutati i possibili impatti nell'ambiente di lavoro in sotterraneo, in assenza di misure preventive e/o mitigative. Questi impatti sono: (a) la dispersione di polveri radioattive in atmosfera, (b) la dispersione delle polveri radioattive liberate dal marino nei circuiti idrici sotterranei e (c) la presenza di marino caratterizzato da un livello di radioattività significativo. Sempre in assenza di misure preventive e/o mitigative, gli impatti individuati hanno delle ripercussioni per l'ambiente esterno: (a) propagazione delle

mesures préventives et / ou d'atténuation, les impacts identifiés peuvent avoir des répercussions sur l'environnement: (a) la propagation de la poussière radioactives du lieu de travail vers l'extérieur, (b) la présence des tas de déblais contenant des matériaux radioactifs, qui peuvent générer des poussières rejetés dans l'air ou dans le sol, (c) propagation des poussières radioactives provenant des circuits de l'eau souterrain vers ceux de surface à partir des points de résurgence. Pour ces impacts les possibles conséquences sont mises en évidence pour la population et la santé publique. Sur la base de ces relations ont été définies des mesures de prévention pour la propagation de la poussière et des matériaux radiologiquement importants, par conséquent pour l'exposition de la population.

Les mesures à adopter sont la surveillance des taux de radioactivité dans l'environnement de l'excavation, dans les matériaux d'excavation et dans les matrices affectés. En particulier pour l'atmosphère il sera fait référence à la surveillance de la radioactivité des poussières totales en suspension associées à la présence des tas de déblais.

Dans le cas où les auscultations signaleraient des niveaux de radioactivité supérieurs aux limites définies par la loi, ou d'activité spécifique telles à déterminer des valeurs de l'index  $SI > 1$  ou de l'index d'activité  $> 1$ , les dispositions suivantes seront appliquées : activation des barrières d'eau afin de prévenir la propagation de la poussière qui pourrait être radioactive ; les matériaux d'excavation seront scellés et transférés vers la décharge suivant les procédures prévus pour la sécurité des travailleurs et de la population.

#### Gaz radon.

En même temps que l'analyse de l'activité spécifique des radio-isotopes naturellement présents dans les échantillons analysés dans la présente étude, il a été mesuré aussi le taux d'émission de gaz radon, afin d'évaluer la propension directe des matériaux à l'émission du radon. Les résultats obtenus pour 50 échantillons analysés indiquent que le taux d'émission de gaz radon des échantillons est

polveri radioattive dagli ambienti di lavoro a quello esterno, (b) presenza di cumuli di marino costituito da materiale radioattivo, da cui si generano polveri che si possono liberare nell'aria o nel suolo, (c) propagazione delle polveri radioattive dai circuiti sotterranei a quelli superficiali a partire dai punti di risorgenza. Per questi ultimi impatti sono evidenti le possibili ricadute per la popolazione relativamente all'aspetto della salute pubblica. Sulla base di queste relazioni sono definite le misure di prevenzione della dispersione di polveri e materiali eventualmente risultati radiologicamente rilevanti, quindi dell'esposizione della popolazione.

Le misure che saranno adottate sono riferite al monitoraggio dei livelli di radioattività in ambiente di scavo, sul marino e sulle matrici impattate. In particolare per l'atmosfera si farà riferimento al monitoraggio della radioattività delle polveri totali sospese associate alla presenza dei cumuli di deposito.

In presenza di rilevazioni relative al monitoraggio che segnalino il riscontro di livelli radioattività superiore ai limiti di legge o di attività specifica tali da determinare valori del Sum Index  $>1$  o dell'indice di attività  $>1$ , si opererà come segue: confinamento del fronte mediante barriera ad acqua al fine di prevenire la dispersione di polveri eventualmente radioattive; il materiale di scavo sarà essere opportunamente sigillato al fronte e trasferito in discarica secondo le modalità di gestione previste per la sicurezza dei lavoratori e della popolazione.

#### Radon.

Unitamente alle analisi dell'attività specifica dei radioisotopi naturali presenti nei campioni analizzati nel corso del presente studio, è stato misurato il rateo di emissione di gas radon, al fine di valutare la propensione diretta dei materiali all'emissione di radon. I risultati acquisiti per i 50 campioni analizzati indicano che il rateo di emissione di gas radon dei campioni è confrontabile con quello rilevato per molti materiali comunemente impiegati per la costruzione e come pietra ornamentale.

Sulla base dei dati sperimentali ottenuti dalle

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

comparable à celui observé pour de nombreux matériaux communément utilisés pour la construction et comme pierre ornementale.

Sur la base des données expérimentales obtenues à partir des essais de laboratoire, ainsi que les données relatives à les auscultations, effectuées pendant l'excavation du tunnel exploratif de La Maddalena, soit au cours des travaux précédents pour la construction de la centrale Pont-Ventoux, une caractérisation le long du tracé par rapport à la propension des émissions de gaz radon dans le tunnel a été réalisée.

analisi di laboratorio eseguite, unitamente ai dati relativi alle attività di monitoraggio, eseguite in questa fase nel corso dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena, che nel corso di lavori progressi durante la realizzazione dell'impianto di Pont-Ventoux, è stata eseguita una caratterizzazione lungo il tracciato relativamente alla propensione alla emissione di gas radon in galleria.

Settore	Pk da	Pk a	Lunghezza (m)	Suscettibilità Emissione Radon (SER)
<b>Tunnel di Base</b>	41+120	41+520	400	Media
	41+520	44+070	2550	Bassa
	44+070	44+120	50	Media
	44+120	47+100	2980	Bassa
	47+100	50+100	3000	Alta
	50+100	50+300	200	Bassa
	50+300	50+500	200	Alta
	50+500	50+825	325	Bassa
	50+825	52+300	1475	Alta
	52+300	53+400	1100	Bassa
	53+400	53+900	500	Media
	53+900	54+950	1050	Bassa
	54+950	56+300	1350	Alta
	56+300	57+100	800	Media
	57+100	57+760	660	Bassa
	57+760	57+820	60	Media
	57+820	60+580	2760	Bassa
60+580	60+620	40	Alta	
60+620	61+089	460	Bassa	
<b>Piana di Susa*</b>	61+080	63+870	2790	Molto bassa
<b>Tunnel di Interconnessione</b>	63+870	0+240	370	Bassa
	0+240	1+900	1900	Media

\* per la Piana di Susa non sono previste opere in sotterraneo.

Jusqu'ici, sur la base des données disponibles, la surveillance des émissions de radon dans l'excavation du Tunnel exploratoire de la Maddalena n'a pas mis en évidence particuliers problèmes et les émissions sont, en général, normal.

Ad oggi, sulla scorta dei dati a disposizione, il monitoraggio delle emissioni Radon nello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena non ha evidenziato particolari criticità e i valori delle emissioni sono, in generale, risultati nella norma.

En plus de la caractérisation des sources ont été ensuite définis les impacts potentiels sur les récepteurs identifiés. Le modèle indique que dans le cas des travaux d'excavation dans les roches ou secteurs où sont possibles phénomènes d'accumulation de gaz radon doivent être évalués les possibles effets dans l'environnement de travail, en absence de mesures préventives et / ou d'atténuation doivent être évalués.

Ces effets sont: (a) la dispersion du gaz dans le tunnel, (b) la dispersion du gaz radon dans les circuits d'eau souterraine et (c) la présence de matériaux d'excavation potentiellement émissifs. En outre, en l'absence de mesures préventives et / ou d'atténuation, les impacts identifiés ont des répercussions sur l'environnement: (a) la propagation du gaz à partir de la galerie vers l'environnement externe, (b) la présence de matériaux d'excavation potentiellement émissifs, (c) la propagation de gaz à partir des circuits souterrains vers l'atmosphère à partir des points de reprise, (d) l'exposition de la population aux eaux de source enrichies en gaz radon dissous.

Pour ces impacts les possibles conséquences pour la population et la santé publique sont mises en évidence. Sur la base de ces relations sont définies les mesures pour la prévention des phénomènes de dispersion de gaz radon.

En plus de la mesure des concentrations de radon dans les galeries et de la caractérisation radiométrique du matériel d'excavation, qui constituent la première garantie pour la détection rapide des sources potentielles de gaz radon, dans l'environnement de travail, la formation d'accumulations de gaz radon est empêché par la présence d'un système de ventilation adapté. Des mesures spécifiques contenues dans le Programme d'Auscultation de l'environnement du EIE (Étude d'impact environnemental) du projet sont également prévues. Elles consistent au suivi des composantes environnementales suivantes :

- eaux superficielles et eaux souterraines par rapport aux teneurs en uranium, en radio et radon dissous afin de permettre la détection

Oltre alla caratterizzazione delle sorgenti sono quindi definiti i potenziali impatti sui ricettori identificati. Il modello seguito prevede che in caso di scavo in rocce o settori suscettibili di determinare significative emissioni di gas radon debbano essere valutati i possibili impatti nell'ambiente di lavoro in sotterraneo, in assenza di misure preventive e/o mitigative. Questi impatti sono: (a) la dispersione del gas in galleria, (b) la dispersione del gas radon nei circuiti idrici sotterranei e (c) la presenza di marino potenzialmente emissivo. Sempre in assenza di misure preventive e/o mitigative, gli impatti individuati hanno delle ripercussioni per l'ambiente esterno: (a) propagazione del gas dalla galleria all'ambiente esterno, (b) presenza di cumuli di marino potenzialmente emissivi, (c) propagazione del gas dai circuiti sotterranei in atmosfera a partire dai punti di risorgenza, (d) esposizione della popolazione ad acque di sorgente arricchite in gas radon disciolto. Per questi ultimi impatti sono evidenti le possibili ricadute per la popolazione relativamente all'aspetto della salute pubblica. Sulla base di queste relazioni sono definite le misure di prevenzione delle dispersioni di gas radon e quindi dell'esposizione della popolazione.

Oltre alla misurazione delle concentrazioni di radon in galleria e alla caratterizzazione radiometrica del marino, che costituiscono il primo presidio per il tempestivo rilevamento di potenziali sorgenti di gas radon, in ambiente di lavoro, la formazione di accumuli di gas radon è prevenuta dalla presenza di un corretto sistema di ventilazione. A questo si accompagnano le misure specifiche previste dal Piano di Monitoraggio Ambientale del SIA (Studio di Impatto ambientale) del progetto che prevede il monitoraggio delle seguenti matrici ambientali:

- acque superficiali e acque sotterranee in relazione ai tenori in Uranio, Radio e Radon disciolti al fine di permettere l'individuazione di incrementi delle concentrazioni che potrebbero avere conseguenze per le popolazioni e gli ecosistemi locali;

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

---

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>de l'augmentation des concentrations qui pourraient avoir des conséquences pour la population et les écosystèmes locaux;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• les concentrations de radon dans l'atmosphère dans les zones les plus proches aux chantiers.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• concentrazioni di radon in atmosfera nelle aree più prossime ai cantieri.</li></ul> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 1. Introduzione

Il rapporto ha la finalità di fornire il quadro relativo alla caratterizzazione e gestione dei rischi per la popolazione e l'ambiente riferiti a specifiche tematiche geologico ambientali in relazione ai lavori di realizzazione delle opere connesse alla Nuova Linea Torino - Lione.

Il presente documento viene redatto al fine di affrontare le seguenti problematiche:

- 1) Amianto;
- 2) Radioattività e Radon;

Questo elaborato, nell'attuale fase di Progetto in Variante, riprende quanto già definito nell'ambito della precedente fase di Progetto Definitivo Approvato, integrando altresì sia le nuove informazioni provenienti dal ritorno di esperienza dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena, che le revisioni al precedente progetto per effetto della progettazione del nuovo scenario di costruzione del collegamento ferroviario lato Italia a seguito della prescrizione 235 della delibera CIPE 19/2015.

Il nuovo scenario di costruzione prevede lo spostamento dell'attacco dello scavo alla Maddalena di Chiomonte, con verso di scavo da ovest verso est e uscita all'imbocco est del Tunnel di Base in località Susa.

Relativamente alle due principali problematiche, il Progetto in Variante e più in generale la prescrizione 235 della delibera CIPE 19/2015 determinano:

- per il tema amianto, relativamente lo scavo del Tunnel di Base, la modifica dello scavo con la possibilità di eseguire direttamente dal sotterraneo lo scavo delle rocce verdi, eliminando i possibili impatti di tipo ambientale connessi con l'ambiente esterno e quindi sulla popolazione;
- per il tema radioattività e radon, l'aggiornamento dei dati con le misure eseguite nel monitoraggio durante lo scavo del Cunicolo della Maddalena.

### 1.1 Quadro normativo

Il quadro normativo di riferimento del presente elaborato è il seguente:

- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i;
- DM Ambiente 10 agosto 2012 n. 161 – Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo
- Legge 27 marzo 1992, N.257 “Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto”
- Decreto Ministeriale 96 settembre 1994 “Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto”
- Titolo IX Capo III del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.”Protezione dai rischi connessi all'esposizione all'amianto”.
- D. Lgs. n. 230/1995 “Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti” e s.m.i.
- Radiation Protection n. 112 – Commissione Europea

Radiation Protection n. 122 (Part II) – Commissione Europea

## 2. Definizione delle componenti di rischio

La definizione qualitativa delle tipologie di situazioni di rischio per la popolazione e l'ambiente in relazione alle tematiche affrontate risulta essere funzione dei seguenti elementi:

- distribuzione e tenore della sorgente di pericolo;
- distribuzione dei ricettori e caratterizzazione della loro vulnerabilità agli effetti dell'agente di rischio (sintetizzabili nel termine danno potenziale).

### 2.1 Sorgenti di pericolo

In prima analisi possono essere distinte due tipologie di sorgenti di pericolo:

- sorgenti primarie di pericolo;
- sorgenti secondarie del pericolo.

Con il termine di *sorgente primaria* di pericolo ci si riferisce al caso in cui l'elemento di pericolosità risulti direttamente associato ad una fonte primaria di emissioni, ossia a particolari condizioni degli ammassi rocciosi, riferibili a specifiche condizioni mineralogiche o strutturali. È questo il caso della presenza di mineralizzazioni asbestiformi o uranifere, che, tenuto conto del contesto geologico locale, risultano circoscritte, se presenti, a determinate porzioni dell'ammasso roccioso. Il conseguente livello di rischio varia in funzione del grado di interferenza diretta dell'azione progettuale con la sorgente emissiva. In generale, nel caso in cui non sia prevista la manipolazione diretta delle sorgenti di pericolo primario, la probabilità di interazione con un potenziale ricettore risulta trascurabile.

Con il termine di *sorgente secondaria* ci si riferisce invece a sorgenti di pericolo la cui presenza è dipendente da una fonte di emissione primaria e da un particolare contesto di trasporto. È questo il caso legato alle emissioni di gas radon, la cui esistenza e tenore sono funzione dei seguenti parametri:

- presenza e concentrazione di minerali radioattivi negli ammassi rocciosi;
- tipologia dei mezzi (aria, acqua) di diffusione;
- geometria dei circuiti preferenziali di diffusione (fratture dell'ammasso, faglie, cavità carsiche, porosità dei terreni).

In questi casi, nell'ambito della gestione del rischio, l'esposizione alle sorgenti di pericolo non è più esclusiva funzione della localizzazione della sorgente primaria, ma è anche funzione dell'ubicazione dei punti di emissione connessi ai circuiti di diffusione. La riduzione e/o annullamento del rischio non sono possibili con la sola assenza di interferenza tra l'azione progettuale e la sorgente di pericolo primario, ma deve essere perseguita mediante l'adozione di opportune modalità operative.

### 2.2 Danno potenziale

Il danno potenziale è definito sulla base della presenza di ricettori che possono subire effetti nocivi in conseguenza all'esposizione a determinati agenti di pericolo.

Rientrano in questa definizione gli effetti sulla salute umana e sugli ecosistemi, connessi alla presenza di fibre asbestiformi in atmosfera, alla generazione di radiazioni conseguenti al decadimento di minerali radioattivi e alla presenza di gas radon.

La suscettibilità agli effetti nocivi da parte del ricettore è funzione di differenti aspetti: tipologia e concentrazione della sorgente di pericolo, modalità di esposizione, tempo di esposizione, condizioni pregresse del ricettore, etc.



## **2.3 Relazioni tra la componente pericolosità e la componente danno potenziale**

La relazione tra la sorgente di pericolo e i ricettori, e quindi il conseguente danno potenziale, è definita dalla modalità/mezzo di trasporto.

SORGENTE → TRASPORTO → RICETTORE

Questo elemento è funzione delle caratteristiche proprie della sorgente di pericolo, del contesto ambientale al contorno e delle modalità operative delle differenti azioni di progetto.

In particolare, specifiche azioni progettuali possono determinare una modificazione dello stato attuale delle matrici ambientali entro cui si collocano le differenti sorgenti, tale da attivare o variare l'intensità della connessione tra sorgente e ricettore.

In ultima analisi è da tenere in conto l'insieme di lavorazioni (scavo, macinazione, deposito di materiali) che possono trasformare un ammasso roccioso in una sorgente di pericolo (es. scavo in "pietre verdi" con liberazione di fibre asbestiformi altrimenti non mobilizzabili).

### **2.3.1 Approccio metodologico**

Nel presente rapporto viene condotta un'analisi finalizzata alla caratterizzazione delle sorgenti di pericolo in relazione alle tematiche affrontate: amianto, radioattività e radon.

Per ciascuna di esse viene definito il quadro della componente geologico-strutturale individuando le potenziali sorgenti di pericolo.

Sulla base delle lavorazioni in progetto e delle modalità di gestione del marino sono quindi individuati i potenziali ricettori.

In base alle possibili relazioni individuabili tra sorgente di pericolo e potenziali ricettori vengono quindi definiti gli scenari di rischio. Per questi ultimi sono proposte le linee di riferimento operativo finalizzate alla gestione/mitigazione/prevenzione del rischio per la popolazione e per l'ambiente.

### 3. Gestione del rischio amianto

Per una trattazione di maggior dettaglio della tematica si rimanda alla relazione specifica PRV\_C3B\_TSE3\_0086 “Gestione del materiale contenente amianto”. Di seguito viene proposta una sintesi con indicazione della modalità operativa scelta per la gestione del rischio specifico.

#### 3.1 Individuazione delle potenziali sorgenti di roccia contenente amianto

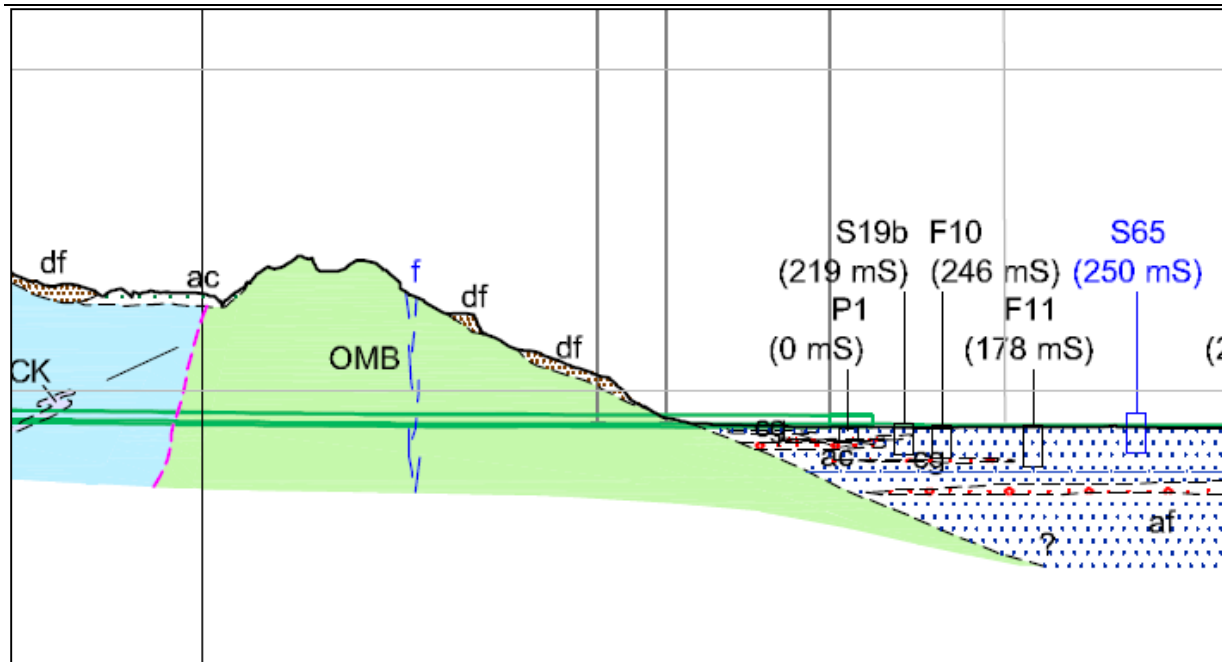
Procedendo da ovest verso est, la realizzazione del Tunnel di Base si sviluppa attraverso rocce del Massiccio di Ambin, della Zona a Scaglie e della Zona Piemontese. Il Tunnel di Interconnessione prevede invece lo scavo in rocce dell'Unità Dora Maira.

Relativamente alla valutazione del rischio amianto, il settore di maggiore criticità individuato è localizzato in prossimità della zona di imbocco est del Tunnel di Base. Il sito è caratterizzato dalla presenza di una scaglia di ofioliti riferibile all'Unità dei Calcescisti con Pietre Verdi (Zona Piemontese), costituita essenzialmente da prasiniti e serpentiniti. Dal punto di vista litologico l'ammasso roccioso è costituito da prasiniti e scisti prasinitici a grana fine, dal colore verde, composte principalmente da anfibolo, clorite, epidoto e plagioclasio albitico e da serpentiniti generalmente massicce a grana medio - fine costituite principalmente da serpentino e clorite. Le rocce di questo settore sono talora coinvolte in zone di taglio fragile – duttile in cui è stata segnalata la presenza di vene con anfibolo a tessitura fibrosa. Le analisi petrografiche hanno evidenziato la presenza di minerali d'amianto asbestiformi: le maggiori concentrazioni di minerali asbestiformi sono localizzate lungo le principali zone di taglio.

In particolare nel settore di Mompantero le specie mineralogiche amiantifere sono principalmente costituite da tremolite, actinolite e crisotilo. Sono stati riconosciuti due principali settori, a monte dell'abitato di Mompantero, dove si possono trovare mineralizzazioni asbestiformi concentrate sia massive che lungo zone di taglio duttile-fragile entro le sequenze ofiolitiche:

- affioramenti di ofioliti presenti lungo strada che porta alle frazioni Bianco e Braida ove nelle rocce dell'unità oceanica, l'anfibolo amiantifero è relativamente ubiquitario; esso è stato individuato all'interno delle rocce basiche, degli scisti attinolitici, mineralizzato in plaghe e vene, anche tardive, sia nelle rocce basiche che ultrabasiche. In particolare le rocce basiche esterne alle zone di taglio contengono anfibolo della serie tremolite - actinolite con caratteristiche morfologiche limite tra una specie asbestiforme e una non asbestiforme. In questi casi sono state definite come contenenti amianto tutte quelle rocce in cui è possibile la formazione di fibre amiantifere, nel caso in cui la roccia sia sottoposta a stress meccanici (macinazione, abrasione, fasi di scavo);
- affioramenti di serpentiniti e serpentinoscisti a monte della località Seghino, tra le frazioni Cugno e Giandula, dove il crisotilo si trova esclusivamente nelle rocce ultrabasiche, sia associato al serpentino non fibroso e in particolare nei serpentinoscisti, sia come riempimento di vene mineralizzate. Va sottolineato come fibre di crisotilo siano state rinvenute, anche se in quantità estremamente basse, anche all'interno delle serpentiniti ad antigorite, più massicce e in genere preservate dalle zone di taglio.

Sulla base dell'assetto geologico locale e della configurazione del tracciato in progetto di riferimento in variante (PRV), lo scavo degli ultimi 350-400 m circa del Tunnel di Base, procedendo dall'imbocco di Maddalena 2, interesserà le rocce ofiolitiche della Zona Piemontese (OMB) (Figura 1).



**Figura 1** – Stralcio del profilo geologico in asse Tunnel di Base nella zona dell'imbocco est del Tunnel di Base (rif. PRVC3BTS30006).

Le analisi condotte dal Politecnico di Torino (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005) indicano, per le rocce confrontabili con quelle che saranno oggetto di scavo nel settore di Mompantero/Susa, concentrazioni di amianto comprese tra 1 mg/kg e 401.105 mg/kg. Le analisi hanno individuato la presenza di amianto in 12 campioni, sui 33 esaminati. Di questi, 5 campioni risultano caratterizzati da un tenore superiore a 1000 mg/kg (corrispondente alla concentrazione soglia di contaminazione per la matrice suolo riportata nella tabella 1, Allegato 5 alla parte IV del D. Lgs. 152/2006 e smi).

Per quanti riguarda i litotipi che si attraverseranno nella precedente parte del tracciato, il modello geologico prevede, per alcuni dei litotipi attraversati, la possibilità di rilevare rocce con concentrazioni in amianto elevate in una percentuale stimata pari allo 0,05% del volume di roccia scavata. Per i calcescisti e gli gneiss di Charbonnel della Zona Piemontese e per i Micascisti quarzosi del Complesso di Clarea non è stata rilevata la presenza di amianto. In riferimento a quest'ultima formazione, per le metabasiti (Cl-b) intercalate nei micascisti di Clarea, la presenza di amianto è stata rilevata in concentrazioni comprese tra 12 mg/kg e 22 mg/kg (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Di seguito sono elencati i litotipi per i quali è valida la previsione proposta:

- le rocce provenienti da zone di faglia (dove le condizioni tettoniche possono portare alla formazione di mineralizzazioni amiantifere) (Perello & Venturini, 2006);
- gli scisti carbonatici filladici (Tunnel di Base) (GCC);
- le cataclasiti carbonatiche del Tunnel di Base (BCC);
- depositi alluvionali e di conoide alluvionale del fondovalle Cenischia (af e ac);
- i calcemicascisti (TCS) e i paragneiss listati (TPG) (Tunnel di Interconnessione) (TCS).

### 3.1.1 Caratterizzazione della possibilità di presenza di mineralizzazione asbestiformi negli ammassi rocciosi interessati dallo scavo

Sulla base dei dati acquisiti circa la natura dei litotipi e della loro composizione mineralogica, nella tabella seguente è riportata la caratterizzazione del tracciato in sotterraneo in funzione della probabilità di attraversamento di ammassi rocciosi con mineralizzazioni asbestiformi.

Opera	Pk da	Pk a	Lunghezza (m)	Possibile presenza di mineralizzazioni di amianto
Tunnel di Base	61+076	60+695	381	alta
	60+688	60+599	89	bassa
	60+599	60+565	34	molto bassa
	60+565	60+294	271	bassa
	60+294	60+244	50	molto bassa
	60+244	57+409	2835	bassa
	57+409	57+344	65	molto bassa
	57+344	55+017	2327	bassa
	55+017	54+966	51	molto bassa
	54+966	54+924	42	bassa
	54+924	53+393	1531	molto bassa
Tunnel di Interconnessione	53+393	51+960	1433	bassa
	63+870	0+165	165	bassa
	0+165	1+732	1567	bassa
	1+732	1+740	8	molto bassa

**Tabella 1** – Possibile presenza di mineralizzazioni asbestiformi per le differenti tratte del tracciato in progetto.

Sulla base delle precedenti considerazioni, delle tratte indicate nella **Tabella 1** e delle percentuali stimate descritte nel capitolo 3.1, la quantità totale di materiale previsto come roccia con minerali asbestiformi è di 219.638 ton, di questo 212.680 ton sono riferibili al settore di Mompantero entro le OMB tra le tratte 60+695 - 61+076 e l'esigua parte restante negli altri settori del Tunnel di Base e del Tunnel di Interconnessione.

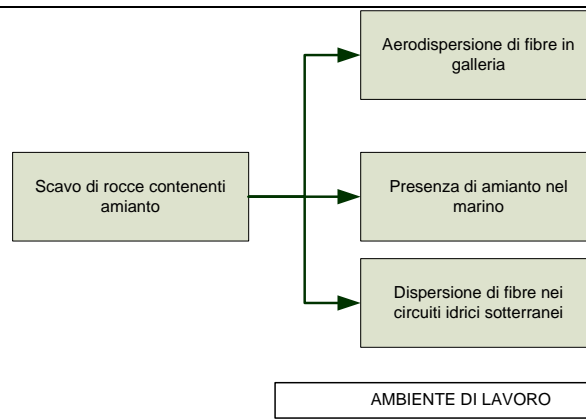
Va tuttavia sottolineato che all'interno del Massiccio di Ambin lo scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena, lungo il suo tracciato, non ha mai intercettato rocce con presenza di minerali amiantiferi.

### 3.2 Identificazione dei potenziali ricettori

In fase di scavo all'eventuale attraversamento di rocce contenenti minerali di amianto si associa la possibilità di dispersione di fibre che possono interessare le seguenti matrici ambientali:

- atmosfera
- suolo
- ambiente idrico
- salute dei lavoratori

In questo senso il modello concettuale seguito è così articolato secondo lo schema seguente.



**Figura 2** – Modello concettuale seguito per la definizione delle relazioni tra sorgenti e ricettori

L'attuale fase progettuale in variante, introduce l'importante modifica con lo spostamento dello scavo con attacco alla Maddalena di Chiomonte e quindi, relativamente il settore delle rocce verdi (OMB), lo scavo non avverrà più dall'esterno, come inizialmente previsto in Progetto Definitivo Approvato, ma direttamente dal sotterraneo procedendo da ovest verso est con uscita a Susa. Inoltre il marino derivante dallo scavo delle rocce verdi è previsto sia messo a deposito definitivo direttamente in galleria senza percorsi in tratti all'aperto. Tali modifiche permettono di eliminare gli impatti collegati alla dispersione di fibre asbestiformi in ambiente esterno, annullando completamente le possibili ricadute per la popolazione relativamente all'aspetto della salute pubblica.

Le stesse considerazioni valgono anche per le altre tratte del Tunnel di Base in cui cautelativamente è stata considerata la possibilità, seppur remota, di incontrare lenti di metabasiti potenzialmente contenenti amianto e per lo scavo del Tunnel di Interconnessione.

Pertanto, relativamente allo scavo delle rocce verdi nel Tunnel di Base, il modello presentato in Figura 2 prevederà che in caso di scavo in rocce contenenti amianto debbano essere valutati unicamente i possibili impatti nell'ambiente di lavoro in sotterraneo in assenza di misure preventive e/o mitigative, senza la componente relativa all'ambiente esterno. Questi impatti sono: (a) la dispersione di fibre in atmosfera, (b) la dispersione delle fibre liberate dal marino nei circuiti idrici sotterranei e (c) la presenza di marino contenente amianto.

Sulla base di queste relazioni sono definite nei paragrafi seguenti le misure di prevenzione delle dispersioni di fibre e quindi dell'esposizione della popolazione.

### 3.3 Scenario operativo per la gestione del materiale contenente minerali asbestiformi

Con riferimento al modello concettuale esposto nel paragrafo precedente, l'elemento primario di azione coincide con la corretta definizione delle modalità di scavo degli ammassi rocciosi attraversati, in funzione della caratterizzazione del tracciato relativamente alla possibilità di attraversamento di rocce contenenti amianto. La corretta scelta della modalità di scavo è volta al perseguimento dei seguenti obiettivi:

- 1) prevenzione della dispersione di fibre in ambiente di lavoro;
- 2) prevenzione della dispersione di fibre nei circuiti idrici sotterranei;
- 3) attivazione delle corrette procedure di gestione del marino.

Il materiale di scavo è gestito in funzione di una procedura di verifica e controllo dell'ammasso roccioso incontrato. La corretta implementazione delle tecniche di scavo previste e delle modalità di gestione del marino sono assicurate dal piano di utilizzo dei materiali di scavo, che prevede in fase di avanzamento, il monitoraggio della concentrazione

di fibre aerodisperse in galleria e il sistematico controllo della composizione mineralogica del marino, così da individuare tempestivamente situazioni di superamento dei limiti di legge relativi alla concentrazione in amianto.

Sulla base della caratterizzazione del tracciato è previsto uno scenario riferito al tratto di 350-400m circa di lunghezza relativo ultimo settore di Tunnel di Base prima dell'uscita dall'imbocco est di Susa. In questo settore, i dati ricavati dalle analisi condotte indicano, per diverse porzioni dell'ammasso roccioso, concentrazioni in amianto elevate. Considerata l'ubiquità di queste porzioni lungo la tratta di scavo, per l'intera parte del tracciato è prevista l'attivazione dello scenario di scavo più conservativo di quelli che saranno illustrati.

Lungo il resto del tracciato in sotterraneo, il modello seguito prevede la possibilità di incontrare litotipi contenenti amianto in tenori elevati in una percentuale stimata pari allo 0,05% del volume di roccia scavata. Tale valore, proprio di un approccio funzionale ai fini di gestione dell'eventuale rischio, è riferito alle intere tratte per le quali è previsto l'attraversamento delle litologie che possono potenzialmente presentare intercalazioni di rocce contenenti amianto. A livello operativo, la presenza, l'ubicazione e la geometria di eventuali corpi rocciosi amiantiferi devono essere valutate nel corso dell'avanzamento dello scavo; per questa ragione è definita una procedura che ne permetta il tempestivo riconoscimento e la determinazione del contenuto in amianto totale, così da poter attivare le misure previste dalla normativa in tema di tutela della salute. In particolare le procedure per questo secondo scenario devono essere definite in funzione della tecnica di scavo: tradizionale (tunnel di Interconnessione) o scavo meccanizzato con TBM (Tunnel di Base).

### 3.3.1 Modifiche rispetto al Progetto Definitivo Approvato

Per quanto riguarda il primo ambito operativo citato al paragrafo precedente (imbocco Est), in Progetto Definitivo Approvato si era previsto lo scavo con Martello Demolitore Idraulico da Susa. La gestione del materiale di scavo prevedeva la sigillatura del marino in big bags e il successivo trasporto a discarica, a mezzo ferrovia, nei siti di smaltimento in Germania (distanze da percorrere fino a 1400 km).

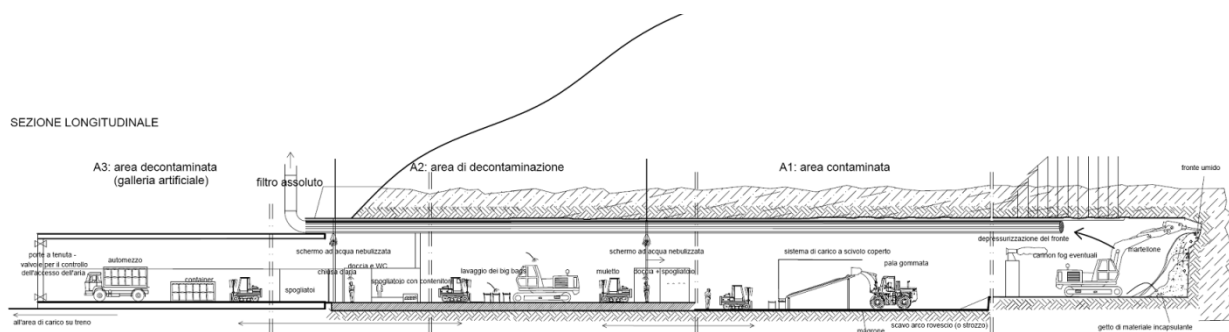


Figura 3 -Principio della gestione delle rocce verdi in galleria nel Progetto Definitivo Approvato

Il Progetto di Variante (PRV) porta ad una variazione delle configurazioni di scavo e delle opere nella zona di Maddalena (si veda ad es. la relazione PRV\_C30\_7190\_20-00-50), generando parti di opere che non hanno particolari funzionalità in fase di esercizio. Queste gallerie sono dunque utilizzate per lo stoccaggio delle rocce verdi. Lo stoccaggio in sotterraneo anziché l'evacuazione via treno ed il cambiamento del metodo di scavo (TBM anziché martello demolitore) porta a cambiamenti notevoli in merito alla logistica ed al confezionamento dello smarino. Per il secondo ambito operativo, sono mantenuti i medesimi presidi di quanto previsto nel Progetto Definitivo Approvato.

### 3.3.2 Fase di scavo per il settore di Mompantero (ultimi 350-400 m c.a. del Tunnel di Base)

Nel presente caso del Tunnel di Base, tutte le operazioni di scavo, trasporto e deposito avvengono in ambiente chiuso (le gallerie) senza mai uscire all'esterno: ciò, già di per sé, evita la diffusione incontrollata di fibre.

Lo scavo sarà eseguito con TBM, i vantaggi dello scavo con TBM rispetto al Martello Demolitore sono:

- Gli utensili a disco delle TBM rompono la roccia senza abraderla e quindi senza creare polvere (mentre i martelli demolitori creano polvere);
- Nelle TBM è già prevista una brumizzazione per il raffreddamento della testa;
- Le TBM garantiscono un maggiore automatismo e regolazione ("industria viaggiante");
- La grande testa rotante della TBM porta numerosi utensili a disco e quindi ha una produttività molto più alta di un martellone. Il cantiere complessivamente dura meno rispetto allo scavo tradizionale e presenta delle conseguenze positive sul planning e sull'impatto dell'intero cantiere;
- Nessuna presenza di lavoratori in prossimità del fronte (solo in corrispondenza della macchina) e contatto meno diretto dei lavoratori con la roccia (presenza della testa fresante e dello scudo – TBM scudata): confinamento delle emissioni al fronte.

Inoltre, la produttività media dello scavo con martello demolitore è di circa 130-160 mc/gg, la velocità media della TBM è di 4.0 m/gg (per consentire il confezionamento dello smarino), cioè circa 315 mc/gg.

La figura seguente illustra il trasporto dello smarino prima e dopo il suo confezionamento.

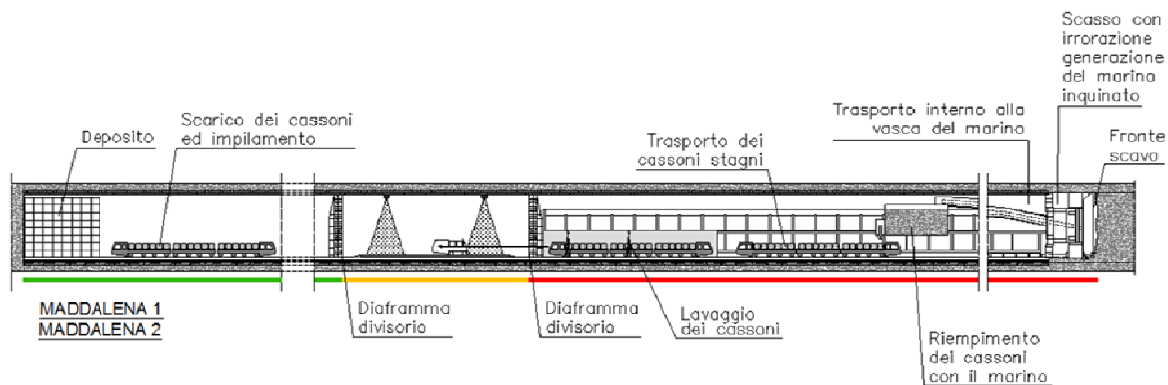
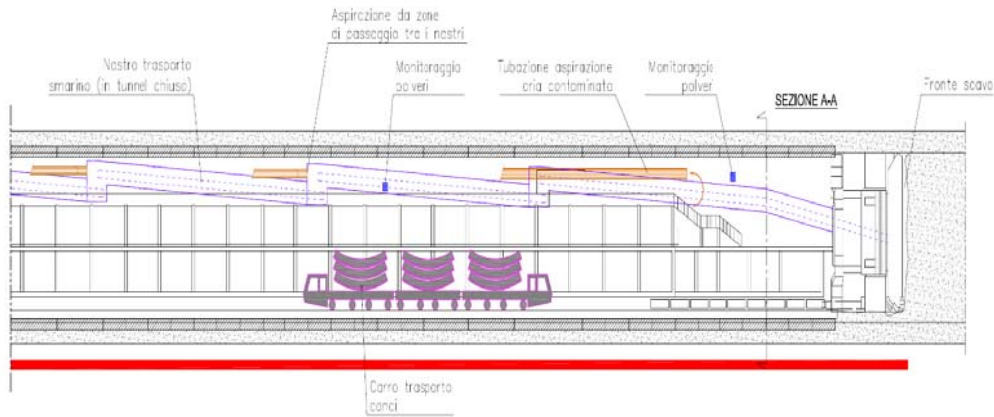


Figura 4 - Trasporto dello smarino e dei cassoni

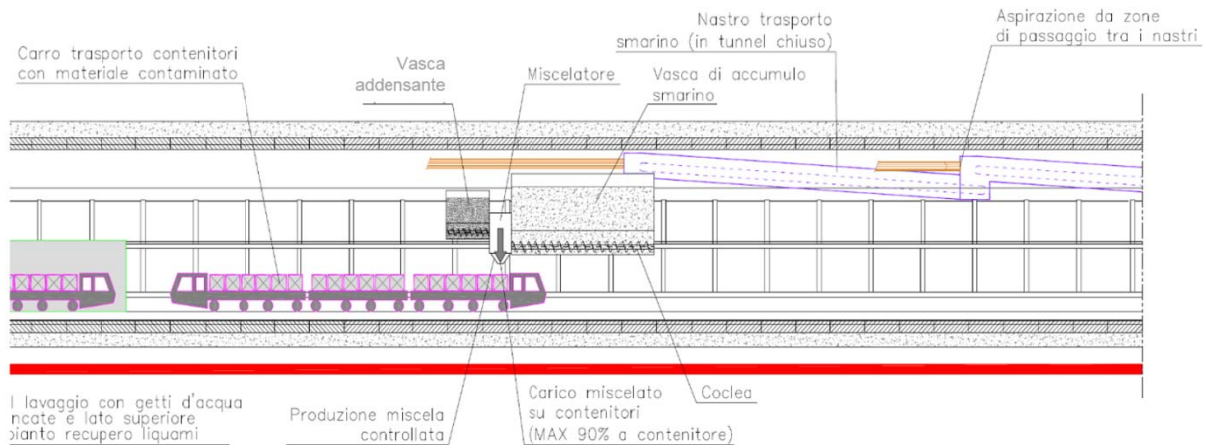
Lo schema operativo nella zona di scavo è rappresentato nella figura seguente. Il nastro che permette l'evacuazione dello smarino dalla testa della TBM viene realizzato a tronchi separati con lunghezze limitate (max 50 m), chiuso ed in depressione con aspirazioni localizzate nelle giunzioni. La lunghezza limitata dei tronchi consente di poter sostituire rapidamente il nastro in caso di guasto.

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)



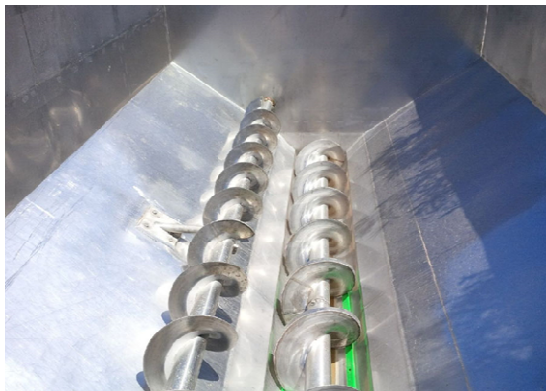
**Figura 5 - Trasporto dello smarino nella zona di testa della TBM**

Lo smarino viene portato in un cassone sigillato (copribile in modo stagno) installato a bordo della TBM nella sezione del back-up.



**Figura 6 - Trasporto dello smarino e confezionamento**

Sul fondo a pareti inclinate del cassone si prevede l’installazione di un trasportatore a coclea. La “vite senza fine” opera all’interno di uno spezzone di tubo e vi fa scorrere il materiale granulare, con velocità nota e regolabile e quindi con portata regolabile per dosare la quantità di materiale trasportato nell’unità di tempo. Il materiale vi viene spinto e non rotolato (quindi non viene sollevata polvere) e viene scaricato assialmente all’imboccatura del tubo in un punto preciso, con un flusso confinato e quindi senza rischio di sversamento.





**Figura 7 - Tipi di cassoni (da CSP)**

L'impiego di cassoni con scarico a coclea permette di:

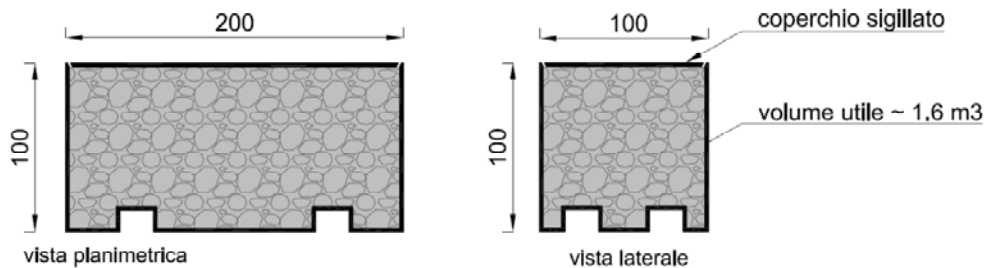
- Installare a bordo della TBM contenitori fissi di grande capacità, tali da contenere l'intera produzione di marino di una spinta;
- Installare a bordo della TBM anche due cassoni in parallelo con funzione di volano per consentire l'alternarsi dei mezzi di trasporto nel punto di carico senza interrompere la produzione della TBM.

A fianco dei cassoni si dispone una vasca con materiale addensante. Tale materiale addensante è costituito da polimeri a catena lunga. Tali polimeri sono normalmente utilizzati in combinazione con schiume per il trattamento dei terreni di scavo difficoltosi in gallerie scavate con EPB. Permettono di aumentare la coesione del terreno, ad es. nel caso di ghiaie e sabbie grossolane.

Si crea quindi un conglomerato addensato composto da marino di rocce verdi e polimeri.

Questo conglomerato viene confezionato in contenitori rettangolari (casseri a perdere) di plastica.

I contenitori possono essere di Polietilene ad alta densità (PEHD), con nervature, come si usa normalmente per i cassoni industriali. Le specifiche per questi cassoni saranno definite più in dettaglio in sede di Progetto Esecutivo. Le dimensioni di questi contenitori sono 1 m x 1 m x 2 m. I contenitori verranno sigillati in modo da essere stagni. Saranno quindi trasportati ed accatastati tal quali nel deposito.



**Figura 8 - Confezionamento in contenitori**

Per il trasporto dei contenitori, si utilizzano carri gommati a doppia cabina come per il trasporto dei concii, così non è necessario invertire la marcia e quindi non sono necessari rami specifici per la manovra di inversione.



**Figura 9 - Carri gommati a doppia cabina**

I mezzi vengono lavati nella zona di decontaminazione (A2) e proseguono verso le gallerie di stoccaggio in zona decontaminata (A3).

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

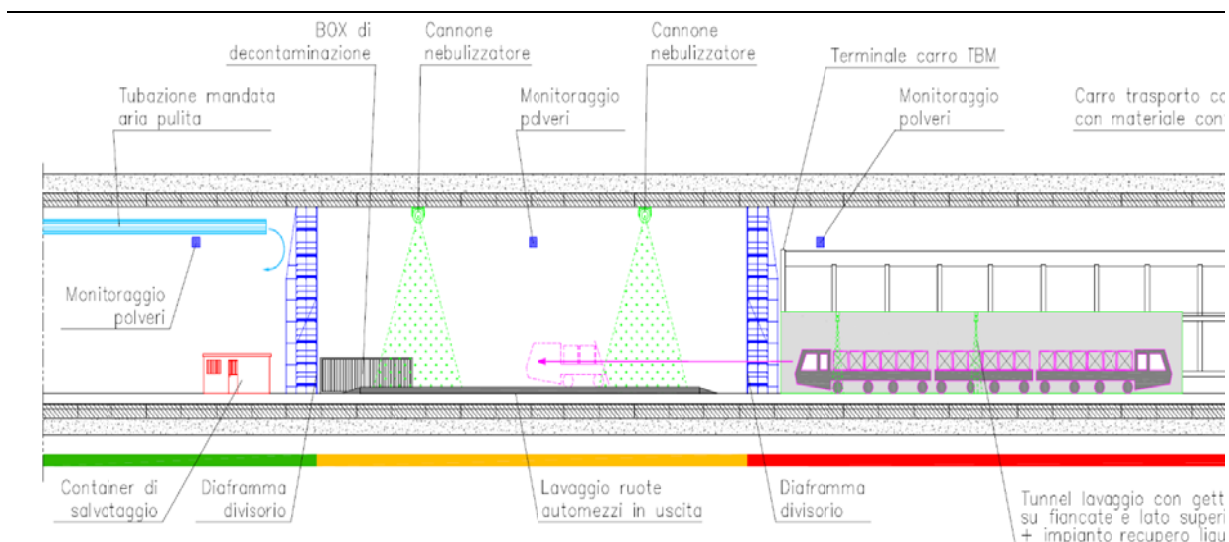


Figura 10 - Trasporto dei contenitori e lavaggio dei mezzi

Relativamente al percorso dei mezzi verso le aree di deposito, essi dalla zona delle rocce verdi, circoleranno in ciascuna canna del Tunnel di Base. La comunicazione tra le canne ubicata all'innesto tra Maddalena 2 e il Tunnel di Base (denominata "ramo di connessione in fase cantiere da BP a BD") permette sia l'accesso dei mezzi a Maddalena 2 per lo stoccaggio, sia di raggruppare tutti i mezzi che continuano verso Maddalena 1 lungo la canna BP. Il percorso verso Maddalena 1 implica il transito nell'area di sicurezza di Clarea e nella galleria di connessione 1, siccome l'obbiettivo è di mantenere il percorso in sotterraneo. Per una descrizione di maggior dettaglio si rimanda anche all'elaborato PRV\_C3A\_7610\_33\_02\_02\_10\_07.

Il percorso dei mezzi viene illustrato nella figura seguente.

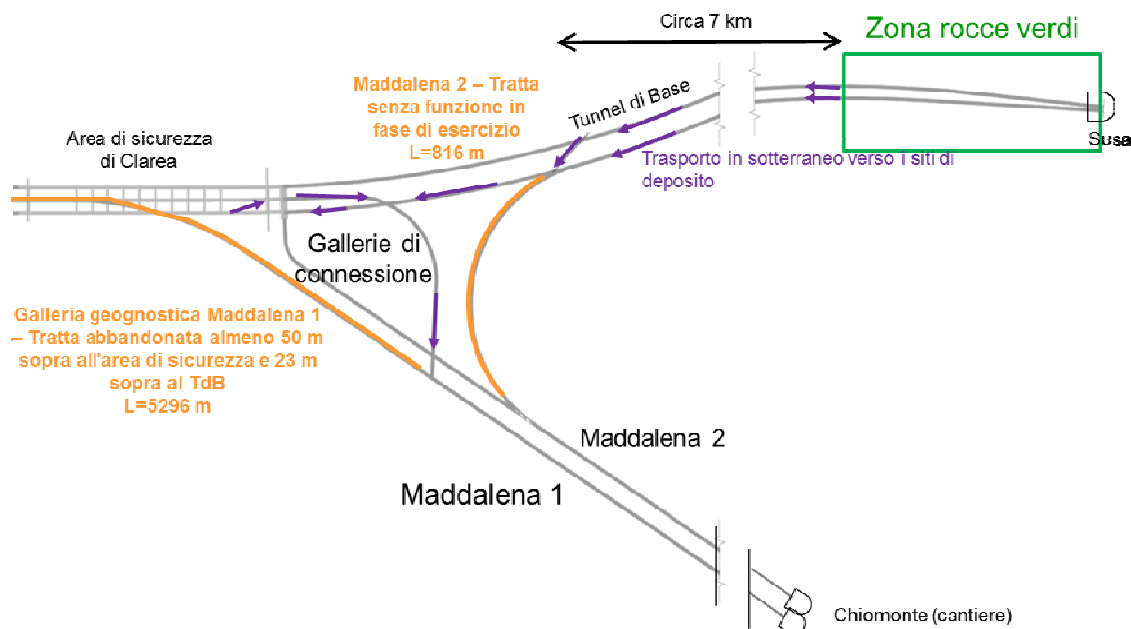


Figura 11 - Percorso dei mezzi dall'area di confezionamento fino all'area di stoccaggio

Per quanto riguarda la messa a deposito definitivo, tutto il volume di scavo sarà riposto nei depositi seguenti:

- Maddalena 1 che comprende: una tratta non utilizzata in fase di esercizio della linea ferroviaria di lunghezza 5.3 km circa (oltre al PM 2245), con nicchie ubicate in generale ogni 400 m, due nicchie esistenti e due rami di inversione; una galleria di stoccaggio di lunghezza 1.1 km circa, parallela a Maddalena 1 e ubicata tra le PM 4900 e 6000 circa, denominata "Maddalena 1bis";
- Maddalena 2 nella tratta non utilizzata in fase di esercizio, di lunghezza 820 m circa, compresa tra l'innesto della galleria di connessione 2 e l'innesto del Tunnel di Base; in questa tratta si prevede un ramo di inversione.

### 3.3.3 Scavo delle rocce verdi in altri settori

Per le altre porzioni del tracciato, il modello geologico di riferimento non indica ulteriori settori per i quali sia accertato l'attraversamento di ammassi rocciosi contenenti minerali asbestiformi; il modello prospetta piuttosto una possibilità remota di attraversamento di rocce (ad es. calcescisti, micascisti di Clarea o zone di faglia) con intercalazioni di metabasiti o di mineralizzazioni asbestiformi, per le quali una minima aliquota potrebbe essere caratterizzata da tenori in asbesto elevati. Anche in queste tratte la gestione delle rocce verdi avviene con lo stesso procedimento adottato nel Progetto Definitivo Approvato.

Si precisa che relativamente al Massiccio di Ambin, il Cunicolo esplorativo della Maddalena, nel corso dello scavo fino ad oggi eseguito, circa 6,6 km, non ha intercettato litotipi appartenenti alla categoria delle rocce verdi.

#### Tratte in tradizionale

Per lo scavo del Tunnel di Interconnessione si dovranno prevedere le seguenti modalità operative:

- scavo in tradizionale;
- possibilità di scavo in condizioni umide;
- sistema di depurazione dell'acqua con filtri assoluti per il suo riutilizzo per la bagnatura del fronte;
- ispezione continua e sistematica del fronte di scavo da parte di un geologo, per la valutazione della tipologia di litotipi scavati e la verifica sulla presenza/assenza di mineralizzazioni asbestiformi;
- sondaggi in avanzamento a distruzione per prevenire la dispersione di eventuali fibre di amianto; i sondaggi dovranno essere sovrapposti tra loro per avere una copertura totale su tutta la lunghezza della tratta in scavo;
- ispezione del materiale scavato e dei *cutting* di ogni sondaggio, ogni 5000 m<sup>3</sup> di marino (o a ogni passaggio litologico) e prelievo di campioni da inviare a laboratorio per analisi (secondo le modalità indicate nella norma UNI10802 e nell'All. 8 del D.Lgs. 161 del 21/09/2012).
- sistema di ventilazione in aspirazione con filtri assoluti posti a monte dell'emissione; tale sistema determina una depressurizzazione del fronte che richiama esclusivamente aria dall'esterno per la ventilazione della galleria;
- sistema di compartimentazione della galleria scavata con carro attrezzato con barriere ad acqua nebulizzata e locali per la decontaminazione del personale e dei mezzi; tale carro si sposta in avanti durante lo scavo determinando l'allungamento della zona decontaminata alle spalle del fronte di scavo e mantenendo la zona contaminata limitatamente al settore più prossimo al fronte;
- messa in opera del rivestimento provvisorio in corrispondenza della zona di decontaminazione.

### *Procedura per il riconoscimento di minerali asbestiformi in fase di scavo*

- Ispezione del fronte di scavo da parte di un geologo, per la valutazione della tipologia di litotipi scavati e la verifica sulla presenza/assenza di mineralizzazioni asbestiformi;
- sondaggi in avanzamento a distruzione per prevenire la dispersione di eventuali fibre di amianto; i sondaggi dovranno essere sovrapposti tra loro per avere una copertura totale su tutta la lunghezza della tratta in scavo;
- ispezione del materiale scavato e dei *cutting* di ogni sondaggio, ogni 5000 m<sup>3</sup> di marino (o a ogni passaggio litologico) e prelievo di campioni da inviare a laboratorio per analisi (secondo le modalità indicate nella norma UNI10802 e nell'All. 8 del D.Lgs. 161 del 21/09/2012).

Se determinata la presenza di amianto si procederà con:

- l'esecuzione di sondaggi orizzontali a carotaggio continuo dal fronte di scavo;
- Prelievo di campioni lapidei ed eventualmente di fibre dal fronte e dalle carote di tutti i sondaggi in avanzamento;
- preparazione delle sezioni per l'analisi ottica e morfologica al microscopio tramite frantumazione/macinazione che si eseguirà direttamente in cantiere nel laboratorio predisposto.

*Nel caso in cui le analisi indichino la presenza di amianto in tenori elevati si procederà come descritto nel Progetto Definitivo Approvato:*

- scavo con martellone;
- attivazione scavo in condizioni umide;
- compartimentazione dell'area di scavo tramite barriere dinamiche e statiche secondo il seguente schema:
  - area contaminata (coincidente con il fronte di scavo) dove il materiale viene sigillato in *big-bags*; all'interno di questa area i contenitori e i materiali meccanici utilizzati per le operazioni di scavo sono decontaminati mediante sistemi a docce;
  - area di decontaminazione (intermedia) in cui i contenitori sono trattati in modo tale da diminuire il tasso di contaminazione fino alla decontaminazione totale;
  - area decontaminata (camerone di stoccaggio preliminare dei contenitori); in quest'area la superficie esterna dei contenitori è decontaminata ed è predisposta il sistema di trasferimento al sito di carico su treno per il trasporto al sito definitivo;
- la compartimentazione avviene tramite carri mobili che si spostano in prossimità del fronte di scavo qualora i sondaggi in avanzamento mettano in evidenza la presenza di boudin di rocce verdi con contenuto in amianto;
- monitoraggio dell'aria e dell'acqua.

Le gestione del materiale di scavo avverrà nel modo seguente:

- getto di materiale incapsulante sul materiale da sigillare per prevenire la mobilitazione di fibre di amianto;
- chiusura al fronte di scavo del materiale di risulta in apposti contenitori sigillati e idonei al trasporto di materiale in breccia;
- decontaminazione dei contenitori sigillati mediante lavaggio delle superfici esterne per l'eliminazione di qualsiasi traccia di fanghi o altro materiale che possa

successivamente generare polveri in atmosfera. La decontaminazione deve avvenire all'apposita area dedicata all'interno delle gallerie;

- trasferimento dei contenitori decontaminati verso l'ambiente esterno su automezzi anch'essi decontaminati;
- carico dei contenitori decontaminati in appositi container posti nell'area di cantiere dell'imbocco;
- trasferimento dei container con automezzi pesanti presso il cantiere della Maddalena e da qui nelle gallerie previste per lo stoccaggio.

### Tratte in meccanizzato

*Nel caso in cui le analisi indichino la presenza di amianto in tenori elevati si procederà come descritto nel Progetto Definitivo Approvato:*

- scavo con martellone;
- attivazione scavo in condizioni umide;
- compartimentazione dell'area di scavo tramite barriere dinamiche e statiche secondo il seguente schema:
  - area contaminata (coincidente con il fronte di scavo) dove il materiale viene sigillato in *big-bags*; all'interno di questa area i contenitori e i materiali meccanici utilizzati per le operazioni di scavo sono decontaminati mediante sistemi a docce;
  - area di decontaminazione (intermedia) in cui i contenitori sono trattati in modo tale da diminuire il tasso di contaminazione fino alla decontaminazione totale;
  - area decontaminata (camerone di stoccaggio preliminare dei contenitori); in quest'area la superficie esterna dei contenitori è decontaminata ed è predisposta il sistema di trasferimento al sito di carico su treno per il trasporto al sito definitivo;
- la compartimentazione avviene tramite carri mobili che si spostano in prossimità del fronte di scavo qualora i sondaggi in avanzamento mettano in evidenza la presenza di boudin di rocce verdi con contenuto in amianto;
- monitoraggio dell'aria e dell'acqua.

Le gestione del materiale di scavo avverrà nel modo seguente:

- getto di materiale incapsulante sul materiale da sigillare per prevenire la mobilitazione di fibre di amianto;
- chiusura al fronte di scavo del materiale di risulta in apposti contenitori sigillati e idonei al trasporto di materiale in breccia;
- decontaminazione dei contenitori sigillati mediante lavaggio delle superfici esterne per l'eliminazione di qualsiasi traccia di fanghi o altro materiale che possa successivamente generare polveri in atmosfera. La decontaminazione deve avvenire all'apposita area dedicata all'interno delle gallerie;
- trasferimento dei contenitori decontaminati verso l'ambiente esterno su automezzi anch'essi decontaminati;
- carico dei contenitori decontaminati in appositi container posti nell'area di cantiere dell'imbocco;

- trasferimento dei container con automezzi pesanti presso il cantiere della Maddalena e da qui nelle gallerie previste per lo stoccaggio.

## 4. Gestione del rischio radioattività naturale e gas radon

### 4.1 Gestione del rischio connesso all'attività degli isotopi naturali radioattivi negli ammassi rocciosi

Gli isotopi  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  sono presenti in tutte le rocce e sedimenti presenti nella crosta terrestre (De Capitani, Fumagalli, & Carnevale, 2007) con differenti concentrazioni e rappresentano la maggiore fonte di irradiazione per gli esseri viventi, insieme con la radiazione cosmica e la radiazione associata ai radionuclidi cosmogenici (Trotti, 2007; Harb, El-Kame, I., Abbadly, & Rashed, 2008). La presenza di questi radioisotopi (definiti anche nuclidi primordiali) è connessa alla formazione della Terra stessa ed è differente in funzione della natura dei litotipi: essa varia in funzione dei processi di formazione degli ammassi rocciosi o dei depositi considerati. I materiali contenenti questi radioisotopi terrestri sono indicati con il termine NORM (naturally occurring radioactive material).

Dati bibliografici forniscono valori di concentrazione per i suoli e le rocce della crosta terrestre di questi isotopi: essa è spesso espressa in termini di attività specifica, cioè il numero di disintegrazioni al secondo per unità di massa, misurata in Bq/kg (becquerel al chilogrammo). A titolo di esempio, per gli isotopi considerati in questo studio, l'attività specifica media nella crosta terrestre è pari a 33 Bq/kg per l' $^{238}\text{U}$  e a 34 Bq/kg per il  $^{232}\text{Th}$  (Righi, Bett, Bruzzi, Mazzotti, & G., 2000). Per il  $^{40}\text{K}$  dati di letteratura indicano un'attività specifica media per i suoli di 400 Bq/kg (UNSCEAR, 2000) e per gli ammassi rocciosi pari a 850 Bq/kg (Hunter-Smith, 2012). Le attività specifiche medie riportate derivano dal calcolo effettuato su un elevato numero di misurazioni eseguite su campioni prelevati in differenti parti del mondo. Il campo completo di variazione dei valori rilevati è pertanto ampio (UNSCEAR, 2000), come dimostrano i valori riportati in **Tabella 2**. In generale il tenore in  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  mostra variazioni correlabili alla natura dei litotipi con livelli più elevati nelle rocce di natura magmatica e orto derivati (es. orto-gneiss) (Anjos, et al., 2005; De Capitani, Fumagalli, & Carnevale, 2007) e livelli minori per le rocce di natura sedimentaria (Malczewski & Zaba, 2012; Tositti, 2007).

Con riferimento specifico alla Valle Susa sono segnalate mineralizzazioni uranifere in due aree (Gattiglio & Sacchi, 2006):

- un settore in prossimità di loc. Molaretto (comune di Venaus), a valle della SS25 del Moncenisio;
- un settore lungo le pendici meridionali del Monte Segueret (in alta Valle Susa), esterno all'area di studio.

Le mineralizzazioni rilevate in corrispondenza del primo settore sono rinvenute all'interno di livelli di quarziti micacee riferibili al complesso gneissico permo-carbonifero degli scisti di Ambin. La mineralizzazione rinvenuta è costituita da *plecblendite* ed è racchiusa in un livello con spessore massimo pari a 20 cm.

Dati petrografici relativi ad alcuni campioni di roccia appartenente ad elementi di origine intrusiva (metagraniti del Dora Maira e dell'Ambin) (Compagnoni, Borghi, Cadoppi, Ferrando, Gattiglio, & Ruffini, 2003) indicano tenori di uranio e torio in linea, o inferiori, con i tenori medi riferibili alla crosta terrestre (Gattiglio & Sacchi, 2006).

Nel presente capitolo saranno riportati e discussi i risultati della campagna di analisi del 2012, consistita tra l'altro nella caratterizzazione radiometrica dei campioni prelevati dalle carote dei sondaggi eseguiti da TELT nel corso degli ultimi anni per la progettazione della NLTL. I

risultati di questa campagna saranno quindi confrontati con i risultati delle campagne di indagine pregresse condotte dal Politecnico di Torino (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005) al fine di giungere ad una caratterizzazione del rischio connesso alla presenza di isotopi radioattivi negli ammassi rocciosi nei quali saranno realizzate le opere in sotterraneo della NLTL. Infine saranno illustrate le prime risultanze delle misure eseguite nel corso del monitoraggio dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena.

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

Region / country	Population in 1996 (10 <sup>6</sup> )	Concentration in soil (Bq kg <sup>-1</sup> )							
		<sup>40</sup> K		<sup>238</sup> U		<sup>226</sup> Ra		<sup>232</sup> Th	
		Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
Africa									
Algeria	28.78	370	66-1 150	30	2-110	50	5-180	25	2-140
Egypt	63.27	320	29-650	37	6-120	17	5-64	18	2-96
North America									
Costa Rica	3.50	140	6-380	46	11-130	46	11-130	11	1-42
United States [M7]	269.4	370	100-700	35	4-140	40	8-160	35	4-130
South America									
Argentina	35.22	650	540-750						
East Asia									
Bangladesh	120.1	350	130-610			34	21-43		
China [P16, Z5]	1232	440	9-1 800	33	2-690	32	2-440	41	1-360
- Hong Kong SAR [W12]	6.19	530	80-1 100	84	25-130	59	20-110	95	16-200
India	944.6	400	38-760	29	7-81	29	7-81	64	14-160
Japan [M5]	125.4	310	15-990	29	2-59	33	6-98	28	2-88
Kazakstan	16.82	300	100-1 200	37	12-120	35	12-120	60	10-220
Korea, Rep. of	45.31	670	17-1 500						
Malaysia	20.58	310	170-430	66	49-86	67	38-94	82	63-110
Thailand	58.70	230	7-712	114	3-370	48	11-78	51	7-120
West Asia									
Armenia	3.64	360	310-420	46	20-78	51	32-77	30	29-60
Iran (Islamic Rep. of)	69.98	640	250-980			28	8-55	22	5-42
Syrian Arab Republic	14.57	270	87-780	23	10-64	20	13-32	20	10-32
North Europe									
Denmark [N5]	5.24	460	240-610			17	9-29	19	8-30
Estonia	1.47	510	140-1 120			35	6-310	27	5-59
Lithuania	3.73	600	350-850	16	3-30			25	9-46
Norway	4.35	850		50		50		45	
Sweden	8.82	780	560-1 150			42	12-170	42	14-94
West Europe									
Belgium	10.16	380	70-900			26	5-50	27	5-50
Germany	81.92		40-1 340		11-330		5-200		7-134
Ireland [M6]	3.55	350	40-800	37	8-120	60	10-200	26	3-60
Luxembourg	0.41	620	80-1 800			35	6-52	50	7-70
Netherlands [K2]	15.58		120-730		5-53	23	6-63		8-77
Switzerland	7.22	370	40-1 000	40	10-150	40	10-900	25	4-70
United Kingdom [B2]	58.14		0-3 200		2-330	37			1-180
East Europe									
Bulgaria	8.47	400	40-800	40	8-190	45	12-210	30	7-160
Hungary	10.05	370	79-570	29	12-66	33	14-76	28	12-45
Poland [J7]	38.60	410	110-970	26	5-120	26	5-120	21	4-77
Romania [I12]	22.66	490	250-1 100	32	8-60	32	8-60	38	11-75
Russian Federation	148.1	520	100-1 400	19	0-67	27	1-76	30	2-79
Slovakia	5.35	520	200-1 380	32	15-130	32	12-120	38	12-80
South Europe									
Albania	3.40	360	15-1 150	23	6-96			24	4-160
Croatia	4.50	490	140-710	110	83-180	54	21-77	45	12-65
Cyprus	0.76	140	0-670			17	0-120		
Greece	10.49	360	12-1 570	25	1-240	25	1-240	21	1-190
Portugal	9.81	840	220-1 230	49	26-82	44	8-65	51	22-100
Slovenia	1.92	370	15-1 410			41	2-210	35	2-90
Spain	39.67	470	25-1 650			32	6-250	33	2-210
Median		400	140-850	35	16-110	35	17-60	30	11-64
Population-weighted average		420		33		32		45	

Tabella 2 – Attività specifica (Bq/kg) degli isotopi <sup>40</sup>K, <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra e <sup>232</sup>Th, rilevati nei suoli di differenti nazioni (UNSCEAR, 2000).



#### **4.1.1 Caratterizzazione radiometrica dei materiali di scavo**

La caratterizzazione radiometrica è finalizzata alla determinazione dell'attività specifica degli isotopi radioattivi e del tasso di emissione di gas radon dei materiali che saranno scavati per valutare i seguenti aspetti:

- verificare eventuali criticità in relazione alla salute pubblica e alla tutela ambientale;
- valutazione dell'idoneità del loro reimpiego come materiali da costruzione, o per interventi di rimodellamento morfologico;
- completare il quadro utile alla definizione dei protocolli delle attività di scavo e di gestione del marino (rif. PRVTS3C3B0084 e PRVTS3C3B0085);
- fornire elementi di supporto agli studi progettuali di carattere ambientale.

Al fine di determinare la concentrazione di radioisotopi nelle rocce interessate dalle operazioni di scavo è stato condotto uno studio analogo a quello già eseguito per la tratta del Tunnel di Base e del Tunnel di Bussoleno dal Politecnico di Torino (Patrucco et al., 2005). Le analisi condotte nello studio citato sono le seguenti:

- misura dell'attività specifica di  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  espresse in Bq/kg;
- misura dell'attività totale del campione secondo le specifiche del Radiation Protection 122 della Commissione Europea;
- calcolo dell'Indice di attività per la valutazione dell'idoneità al reimpiego del marino come materiale per costruzioni (RP 112);
- determinazione del rateo specifico di emanazione di radon E (in  $\text{Bq kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) (si veda il par. 4.2).

È stato dunque definito un protocollo di analisi di campioni da carote di sondaggi eseguiti da TELT nel corso degli anni precedenti alla seguente fase progettuale. Il programma di campionamento e analisi si è articolato nelle seguenti fasi:

- Identificazione delle carote e degli intervalli di campionamento
- Prelievo dei campioni ed esecuzione delle analisi di laboratorio.

##### **4.1.1.1 Identificazione delle carote e degli intervalli di campionamento**

Le carote sono state identificate considerando i sondaggi già realizzati nel corso delle campagne indagini condotte da TELT per le precedenti fasi progettuali della NLTL. Gli intervalli individuati per i differenti sondaggi sono stati definiti in base alla consultazione delle relative stratigrafie originali fornite da TELT (F16, F30bis, S4, S5, S8, S42).

Considerati i risultati già acquisiti con le indagini condotte dal Politecnico di Torino, i campioni da destinare a caratterizzazione radiometrica sono stati selezionati in modo da evitare gli intervalli di campionamento già considerati nel corso dei precedenti studi. Al fine di garantire la piena comparazione dei risultati delle analisi radiometriche, i dati relativi ai campioni già analizzati per il sondaggio S42 sono stati integrati prevedendo la misura dell'attività specifica di  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  espressa in Bq/kg.

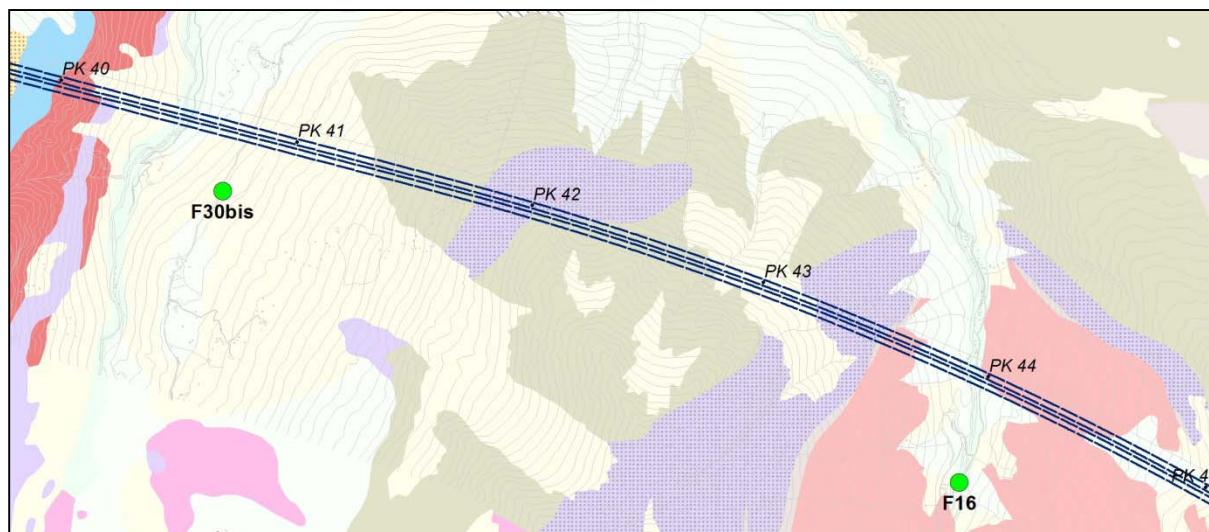
Il criterio considerato per la scelta delle carote e degli intervalli di campionamento su cui effettuare la caratterizzazione radiometrica è legato a dati bibliografici relativi alla eventuale presenza di mineralizzazioni radioattive negli ammassi rocciosi interessati dalle attività di scavo.

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

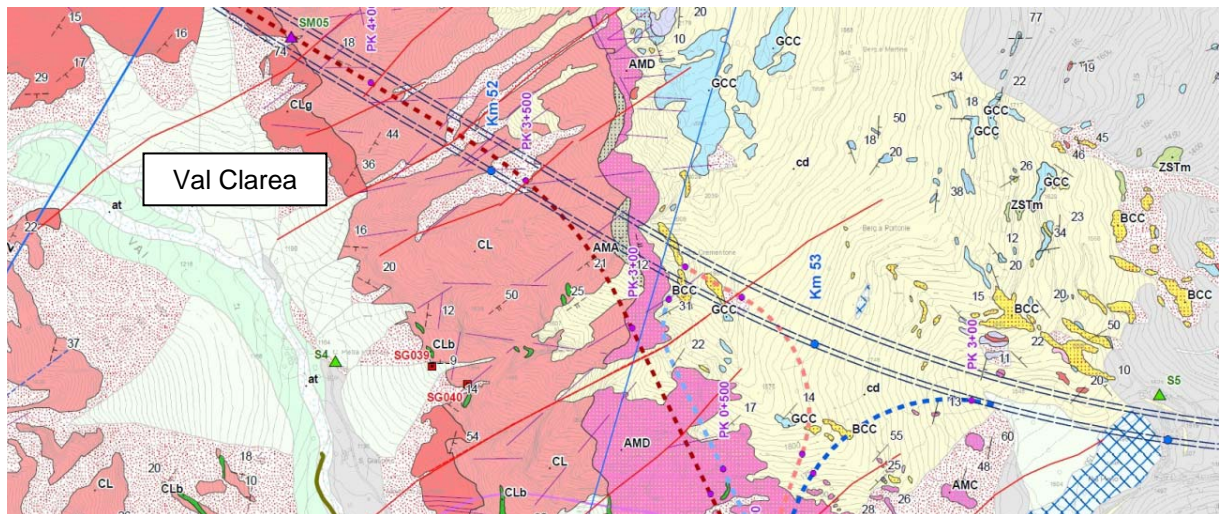
Sigla	Ubicazione	Caroteca	Unità strutturale	Litologia	Intervallo di interesse (da m - a m)	Analisi radiometriche
F30bis	Vallon d'Etache	Modane	Complesso di Ambin	Gneiss d'Ambin	310-1220	X
			Complesso di Clarea	Micascisti di Clarea	1220-1450	
F16	Val d'Ambin	Modane	Complesso di Clarea	Micascisti di Clarea	40-1500	X
S4	Loc. C.na Porchera – Comune di Giaglione	Susa	Complesso di Clarea	Micascisti di Clarea	103-750	X
S5	Loc. Pra Piano – Comune di Giaglione	Susa	Complesso di Ambin	Gneiss d'Ambin	315-915	X
S42	Loc. Marzano – Comune di Mompantero	Susa	Zona Piemontese	Calcescisti, marmi, quarziti micacee, gneiss	60-452	X
S8	P.te Muet – Comune di Mompantero	Susa	Zona Piemontese	Calcescisti, marmi, quarziti micacee, gneiss	125-520	X

Tabella 3 – Elenco dei sondaggi considerati per le attività di campionamento e analisi radiometrica

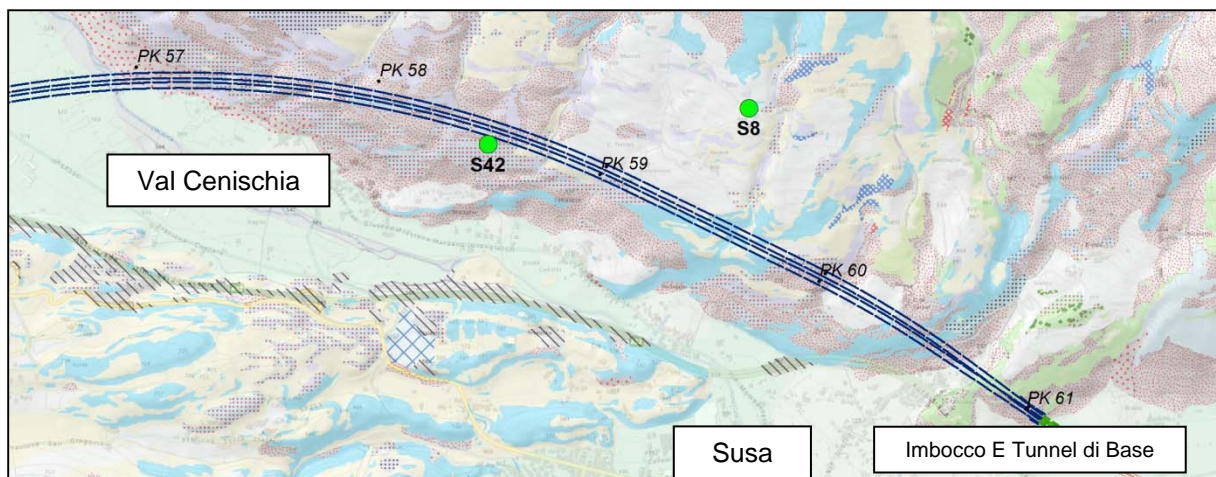
L'ubicazione planimetrica dei sondaggi considerati è riportato nelle **Figura 12**, **Figura 13** e **Figura 14**.



**Figura 12** – Lato Francia (vallone di Etache – F30bis; val di Ambin: F16): ubicazione planimetrica dei sondaggi F16 e F30bis (punti in verde) rispetto al tracciato del Tunnel di Base (linee blu e viola).

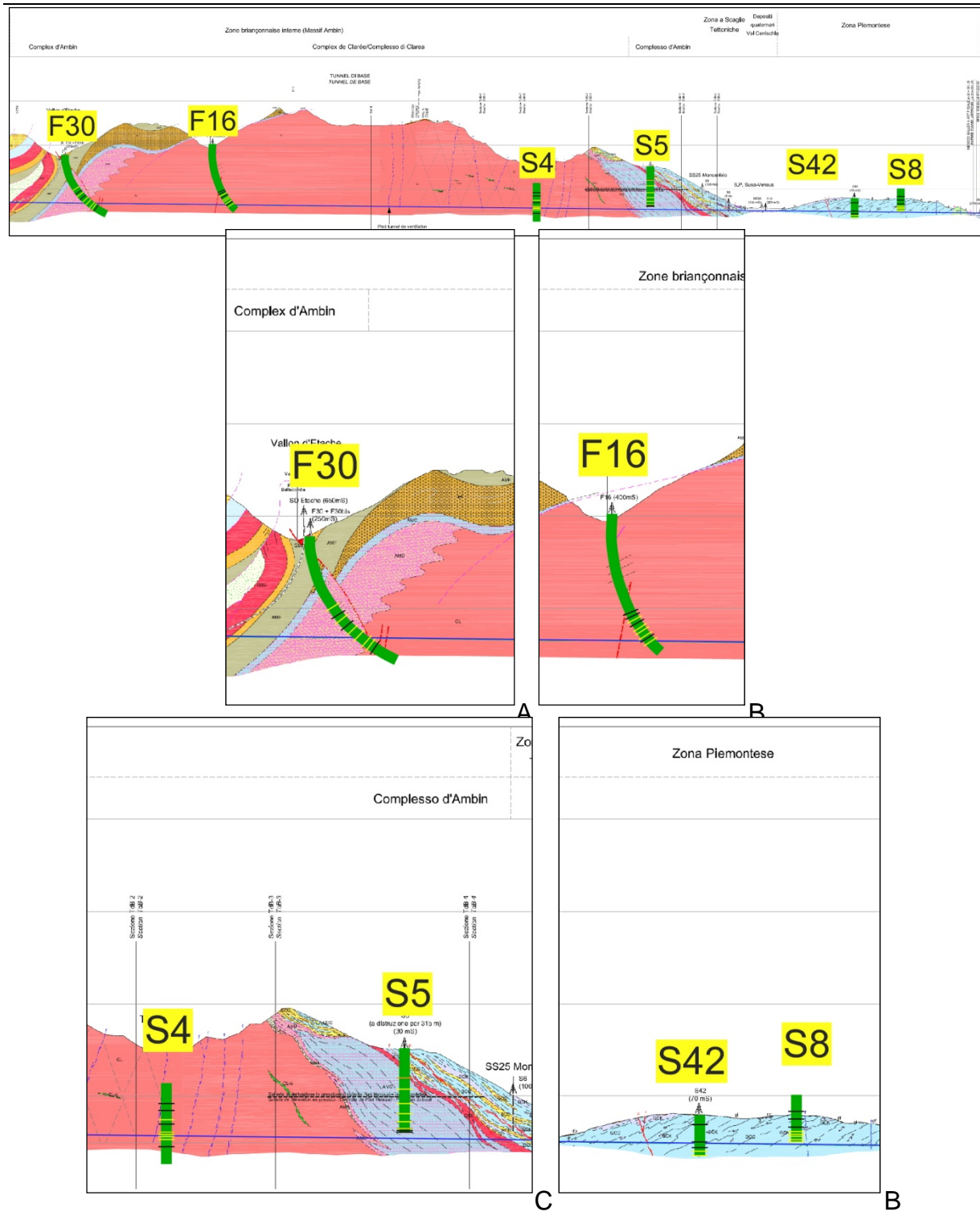


**Figura 13** – Lato Italia (Val Clarea – S4; versante destro della Val Cenischia – S5): ubicazione planimetrica dei sondaggi S4 e S5 (punti in verde) rispetto al tracciato del Tunnel di Base (linee blu e viola). Le linee nere rappresentano rispettivamente il tracciato della galleria di ventilazione di Clarea (sinistra) e del cunicolo esplorativo della Maddalena (destra).



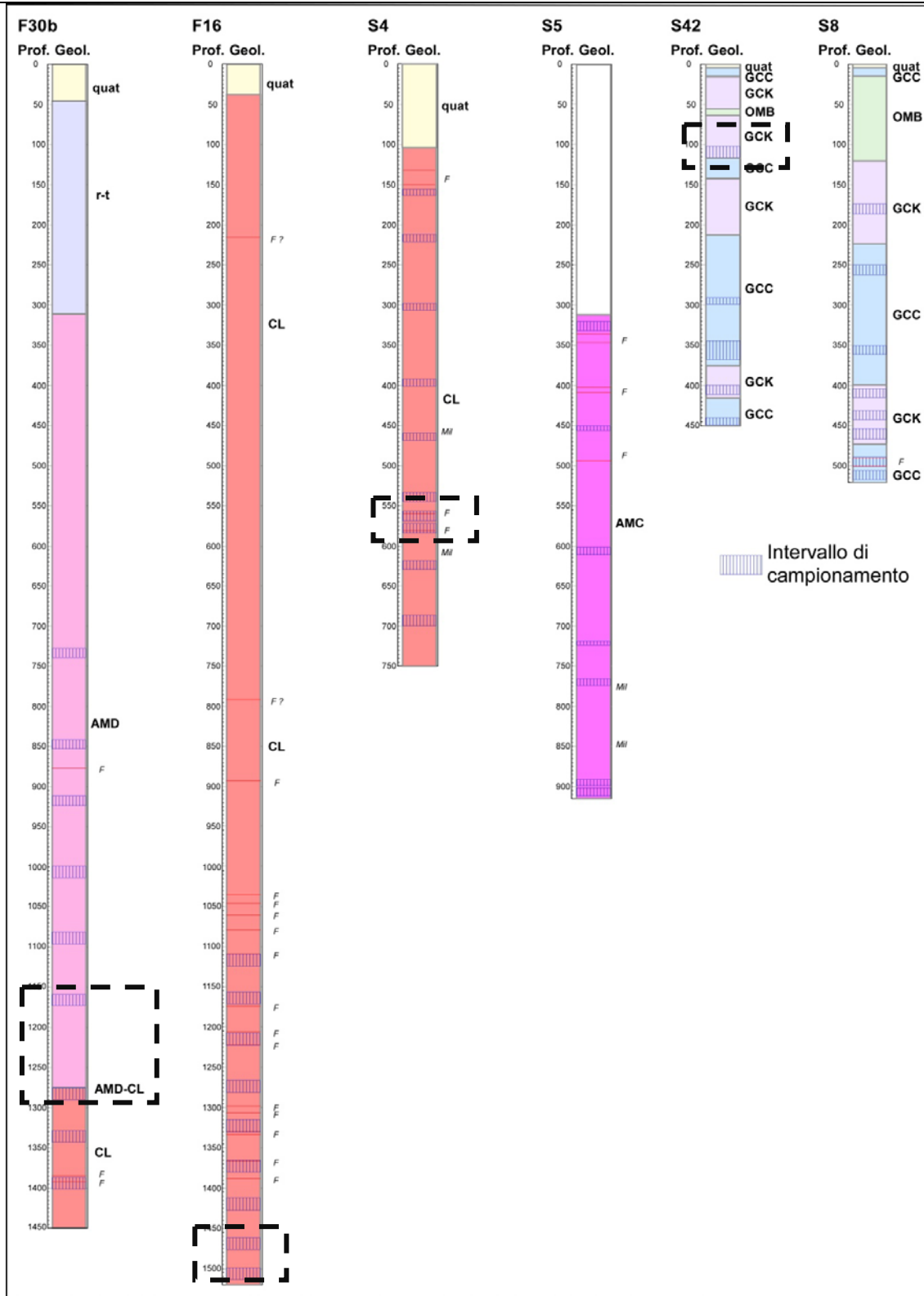
**Figura 14** - Lato Italia (settore di Mompantero): ubicazione planimetrica dei sondaggi S8 e S42 (punti in verde) rispetto al tracciato del Tunnel di Base (linee blu e viola).

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)



**Figura 15** – Proiezione dei sondaggi considerati per il prelievo dei campioni sul profilo geologico del Tunnel di Base (barre verdi). (A) Dettaglio relativo al sondaggio F30bis; (B) dettaglio relativo al sondaggio F16; (C) dettaglio relativo ai sondaggi S4 e S5; (D) dettaglio relativo ai sondaggi S42 e S8. I tratti orizzontali lungo i sondaggi indicano gli intervalli di campionamento: i tratti in giallo corrispondono agli intervalli per i quali sono stati rilevati campioni con tenori dei metalli rispetto alle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) (rif. PRVC3BTS30084).

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)



**Figura 16** – Stratigrafie dei sondaggi considerati per il prelievo dei campioni. Quat: depositi quaternari; COMPLESSO DI AMBIN – r-t: quarziti micacee e conglomerati quarziti; AMC: gneiss leucocratici; AMD: micascisti quarzosi ± conglomeratici; COMPLESSO DI CLAREA – CL: micascisti e gneiss minuti a glaucofane ± albitizzati con locali lenti di metabasiti anfibolitiche; ZONA PIEMONTESE – GCC: scisti filladici-carbonatici; GCK: gneiss albitici (Gneiss di Charbonnel auct.); OMB: prasiniti, metabasiti; F: faglie. Il rettangolo tratteggiato nero lungo i sondaggi indica il settore entro quale ricade la proiezione della quota di scavo del Tunnel di Base.

Il sondaggio F30bis è rappresentato per i primi 45m circa da depositi quaternari, a cui seguono le formazioni del Complesso di Ambin rappresentate da quarziti conglomeratiche e conglomerati quarziticci (AMD) (da 45 m a 310 m c.a. di profondità) e micascisti quarzosi ± conglomeratici (da 310 m a 1275 m c.a. di profondità). La porzione rimanente del sondaggio è costituita da micascisti e gneiss minuti (Micascisti di Clarea - CL).

Il sondaggio S4 è rappresentato per i primi 100 m c.a. da depositi quaternari a cui seguono i micascisti e gneiss minuti (Micascisti di Clarea) del Complesso di Clarea (da 35 m a 750 m c.a.).

Il sondaggio S5, a partire da 310 m c.a. di profondità (inizio tratto a carotaggio continuo), presenta gli gneiss leucocrati (*gneiss aplitici*) (AMC) del Complesso di Ambin.

Il sondaggio S8, è rappresentato per i primi 10 m c.a. da depositi quaternari, a cui segue un'alternanza di scisti carbonatici filadici (GCC) (da 5 a 15 m c.a. e da 220 m a 400 m c.a., da 470 m c.a. fino a fine sondaggio), gneiss albitici (GCK) (da 120 m a 140 m c.a., da 220 m c.a., da 400 ma 470 m c.a.) e metabasiti (OMB) (da 15 m a 120 m c.a.).

Il sondaggio S42, è anch'esso rappresentato per i primi 10 m c.a. da depositi quaternari, a cui segue un'alternanza di scisti carbonatici filadici (GCC) (da 5 a 15 m c.a., da 120 m a 140 m c.a., da 210 m c.a a 375 m c.a e da 415 m c.a. a fine sondaggio), gneiss albitici (GCK) (da 15 m a 55 m c.a., da 65 m a 120 m c.a., da 140 m a 210 m c.a. e da 375 m a 415 m c.a.) e metabasiti (OMB) (da 55 m a 65 m c.a.).

#### 4.1.1.2 Prelievo dei campioni

Gli intervalli di campionamento sono stati definiti sulla base dell'esame visivo dei tratti di carota indicati nella tabella Tabella 3. Da questi intervalli sono stati prelevati i campioni da inviare ai laboratori di analisi (rif. PRVC3BTS30085 allegato 1).

#### 4.1.1.3 Risultati delle analisi

I risultati delle analisi eseguite sono riportati in . I rapporti di prova delle analisi sono riportati in Allegato 2.

Codice	Descrizione Campione	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) (*)	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) (**)	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)
S4_C1	Susa – Sondaggio S4 – Campione C1 – Cassetta 34 – Intervallo Campione da m 156.15 a m 156.34 – Micascisti	25,0 ± 1,2	33 ± 2	730 ± 30
S4_C2	Susa – Sondaggio S4 – Campione C2 – Cassetta 56 – Intervallo Campione da m 216.60 a m 216.67 – Micascisti	28,2 ± 1,2	35 ± 2	800 ± 30
S4_C3	Susa – Sondaggio S4 – Campione C3 – Cassetta 86 – Intervallo Campione da m 298.79 a m 298.91 – Micascisti	26,6 ± 1,2	31 ± 2	700 ± 30
S4_C4	Susa – Sondaggio S4 – Campione C4 – Cassetta 122 – Intervallo Campione da m 397.85 a m 398.00 – Micascisti	32,4 ± 1,3	40 ± 3	1080 ± 40
S4_C5	Susa – Sondaggio S4 – Campione C5 – Cassetta 144 – Intervallo Campione da m 460.40 a m 460.52 – Micascisti	26,8 ± 1,3	33 ± 3	810 ± 30
S4_C6	Susa – Sondaggio S4 – Campione C6 – Cassetta 164 – Intervallo Campione da m 533.40 a m 533.53 – Micascisti	23,8 ± 1,1	28 ± 2	660 ± 30
S4_C7	Susa – Sondaggio S4 – Campione C7 – Cassetta 170 – Intervallo Campione da m 557.36 a m 557.57 – Micascisti	27,9 ± 1,2	34 ± 2	640 ± 30
S4_C8	Susa – Sondaggio S4 – Campione C8 – Cassetta 174 – Intervallo Campione da m 572.35 a m 572.47 – Micascisti	25,8 ± 1,2	32 ± 2	710 ± 30
S4_C9	Susa – Sondaggio S4 – Campione C9 – Cassetta 186 – Intervallo Campione da m 617.80 a m 618.02 – Micascisti±	35,7 ± 1,4	44 ± 3	910 ± 30

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

Codice	Descrizione Campione	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) (*)	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) (**)	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)
S4_C10	Susa – Sondaggio S4 – Campione C10 – Cassetta 204 – Intervallo Campione da m 686.85 a m 686.99 – Micascisti	24,2 ± 1,1	33 ± 1,4	680 ± 30
S5_C1	Susa – Sondaggio S5 – Campione C1 – Cassetta 3 – Intervallo Campione da m 323.40 a m 323.58 – Gneiss Aplitici	195 ± 3	43 ± 3	1320 ± 40
S5_C2	Susa – Sondaggio S5 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 454.07 a m 454.17 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.	38,7 ± 1,4	56 ± 3	950 ± 30
S5_C3	Susa – Sondaggio S5 – Campione C3 – Cassetta 94 – Intervallo Campione da m 606.65 a m 606.86 – Gneiss Aplitici	33,4 ± 1,4	47 ± 3	1050 ± 40
S5_C4	Susa – Sondaggio S5 – Campione C4 – Cassetta 123 – Intervallo Campione da m 719.20 a m 719.32 – Facies gneissica	35,1 ± 1,4	54 ± 3	1190 ± 40
S5_C5	Susa – Sondaggio S5 – Campione C5 – Cassetta 136 – Intervallo Campione da m 773.69 a m 773.85 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s. Con livelli milonitici	30,0 ± 1,2	52 ± 3	430 ± 20
S5_C6	Susa – Sondaggio S5 – Campione C6 – Cassetta 146 – Intervallo Campione da m 809.95 a m 810.13 – Gneiss Aplitici più ricchi in mica	32,0 ± 1,2	41 ± 2	790 ± 30
S5_C7	Susa – Sondaggio S5 – Campione C7 – Cassetta 156 – Intervallo Campione da m 858.35 a m 858.49 – Micascisti	39,7 ± 1,3	51 ± 3	750 ± 30
S5_C8	Susa – Sondaggio S5 – Campione C8 – Cassetta 163 – Intervallo Campione da m 893.27 a m 893.45 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.	35,1 ± 1,4	44 ± 3	1080 ± 40
S5_C9	Susa – Sondaggio S5 – Campione C9 – Cassetta 166 – Intervallo Campione da m 907.75 a m 907.95 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.	28,9 ± 1,2	46 ± 3	800 ± 30
S8_C1	Susa – Sondaggio S8 – Campione C1 – Cassetta 37 – Intervallo Campione da m 180.00 a m 180.18 – Micascisti/gneiss albitici	27,8 ± 1,0	32,3 ± 1,9	690 ± 20
S8_C2	Susa – Sondaggio S8 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 250.30 a m 250.52 – Calcescisti	18,7 ± 1,1	35 ± 3	540 ± 30
S8_C3	Susa – Sondaggio S8 – Campione C3 – Cassetta 68 – Intervallo Campione da m 350.10 a m 350.28 – Calcescisti	20,5 ± 1,1	38 ± 3	600 ± 30
S8_C4	Susa – Sondaggio S8 – Campione C4 – Cassetta 78 – Intervallo Campione da m 404.90 a m 405.02 – Micascisti	48,6 ± 1,6	73 ± 3	790 ± 30
S8_C5	Susa – Sondaggio S8 – Campione C5 – Cassetta 84 – Intervallo Campione da m 437.90 a m 438.00 – Calcescisti	16,7 ± 0,9	18,7 ± 1,8	340 ± 19
S8_C6	Susa – Sondaggio S8 – Campione C6 – Cassetta 88 – Intervallo Campione da m 460.60 a m 460.73 – Micascisti cloritici	35,4 ± 1,3	41 ± 3	304 ± 18
S8_C7	Susa – Sondaggio S8 – Campione C7 – Cassetta 93 – Intervallo Campione da m 489.00 a m 489.20 – Calcescisti	7,6 ± 0,7	13,9 ± 1,6	205 ± 16
S8_C8	Susa – Sondaggio S8 – Campione C8 – Cassetta 96 – Intervallo Campione da m 506.00 a m 506.16 – Calcescisti	13,7 ± 0,9	25 ± 2	410 ± 20
S42_C1	Susa – Sondaggio S42 – Campione C1 – Cassetta 19 – Intervallo Campione da m 96.00 a m 96.13 – Gneiss quarziticci	6,7 ± 0,7	<3	319 ± 19
S42_C2	Susa – Sondaggio S42 – Campione C2 – Cassetta 46 – Intervallo Campione da m 288.00 a m 288.18 – Calcescisti	8,4 ± 0,9	13,2 ± 1,8	280 ± 20
S42_C3	Susa – Sondaggio S42 – Campione C3 – Cassetta 54 – Intervallo Campione da m 352.00 a m 352.13 – Calcescistii	12,3 ± 0,9	18,4 ± 1,8	329 ± 19
S42_C4	Susa – Sondaggio S42 – Campione C4 – Cassetta 60 – Intervallo Campione da m 400.00 a m 400.16 – Micascisti	41,8 ± 1,5	43 ± 3	780 ± 30
S42_C5	Susa – Sondaggio S42 – Campione C5 – Cassetta 65 – Intervallo Campione da m 440.00 a m 440.23 – Calcescisti	40,9 ± 1,4	47 ± 3	580 ± 20
F16_C1	Modane – Sondaggio F16 – Campione C1 – Cassetta 20 – Intervallo Campione da m 1118.95 a m 1119.19 – Micascisti listati con pieghe	30,8 ± 1,0	29 ± 1,8	590 ± 20

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

Codice	Descrizione Campione	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) (*)	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) (**)	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)
F16_C2	Modane – Sondaggio F16 – Campione C2 – Cassetta 28 – Intervallo Campione da m 1157.75 a m 1158.04 – Micascisti listati	28,1 ± 1,2	36 ± 2	680 ± 30
F16_C3	Modane – Sondaggio F16 – Campione C3 – Cassetta 40 – Intervallo Campione da m 1217.25 a m 1217.53 – Micascisti listati	22,9 ± 1,0	21,8 ± 1,9	660 ± 30
F16_C4	Modane – Sondaggio F16 – Campione C4 – Cassetta 52 – Intervallo Campione da m 1275.50 a m 1275.74 – Micascisti listati	23,2 ± 1,1	28 ± 2	670 ± 30
F16_C5	Modane – Sondaggio F16 – Campione C5 – Cassetta 62 – Intervallo Campione da m 1325.15 a m 1325.36 – Micascisti listati con pieghe	29,6 ± 1,3	37 ± 3	860 ± 30
F16_C6	Modane – Sondaggio F16 – Campione C6 – Cassetta 72 – Intervallo Campione da m 1375.20 a m 1375.46 – Micascisti listati	27,3 ± 1,2	28 ± 2	690 ± 30
F16_C7	Modane – Sondaggio F16 – Campione C7 – Cassetta 81 – Intervallo Campione da m 1418.40 a m 1418.64 – Micascisti listati	26,8 ± 1,1	34 ± 2	700 ± 30
F16_C8	Modane – Sondaggio F16 – Campione C8 – Cassetta 90 – Intervallo Campione da m 1462.85 a m 1463.07 – Micascisti listati	27,2 ± 1,2	37 ± 3	840 ± 30
F16_C9	Modane – Sondaggio F16 – Campione C9 – Cassetta 99 – Intervallo Campione da m 1506.90 a m 1507.20 – Micascisti listati leggermente grafitici	29,1 ± 1,2	32 ± 2	640 ± 30
F30bis_C1	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C1 – Cassetta 149 – Intervallo Campione da m 727.90 a m 728.12 – Micascisti quarzosi	19,3 ± 1,1	35 ± 3	830 ± 30
F30bis_C2	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C2 – Cassetta 179 – Intervallo Campione da m 843.30 a m 843.47 – Micascisti quarzosi	26,6 ± 1,2	46 ± 3	930 ± 30
F30bis_C3	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C3 – Cassetta 197 – Intervallo Campione da m 912.60 a m 912.76 – Micascisti quarzosi	21,6 ± 0,9	39 ± 2	760 ± 20
F30bis_C4	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C4 – Cassetta 219 – Intervallo Campione da m 999.90 a m 1000.09 – Micascisti quarzosi a clorite	16,0 ± 1,0	44 ± 3	1010 ± 30
F30bis_C5	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C5 – Cassetta 236 – Intervallo Campione da m 1085.60 a m 1082.90 – Micascisti quarzosi a clorite	21,2 ± 1,2	40 ± 3	630 ± 30
F30bis_C6	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C6 – Cassetta 252 – Intervallo Campione da m 1159.40 a m 1159.76 – Micascisti a quarzo e clorite	17,4 ± 1,0	35 ± 3	690 ± 30
F30bis_C7	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C7 – Cassetta 275 – Intervallo Campione da m 1269.75 a m 1269.97 – Micascisti a quarzo e clorite con talco	31,7 ± 1,3	31 ± 2	530 ± 30
F30bis_C8	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C8 – Cassetta 287 – Intervallo Campione da m 1328.20 a m 1328.38 – Micascisti a quarzo e clorite	92 ± 2	39 ± 3	770 ± 30
F30bis_C9	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C9 – Cassetta 299 – Intervallo Campione da m 1386.45 a m 1386.58 – Quarzomicascisti (CLR)	30,5 ± 1,2	35 ± 2	780 ± 30

**Tabella 4** – Attività specifica degli isotopi di  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  rilevati per i campioni di roccia prelevati dalle carote di sondaggio. (\*)  $^{226}\text{Ra}$  è preso come indice della concentrazione di  $^{238}\text{U}$  poiché è stato verificato l'equilibrio secolare; (\*\*)  $^{228}\text{Ra}$  è preso come indice della concentrazione di  $^{232}\text{Th}$  poiché è stato verificato l'equilibrio secolare.

In **Figura 17** sono riportati i dati relativi all'attività specifica dei differenti isotopi considerati in funzione della distribuzione lungo i sondaggi esaminati. I valori medi dell'attività specifica calcolata sul numero totale dei campioni è riportata in **Tabella 5**.

$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) (*)	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) (**)	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)
31,29	36,10	710,14



**Tabella 5** – Valori medi dell'attività specifica degli isotopi naturali presenti nelle rocce analizzate.

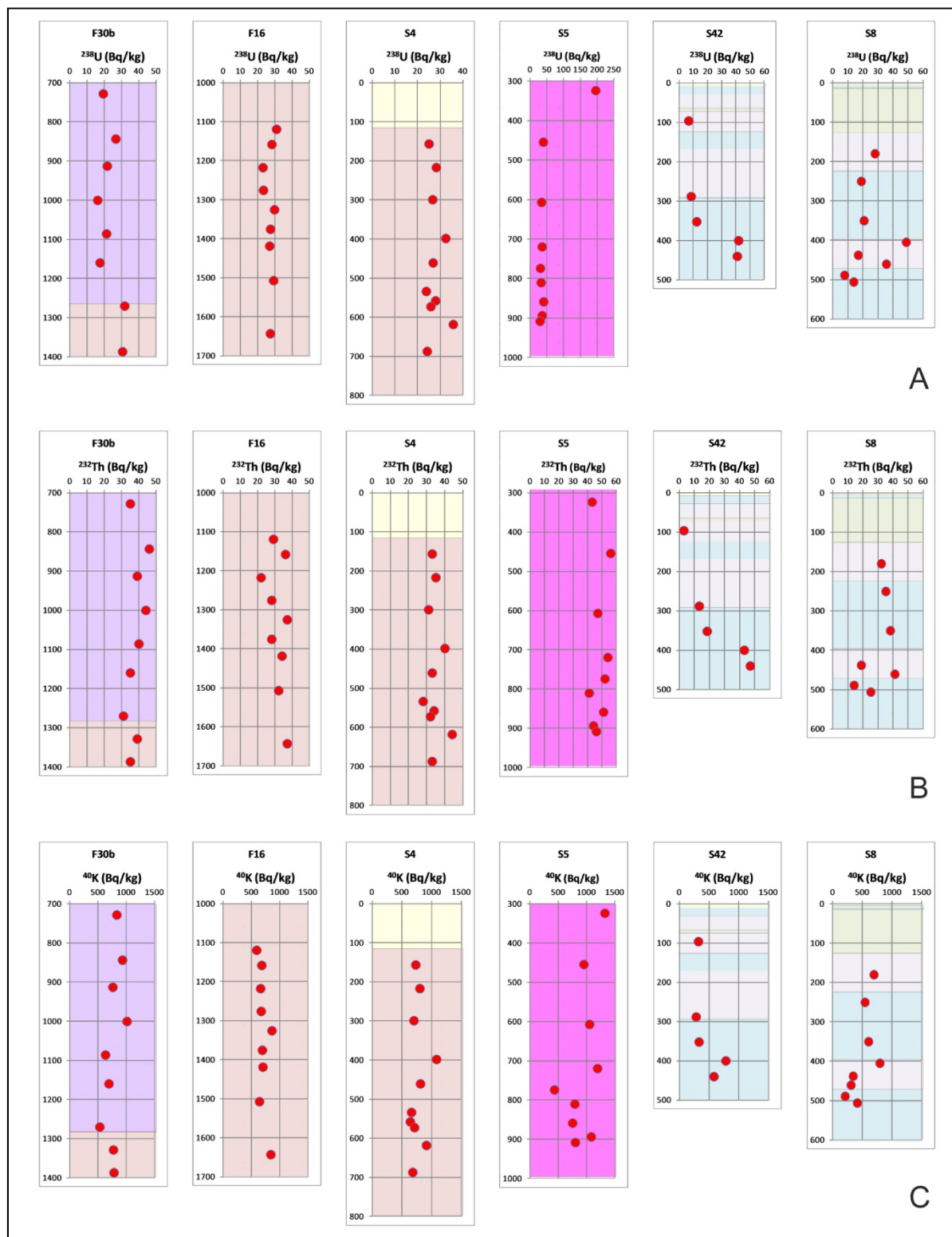
In **Tabella 6** sono riportati i valori medi, la deviazione standard ed i valori massimo e minimo per l'attività specifica riferita ai campioni, distinti per unità litologica.

L'esame di valori medi permette di osservare come nella maggior parte dei casi l'attività specifica rilevata sia confrontabile con i valori medi misurati per la crosta terrestre.

I valori più elevati, riscontrati per i campioni della formazione AMC (Complesso di Ambin – gneiss aplitici) possono essere messi in relazione con la genesi del litotipo, che rappresenta il prodotto di processi metamorfici a carico di rocce granitiche (Gattiglio & Sacchi, 2006).

Formazione	Parametro	<sup>238</sup> U (Bq/kg)	<sup>232</sup> Th (Bq/kg)	<sup>40</sup> K (Bq/kg)
AMC	Media	<b>51,99</b>	<b>48,22</b>	<b>928,89</b>
	Dev.st	53,75	5,24	268,30
	Min	28,90	41,00	430,00
	Max	195,00	56,00	1320,00
	N campioni	9		
AMD	Media	<b>20,35</b>	<b>39,83</b>	<b>808,33</b>
	Dev.st	3,74	4,54	144,28
	Min	16,00	35,00	630,00
	Max	26,60	46,00	1010,00
	N campioni	6		
CL	Media	<b>30,71</b>	<b>33,22</b>	<b>733,18</b>
	Dev.st	14,05	4,79	118,94
	Min	22,90	21,80	530,00
	Max	92,00	44,00	1080,00
	N campioni	22		
GCC	Media	<b>13,53</b>	<b>23,92</b>	<b>394,00</b>
	Dev.st	5,26	10,66	152,94
	Min	7,60	13,20	205,00
	Max	20,50	38,00	600,00
	N campioni	6		
GCK	Media	<b>31,13</b>	<b>36,86</b>	<b>543,29</b>
	Dev.st	14,99	22,21	219,34
	Min	6,70	3,00	304,00
	Max	48,60	73,00	790,00
	N campioni	7		
Mediana UNSCEAR 2000		35	35	400
Valori medi per ammassi rocciosi		33*	34*	850**

**Tabella 6** – Sintesi dei valori di attività specifica rilevati per i campioni esaminati distinti per unità litologica.  
 \*(Righi, Bett, Bruzzi, Mazzotti, & G., 2000); \*(Hunter-Smith, 2012).



**Figura 17** – Attività specifica degli isotopi considerati (punti in rosso) lungo i sondaggi dai quali sono stati prelevati i campioni. I colori dei grafici riflettono la litologia delle formazioni descritte al par. 4.1.1.1. In ascissa è indicata la profondità del sondaggio in metri. In ordinata è indicata l'attività specifica espressa in Bq/kg.

L'attività specifica del  $^{238}\text{U}$  risulta generalmente inferiore a 50 Bq/kg, con valori compresi tra  $6,7 \pm 0,7$  Bq/kg (campione S42\_C1, formazione GCK) e  $48,6 \pm 0,6$  Bq/kg (campione S8\_C4,

formazione GCK). Sono presenti due campioni per cui l'attività specifica dell' $^{238}\text{U}$  risulta essere rispettivamente pari a  $92\pm 2$  Bq/kg (campione F30bis\_C8, formazione CL) e pari a  $195\pm 3$  Bq/kg (campione S5\_C1, formazione AMC).

L'attività specifica del  $^{232}\text{Th}$  risulta generalmente inferiore a 60 Bq/kg, con valori compresi tra 3 c.a. Bq/kg (campione S42\_C1, formazione GCK) e  $56\pm 3$  Bq/kg (campione S5\_C2, formazione AMC). E' presente un campione per cui l'attività specifica dell' $^{232}\text{Th}$  risulta essere pari a  $73\pm 3$  Bq/kg (campione S8\_C4, formazione GCK).

L'attività specifica del  $^{40}\text{K}$  risulta generalmente inferiore a 1000 Bq/kg, con valori compresi tra  $205\pm 16$  Bq/kg (campione S8\_C7, formazione GCC) e  $930\pm 30$  Bq/kg (campione F30bis\_C2, formazione AMD). I campioni che presentano un'attività specifica del  $^{40}\text{K}$  superiore a 1000 Bq/kg sono i seguenti: S4\_C4 ( $1090 \pm 40$  Bq/kg, formazione CL), S5\_C1 ( $1320 \pm 40$  Bq/kg, formazione AMC), S5\_C3 ( $1050 \pm 40$  Bq/kg, formazione AMC), S5\_C4 ( $1190 \pm 40$  Bq/kg, formazione AMC), S5\_C8 ( $1080 \pm 40$  Bq/kg, formazione AMC) e F30bis\_C4 ( $1010 \pm 30$  Bq/kg, formazione AMC). Il numero di campioni del sondaggio S5 con valori dell'attività specifica del  $^{40}\text{K}$  è probabilmente associato all'abbondanza di feldspato negli gneiss aplitici.

I dati rilevati indicano tenori in  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  confrontabili con l'attività specifica media di materiali da costruzione e materiali lapidei simili a quelli esaminati nel corso della presente campagna indagini (Risica, Bolzan, & Nuccetelli, 1999; Ahmed, Abbady, M., Michel, El-Kamel, & Abbady, 2006).

#### ***4.1.1.4 Confronto dei dati della campagna 2012 con i risultati della campagna di caratterizzazione radiometrica realizzata dal Politecnico di Torino***

Nel corso degli anni 2003, 2004 e 2005 sono stati condotti studi su campioni prelevati da sondaggi di proprietà di TELT e realizzati in corrispondenza delle aree di progetto della NLT (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). Gli studi erano volti alla caratterizzazione radiometrica dei materiali di scavo nel corso delle precedenti fasi progettuali. I risultati delle analisi condotte sono riportati in **Tabella 7**.

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

Tabella A2.3: attività specifiche riscontrate nei diversi litotipi analizzati									
Sigla campione	Litotipi	<sup>238</sup> U		<sup>226</sup> Ra		<sup>232</sup> Th		<sup>40</sup> K	
		[Bq/kg]	[ppm]	[Bq/kg]	[ppm]	[Bq/kg]	[ppm]	[Bq/kg]	[ppm]
S11/4 x15	Depositi	15 ± 6	1.2 ± 0.4	18 ± 2	1.46 ± 0.16	20 ± 3	4.9 ± 0.7	280 ± 30	±
S4/8 x16		26 ± 4	2.1 ± 0.3	26 ± 4	2.1 ± 0.3	29 ± 6	7.1 ± 1.4	600 ± 70	1.82 10 <sup>5</sup> ± 2.12 10 <sup>4</sup>
S11/10 x10		31 ± 13	2.52 ± 1.10	20 ± 5	1.6 ± 0.4	21 ± 1.7	5.1 ± 0.4	320 ± 40	9.7 10 <sup>4</sup> ± 1.2 10 <sup>4</sup>
S11/10 x11		20 ± 4	1.6 ± 0.3	20 ± 4	1.6 ± 0.3	21.7 ± 1.8	5.3 ± 0.4	360 ± 40	1.1 10 <sup>4</sup> ± 1.2 10 <sup>4</sup>
S4/13 x17		6.8 ± 1.7	0.55 ± 0.14	6.8 ± 1.7	0.55 ± 0.14	4.4 ± 0.7	1.08 ± 0.17	133 ± 19	4.03 10 <sup>4</sup> ± 5.76 10 <sup>3</sup>
S4/14 x18		13 ± 6	1.1 ± 0.4	13 ± 6	1.1 ± 0.4	12 ± 3	2.9 ± 0.7	560 ± 70	1.70 10 <sup>5</sup> ± 2.12 10 <sup>4</sup>
S4/15 x19		30 ± 5	2.4 ± 0.4	30 ± 5	2.4 ± 0.4	31 ± 3	7.6 ± 0.7	520 ± 70	1.58 10 <sup>5</sup> ± 2.12 10 <sup>4</sup>
S11/65 x4		< 40	< 3.25	10 ± 4	0.8 ± 0.3	9 ± 2	2.2 ± 0.4	160 ± 20	4.8 10 <sup>4</sup> ± 6.1 10 <sup>3</sup>
S11/121 x5	Calcescisti	25 ± 13	2.10 ± 1.10	8.0 ± 1.7	0.65 ± 0.14	4 ± 3	0.9 ± 0.7	170 ± 20	5.2 10 <sup>4</sup> ± 6.1 10 <sup>3</sup>
S11/144 x6		6 ± 3	0.5 ± 0.2	8.4 ± 1.9	0.68 ± 0.15	8.72 ± 0.14	2.15 ± 0.03	26 ± 4	7.9 10 <sup>3</sup> ± 1.2 10 <sup>3</sup>
S8/2 x36	Gneiss	60 ± 30	4.8 ± 2.4	35 ± 4	2.8 ± 0.3	50 ± 3	12.3 ± 0.7	890 ± 110	2.7 10 <sup>5</sup> ± 3.3 10 <sup>4</sup>
S8/26 x37		33 ± 17	2.6 ± 1.3	17 ± 2	1.38 ± 0.16	28 ± 2	6.9 ± 0.4	390 ± 50	1.18 10 <sup>5</sup> ± 1.5 10 <sup>4</sup>
S8/42 x38		70 ± 40	5.7 ± 3.2	58 ± 4	4.7 ± 0.3	76 ± 6	18.7 ± 1.4	1040 ± 120	3.15 10 <sup>5</sup> ± 3.6 10 <sup>4</sup>
S9/27 x34		34 ± 12	2.7 ± 0.9	55 ± 7	4.4 ± 0.5	85 ± 6	20.9 ± 1.4	630 ± 50	1.91 10 <sup>5</sup> ± 1.5 10 <sup>4</sup>
S9/36 x35		25 ± 8	2.0 ± 0.6	23 ± 3	1.8 ± 0.2	26 ± 3	6.4 ± 0.7	550 ± 50	1.67 10 <sup>5</sup> ± 1.5 10 <sup>4</sup>
S12/54 x29		40 ± 30	3.2 ± 2.4	19 ± 4	1.5 ± 0.3	34 ± 5	8.3 ± 1.2	1080 ± 130	3.27 10 <sup>5</sup> ± 3.9 10 <sup>4</sup>
S12/71 x30		15 ± 6	1.2 ± 0.4	16.2 ± 1.5	1.32 ± 0.12	7 ± 1.7	1.7 ± 0.4	210 ± 20	6.36 10 <sup>4</sup> ± 6.1 10 <sup>3</sup>
S12/81 x31		20 ± 7	1.6 ± 0.5	21 ± 4	1.7 ± 0.3	12.9 ± 0.8	3.1 ± 0.2	430 ± 40	1.3 10 <sup>5</sup> ± 1.2 10 <sup>4</sup>
S5/64 x43		50 ± 8	4.1 ± 0.6	50 ± 8	4.1 ± 0.6	50 ± 2	12.3 ± 0.4	1280 ± 150	3.88 10 <sup>5</sup> ± 4.5 10 <sup>4</sup>
S11/73 x12		9 ± 4	0.7 ± 0.3	11 ± 2	0.89 ± 0.16	< 1.4	< 0.34	< 9	< 2.73 10 <sup>3</sup>
S11/81 x13		< 4	< 0.33	5.4 ± 0.9	0.44 ± 0.10	< 1.4	< 0.34	38 ± 6	1.15 10 <sup>4</sup> ± 1.8 10 <sup>3</sup>
S11/105 x14		12 ± 5	0.9 ± 0.4	14 ± 3	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.2	0.27 ± 0.05	< 9	< 2.73 10 <sup>3</sup>
S12/65 x32		32 ± 9	2.6 ± 0.7	33 ± 3	2.6 ± 0.2	28.8 ± 0.9	7.1 ± 0.2	188 ± 18	5.7 10 <sup>4</sup> ± 5.5 10 <sup>3</sup>

Tabella A2.3: segue									
Sigla campione	Litotipi	<sup>238</sup> U		<sup>226</sup> Ra		<sup>232</sup> Th		<sup>40</sup> K	
		[Bq/kg]	[ppm]	[Bq/kg]	[ppm]	[Bq/kg]	[ppm]	[Bq/kg]	[ppm]
S12/103 x33	Marmo	9 ± 5	0.7 ± 0.4	16.4 ± 1.6	1.33 ± 0.13	5 ± 2	1.2 ± 0.4	168 ± 16	5.1 10 <sup>4</sup> ± 4.8 10 <sup>3</sup>
S25/28 x27		5 ± 2	0.41 ± 0.16	6.7 ± 1	0.54 ± 0.08	1.1 ± 0.4	0.27 ± 0.12	24 ± 4	7.27 10 <sup>3</sup> ± 1.2 10 <sup>3</sup>
S25/42 x28		< 50	< 4.07	48 ± 8	3.9 ± 0.6	2.4 ± 0.7	0.59 ± 0.17	13 ± 4	3.94 10 <sup>3</sup> ± 1.2 10 <sup>3</sup>
S4/24 x20	Micascisti	26 ± 5	2.1 ± 0.4	26 ± 5	2.1 ± 0.4	30 ± 5	7.3 ± 1.2	820 ± 100	2.48 10 <sup>5</sup> ± 3.03 10 <sup>4</sup>
S4/41 x25		17 ± 7	1.3 ± 0.5	22 ± 4	1.7 ± 0.3	27 ± 2	6.6 ± 0.4	710 ± 60	2.15 10 <sup>5</sup> ± 1.82 10 <sup>4</sup>
S4/43 x26		29 ± 4	2.3 ± 0.3	29 ± 4	2.3 ± 0.3	36 ± 2	8.8 ± 0.4	910 ± 110	2.76 10 <sup>5</sup> ± 3.33 10 <sup>4</sup>
S4/64 x21		23 ± 8	1.8 ± 0.6	29 ± 4	2.3 ± 0.3	34 ± 2	8.3 ± 0.4	720 ± 60	2.18 10 <sup>5</sup> ± 1.82 10 <sup>4</sup>
S4/74 x24		34 ± 10	2.7 ± 0.8	35 ± 4	2.8 ± 0.3	40 ± 2	9.8 ± 0.4	760 ± 60	2.30 10 <sup>5</sup> ± 1.82 10 <sup>4</sup>
S4/75 x23		30 ± 9	2.4 ± 0.7	27.7 ± 0.9	2.25 ± 0.07	34 ± 2	8.3 ± 0.4	660 ± 50	2.00 10 <sup>5</sup> ± 1.52 10 <sup>4</sup>
S4/152 x22		31 ± 6	2.5 ± 0.4	31 ± 6	2.5 ± 0.4	34 ± 6	8.3 ± 1.4	980 ± 120	2.97 10 <sup>5</sup> ± 3.64 10 <sup>4</sup>
S11/15 x3		< 17	< 1.38	< 7	< 0.57	2.4 ± 0.7	0.59 ± 0.17	210 ± 30	6.36 10 <sup>4</sup> ± 9.1 10 <sup>3</sup>
S11/15 x2	Prasinititi	< 7	< 0.57	5 ± 2	0.41 ± 0.16	3 ± 2	0.7 ± 0.4	117 ± 13	3.55 10 <sup>4</sup> ± 3.9 10 <sup>3</sup>
S11/16 x1		< 7	< 0.57	3.6 ± 1.3	0.29 ± 0.11	1.6 ± 0.4	0.39 ± 0.13	300 ± 20	9.09 10 <sup>4</sup> ± 6.1 10 <sup>3</sup>
S8/79 x39	Quarzite	90 ± 50	7.3 ± 4.1	87 ± 13	7.07 ± 1.06	87 ± 12	21.4 ± 2.9	460 ± 60	1.39 10 <sup>5</sup> ± 1.8 10 <sup>4</sup>
S23/25 x44		21 ± 6	1.7 ± 0.4	23.4 ± 1.3	1.9 ± 0.11	33 ± 6	8.1 ± 1.4	970 ± 80	2.94 10 <sup>5</sup> ± 2.4 10 <sup>4</sup>
S8/16 x40	Scistocloritici	50 ± 30	4.1 ± 2.4	31 ± 7	2.5 ± 0.5	34 ± 1.5	8.3 ± 0.3	760 ± 90	2.30 10 <sup>5</sup> ± 2.7 10 <sup>4</sup>
S8/17 x41		< 30	< 2.44	7.1 ± 1.3	0.58 ± 0.11	10.8 ± 1.2	2.6 ± 0.3	61 ± 11	1.85 10 <sup>4</sup> ± 3.3 10 <sup>3</sup>
S8/25 x42		40 ± 19	3.2 ± 1.5	23 ± 2	1.87 ± 0.16	26.8 ± 1.3	6.6 ± 0.3	790 ± 90	2.39 10 <sup>5</sup> ± 2.7 10 <sup>4</sup>
S11/22 x7		< 30	< 2.44	< 5	< 0.41	< 4	< 0.99	10 ± 5	3.03 10 <sup>3</sup> ± 1.5 10 <sup>3</sup>
S11/24 x8	Serpentinaiti	Non rilevato	Non rilevato	< 3	< 0.24	< 3	< 0.74	Non rilevato	Non rilevato
S11/27 x9		Non rilevato	Non rilevato	< 2	< 0.16	< 0.6	< 0.15	Non rilevato	Non rilevato
S30b/14 x45	Quarzo	19 ± 7	1.5 ± 0.6	21 ± 5	1.7 ± 0.4	28 ± 1.5	6.9 ± 0.3	33 ± 8	1 10 <sup>4</sup> ± 2.4 10 <sup>3</sup>

Tabella 7 – Risultati delle attività di caratterizzazione radiometrica dei materiali di scavo dei lavori di realizzazione della NLTL, condotte su campioni prelevati da sondaggi di TELT (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

I sondaggi considerati sono riferiti alle seguenti unità strutturali:

- S12: Zona a Scaglie (destra idrografica della Valle Cenischia)
- S8, S9, S11: Zona Piemontese a nord della Piana di Susa;
- S23: Complesso di Ambin
- S25: Unità di Copertura del Dora-Maira.
- S4: Complesso di Clarea

In riferimento all'attività specifica, i valori medi per ciascuno degli isotopi considerati sono riportati in **Tabella 8**.

<sup>238</sup> U [Bq/kg]	<sup>226</sup> Ra [Bq/kg]	<sup>232</sup> Th [Bq/kg]	<sup>40</sup> K [Bq/kg]
26,26	22.37	23.11	429,98

**Tabella 8** - Valori medi dell'attività specifica degli isotopi naturali presenti nelle rocce analizzate dal Politecnico di Torino (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Prendendo in considerazione i valori medi, riferiti alle differenti litologie, emerge il quadro riportato in **Tabella 9**. L'esame dei valori della tabella permette di osservare come l'attività specifica media degli isotopi considerati sia maggiore nelle quarziti (sondaggi S8, S23 e S30bis), negli scistocloritici (sondaggio S8), negli gneiss (in prevalenza prelevati dai sondaggi S8 e S12) e nei micascisti (sondaggio S4). I valori più bassi caratterizzano le serpentiniti e i marmi. In generale i valori medi dell'attività specifica rilevati nei campioni esaminati sono confrontabili con i valori medi misurati per la crosta terrestre.

	<sup>238</sup> U [Bq/kg]	<sup>226</sup> Ra [Bq/kg]	<sup>232</sup> Th [Bq/kg]	<sup>40</sup> K [Bq/kg]
<b>Calcescisti</b>	23,67	8,80	7,24	118,67
<b>Gneiss</b>	38,56	32,69	40,99	722,22
<b>Marmi</b>	17,29	19,21	5,89	64,14
<b>Micascisti</b>	27,14	28,53	33,57	794,29
<b>Prasiniti</b>	10,33	5,20	2,33	209,00
<b>Quarziti</b>	43,33	43,80	6,43	487,67
<b>Scistocloritici</b>	40,00	20,37	23,87	537,00
<b>Serpentiniti</b>	10,00	3,33	2,53	3,33
Mediana UNSCEAR 2000	35	35	35	400
Valori medi per ammassi rocciosi	33*	-	34*	850**

**Tabella 9** – Valori medi dell'attività specifica distinti in funzione dei litotipi (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). \*(Righi, Bett, Bruzzi, Mazzotti, & G., 2000); \*(Hunter-Smith, 2012).

In **Figura 18**, **Figura 19** e **Figura 20** sono riportati i grafici dell'attività specifica degli isotopi di <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th e <sup>40</sup>K, rilevata per i campioni prelevati nel corso della presente campagna indagini, e l'attività specifica degli stessi isotopi come illustrato nei risultati della campagna indagini condotta dal Politecnico di Torino. L'esame dei grafici permette di rilevare una sostanziale omogeneità dei valori misurati nel corso delle due campagne condotte per l'area di progetto.

#### 4.1.1.5 Indice di attività (RP112) e Sum Index (RP122)

Al fine di verificare la rilevanza radiologica dei materiali degli ammassi rocciosi considerati, sono presi in considerazione i valori di due indici di riferimento:

- Indice di attività (I);
- Sum Index (SI).

Il primo corrisponde all'indice di attività, proposto dalla Comunità Europea (UE, Radiation Protection 112 - Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of

building materials, 1999) al fine di valutare la possibilità di riutilizzo dei materiali di scavo come materiali per costruzione. L'indice è calcolato in base alla seguente formula:

$$I = \frac{C_{Ra} (Bq/kg)}{300 (Bq/kg)} + \frac{C_{Th} (Bq/kg)}{200 (Bq/kg)} + \frac{C_K (Bq/kg)}{3000 (Bq/kg)} \quad (\text{eq. 1})$$

dove  $C_{Ra}$  è l'attività specifica del Radio espressa in Bq/kg,  $C_{Th}$  è l'attività specifica del Torio espressa in Bq/kg e  $C_K$  è l'attività specifica del Potassio espressa in Bq/kg.

Il valore dell'indice è utilizzato in funzione del criterio di dose alla popolazione. In funzione del valore dell'indice è infatti possibile valutare l'incremento della dose annuale per la popolazione in presenza dei materiali analizzati. Per valori dell'indice  $\leq 0,5$  si ha in corrispondente incremento  $\leq 0,3$  mSv/anno. Per valori dell'indice  $\leq 1$ , l'incremento della dose annuale, rispetto al fondo naturale è  $\leq 1$  mSv/anno (Esposito, 2002; UE, Radiation Protection 112 - Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials, 1999).

Il Sum Index è definito dalla Commissione Europea (UE, Radiation Protection 122 part 2, 2001) al fine di permettere una valutazione della variazione indotta sul livello di radioattività naturale di un materiale contenente isotopi radioattivi naturali (NORM: naturally occurring radioactive material). L'indice è definito in modo tale da permettere di valutare se la variazione dei livelli di radioattività risulta essere superiore a 0,3 mSv/anno. Tale condizione si verifica se il valore di SI è superiore a 1.

L'indice è calcolato secondo la seguente formula:

$$\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{CL_i} \leq 1.0 \quad (\text{eq. 2})$$

dove  $c_i$  è l'attività specifica dell'isotipo  $i$ -esimo,  $CL_i$  è il clearance level per l'isotopo  $i$ -esimo,  $n$  è il numero di isotopi considerati. Per il calcolo è stata considerata l'attività specifica degli isotopi  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$ .

La Radiation Protection 122 fornisce per i differenti isotopi rinvenibili nel materiale considerato i corrispondenti clearance levels (CL).

Nuclides*	All materials	Wet sludges from oil and gas industry
<i>U 238sec incl. U 235 sec**</i>	0.5	5
<i>U nat**</i>	5	100
<i>Th 230</i>	10	100
<i>Ra 226+</i>	0.5	5
<i>Pb 210+</i>	5	100
<i>Po 210</i>	5	100
<i>U 235sec ***</i>	1	10
<i>U 235+ ***</i>	5	50
<i>Pa 231</i>	5	50
<i>Ac 227+</i>	1	10
<i>Th 232sec</i>	0.5	5
<i>Th 232</i>	5	100
<i>Ra 228+</i>	1	10
<i>Th 228+</i>	0.5	5
<i>K-40</i>	5	100

**Tabella 10** – Clearance levels (Bq/g) definiti per i radioisotopi considerati dalla RP 122 Part 2

Sulla base delle CL per gli isotopi considerati, il Sum Index è calcolato come segue:

$$SI = \frac{C_{238U}}{0,5} + \frac{C_{232Th}}{0,5} + \frac{C_{40K}}{5} \quad (\text{eq. 3})$$

dove  $C_{238U}$ ,  $C_{232Th}$  e  $C_{40K}$  corrispondono alle attività specifiche dei radioisotopi analizzati nei campioni, espresse in Bq/g.

I valori dell'indice di attività calcolato per i campioni esaminati con la campagna del 2012 sono rappresentati in **Figura 21**. Nella stessa figura sono riportati i valori dello stesso indice calcolati nello studio del Politecnico di Torino (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Tutti i campioni esaminati dal Politecnico di Torino presentano valori dell'indice di attività inferiori a 1. Per i campioni esaminati nel 2012, solo un campione, su 95 considerati, presenta un valori dell'indice I di poco superiore a 1: campione S5\_C1 – I=1,31. Il campione S5\_C1 appartiene alla formazione AMC (gneiss aplitici del Complesso di Ambin) ed è caratterizzato da attività specifiche del  $^{40}K$  e dell' $^{238}U$  che risultano essere le più elevate tra tutti i campioni della stessa formazione (**Tabella 7** e **Tabella 8**). La concentrazione  $^{40}K$  potrebbe essere probabilmente connessa all'elevato contenuto in mica (30%) rispetto alla media riscontrata nei campioni della stessa formazione (10%) (rif.PRVT3C3B0085), mentre la concentrazione di  $^{238}U$  potrebbe essere associata ad una maggiore presenza in ossidi (8%) rispetto a quanto rilevato al tenore medio dei campioni della stessa formazione (~2%) (rif.PRVC3BTS30085).

Il campione è stato prelevato ad una profondità del sondaggio compresa tra 323,40 m e 323,58 m, rispetto alla quota di scavo prevista a 552 m dal piano campagna. I valori rilevati possono essere messi in relazione alla natura della formazione a cui appartiene il campione (gneiss aplitici dell'Ambin) che costituiscono un prodotto metamorfico di rocce granitiche (Gattiglio & Sacchi, 2006).

I valori del Sum Index calcolati per i campioni della campagna 2012 sono rappresentati in **Figura 22**. Nella stessa figura sono riportati i valori dello stesso indice definiti dal Politecnico

di Torino (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). Tutti i campioni esaminati presentano valori dell'indice inferiori a 1.



Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

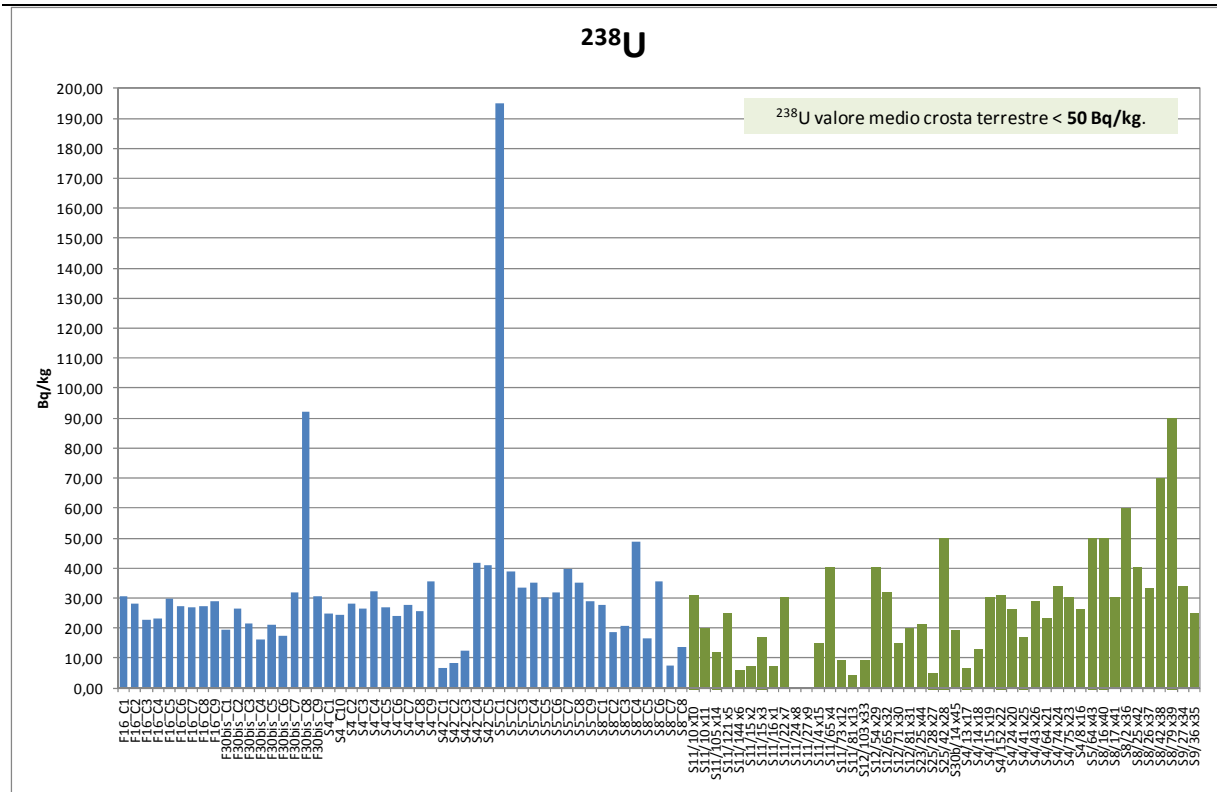


Figura 18 – Attività specifica (Bq/kg) per  $^{238}\text{U}$  rilevata nei campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi).

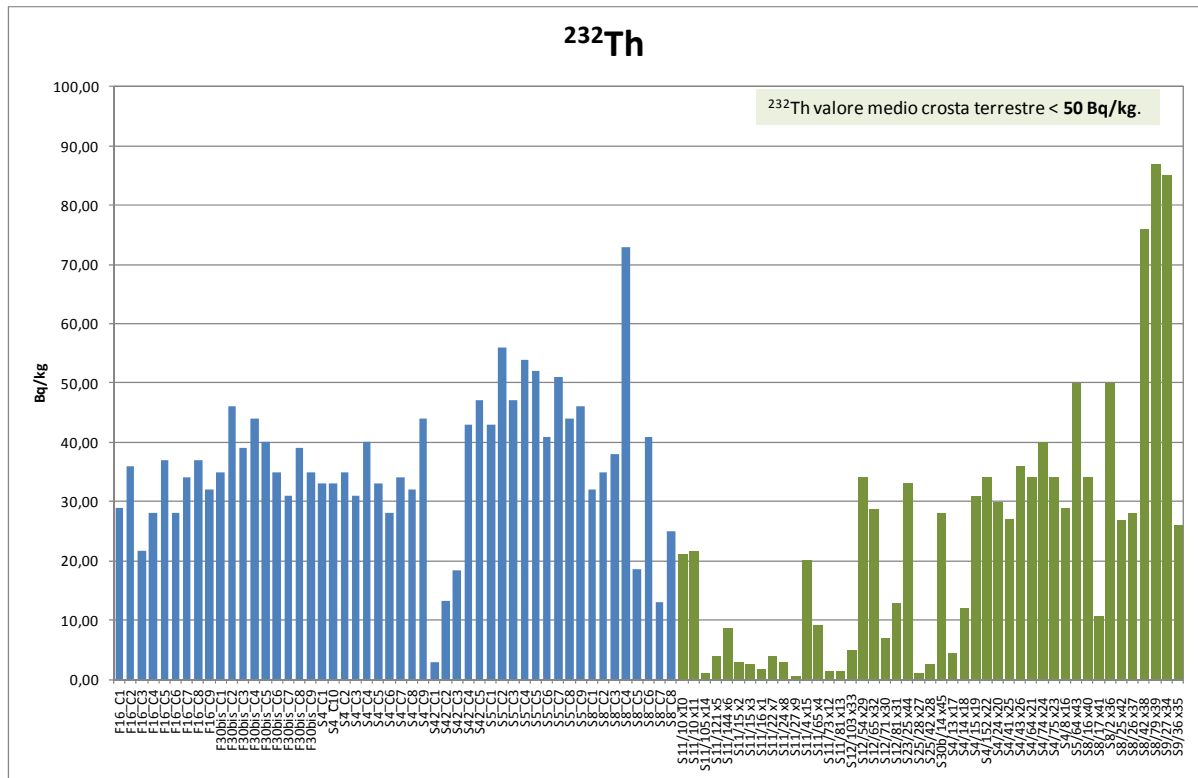
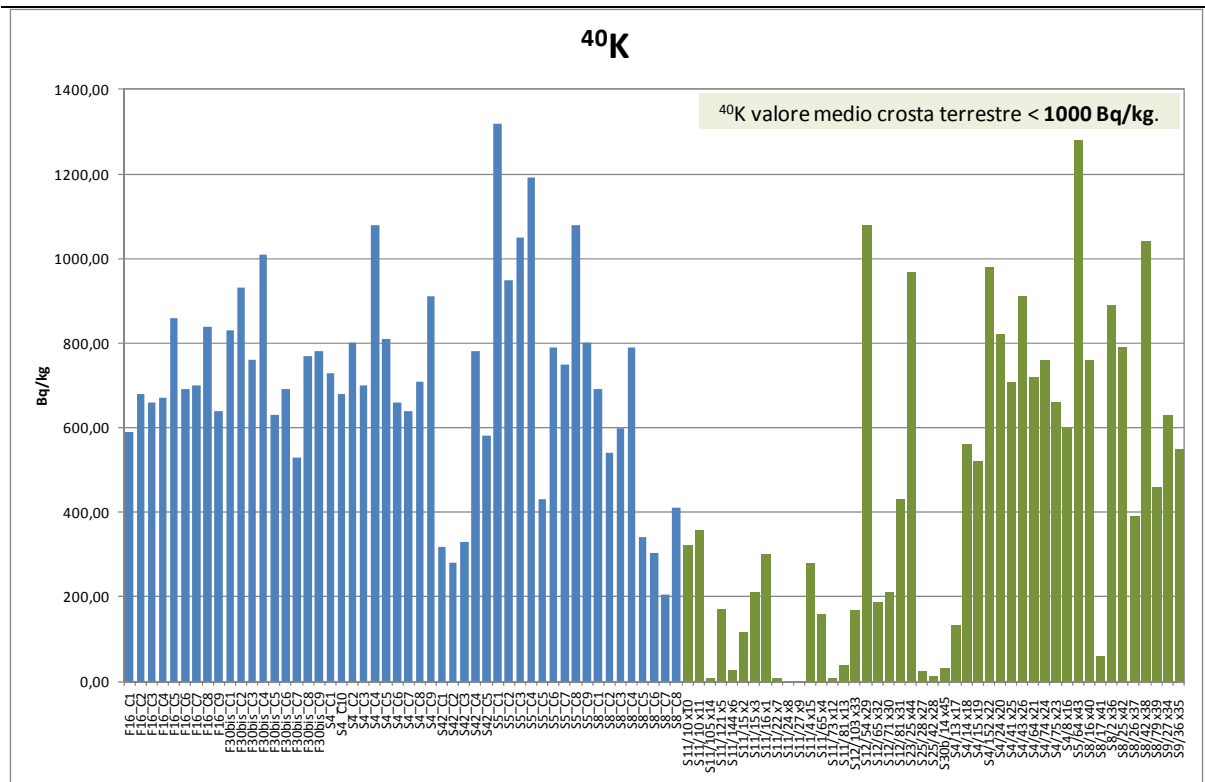


Figura 19 – Attività specifica per  $^{232}\text{Th}$  rilevata nei campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi).

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)



**Figura 20** – Attività specifica per  $^{40}\text{K}$  rilevata nei campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi).

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

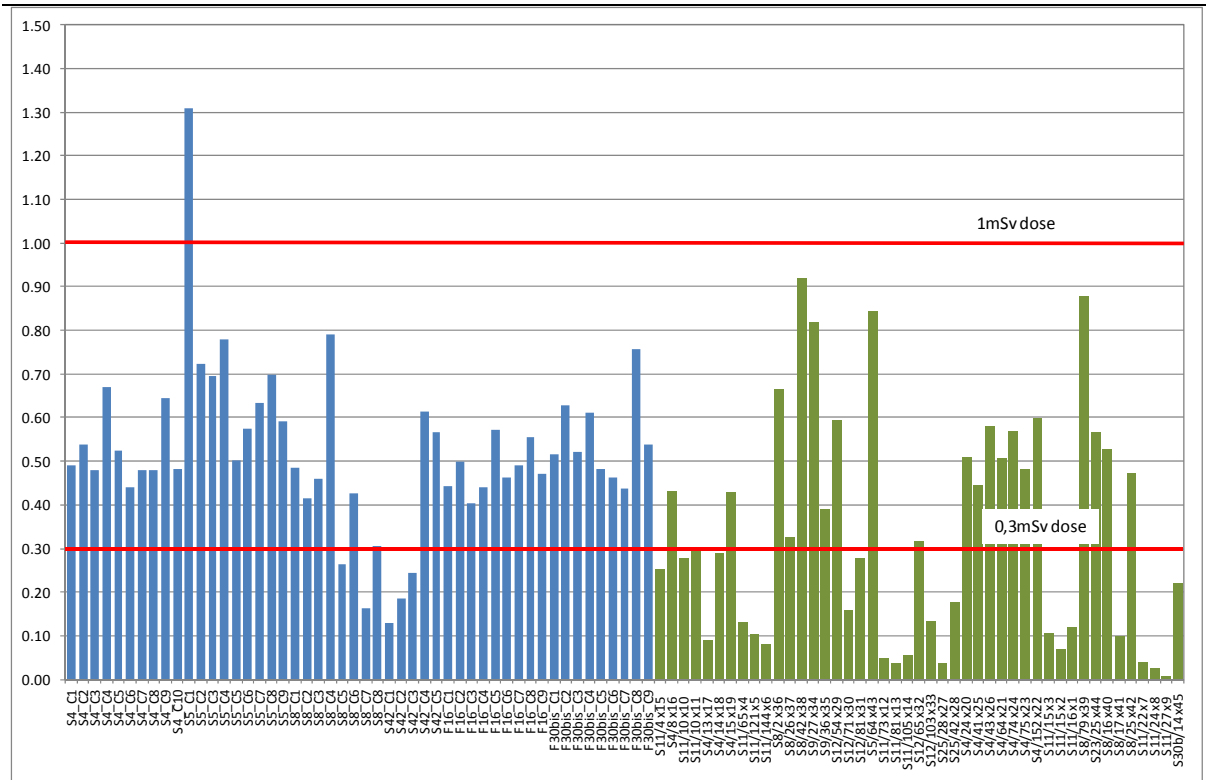


Figura 21 – Indice di attività calcolato per i campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi).

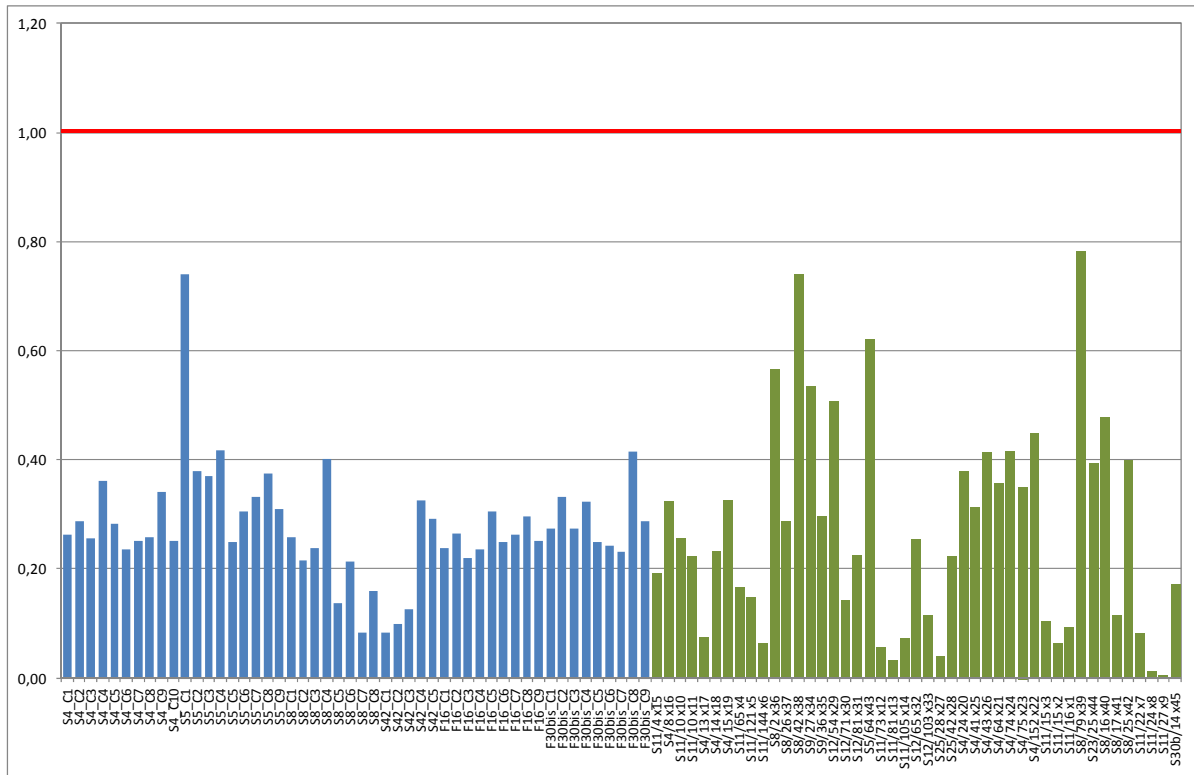


Figura 22 – Sum Index (SI) calcolato per i campioni analizzati nella campagna 2012 (barre blu), e nei campioni considerati nello studio del Politecnico di Torino (barre verdi). La linea rossa indica il limite di rilevanza radiologica, posto dalla RP 122 pari a 1.

4.1.1.6 Monitoraggio radiazioni ionizzanti nel Cunicolo esplorativo della Maddalena

Nel corso dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena tra le diverse componenti monitorate vi sono quelle relative alle radiazioni gamma misurate all'imbocco della galleria, al fronte di scavo sulla TBM e sui cumuli di smarino.

Inoltre il monitoraggio interno alla zona cantiere prevede anche la misura della radioattività delle particelle aerodisperse tramite l'analisi alfa e beta settimanale e la spettrometria gamma mensile su filtro per PTS utilizzato da una stazione predisposta in prossimità dell'imbocco del cunicolo esplorativo.

Il monitoraggio è iniziato al portale della galleria il giorno 12/07/2013 e in data 23/07/2013 sullo smarino e al fronte di scavo ed è attualmente in corso.

In base alle informazioni presenti derivanti dal monitoraggio interno al cantiere non sembrano esservi particolari anomalie nelle emissioni di raggi gamma al fronte di scavo sulla TBM, i valori di rateo di dose al fronte scavo sono risultati tutti ampiamente inferiori alla “soglia di sorveglianza” di 250 mSv/h, come anche indicato nelle diverse relazioni tecniche semestrali redatte dall'ARPA Piemonte e consultabili sul portale web <https://www.arpa.piemonte.gov.it/approfondimenti/grandi-opere/torino-lione/nltl/dati-arpa-1/radiazioni-ionizzanti/radiazioni>.

Per quanto riguarda le misure eseguite al portale della galleria con la misura della radioattività delle particelle aerodisperse PTS, nel monitoraggio sono definiti 3 diversi limiti soglia per tipologia di emissione:

1. Limite di SORVEGLIANZA (A): ALFA 0,2 mBq/m<sup>3</sup>; BETA 1,5 mBq/m<sup>3</sup>, GAMMA 20 mBq/m<sup>3</sup>;
2. Limite di ATTENZIONE (AA): 0,4 mBq/m<sup>3</sup>, BETA 4 mBq/m<sup>3</sup>, GAMMA 50 mBq/m<sup>3</sup>;
3. Limite di INTERVENTO (AAA): 0,5 mBq/m<sup>3</sup>, BETA 5 mBq/m<sup>3</sup>, GAMMA 100 mBq/m<sup>3</sup>.

I superamenti dei limiti soglia sono stati i seguenti:

- si è registrato un superamento della soglia di Sorveglianza (A) per la componente alfa totale sul filtro campionato tra il 28/10/2014 ed il 5/11/2014;
- si è registrato un superamento della soglia di Sorveglianza (A) per la componente alfa totale sul filtro campionato tra il 13/01/2015 ed il 20/01/2015.
- si è registrato un superamento della soglia di Sorveglianza (A) per la componente alfa totale sul filtro campionato tra il 20/01 ed il 27/01 e tra il 10/02/2015 ed il 17/02/2015;
- si è registrato un superamento della soglia di Attenzione (AA) per la componente alfa totale sul filtro campionato tra il 17/02/2015 ed il 24/02/2015 e sul filtro campionato tra il 24/02/2015 e il 03/03/2015 (per completezza si segnala che il valore misurato eguaglia la soglia di Attenzione (AA)). Per il superamento in oggetto, secondo la procedura concordata con gli Enti di Controllo, è stata aperta un'ANOMALIA e la relativa scheda inviata agli Enti di Controllo.

Relativamente al superamento dei limiti di Attenzione (AA), come evidenziato nella Relazione tecnica n.679/IR dell'ARPA, nella settimana di campionamento dal 17/02/2015 al 24/02/2015 si è registrato per l'attività alfa totale un valore di 0,48 mBq/m<sup>3</sup> superiore al livello di attenzione di 0,4 mBq/m<sup>3</sup> in conseguenza del quale TELT ha attivato correttamente una serie di approfondimenti e di azioni mitigative. L'anomalia è rientrata nelle settimane successive ed è stata giustificata con un aumento della polverosità ambientale all'interno dell'area di cantiere (il monitoraggio delle polveri ha evidenziato un valore di polverosità oltre la soglia nei giorni 20 e 21

febbraio). Il dato è comunque insignificante dal punto di vista radioprotezionistico, tenuto conto, anche, delle altre misure radiometriche effettuate sempre nell'area cantiere (gamma in continuo al fronte scavo e misure di rateo di dose e di spettrometria gamma sullo smarino) che hanno dato sempre valori nelle norma.

- Il valore misurato sul filtro prelevato in data 10/03/2015 eguaglia la soglia di Sorveglianza (A);
- si è registrato il superamento della soglia di Sorveglianza (A) per la componente alfa totale sul filtro campionato tra il 17/03/2015 ed il 24/03/2015 e sul filtro campionato tra il 14/04/2015 ed il 21/04/2015;

Si sottolinea che a seguito della riunione del 02/04/2015, tenutasi presso la sede Arpa di Ivrea in presenza di TELT, sono stati approvati i seguenti nuovi limiti per l'attività totale sulle PTS:

1. Limite di sorveglianza (A) = 0,4 mBq/m<sup>3</sup> ;
2. Limite di attenzione (AA) = 0,6 mBq/m<sup>3</sup>;
3. Limite di intervento (AAA) = 0,8 mBq/m<sup>3</sup>;

- si è registrato il superamento della soglia di Sorveglianza (A) tra il 30/06/2015 ed il 07/07/2015, tra il 14/07/2015 ed il 21/07/2015. Per il superamento in oggetto, secondo la procedura concordata con gli Enti di Controllo, è stata aperta un'ANOMALIA in data 20/07/2015.

Come evidenziato nella Relazione tecnica n.687/IR/2016, nel periodo sopra descritto, si osserva che la concentrazione di attività alfa e beta totale nelle PTS non ha mai superato il livello di attenzione. Gli eventi di superamento del livello di sorveglianza stabilito per l'attività alfa (0,4 mBq/m<sup>3</sup> stabilito ), valori peraltro insignificanti dal punto di vista radioprotezionistico, sono stati attribuiti ad un aumento della polverosità presente nell'area cantiere

- si è registrato un superamento della soglia di Sorveglianza (A) per la componente alfa totale sul filtro campionato tra il 01/12/2015 ed il 09/12/2015 e sul filtro campionato tra il 21/12/2015 ed il 29/12/2015.

In generale per gli eventi di superamento del livello di sorveglianza stabilito per l'attività alfa, i cui valori peraltro sono insignificanti dal punto di vista radioprotezionistico, le anomalie sono rientrate nelle misure successive. Per tale motivo, tenendo anche conto delle altre misure radiometriche effettuate nell'area cantiere (gamma in continuo al fronte scavo e misure di rateo di dose e di spettrometria gamma sullo smarino), si ritiene che tali dati anomali siano spiegabili con un aumento della polverosità e quindi con un maggior accumulo di materiale sui filtri, piuttosto che da un incremento in atmosfera della concentrazione di radionuclidi.

Si ribadisce inoltre che i limitati superamenti sopra riportati sono avvenuti all'interno del cantiere e in corrispondenza di questi superamenti nulla è stato rilevato per l'ambiente esterno per la popolazione.

Anche le analisi di spettrometria gamma eseguite sui pacchetti mensili dei filtri per PTS, per la determinazione delle concentrazioni di attività dei principali radionuclidi di interesse, hanno sempre fornito valori di concentrazione di attività inferiori alle MAR (Minima Attività Rivelabile).

Per quanto riguarda il monitoraggio eseguito sui cumuli dello smarino, le misure eseguite hanno sempre evidenziato valori di rateo nella norma e tipici di materiali a medio-basso contenuto di radioattività.

#### 4.1.1.7 Caratterizzazione della possibilità di rilevazione di attività specifica superiore ai tenori medi terrestri per gli isotopi naturali radioattivi

Sulla base dei risultati ottenuti, per gli ammassi rocciosi considerati, sono stati rilevati valori dell'attività specifica degli isotopi  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  confrontabili con i valori medi riportati in letteratura per i materiali naturali della crosta terrestre.

Per i campioni analizzati nel corso della campagna indagini del 2012 e per quelli considerati dallo studio del Politecnico di Torino (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005) i valori del Sum Index (SI) sono sempre inferiori al limite di rilevanza radiologica. I materiali prossimi o posti alla quota di scavo ed esaminati nel presente studio mostrano valori dell'indice di attività inferiori a 1 (limite per l'idoneità all'impiego come materiali da costruzione). Più in generale, su 95 campioni analizzati (di cui 50 nel presente studio e 45 nello studio del Politecnico di Torino), solo un campione, prelevato ad una profondità non corrispondente alla quota di scavo, risulta caratterizzato da un valore dell'indice superiore a 1 (campione S5\_C1 I=1,31).

Sulla base di queste considerazioni viene ora definita una caratterizzazione del rischio connesso alla possibilità che le attività di scavo possano interessare porzioni di ammassi rocciosi con livelli di attività specifica del  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  superiori ai tenori medi riscontrati con le analisi condotte.

Settore	Pk da	Pk a	Lunghezza (m)	Possibilità (attività specifica > att. spec. media crosta terrestre)
Tunnel di Base	44+120	53+750	12550	Bassa
	53+750	54+830	1080	Media
	54+830	61+076	6246	Bassa
Piana di Susa*	61+076	63+870	2794	Molto bassa
Tunnel di Interconnessione	63+870	0+035	165	Bassa
	0+035	1+900	1865	Bassa

**Tabella 11** – Caratterizzazione del tracciato in termini di rischio di scavo in rocce con attività specifica degli isotopi naturali superiore ai valori medi dell'ammasso roccioso.\* per la Piana di Susa non sono previste opere in sotterraneo.

- Pk44+120 – pk53+750: lungo questo tratto sono intercettate formazioni che in base ai risultati delle analisi condotte per il presente studio e in base a quelle condotte dal Politecnico di Torino, indicano un'attività specifica degli isotopi radioattivi caratterizzata da valori confrontabili con quelli medi della crosta terrestre;
- pk53+750 – pk54+830: il tratto in esame attraversa le rocce della formazione degli gneiss aplitici (AMC) e degli gneiss albitici e micascisti quarziticci (AMD) del Complesso di Ambin. Sebbene su 9 campioni esaminati, solo uno risulta caratterizzato da tenori in  $^{238}\text{U}$  e  $^{40}\text{K}$  superiori alla rispettiva attività specifica media rilevata per la formazione, per l'intero tratto di scavo si considera una possibilità media di incontrare rocce con attività specifica degli isotopi superiore a quella media rilevata per la crosta terrestre;
- pk54+830 – pk61+080: lungo questo tratto sono intercettate formazioni che in base ai risultati delle analisi condotte per il presente studio e in base a quelle condotte dal Politecnico di Torino, indicano un'attività specifica degli isotopi radioattivi caratterizzata da valori confrontabili con quelli medi della crosta terrestre;
- pk61+080 – pk63+870: il tracciato lungo questo tratto è all'aperto;

- pk63+870– pk1+900: lungo questo tratto sono previsti i calcemicascisti facenti parte delle coperture dell'Unità Dora Maira. Per queste formazioni la possibilità di riscontrare attività specifiche superiori alla media della crosta terrestre è considerata bassa.

#### 4.1.2 Identificazione dei potenziali ricettori

In fase di scavo all'eventuale attraversamento di rocce con  $SI > 1$  o indice di attività  $> 1$  si accompagna la possibilità di interferenza con le seguenti matrici ambientali:

- atmosfera
- suolo
- ambiente idrico
- salute pubblica

In questo senso il modello concettuale seguito è così articolato secondo lo schema seguente.

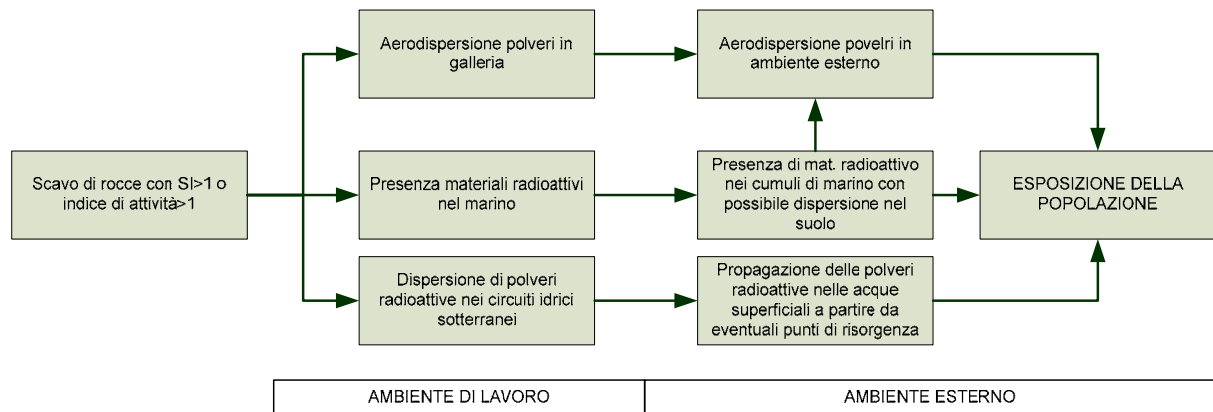


Figura 23 – Modello concettuale seguito per la definizione delle relazioni tra sorgenti e ricettori

Il modello seguito prevede che in caso di scavo in rocce contenenti minerali radioattivi debbano essere valutati i possibili impatti nell'ambiente di lavoro in sotterraneo, in assenza di misure preventive e/o mitigative. Questi impatti sono: (a) la dispersione di polveri radioattive in atmosfera, (b) la dispersione delle polveri radioattive liberate dal marino nei circuiti idrici sotterranei e (c) la presenza di marino caratterizzato da un livello di radioattività significativo. Sempre in assenza di misure preventive e/o mitigative, gli impatti individuati hanno delle ripercussioni per l'ambiente esterno: (a) propagazione delle polveri radioattive dagli ambienti di lavoro a quello esterno, (b) presenza di cumuli di marino costituito da materiale radioattivo, da cui si generano polveri radioattive che si possono liberare nell'aria o nel suolo, (c) propagazione delle polveri radioattive dai circuiti sotterranei a quelli superficiali a partire dai punti di risorgenza. Per questi ultimi impatti sono evidenti le possibili ricadute per la popolazione relativamente all'aspetto della salute pubblica.

Sulla base di queste relazioni sono definite nei paragrafi seguenti le misure di prevenzione della dispersione di polveri e materiali eventualmente risultati radiologicamente rilevanti, quindi dell'esposizione della popolazione.

#### 4.1.3 Misure di mitigazione del rischio

Di seguito sono illustrate le misure da attivare in fase di avanzamento lavori per la mitigazione del rischio.

#### 4.1.3.1 Presidi per la valutazione del livello di radioattività del materiale di scavo

Il livello di radioattività naturale del materiale di scavo verrà monitorato in fase di avanzamento predisponendo i seguenti presidi di rilevamento:

- **controllo preliminare allo scavo** – controllo con sondaggi in avanzamento a ricoprimento totale ed esecuzione di gamma ray logging;
- **controllo al fronte di scavo** – sistemi di misurazione in continuo della radioattività al fronte con contatore geiger e lampade a fluorescenza. I dati verranno giornalmente registrati per valutare eventuali scostamenti dal fondo ambientale stabilito in 0,2 microGy/h. Si prevede in tal caso l'effettuazione di più misure al giorno, della durata di 15 minuti. La soglia di allarme che genera la sospensione dei lavori ed il conseguente intervento degli organi di vigilanza è previsto tra 0,6-0,7 microGy/h, in tal caso si provvederà ad applicare gli ulteriori adempimenti previsti dalla normativa e riassunti nelle procedure di gestione della sicurezza del cantiere;
- **controllo del materiale di scavo** – caratterizzazione radiometrica in spettroscopia gamma (uranio, radio, torio) con rivelatore al germanio iperpuro (HPGe) o in alternativa allo ioduro di sodio;

#### 4.1.3.2 Presidi per il rilevamento delle variazioni del livello di radioattività ambientali per l'ambiente esterno

Il monitoraggio del livello di radioattività naturale per le differenti matrici ambientali (atmosfera e ambiente idrico) sarà monitorato predisponendo i presidi di rilevamento indicati nella tabella seguente.

Oggetto/Settore di monitoraggio	Determinazione analitica	Periodo di campionamento
Acque sotterranee	Caratterizzazione radiometrica in spettrometrica gamma particella alfa e beta totali (in funzione del superamento del limite (0,1 Bq/l per alfa totale e 1 Bq/l per beta totale) sarà eseguita la determinazione dei seguenti parametri : Radio, Uranio, Radon disciolti.	Corso d'opera Post - operam
Acque superficiali	Caratterizzazione radiometrica in spettrometrica gamma particella alfa e beta totali (in funzione del superamento del limite (0,1 Bq/l per alfa totale e 1 Bq/l per beta totale) sarà eseguita la determinazione dei seguenti parametri : Radio, Uranio, Radon disciolti.	Corso d'opera Post - operam
Recettori individuati da traffico dei mezzi di trasporto interno al cantiere	Caratterizzazione radiometrica in spettrometrica gamma e conteggio delle particelle alfa sul PTS	Corso d'opera Post - operam
Deposito temporaneo del materiale presso il cantiere	Verifica periodica sul materiale con caratterizzazione radiometrica in spettroscopia gamma sul PTS e rilevazioni con contatore geiger sul materiale prima dell'avvio del materiale al deposito definitivo	Corso d'opera Post - operam
Deposito definitivo	Caratterizzazione radiometrica in spettrometrica gamma sul PTS	Corso d'opera Post - operam



*Tabella 12 – Misure di monitoraggio per la valutazione del rischio radiologico*

**4.1.3.3 Gestione del materiale di scavo avente indice di attività superiore ai limiti dei documenti RP122 e RP112.**

In presenza di rilevazioni relative al monitoraggio ambientale che segnalino il riscontro di livelli di radioattività anomali o di attività specifica degli isotopi naturali tali da determinare valori del Sum Index >1 o dell'indice di attività >1, si opererà come segue:

- confinamento del fronte mediante barriere ad acqua al fine di prevenire la dispersione di polveri eventualmente radioattive;
- il materiale di scavo sarà essere opportunamente sigillato al fronte e trasferito in discarica secondo le modalità di gestione previste per la sicurezza dei lavoratori e della popolazione.

**4.2 Gestione del rischio radon**

Il Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) è un gas radioattivo di origine naturale, proveniente dal decadimento del radioisotopo  $^{226}\text{Ra}$  (radio) che si origina, per decadimenti successivi, dal capostipite  $^{238}\text{U}$ . Il Radon è presente ubiquitariamente sulla Terra, sia pure in concentrazioni variabili in funzione della conformazione geologica, in quanto originato dall'uranio, a sua volta diffusamente presente in tutte le rocce che formano la crosta terrestre. La sua radioattività consiste nell'emissione di particelle  $\alpha$ , costituite da 2 protoni e 2 neutroni, a seguito della quale l'atomo di Radon si trasforma in un altro elemento, a sua volta radioattivo. Come ogni elemento radioattivo, è caratterizzato da un tempo di dimezzamento (o emivita): per il Radon esso risulta essere pari a 3,82 giorni. Benché la sua emivita sia piuttosto breve, la produzione continua di Radon all'interno delle rocce e dei suoli che contengono Uranio, unitamente a condizioni particolari di scarsa ventilazione, possono far sì che raggiunga, in alcuni luoghi chiusi (miniere, gallerie, seminterrati, abitazioni), concentrazioni potenzialmente dannose per la salute umana. L'unità di misura della concentrazione del Radon in aria è il Becquerel al metro cubo ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ), dove il Bq corrisponde ad una disintegrazione al secondo (numero di nuclei radioattivi che decade in 1 s).

Il Radon emergente dal suolo o portato in superficie dalle acque terrestri si diffonde rapidamente nell'atmosfera, venendo a produrre concentrazioni molto basse nell'aria che respiriamo nei luoghi aperti (valutata mediamente pari a  $8 \text{ Bq}/\text{m}^3$  nelle aree continentali). Diversa è la situazione dei luoghi chiusi o sotterranei penetrati dal gas, nei quali il Radon trova ostacolo alla successiva diffusione nell'atmosfera e possono venire a formarsi concentrazioni anche molto elevate.

Il Radon è un gas non reattivo che, una volta inalato, non si deposita nei polmoni, ma viene rapidamente espulso. Gli effetti dannosi sono prodotti dai suoi discendenti radioattivi  $\alpha$ -emittenti ( $^{218}\text{Po}$  e  $^{214}\text{Po}$ ) che, una volta inalati, si attaccano alle pareti interne dell'apparato bronchiale e qui decadono emettendo radiazioni ionizzanti che producono danni alle cellule bronco-polmonari, che nel tempo possono evolvere in neoplasie polmonari o provocare mutazioni genetiche. Sono i prodotti di decadimento del Radon i principali responsabili del rischio radiologico: tuttavia si parla, genericamente, di 'rischio Radon'. L'evidenza del rischio di tumore polmonare è un fatto scientificamente assodato: l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro dell'OMS ha infatti classificato il Radon e i suoi prodotti di decadimento tra le sostanze cancerogene di Gruppo 1 ("evidenza sufficiente di cancerogenicità per l'uomo") e l'esposizione al Radon è ormai riconosciuta, a livello scientifico, come una delle principali cause di tumore al polmone, dopo il fumo di sigaretta. Permangono tuttavia grosse incertezze sulle stime quantitative del rischio: allo stato attuale non esiste una soglia di sicurezza sotto la quale è dimostrato che l'esposizione non produca effetti. L'EPA (Agenzia per la Protezione Ambientale Americana) stima che la quota di tumori al polmone attribuibili

all'esposizione al Radon si aggiri intorno al 9% del totale. Per questi motivi, in molti Paesi industrializzati si è posto il problema di come affrontare questa fonte di rischio, varando norme e regolamenti.

#### **4.2.1 Riferimenti Normativi**

L'ambito della radioattività naturale è stato disciplinato per la prima volta da una norma di legge nel 2000, con l'emanazione del Decreto Legislativo n. 241 del 26 maggio 2000 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 31/08/2000), che recepisce la Direttiva 96/29/Euratom del 13 maggio 1996 in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti, e costituisce un'integrazione del precedente Decreto Legislativo n. 230 del 17 marzo 1995, in materia di radiazioni ionizzanti. In tale norma, dedicata all'esposizione derivante da attività lavorative, il Radon viene trattato come la principale e più diffusa causa di esposizione alla radioattività naturale. Tale decreto richiede il controllo ed il contenimento della concentrazione di attività del Radon nell'aria nei luoghi nei quali si svolgono attività lavorative che possono esporre i lavoratori o le persone del pubblico al gas, e comprendono:

- tunnel, sottovie, catacombe, grotte, locali sotterranei o interrati;
- ogni altro ambiente di lavoro situato in zone individuate dalle Regioni come esposte ad alta attività di Radon;
- stabilimenti termali.

In particolare, in tale decreto viene fissato per i luoghi di lavoro un Livello di Azione (valore di concentrazione di attività di Radon in aria, il cui superamento richiede l'adozione di azioni di rimedio tali da ridurre la concentrazione a livelli inferiori) pari a 500 Bq/m<sup>3</sup> medi in un anno. L'attenzione del legislatore si è rivolta anzitutto ai luoghi di lavoro interrati, dove è imposto l'obbligo di legge della misura della concentrazione media annua di Radon.

Gli ambienti confinati interrati sono quelli maggiormente soggetti al problema perché direttamente a contatto con la principale fonte di Radon, che è il suolo. Non esiste infatti un suolo privo di Radon: anche in aree in cui la concentrazione di minerali di Uranio è minima, resta elevata la presenza del Radon nei gas del suolo (tipicamente 10.000-20.000 Bq/m<sup>3</sup>). Vi sono d'altra parte particolari zone nelle quali la presenza di rocce contenenti Uranio in quantitativi superiori alla media e/o altri fattori geologici, quali ad esempio la presenza di fratture o di faglie, può causare un aumento della concentrazione nel suolo, anche in maniera considerevole. Per questo motivo, il D. Lgs. 241/2000 ha istituito l'obbligo da parte delle Regioni di individuare tali aree, caratterizzate appunto da una più elevata probabilità di avere alte concentrazioni di Radon.

L'attuale legislazione italiana non contempla le esposizioni al Radon nelle abitazioni. La Comunità Europea ha indicato, attraverso una raccomandazione (90/143/EURATOM del 21/2/90), dei livelli di riferimento di concentrazione di gas radon nelle abitazioni: 400 Bq/m<sup>3</sup> in abitazioni esistenti e 200 Bq/m<sup>3</sup> per le nuove abitazioni.

Sulla base delle disposizioni del D. Lgs. 241/2000 "Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti" si prevede l'esecuzione di misure della concentrazione di gas radon nell'aria.

- Se la misura è inferiore all' 80% del livello di azione (i.e. 400 Bq/m<sup>3</sup>) l'obbligo è risolto e bisognerà ripetere la misura solo se variano le condizioni di lavoro.
- Se la misura è tra l'80% ed il 100% del livello di azione (i.e. 400 - 500 Bq/m<sup>3</sup>) l'obbligo si risolve con la ripetizione della misura annualmente.

- Se la misura supera il livello di azione (i.e.  $> 500 \text{ Bq/m}^3$ ) si dovrà:
  - Spedire agli Organi di controllo la relazione di misura.
  - Incaricare un Esperto Qualificato per la valutazione della dose efficace assorbita dai singoli lavoratori.
  - Verifica della dose efficace.
- Se la dose efficace è inferiore a  $3\text{mSv/anno}$  l'obbligo si risolve con la ripetizione della misura annualmente.
- Se la dose efficace è superiore o uguale a  $3\text{mSv/anno}$  si dovrà:
  - L'Esperto Qualificato fa la valutazione del rischio
  - L'esercente predispone le azioni di rimedio e al termine ripete la misura.
  - Se anche la nuova misura fornisce valori superiori a  $3 \text{ mSv/anno}$  l'esercente incarica:

Esperto Qualificato per la sorveglianza fisica.

Medico per la sorveglianza medica dei lavoratori.

Predispone ulteriori azioni di rimedio e ripete la misura.

#### ***4.2.2 Valori delle concentrazioni di gas radon in ambienti civili per la bassa Valle Susa***

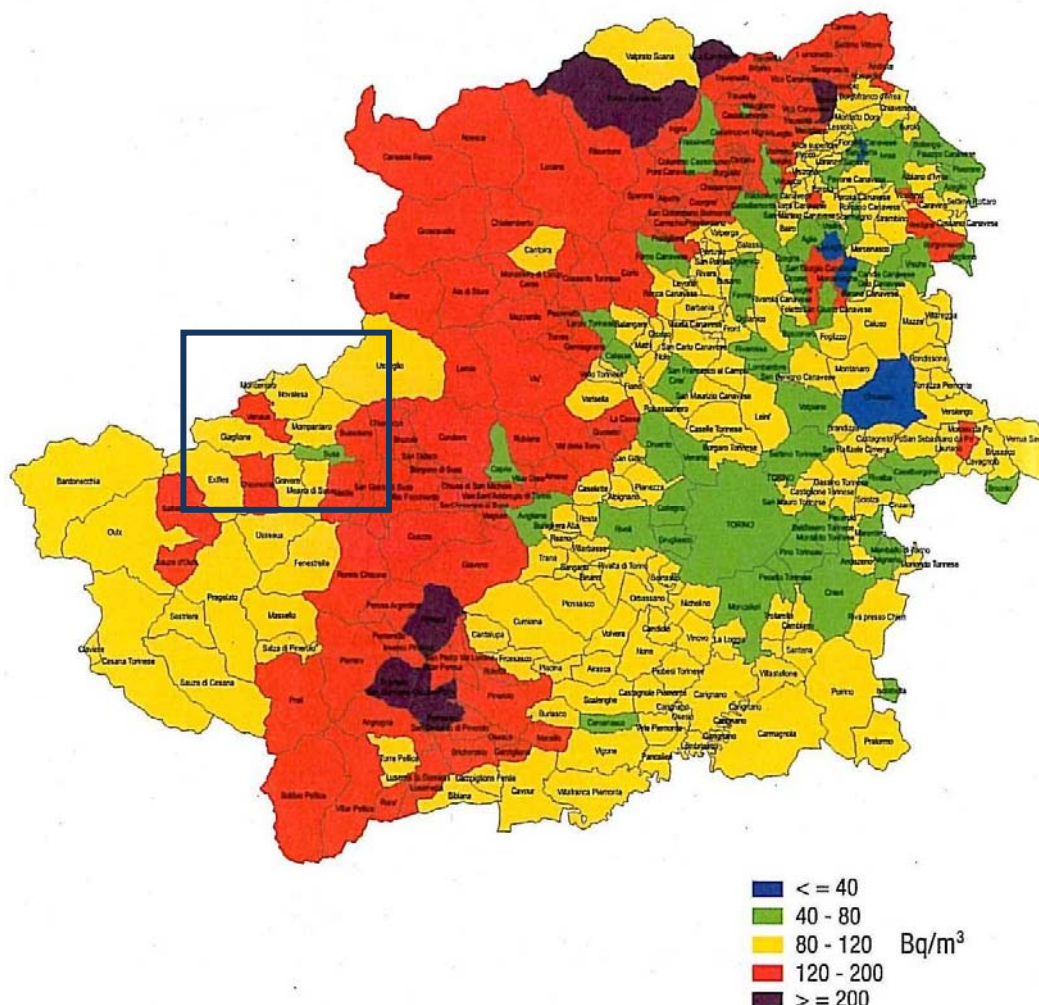
Il problema Radon è stato affrontato per la prima volta in modo sistematico in Piemonte all'inizio degli anni '90, quando venne eseguito un esteso programma di monitoraggio (Campagna Nazionale Radon). Ulteriori campagne di misure, ricerche e studi sono stati realizzati fino ad oggi da Arpa Piemonte, giungendo così a disporre di una vasta base dati che riguarda in particolar modo le abitazioni e le scuole, all'interno delle quali è stato calcolato il valore medio della concentrazione di Radon, mediante dosimetri passivi a tracce. L'Arpa Piemonte ha realizzato uno studio finalizzato alla realizzazione della prima mappatura delle aree piemontesi a rischio Radon (Magnoni, et al., 2009). Per la definizione di una "mappa Radon" completa per il Piemonte, partendo dalle misure sperimentali disponibili, è stato previsto un modello di correlazione tra la geolitologia e il Radon. È stato così possibile calcolare una "media litologica" (concentrazione media di Radon corrispondente ad una determinata classe litologica) per ogni generica classe, arrivando a stimare la presenza di Radon in ciascun Comune sulla base della caratterizzazione del suo territorio in classi geolitologiche. Gli indicatori scelti per la rappresentazione cartografica del Radon, che sono stati calcolati per tutti i Comuni, sono:

- il valore medio  $M$  delle concentrazioni (al piano terra), espresso in  $\text{Bq/m}^3$ ;
- la percentuale  $P_{\%LR}$  di abitazioni eccedenti un dato livello di riferimento  $LR$  ( $400 \text{ Bq/m}^3$ ).

Per la rappresentazione dei valori medi comunali  $M$  sono stati definiti 5 intervalli di concentrazioni, a cui corrispondono diverse soglie cromatiche:

- $M < 40 \text{ Bq/m}^3$
- $40 \text{ Bq/m}^3 \leq M < 80 \text{ Bq/m}^3$
- $80 \text{ Bq/m}^3 \leq M < 120 \text{ Bq/m}^3$
- $120 \text{ Bq/m}^3 \leq M < 200 \text{ Bq/m}^3$
- $M \geq 200 \text{ Bq/m}^3$

Rappresentando in maggior dettaglio i risultati regionali, sono state realizzate le mappe delle Province piemontesi relative all'indicatore M. In Figura 24 viene riportata la Carta dei valori medi comunali di Radon per la Provincia di Torino.



**Figura 24** – Carta dei valori medi comunali della concentrazione di Radon per i comuni della Provincia di Torino. Il rettangolo indica il settore entro cui si colloca l'area di progetto.

In **Tabella 13** si riportano le medie comunali della concentrazione di Radon (M: valore medio comunale al piano terra; Mc: stima della concentrazione media per un generico locale residenziale, indipendentemente dal piano abitato) per i Comuni appartenenti all'area di studio.

Comune	M (Bq/m <sup>3</sup> )	Mc (Bq/m <sup>3</sup> )
<b>Bussoleno</b>	132	112
<b>Chiomonte</b>	128	108
<b>Giaglione</b>	83	70
<b>Gravere</b>	120	102
<b>Mattie</b>	128	109
<b>Meana di Susa</b>	111	94
<b>Mompantero</b>	114	96
<b>Susa</b>	47	40
<b>Venaus</b>	128	108

**Tabella 13 – Medie comunali della concentrazione di Radon**

Alla luce di quanto stabilito dai decreti 230/95 e 241/2000, particolare attenzione va posta nei confronti della possibile dose cui incorrono i lavoratori; va garantito il rispetto dei Limiti d’Azione, che sono posti a:

- 500 Bq/m<sup>3</sup> (concentrazione di Radon in aria in ambiente di lavoro);
- 3 mSv/y (dose da radiazione per i lavoratori addetti).

Simulazioni della fase di esercizio dell’opera (in una configurazione precedente a quella proposta in questa fase progettuale), che hanno permesso la modellizzazione della concentrazione di Radon in galleria (Zucchetti & Bonivago, 2005), indicano il superamento dei limiti previsti dalla normativa anche in presenza di basse concentrazioni di uranio nelle rocce di galleria. Le concentrazioni di uranio nell’ammasso roccioso considerate per la modellizzazione fanno riferimento a valori di campioni prelevati in superficie con concentrazione massima pari a 26,5 Bq/kg.

In riferimento alla componente in esame gli elementi di incertezza della modellizzazione proposta sono rappresentati dalla magnitudo delle sorgente emissiva (tenore in uranio delle rocce) e dalla dinamica della circolazione idrica sotterranea.

In ogni caso, lo studio evidenzia come anche in presenza di basse concentrazioni di uranio nelle rocce degli ammassi attraversati, il ricambio di aria dei tunnel (considerata la loro lunghezza ed in particolar modo il Tunnel di Base), rivesta un ruolo rilevante, in quanto una ventilazione non adeguata può determinare concentrazioni di Radon nell’aria con valori superiori ai limiti della normativa.

#### **4.2.3 Il contesto geologico della bassa Valle Susa in relazione al rischio radon**

Il tracciato delle opere in progetto, per la bassa Valle Susa, intercetta le formazioni del Complesso di Ambin, del Complesso di Clarea, della Zona a Scaglie, i depositi quaternari della valle Cenischia e le formazioni dell’Unità Piemontese.

Nel corso della campagna di caratterizzazione radiometrica degli ammassi rocciosi interessati dallo scavo del tunnel di base, oltre alla determinazione dell’attività specifica degli isotopi <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th e <sup>40</sup>K, per i campioni analizzati è stato misurato il rateo di esalazione radon (RER). Per consentire una valutazione del tasso di emissione di gas radon del marino è stato considerato il valore misurato per il materiale frantumato espresso in Bq/kg/h. Per i campioni dei sondaggi prelevati ad una profondità confrontabile con la quota di scavo in progetto, il rateo di esalazione radon è stato misurato con riferimento al materiale intatto, espresso come Bq/m<sup>2</sup>/h.

I risultati delle analisi sono indicati nella tabella seguente.

Codice	Descrizione Campione	RER (Bq·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	RER (Bq·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )
S4_C1	Susa – Sondaggio S4 – Campione C1 – Cassetta 34 – Intervallo Campione da m 156.15 a m 156.34 – Micascisti		0,36 ± 0,14
S4_C2	Susa – Sondaggio S4 – Campione C2 – Cassetta 56 – Intervallo Campione da m 216.60 a m 216.67 – Micascisti		<0,017
S4_C3	Susa – Sondaggio S4 – Campione C3 – Cassetta 86 – Intervallo Campione da m 298.79 a m 298.91 – Micascisti		0,04 ± 0,03
S4_C4	Susa – Sondaggio S4 – Campione C4 – Cassetta 122 – Intervallo Campione da m 397.85 a m 398.00 – Micascisti		0,04 ± 0,03

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

Codice	Descrizione Campione	RER (Bq·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	RER (Bq·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )
S4_C5	Susa – Sondaggio S4 – Campione C5 – Cassetta 144 – Intervallo Campione da m 460.40 a m 460.52 – Micascisti		0,07 ± 0,04
S4_C6	Susa – Sondaggio S4 – Campione C6 – Cassetta 164 – Intervallo Campione da m 533.40 a m 533.53 – Micascisti		<0,019
S4_C7	Susa – Sondaggio S4 – Campione C7 – Cassetta 170 – Intervallo Campione da m 557.36 a m 557.57 – Micascisti	0,34 ± 0,24	<0,009 <sup>(***)</sup>
S4_C8	Susa – Sondaggio S4 – Campione C8 – Cassetta 174 – Intervallo Campione da m 572.35 a m 572.47 – Micascisti		0,05 ± 0,03
S4_C9	Susa – Sondaggio S4 – Campione C9 – Cassetta 186 – Intervallo Campione da m 617.80 a m 618.02 – Micascisti±		0,09 ± 0,05
S4_C10	Susa – Sondaggio S4 – Campione C10 – Cassetta 204 – Intervallo Campione da m 686.85 a m 686.99 – Micascisti		<0,016
S5_C1	Susa – Sondaggio S5 – Campione C1 – Cassetta 3 – Intervallo Campione da m 323.40 a m 323.58 – Gneiss Aplitici		0,08 ± 0,03
S5_C2	Susa – Sondaggio S5 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 454.07 a m 454.17 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.		<0,013
S5_C3	Susa – Sondaggio S5 – Campione C3 – Cassetta 94 – Intervallo Campione da m 606.65 a m 606.86 – Gneiss Aplitici		<0,02
S5_C4	Susa – Sondaggio S5 – Campione C4 – Cassetta 123 – Intervallo Campione da m 719.20 a m 719.32 – Facies gneissica		<0,06
S5_C5	Susa – Sondaggio S5 – Campione C5 – Cassetta 136 – Intervallo Campione da m 773.69 a m 773.85 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s. Con livelli milonitici		0,08 ± 0,03
S5_C6	Susa – Sondaggio S5 – Campione C6 – Cassetta 146 – Intervallo Campione da m 809.95 a m 810.13 – Gneiss Aplitici più ricchi in mica		0,04 ± 0,03
S5_C7	Susa – Sondaggio S5 – Campione C7 – Cassetta 156 – Intervallo Campione da m 858.35 a m 858.49 – Micascisti		<0,014
S5_C8	Susa – Sondaggio S5 – Campione C8 – Cassetta 163 – Intervallo Campione da m 893.27 a m 893.45 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.	0,28 ± 0,12	0,004 <sup>(***)</sup>
S5_C9	Susa – Sondaggio S5 – Campione C9 – Cassetta 166 – Intervallo Campione da m 907.75 a m 907.95 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.		<0,008
S8_C1	Susa – Sondaggio S8 – Campione C1 – Cassetta 37 – Intervallo Campione da m 180.00 a m 180.18 – Micascisti/gneiss albitici		0,06 ± 0,03
S8_C2	Susa – Sondaggio S8 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 250.30 a m 250.52 – Calcescisti	0,20 ± 0,14	0,006 <sup>(***)</sup>
S8_C3	Susa – Sondaggio S8 – Campione C3 – Cassetta 68 – Intervallo Campione da m 350.10 a m 350.28 – Calcescisti		0,014 ± 0,007
S8_C4	Susa – Sondaggio S8 – Campione C4 – Cassetta 78 – Intervallo Campione da m 404.90 a m 405.02 – Micascisti		0,07 ± 0,04
S8_C5	Susa – Sondaggio S8 – Campione C5 – Cassetta 84 – Intervallo Campione da m 437.90 a m 438.00 – Calcescisti		0,05 ± 0,03
S8_C6	Susa – Sondaggio S8 – Campione C6 – Cassetta 88 – Intervallo Campione da m 460.60 a m 460.73 – Micascisti cloritici		0,04 ± 0,02
S8_C7	Susa – Sondaggio S8 – Campione C7 – Cassetta 93 – Intervallo Campione da m 489.00 a m 489.20 – Calcescisti		0,10 ± 0,04
S8_C8	Susa – Sondaggio S8 – Campione C8 – Cassetta 96 – Intervallo Campione da m 506.00 a m 506.16 – Calcescisti		0,06 ± 0,03
S42_C1	Susa – Sondaggio S42 – Campione C1 – Cassetta 19 – Intervallo Campione da m 96.00 a m 96.13 – Gneiss quarziticci		0,03 ± 0,02

Analisi dei rischi litologici (lato Italia) /Analyse des risques lithologiques (côté Italie)

Codice	Descrizione Campione	RER (Bq·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	RER (Bq·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )
S42_C2	Susa – Sondaggio S42 – Campione C2 – Cassetta 46 – Intervallo Campione da m 288.00 a m 288.18 – Calcescisti	0,9 ± 0,4	0,02(***)
S42_C3	Susa – Sondaggio S42 – Campione C3 – Cassetta 54 – Intervallo Campione da m 352.00 a m 352.13 – Calcescistii		0,05 ± 0,03
S42_C4	Susa – Sondaggio S42 – Campione C4 – Cassetta 60 – Intervallo Campione da m 400.00 a m 400.16 – Micascisti		0,015 ± 0,008
S42_C5	Susa – Sondaggio S42 – Campione C5 – Cassetta 65 – Intervallo Campione da m 440.00 a m 440.23 – Calcescisti		0,04 ± 0,02
F16_C1	Modane – Sondaggio F16 – Campione C1 – Cassetta 20 – Intervallo Campione da m 1118.95 a m 1119.19 – Micascisti listati con pieghe		0,17 ± 0,07
F16_C2	Modane – Sondaggio F16 – Campione C2 – Cassetta 28 – Intervallo Campione da m 1157.75 a m 1158.04 – Micascisti listati		0,32 ± 0,18
F16_C3	Modane – Sondaggio F16 – Campione C3 – Cassetta 40 – Intervallo Campione da m 1217.25 a m 1217.53 – Micascisti listati		0,04 ± 0,02
F16_C4	Modane – Sondaggio F16 – Campione C4 – Cassetta 52 – Intervallo Campione da m 1275.50 a m 1275.74 – Micascisti listati		<0,05
F16_C5	Modane – Sondaggio F16 – Campione C5 – Cassetta 62 – Intervallo Campione da m 1325.15 a m 1325.36 – Micascisti listati con pieghe		<0,04
F16_C6	Modane – Sondaggio F16 – Campione C6 – Cassetta 72 – Intervallo Campione da m 1375.20 a m 1375.46 – Micascisti listati		<0,03
F16_C7	Modane – Sondaggio F16 – Campione C7 – Cassetta 81 – Intervallo Campione da m 1418.40 a m 1418.64 – Micascisti listati		0,15 ± 0,09
F16_C8	Modane – Sondaggio F16 – Campione C8 – Cassetta 90 – Intervallo Campione da m 1462.85 a m 1463.07 – Micascisti listati	<0,2	<0,006(***)
F16_C9	Modane – Sondaggio F16 – Campione C9 – Cassetta 99 – Intervallo Campione da m 1506.90 a m 1507.20 – Micascisti listati leggermente grafitici		0,04 ± 0,02
F30bis_C1	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C1 – Cassetta 149 – Intervallo Campione da m 727.90 a m 728.12 – Micascisti quarzosi		0,018 ± 0,010
F30bis_C2	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C2 – Cassetta 179 – Intervallo Campione da m 843.30 a m 843.47 – Micascisti quarzosi		0,021 ± 0,009
F30bis_C3	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C3 – Cassetta 197 – Intervallo Campione da m 912.60 a m 912.76 – Micascisti quarzosi		0,17 ± 0,06
F30bis_C4	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C4 – Cassetta 219 – Intervallo Campione da m 999.90 a m 1000.09 – Micascisti quarzosi a clorite		0,08 ± 0,05
F30bis_C5	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C5 – Cassetta 236 – Intervallo Campione da m 1085.60 a m 1082.90 – Micascisti quarzosi a clorite		0,15 ± 0,06
F30bis_C6	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C6 – Cassetta 252 – Intervallo Campione da m 1159.40 a m 1159.76 – Micascisti a quarzo e clorite		0,06 ± 0,03
F30bis_C7	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C7 – Cassetta 275 – Intervallo Campione da m 1269.75 a m 1269.97 – Micascisti a quarzo e clorite con talco		0,008 ± 0,003
F30bis_C8	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C8 – Cassetta 287 – Intervallo Campione da m 1328.20 a m 1328.38 – Micascisti a quarzo e clorite	4± 4	0,06(***)
F30bis_C9	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C9 – Cassetta 299 – Intervallo Campione da m 1386.45 a m 1386.58 – Quarzomicascisti (CLR)		0,06 ± 0,04

**Tabella 14** - Valori del Rateo di esalazione radon per i campioni considerati nella campagna di indagini del 2012. (\*\*\*) RER indicativo. Per l'ubicazione dei sondaggi si faccia riferimento alle figure del par. 4.1.1.1.

Nella tabella successiva sono riportati i valori medi, la deviazione standard ed i valori massimo e minimo per il RER (sul materiale frantumato) riferita ai campioni distinti per unità litologica.

Formazione	Parametro	RER (Bq/kg/h)
AMC	Media	0,035
	Dev.st	0,031
	Min	0,004
	Max	0,080
	N campioni	9
AMD	Media	0,083
	Dev.st	0,064
	Min	0,018
	Max	0,170
	N campioni	6
CL	Media	0,077
	Dev.st	0,095
	Min	0,006
	Max	0,360
	N campioni	22
GCC	Media	0,042
	Dev.st	0,036
	Min	0,006
	Max	0,100
	N campioni	6
GCK	Media	0,044
	Dev.st	0,018
	Min	0,015
	Max	0,070
	N campioni	7

**Tabella 15** - Sintesi dei valori del rateo di esalazione radon rilevati per i campioni esaminati distinti per unità litologica.

Con riferimento ai litotipi intercettati dal tracciato del Tunnel di Base, sono rilevati valori di RER maggiori per le rocce del Complesso di Clarea (CL), di parte del Complesso di Ambin (AMD); per li gneiss aplitici (AMC) del Complesso di Ambin e per le rocce (GCC e GCK) dell'Unità Piemontese e di buona parte della Zona a Scaglie, il tasso di emissione è inferiore. Con riferimento al primo gruppo di rocce è da osservare come il valore medio del RER risulti essere circa 0,08 Bq/kg/h (rispettivamente 0,08 Bq/kg/h per la formazione CL e 0,07 Bq/kg/h per la formazione AMD), mentre il secondo gruppo si caratterizza per un valore medio di circa 0,004 Bq/kg/h. In tutti i gruppi si osserva un grado di variazione ampio, con deviazione standard dei gruppi considerati spesso di poco inferiore al valore della media.

Indipendentemente dall'attività specifica dei radioisotopi (par. 4.1), l'88% dei campioni analizzati si caratterizza per un valore del RER inferiore a 0,1 Bq/kg/h. Solo 6 campioni delle formazioni AMD (sondaggio F30bis lato Francia) e CL (sondaggio F16 lato Francia) presentano un valore compreso tra 0,1 Bq/kg/h e 0,36 Bq/kg/h (**Figura 25**).

Per confronto, nella figura seguente, sono riportati i risultati della misurazione del RER per alcuni materiali lapidei naturali (Righi, Coatti, Verità, & Bruzzi, 2006), per i quali sono stati rilevati valori compresi tra 0,007 Bq/kg/h e 0,65 Bq/kg/h. Tali valori sono confrontabili con



quelli registrati per i campioni analizzati nel presente studio (valori compresi tra 0,004 Bq/kg/h e 0,36 Bq/kg/h).

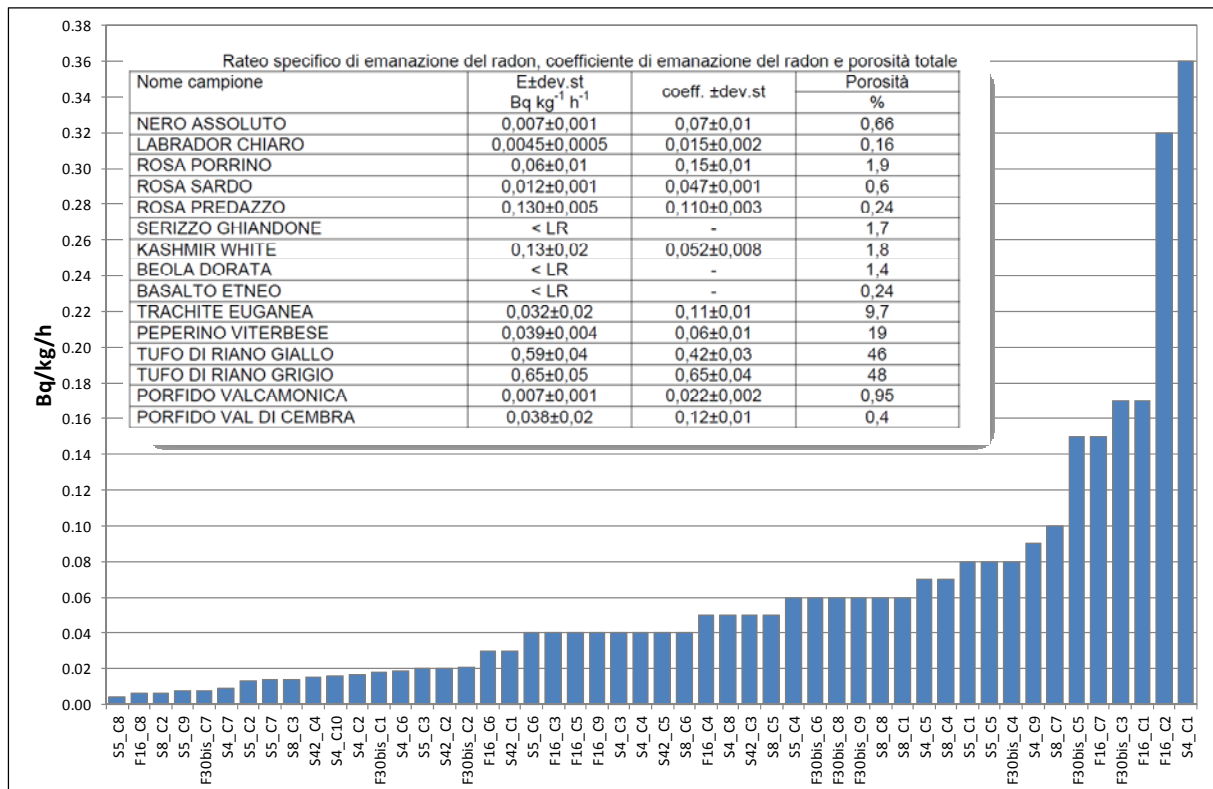


Figura 25 – Valori del rateo di esalazione radon misurati per i campioni analizzati. Nella tabella sono riportati i valori del RER per alcuni materiali lapidei naturali (Righi, Coatti, Verità, & Bruzzi, 2006).

Nella tabella seguente sono riportati i valori di RER riferiti ai campioni analizzati senza preliminare frantumazione. I valori misurati son confrontabili con misure effettuate su materiali lapidei quali i graniti impiegati come pietre ornamentali (Walley El-Dine, El Asherabi, Ahmed, & S., 2001; Anjos, Juri Ayub, Cid, Cardoso, & Lacerda, 2011).

Formazione	Campione	Bq·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup>	Formazione	Campione	Bq·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup>
CL	S4 C7	0.34 ± 0.24	GCC	S42 C2	0.9 ± 0.4
AMC	S5 C8	0.28 ± 0.12	CL	F16 C8	<0.2
GCC	S8 C2	0.20 ± 0.14	CL	F30bis C8	4± 4

Tabella 16 – Rateo di esalazione radon per i campioni analizzati senza preliminare frantumazione (Bq/m<sup>2</sup>/h) e relativo indice di attività calcolato secondo quanto previsto dalla RP 112 (UE, Radiation Protection 112 - Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials, 1999).

#### 4.2.3.1 I dati del monitoraggio delle gallerie dell'impianto idroelettrico di Pont Ventoux

L'attività di monitoraggio dei livelli di radon in galleria nel corso dell'avanzamento dei lavori di realizzazione dell'Impianto Idroelettrico di Pont Ventoux (comune di Oulx) è stata realizzata nel corso degli anni compresi tra il 1998 ed il 1999 (Verdelocco, Wlaker, Turkowsky, & Osimani, 2000).

L'impianto è composto da una traversa ed un'opera di presa realizzata lungo la sponda in sinistra idrografica del fiume Dora Riparia, a Pont Ventoux. Le acque derivate passano attraverso una condotta a pelo libero in sotterraneo che collega l'opera di presa con il bacino serbatoio in Val Clarea. Da qui, attraverso un sistema di condotte forzate in sotterraneo,

l'acqua arriva alle turbine della centrale in caverna di Venaus, per poi essere restituita al fiume Dora Maira all'altezza di Susa, per mezzo di un ultimo tratto di condotta in sotterraneo. Nel tratto a monte della centrale, le eventuali sovrappressioni sono compensate grazie alla presenza di un pozzo piezometrico. La condotta a pelo libero è stata realizzata a partire da una finestra di accesso all'altezza della frazione Deveys, nel comune di Exilles (finestra F2). La condotta in pressione tra il serbatoio in Val Clarea e la centrale è stata realizzata a partire da un'altra finestra di accesso (finestra F4). L'accesso al canale derivatore a valle del pozzo piezometrico è garantito da un'ultima finestra di accesso (finestra F5).

Lo scavo della condotta di derivazione e della finestra F2 è avvenuto prevalentemente nelle rocce del Complesso di Ambin e di Clarea. Lo scavo della condotta forzata ha interessato le rocce del Complesso di Ambin, di Clarea e della Zona a Scaglie. La centrale e la condotta di restituzione sono state realizzate all'interno della Zona a Scaglie.

Nel 1998, nella fase di corso d'opera, l'Arpa Piemonte ha condotto un'attività di monitoraggio finalizzata a verificare le concentrazioni di gas radon in galleria e nelle acque di venuta, procedendo al contempo alla caratterizzazione radiometrica di alcuni tratti degli ammassi rocciosi.

Le ispezioni hanno interessato le gallerie del sito di realizzazione della centrale elettrica, la finestra F4, la finestra F2 e la condotta forzata tra il serbatoio in Val Clarea.

Nel corso di questa prima campagna è stato rilevato un rateo di dose giornaliero con valori entro i limiti di legge. Per le rocce esaminate, l'attività specifica per la serie dell'Uranio è risultata compresa tra 17,5 Bq/kg e 26,5 Bq/kg, per la serie del Torio sono stati rilevati valori compresi tra 23,9 Bq/kg e 31,9 Bq/kg e per il  $^{40}\text{K}$ , valori compresi tra 611 Bq/kg e 836 Bq/kg. Per l'acqua l'attività specifica per la serie dell'Uranio è risultata compresa tra 2,6 Bq/l e 21 Bq/l, per la serie del Torio sono stati rilevati valori compresi tra 0,39 Bq/l e 0,5 Bq/l e per il  $^{40}\text{K}$ , valori compresi tra 10,5 Bq/l e 12,4 Bq/l. Le misure della concentrazione di radon hanno indicato livelli compresi tra 50 Bq/m<sup>3</sup> (galleria Val Clarea) e 675 Bq/m<sup>3</sup> (galleria di accesso alla centrale). In un caso, a sistema di ventilazione spento, la concentrazione di radon è risultata pari a 3565 Bq/m<sup>3</sup> (finestra 2).

Sempre nel 1998 le misure effettuate dal servizio di fisica sanitaria dell'azienda Asl 9 di Ivrea presso la finestra 4, la finestra 2 e la galleria di accesso alla centrale in caverna hanno fornito valori di concentrazione del radon, dell'attività specifica degli ammassi rocciosi e dell'acqua. L'attività specifica del  $^{214}\text{Pb}$  è risultata pari a 29,2 Bq/kg e quella del  $^{214}\text{Bi}$  pari a 22,9 Bq/kg (finestra 2). Per l'acqua l'attività dei due isotopi è risultata rispettivamente pari a 14,1÷20,5 Bq/l e 14÷20,3 Bq/l. Per la finestra 4 i valori per l'acqua sono stati di 25,2 Bq/l, per il  $^{214}\text{Pb}$ , e di 22 Bq/l per il  $^{214}\text{Bi}$ . Le concentrazioni di gas radon rilevate lungo la finestra 2 sono risultate comprese tra 6361 Bq/m<sup>3</sup> e 2934 Bq/m<sup>3</sup>, lungo la finestra 4 sono state rilevate concentrazioni comprese tra 375 Bq/m<sup>3</sup> e 88 Bq/m<sup>3</sup>. Nella galleria di fuga dalla centrale in caverna, i valori sono risultati compresi tra 618 Bq/m<sup>3</sup> e 367 Bq/m<sup>3</sup>. Nella galleria di accesso alla centrale in caverna in valori sono risultati sempre <18 Bq/m<sup>3</sup>.

A seguito di queste rilevazioni è stato predisposto un sistema di monitoraggio della radiazione  $\gamma$  per le gallerie in fase di realizzazione. Per quest'attività sono definiti due livelli di allarme: livello di preallarme L1 (0,6 $\mu$ Gy/h) che comporta l'adozione di particolari precauzioni per il personale e la gestione del materiale di scavo; livello di allarme L2 (3,7  $\mu$ Gy/h), che corrisponde all'interruzione dei lavori, la chiusura delle gallerie con allertamento delle autorità di controllo.

In fase di avanzamento lavori è stata condotta una terza attività di monitoraggio che ha permesso la rilevazione dei seguenti valori medi di concentrazione del radon ottenute dalle

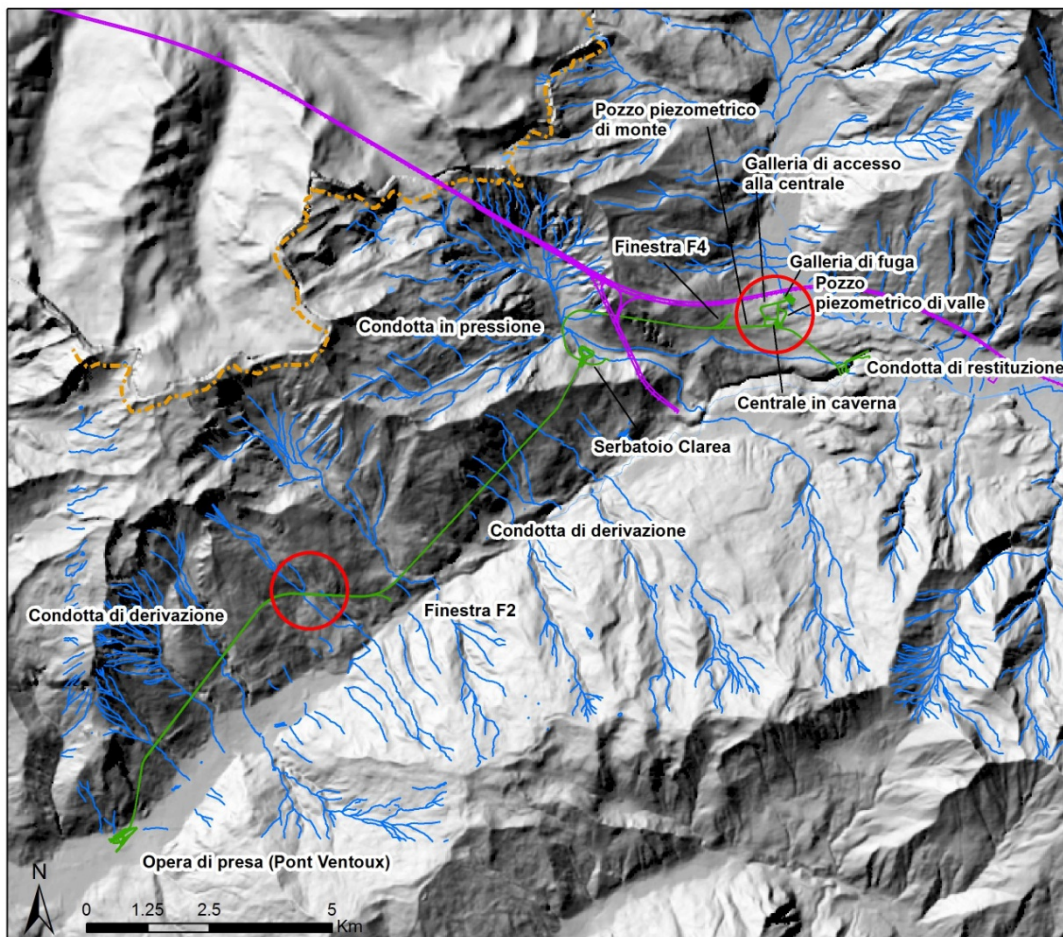
misure istantanee (per maggiori dettagli sulle misurazioni si rimanda al rapporto del monitoraggio citato):

- Giugno 1998
  1. Galleria di accesso alla centrale: prima misura 11687 Bq/m<sup>3</sup> (misura al fronte di scavo, pk815, a lavori sospesi per la presenza di una venuta d'acqua di 300l/s e con ventilazione spenta. I valori sono diminuiti spostandosi nel cunicolo di calotta della centrale in caverna e alla pk 540); seconda misura 980 Bq/m<sup>3</sup>, (in prossimità del fronte di scavo pk815) e 434 Bq/m<sup>3</sup> (alla pk540 e con ventilazione attiva);
  2. Condotta di restituzione in Val Clarea: 177 Bq/m<sup>3</sup> (pk165, misura a 13 m dal fronte di scavo con ventilazione spenta);
  3. Finestra F4: 160 Bq/m<sup>3</sup> (pk4531, misura a 40 m dal fronte di scavo con ventilazione accesa);
  4. Finestra F2: 984 Bq/m<sup>3</sup> (misure a 7 m dal fronte di scavo posto alla pk2715, pk1900, pk950 con ventilazione accesa).
- Luglio 1998
  1. Galleria di accesso alla centrale: 736 Bq/m<sup>3</sup>, (misure al fronte di scavo pk815, pk540 e nel cunicolo di calotta caverna a ventilazione attiva);
  2. Galleria di accesso alla centrale: 485 Bq/m<sup>3</sup> (misura alla pk540 e misura al cunicolo di calotta della centrale in caverna);
  3. Condotta di restituzione in Val Clarea: 195 Bq/m<sup>3</sup> (misura alla pk165);
  4. Finestra F4: 656 Bq/m<sup>3</sup> (misura al fronte di scavo);
  5. Finestra F2: prima misura 6346 Bq/m<sup>3</sup> (misura a 7 m dal fronte di scavo, posto alla pk2715, a ventilazione spenta); seconda misura 98 Bq/m<sup>3</sup> (misura a 7 m dal fronte di scavo, posto alla pk2715, a ventilazione attiva);
- settembre 1998
  1. Galleria di accesso alla centrale: 1076 Bq/m<sup>3</sup> (misure al fronte di scavo pk847), 715 Bq/m<sup>3</sup> (misure alla pk540), 368 Bq/m<sup>3</sup> (misure nel cunicolo di calotta caverna);
  2. Condotta di restituzione in Val Clarea: 128 Bq/m<sup>3</sup> (fronte di scavo a ventilazione attiva);
  3. Finestra F2: 210 Bq/m<sup>3</sup> (misura a 7 m dal fronte di scavo, posto alla pk2715, a ventilazione attiva).
- novembre 1998
  1. Galleria di accesso alla centrale: 1465 Bq/m<sup>3</sup> (misure al fronte di scavo, pk857), 1598 Bq/m<sup>3</sup> (misure alla pk540), 376 Bq/m<sup>3</sup> (misure nel cunicolo di calotta caverna);
  2. Condotta di restituzione in Val Clarea: 52 Bq/m<sup>3</sup> (misura alla pk1923);
  3. Finestra F2: 108 Bq/m<sup>3</sup> (misura a 15 m dal fronte di scavo, a ventilazione attiva);
  4. Finestra F5: 31 Bq/m<sup>3</sup> (misura alla pk212);
- gennaio 1999
  1. Galleria di accesso alla centrale: 105 Bq/m<sup>3</sup> (misure al fronte di scavo), 42 Bq/m<sup>3</sup> (misure nel cunicolo di calotta caverna);

- 
2. Condotta di restituzione in Val Clarea: 43 Bq/m<sup>3</sup> (fronte di scavo);
  3. Finestra F2: 97 Bq/m<sup>3</sup> (misura a 15 m dal fronte di scavo);
  4. Finestra F5: 35 Bq/m<sup>3</sup> (misura ai fronti di scavo);
  5. Galleria fondo diga di Susa: 60 Bq/m<sup>3</sup> (misura al fronte di scavo, pk60).
- febbraio 1999
    4. Galleria di accesso alla centrale: 25 Bq/m<sup>3</sup> (misure al fronte di scavo), 25 Bq/m<sup>3</sup> (misure nel cunicolo di calotta caverna);
    5. Condotta di restituzione in Val Clarea: 21 Bq/m<sup>3</sup> (fronte di scavo);
    6. Finestra F2: 132 Bq/m<sup>3</sup> (misura a 15 m dal fronte di scavo);
    7. Finestra F5: 40 Bq/m<sup>3</sup> (misura ai fronti di scavo);
  - 1. Galleria fondo diga di Susa: 71 Bq/m<sup>3</sup> (misura al fronte di scavo, pk60).
  - 2. Pozzo piezometrico di monte: 26 Bq/m<sup>3</sup> (misura a fondo pozzo, 30 m di profondità).
- maggio 1999
    3. Galleria di accesso alla centrale: 84 Bq/m<sup>3</sup> (misure al fronte di scavo, pk 1179), 126 Bq/m<sup>3</sup> (misure nel cunicolo di calotta caverna);
    4. Condotta di restituzione in Val Clarea: 32 Bq/m<sup>3</sup> (fronte di scavo);
    5. Finestra F2: 91 Bq/m<sup>3</sup> (misura a 15 m dal fronte di scavo);
    6. Finestra F5: 18 Bq/m<sup>3</sup> (misura al fronte di scavo, pk280);
    7. Pozzo piezometrico di monte: 45 Bq/m<sup>3</sup> (misura a fondo pozzo, 30 m di profondità).
- luglio 1999
    1. Galleria di accesso alla centrale: 811 Bq/m<sup>3</sup> (misura con dosimetro passivo posto al fronte di scavo e valutata per un periodo di esposizione di 10 settimane, pk 1179), 196 Bq/m<sup>3</sup> (misura con dosimetro passivo posto nel cunicolo di calotta caverna e valutata per un periodo di esposizione di 10 settimane);
    2. Condotta di restituzione in Val Clarea: 389 Bq/m<sup>3</sup> (misura con dosimetro passivo posto al fronte di scavo e valutata per un periodo di esposizione di 10 settimane);
    3. Finestra F2: 212 Bq/m<sup>3</sup> (misura a 15 m dal fronte di scavo);
    4. Finestra F5: 192 Bq/m<sup>3</sup> (misura con dosimetro passivo posto al fronte di scavo e valutata per un periodo di esposizione di 10 settimane);
    5. Pozzo piezometrico di monte: 322 Bq/m<sup>3</sup> (misura a fondo pozzo, 50 m di profondità);
    6. Centrale in caverna: 135 Bq/m<sup>3</sup>;
    7. Galleria di restituzione Susa: 15 Bq/m<sup>3</sup> (misura al fronte di scavo, pk250);
    8. Galleria di adduzione Nodo Clarea: 218 Bq/m<sup>3</sup> (misura al fronte di scavo).
- febbraio 2000
    1. Finestra F2: 107 Bq/m<sup>3</sup> (misura nel by-pass);
    2. Centrale in caverna: 73 Bq/m<sup>3</sup>;

3. Galleria di restituzione Susa:  $97 \text{ Bq/m}^3$  (misura al fronte di scavo, pk250);
4. Galleria di restituzione Venaus:  $61 \text{ Bq/m}^3$  (misura al fronte di scavo, pk485);
5. Galleria di adduzione Nodo Clarea:  $33 \text{ Bq/m}^3$  (misura al fronte di scavo);
6. Condotta di derivazione a pelo libero:  $279 \text{ Bq/m}^3$  (misura alla pk279).

Le conclusioni del rapporto di monitoraggio sottolineano l'importanza del corretto funzionamento dei sistemi di ventilazione in galleria, poiché in presenza di ventilazione attiva i livelli di concentrazione sono stati rilevati sempre al di sotto dei limiti di legge, mentre in caso di assenza di ventilazione, le misure effettuate per la galleria di accesso alla centrale e lungo la finestra F2 hanno fornito valori di concentrazione rispettivamente superiori a  $10000 \text{ Bq/m}^3$  e  $6000 \text{ Bq/m}^3$ . Le misurazione delle radiazioni  $\gamma$  non sono risultate direttamente correlabili alla concentrazione di gas radon, la cui sorgente è costituita dagli ammassi rocciosi. Dalle analisi condotte l'attività specifica degli isotopi  $^{238}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$  non è risultata difforme dai valori medi della crosta terrestre (le analisi condotte hanno fornito i seguenti intervalli:  $^{238}\text{U}$   $26,8 \div 47 \text{ Bq/kg}$  e  $^{232}\text{Th}$   $20 \div 43 \text{ Bq/kg}$ ). La coincidenza del rilevamento di alte concentrazioni di radon con la presenza di importanti venute d'acqua è indice, secondo gli autori del rapporto, di una correlazione tra i meccanismi di trasporto del gas e la circolazione idrica sotterranea associata alle discontinuità degli ammassi rocciosi.



**Figura 26** – Tracciato delle opere in sotterraneo dell'impianto di idroelettrico di Pont-Ventoux (linee in verde). In fucsia è rappresentato il tracciato delle opere in progetto per la NLTL (figura non in scala). I cerchi in rosso indicano i settori per i quali i dati del monitoraggio hanno evidenziato, in condizioni di ventilazione spenta, i valori maggiori di concentrazione del gas radon.

#### 4.2.4 Monitoraggio Radon nel Cunicolo della Maddalena

Nello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena, attualmente in corso, è in esecuzione il monitoraggio dell'emissione di radon all'interno della galleria, il monitoraggio di questa componente è iniziato in data 23/07/2013.

Nel monitoraggio sono definiti 3 diversi limiti soglia:

4. Limite di SORVEGLIANZA (A): inizialmente pari a 150 Bq/m<sup>3</sup>, successivamente aumentato a 200 Bq/m<sup>3</sup> con lettera Prot. Arpa n.31033 del 11/04/2014;
5. Limite di ATTENZIONE (AA): 300 Bq/m<sup>3</sup>;
6. Limite di INTERVENTO (AAA): 400 Bq/m<sup>3</sup>.

Le misure eseguite sottolineano il fatto che i valori rilevati nella zona di scavo siano risultati sempre molto al di sotto del livello d'azione di 500 Bq/m<sup>3</sup> fissato dalla normativa in materia (D.Lvo 230/95 e s.m.i); in soli due casi del semestre gennaio – giugno 2014, le misure rivelate dall'Impresa hanno fatto registrare dei valori di radon superiori a 150 Bq/m<sup>3</sup> (soglia di sorveglianza radon stabilita inizialmente fino all'11/04/2014).

Si riporta di seguito quanto indicato nei report annuali del monitoraggio per i due casi di superamento dei limiti soglia di sorveglianza avvenuti a marzo del 2014 all'interno della galleria:

a seguito del superamento di soglia per il gas radon del monitoraggio esterno, venerdì 14/03/2014 si è proceduto ad effettuare due misure di 1h all'interno della galleria con strumentazione RAD 7. L'esito delle due misure effettuate è riportato di seguito:

- MISURA 1 - 16.14-17.14 - 121 + 34.1 = 155.1 Bq/m<sup>3</sup> (TOTALE RADON + THORON) ;
- MISURA 2 - 17.14-18.14 - 231 + 17.2 = 248.2 Bq/m<sup>3</sup> (TOTALE RADON + THORON).

Si riscontra quindi un superamento della SOGLIA DI SORVEGLIANZA (A) = 150 Bq/ m<sup>3</sup>.

A seguito dei superamenti di soglia sopra riportati, lunedì 17/03 si è proceduto ad effettuare 4 misure di 1h all'interno della galleria con strumentazione RAD 7. L'esito delle misure effettuate è riportato di seguito:

- MISURA 1 - 09.39-10.39 - 78.5 + 11.4 = 87.2 Bq/m<sup>3</sup> (TOTALE RADON + THORON);
- MISURA 2 - 10.39-11.39 - 110 + 40.1 = 150.1 Bq/m<sup>3</sup> (TOTALE RADON + THORON);
- MISURA 3 - 11.39-12.39 - 124 + 40.1 = 164.1 Bq/m<sup>3</sup> (TOTALE RADON + THORON);
- MISURA 4 - 12.39-13.39 - 98.5 + 00.0 = 98.5 Bq/m<sup>3</sup> (TOTALE RADON + THORON).

Si riscontra quindi un superamento della SOGLIA DI SORVEGLIANZA (A) = 150 Bq/ m<sup>3</sup>.

Un valore di 267 Bq/m<sup>3</sup> è stato registrato a Pk 0 + 491 m nel periodo di misura dal 07/03/2014 al 14/03/2014 e che l'Impresa ha effettuato dei controlli sui dati acquisiti utilizzando un monitor in continuo "RAD 7" ottenendo su due ore di misure a ventilazione spenta e accesa rispettivamente valori pari a 248 Bq/m<sup>3</sup> e 155 Bq/m<sup>3</sup>, in buon accordo con quanto misurato dei dosimetri passivi. Il dato acquisito a Pk 0 + 431 m con i dosimetri tipo E-perm nel periodo dal 14/03/2014 – 17/03/2014 ha nuovamente fatto registrare un valore superiore alla soglia, pari a 172 Bq/m<sup>3</sup>. Dopo aver inviato comunicazione all'Arpa si è provveduto a incrementare la ventilazione nel tunnel, ottenendo nella rivelazione successiva a Pk 0 + 431 m (periodo di misura dal 17/03/2014 al 21/03/2014) una concentrazione radon di 127 Bq/m<sup>3</sup>.

Si ribadisce che i limitati superamenti sopra riportati sono avvenuti all'interno del cantiere e in corrispondenza di questi superamenti nulla è stato rilevato per l'ambiente esterno per la popolazione.

I rari superamenti sopra riportati hanno solo interessato il primo livello soglia (sorveglianza), cioè il più basso, mantenendosi sempre al di sotto di quelli di ATTENZIONE E INTERVENTO, e che dopo brevissimo tempo sono rientrati nei valori normali.

#### **4.2.4.1 Caratterizzazione della suscettibilità all'emissione di gas radon lungo il tracciato**

Sulla base dei dati sperimentali ottenuti dalle analisi di laboratorio eseguite, unitamente ai dati relativi alle attività di monitoraggio, eseguite in questa fase nel corso dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena, che nel corso di lavori progressi durante la realizzazione dell'impianto di Pont-Ventoux, viene presentata una caratterizzazione del tracciato per i tratti in sotterraneo. Per ciascuna tratta omogenea è definita la propensione alla generazione di elevate concentrazioni di gas radon in galleria.

I criteri adottati per la definizione delle tratte sono i seguenti:

- 1) natura degli ammassi rocciosi attraversati: il rateo di esalazione radon sul materiale frantumato permette, a livello qualitativo, una distinzione delle formazioni analizzate in gruppi più o meno emissivi. In base a questo parametro sono stati rilevati valori del RER più alti (rispetto al totale del materiale analizzato) per alcuni campioni prelevati dai sondaggi F16 ed F30bis. Mediamente i campioni delle formazioni CL e AMD presentano un valore medio del RER più elevato delle altre formazioni. Le rocce ultrabasiche e i paragneiss del tratto del Tunnel di Interconnessione sono considerati come caratterizzati da un rateo di esalazione radon basso in considerazione del tenore in isotopi radioattivi (Magnoni, et al., 2009; Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005);
- 2) condizioni di fratturazione attese per l'ammasso roccioso: il grado di fratturazione dell'ammasso roccioso ne condiziona la permeabilità e quindi la possibilità di diffusione del gas radon in ambiente sotterraneo. All'aumentare di questo parametro, aumenta di conseguenza la possibilità che in fase di scavo, l'intercettazione di faglie o porzioni molto fratturate possa coincidere con l'accumulo di gas radon nella galleria con concentrazioni rilevanti;
- 3) Grado di permeabilità: considerata come permeabilità primaria per porosità o secondaria per fratturazione;
- 4) Probabilità di occorrenza di venute d'acqua rilevanti: le acque di falda possono essere caratterizzate da elevati livelli di concentrazione di radon disciolto e pertanto la

presenza di venute significative può anch'essa determinare un aumento della concentrazione del radon in galleria.

La parametrizzazione dei criteri definiti è stata condotta sulla base della caratterizzazione geologica – idrogeologica del tracciato (rif. PRVTS3C3B0110, PRVTS3C3B0126).

Sulla base dei criteri definiti viene proposta la seguente tabella di valutazione della suscettibilità di emissione di gas radon in fase di avanzamento dello scavo.

Settore	Pk da	Pk a	Lunghezza (m)	Suscettibilità Emissione Radon (SER)
<b>Tunnel di Base</b>	41+120	41+520	400	Media
	41+520	44+070	2550	Bassa
	44+070	44+120	50	Media
	44+120	47+100	2980	Bassa
	47+100	50+100	3000	Alta
	50+100	50+300	200	Bassa
	50+300	50+500	200	Alta
	50+500	50+825	325	Bassa
	50+825	52+300	1475	Alta
	52+300	53+400	1100	Bassa
	53+400	53+900	500	Media
	53+900	54+950	1050	Bassa
	54+950	56+300	1350	Alta
	56+300	57+100	800	Media
	57+100	57+760	660	Bassa
	57+760	57+820	60	Media
	57+820	60+580	2760	Bassa
	60+580	60+620	40	Alta
60+620	61+089	460	Bassa	
<b>Piana di Susa*</b>	61+080	63+870	2790	Molto bassa
<b>Tunnel di Interconnessione</b>	63+870	0+240	370	Bassa
	0+240	1+900	1900	Media

**Tabella 17** – Livelli di suscettibilità all'emissione di gas radon per le differenti tratte del tracciato in progetto. .\*  
 per la Piana di Susa non sono previste opere in sotterraneo.

Di seguito sono indicate le caratteristiche proprie di ciascuna tratta:

- pk41+120 - pk41+520: il grado di permeabilità dell'ammasso roccioso è mediamente basso; la presenza di zone di faglia determina un incremento del livello di fratturazione a cui è associata anche la possibilità di venute d'acqua con probabilità media (SER = media);
- pk41+520 – pk44+070: rispetto al precedente, per questo tratto, caratterizzato da permeabilità molto bassa, è atteso anche un minor livello di fratturazione, con conseguente riduzione della permeabilità e della possibilità di venute d'acqua (SER = bassa);
- pk44+070-pk44+120: in un contesto di bassa permeabilità dell'ammasso roccioso, la presenza di zone di faglia determina un incremento del livello di fratturazione. La possibilità di venute d'acqua è comunque bassa (SER = media);



- pk44+120-pk47+100: l'ammasso roccioso è caratterizzato da un grado di permeabilità molto basso, così come il possibile incremento della stessa per aumento del grado di fratturazione. La possibilità di venute d'acqua è indicata come bassa (SER = bassa);
- pk47+100-pk50+100: rispetto al precedente, per questo tratto è atteso un incremento della permeabilità accompagnato dal possibile aumento della fratturazione a cui si associa la possibilità alta di venute d'acqua (SER = alta);
- pk50+100-pk50+300: l'ammasso roccioso è caratterizzato da un grado di permeabilità molto basso, così come il possibile incremento della stessa per aumento del grado di fratturazione. La possibilità di venute d'acqua è indicata come bassa (SER = bassa);
- pk50+300-pk50+500: rispetto al precedente, per questo tratto è atteso un incremento della permeabilità accompagnato dal possibile aumento della fratturazione a cui si associa la possibilità alta di venute d'acqua (SER = alta);
- pk50+500-pk50+825: l'ammasso roccioso è caratterizzato da un grado di permeabilità molto basso, così come il possibile incremento della stessa per aumento del grado di fratturazione. La possibilità di venute d'acqua è indicata come bassa (SER = bassa);
- pk50+825-pk52+300: il grado di permeabilità e la possibilità del suo incremento per un aumento della fratturazione della roccia sono decisamente maggiori in questo tratto, per il quale, la possibilità di venute d'acqua è alta, (SER = alta);
- pk52+300-pk53+400: in questo tratto, rispetto al precedente, il grado di permeabilità e la possibilità del suo incremento per un aumento della fratturazione della roccia sono minori, inoltre la possibilità di venute d'acqua è bassa (SR = bassa);
- pk53+400-pk53+900: questo tratto le condizioni geomeccaniche e idrogeologiche di questo tratto sono simili a quelle del tratto precedente. la possibilità di venute d'acqua è media, (SER = media);
- pk53+900-pk54+950: le condizioni geomeccaniche e idrogeologiche di questo tratto sono buone, l'ammasso roccioso è caratterizzato da un grado di permeabilità molto basso, così come il possibile incremento della stessa per aumento del grado di fratturazione. La possibilità di venute d'acqua è indicata come bassa. Inoltre le formazioni interessate dallo scavo in sottterraneo sono potenzialmente meno emissive delle precedenti (SER = bassa);
- pk54+950-pk56+300: il grado di permeabilità e la possibilità del suo incremento per un aumento della fratturazione della roccia sono decisamente maggiori in questo tratto, per il quale, la possibilità di venute d'acqua è alta, anche in ragione di un elevato grado di connessione con i sistemi di circolazione più superficiali (SER = alta);
- pk56+300-pk57+100: questo tratto è scavato nei sedimenti alluvionali della Valle Cenischia, al di sotto del livello della falda. Il grado di permeabilità è alto, accompagnato però da un livello potenziale di esalazione radon dei sedimenti basso (SER = media);
- pk57+100-pk57+760: per questo tratto è atteso un grado di permeabilità basso, con ridotta possibilità di incremento dello stesso per fratturazione. La possibilità di venute d'acqua è bassa (SER = bassa);
- pk57+760-pk57+820: in un contesto di bassa permeabilità dell'ammasso roccioso, la presenza di zone di faglia determina un incremento del livello di fratturazione. La possibilità di venute d'acqua è considerata media (SER = media);
- pk57+820-pk60+580: per questo tratto è atteso un grado di permeabilità basso, con ridotta possibilità di incremento dello stesso per fratturazione. La possibilità di venute d'acqua è bassa (SER = bassa);

- pk60+580-pk60+620: la presenza del contatto tettonico tra le rocce ultrabasiche e i calcescisti della Zona Piemontese determina un incremento del livello di fratturazione e della permeabilità. La possibilità di venute d'acqua è alta (SER = alta);
- pk60+620-pk61+080: per questo tratto è atteso un grado di permeabilità basso, generalmente con ridotta possibilità di incremento dello stesso per fratturazione. La possibilità di venute d'acqua è prevalentemente bassa (SER = bassa);
- pk61+080-pk63+870: il tracciato lungo questo tratto è all'aperto;
- pk63+870-pk64+240: a partire dall'imbocco W, un primo tratto del Tunnel di Interconnessione si caratterizza per un grado di permeabilità basso, per il quale la possibilità di incremento per fratturazione è considerata bassa o nulla. Anche la possibilità di venute d'acqua è bassa (SER = bassa);
- pk64+240-pk1+900: a differenza del tratto precedente, per questa sezione del Tunnel di Interconnessione, a parità di grado di permeabilità è attesa una possibilità di incremento dello stesso maggiore. Anche per questo tratto la possibilità di venute d'acqua è bassa (SER = media).

Si vuole tuttavia richiamare l'attenzione che ad oggi, sulla scorta dei dati a disposizione, il monitoraggio delle emissioni Radon nello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena non ha evidenziato particolari criticità e i valori delle emissioni sono, in generale, risultati nella norma (cfr. 4.2.4).

Pertanto, a prescindere dalla potenziale Suscettibilità all'Emissione (SER), la cui valutazione è stata definita su base geologica – idrogeologica, è ragionevole ipotizzare che lungo il settore di Tunnel di Base coperto dai dati del Cunicolo della Maddalena non si dovrebbero presentare particolari criticità.

#### 4.2.5 Identificazione dei potenziali ricettori

In fase di scavo all'eventuale attraversamento di tratte suscettibili di emissione di gas radon si associa la possibilità di dispersione del gas che può interessare le seguenti matrici ambientali:

- atmosfera
- ambiente idrico
- salute pubblica

In questo senso il modello concettuale seguito è così articolato secondo lo schema seguente.

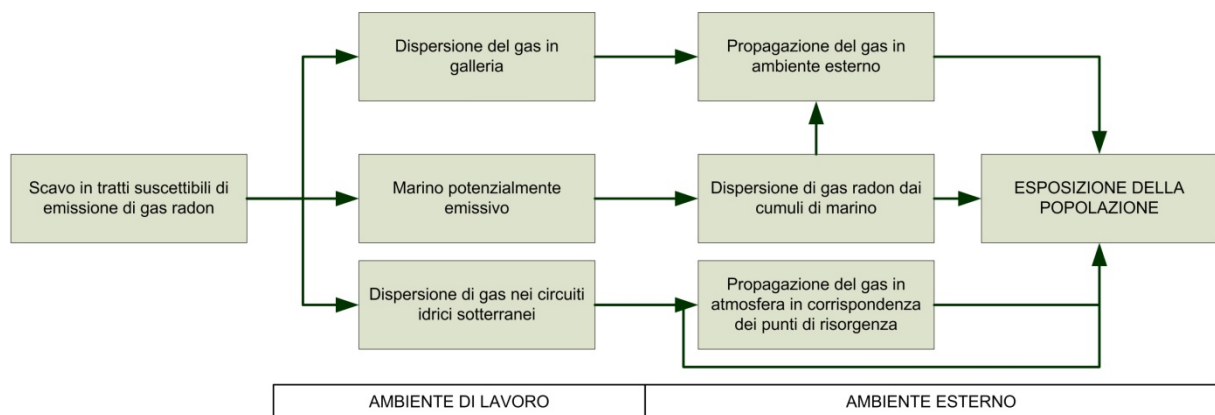


Figura 27 – Modello concettuale seguito per la definizione delle relazioni tra sorgenti e ricettori

Il modello seguito prevede che in caso di scavo in rocce o settori suscettibili di determinare significative emissioni di gas radon debbano essere valutati i possibili impatti nell'ambiente di lavoro in sotterraneo, in assenza di misure preventive e/o mitigative. Questi impatti sono: (a)

la dispersione del gas in galleria, (b) la dispersione del gas radon nei circuiti idrici sotterranei e (c) la presenza di marino potenzialmente emissivo. Sempre in assenza di misure preventive e/o mitigative, gli impatti individuati hanno delle ripercussioni per l'ambiente esterno: (a) propagazione del gas dalla galleria all'ambiente esterno, (b) presenza di cumuli di marino potenzialmente emissivi, (c) propagazione del gas dai circuiti sotterranei in atmosfera a partire dai punti di risorgenza, (d) esposizione della popolazione ad acque di sorgente arricchite in gas radon disciolto. Per questi ultimi impatti sono evidenti le possibili ricadute per la popolazione relativamente all'aspetto della salute pubblica.

Sulla base di queste relazioni sono definite nei paragrafi seguenti le misure di prevenzione delle dispersioni di gas radon e quindi dell'esposizione della popolazione.

#### 4.2.6 Misure di mitigazione del rischio radon

La caratterizzazione radiometrica del marino (par. 4.1) costituisce il primo presidio per il tempestivo rilevamento di potenziali sorgenti di gas radon. In ambiente di lavoro la formazione di accumuli di gas radon è prevenuta dalla presenza di un corretto sistema di ventilazione. A questo si accompagnano le misure specifiche previste dal Piano di Monitoraggio Ambientale del SIA del progetto (rif.PRVC3C0160), con l'analisi sulle seguenti matrici:

- acque di superficie e acque sotterranee in relazione ai tenori in Uranio, Radio e Radon disciolti al fine di permettere l'individuazione di incrementi delle concentrazioni che potrebbero avere conseguenze per le popolazioni e gli ecosistemi locali;
- concentrazioni di radon in atmosfera nelle aree più prossime ai cantieri, presso i punti di cui alla tabella seguente.

<i>Identificativo</i>	<i>Comune - frazione</i>	<i>AO</i>	<i>CO</i>	<i>PO</i>	<i>Durata</i>
ATR-CHM-01	Chiomonte - Regione Seigneur	1 anno	12 anni	1 anno	Continuo
ATR-SUS-01	Susa – Borgata Braide	1 anno	12 anni	1 anno	Continuo
ATR-SUS-02	Susa – Frazione S. Giuliano	1 anno	12 anni	1 anno	Continuo
ATR-SUS-03	Susa – Traduerivi	1 anno	12 anni	1 anno	Continuo
ATR-SUS-04	Susa – Coldimosso	1 anno	36 mesi (dal mese -15 al mese 21)	-	Continuo
ATR-SUS-05	Susa - Villa Cora	1 anno	61 mesi (dal mese 12 al mese 72)	-	Continuo
ATR-CAP-01	Caprie	1 anno	12 anni	1 anno	Continuo
ATR-TOR-01	Torrazza Piemonte	1 anno	12 anni	1 anno	Continuo

*Tabella 18 – Punti di misura delle concentrazioni di radon in aria*

Sulla base dell'esperienza maturata nel corso dei lavori di realizzazione dell'impianto idroelettrico di Pont Ventoux è previsto un adeguato sistema di ventilazione che prevenga l'accumulo di gas radon sia in fase costruttiva che in fase di esercizio.

## 5. Gestione del rischio radioattività naturale e gas radon

### 5.1 Gestione del rischio connesso la presenza di concentrazione elevate in Arsenico

Nel corso dello scavo del cunicolo esplorativo della Maddalena, in un tratto compreso nella Formazione degli Gneiss Aplitici dell'Ambin, nei test di controllo eseguiti sui materiali di smarino del Cunicolo (prelievo da cumulo) sono state riscontrate concentrazioni di arsenico superiori ai limiti di soglia definiti dal D. LGS. n. 152, 3 aprile 2006 (e s.m.i.).

Le concentrazioni elevate di arsenico si distribuiscono all'interno degli gneiss aplitici (AMC) del Complesso di Ambin, nella fascia di contatto con le coperture sovrastanti e sono state misurate tra le Pk 198 e Pk 265 circa, per un quantitativo di circa 6000 tonnellate.

La natura di tale concentrazione è verosimilmente legata a fenomeni idrotermali concentratisi lungo il contatto tra le coperture e gli gneiss aplitici.

È pertanto altamente probabile di intercettare le medesime anomalie nei tenori di arsenico, verosimilmente nelle medesime posizioni e con estensioni comparabili, anche durante lo scavo del Tunnel di Base della Galleria della Maddalena 2.

Nel dettaglio si stima di incontrare concentrazioni elevate in arsenico:

- Nel Tunnel di Base tra circa le pk 54+550 a 54+700 (su entrambe le canne) per una quantità totale stimata di circa 61.215 t.
- nella galleria della Maddalena 2 tra circa le pk 0+213 e 0+333 per una quantità totale stimata di circa 24.500 t.

La presenza di tali concentrazioni elevate in arsenico dovrà essere tempestivamente accertata attraverso sondaggi in avanzamento e analisi chimiche di laboratorio.

Una volta accertata la presenza di elevati tenori in arsenico, come già eseguito nel corso dello scavo della Maddalena, il materiale di scavo sarà gestito in modo differenziato, pertanto non sarà messo a deposito ma è opportunamente portato in discarica e trattato come rifiuto.

## 6. Bibliografia

- Ahmed, N. K., Abbady, A. M., A. A., Michel, R., El-Kamel, A. H., & Abbady, A. G. (2006). Comparative study of the natural radioactivity of some selected rocks from Egypt and Germany. *Indian Journal of Pure and Applied Sciences*, 44, 209-215.
- Anjos, R. M., Juri Ayub, J., Cid, A. S., Cardoso, R., & Lacerda, T. (2011). External gamma-ray dose rate and radon concentration in indoor environments covered with Brazilian granites. *Journal of Environmental Radioactivity*, 102, 1055-1061.
- Anjos, R. M., Veiga, R., Soares, T., Santos, A. M., Aguiar, J., Frasca, M. H., et al. (2005). Natural radionuclide distribution in Brazilian commercial granites. *Radiation Measurements*, 39, 245-253.
- Compagnoni, R., Borghi, A., Cadoppi, P., Ferrando, S., Gattiglio, M., & Ruffini, R. (2003). The abundance of 47 elements and petrovolumetric models of the crust in the Susa Valley, Western Alps (Site 1). *Accad. Naz. Sci. detta dei XL*, 32, 69-96.
- De Capitani, L., Fumagalli, M., & Carnevale, M. (2007). Gamma-ray spectroscopy determination of radioactive elements in late-Hercynian plutonic rocks of Val Biandino and Val Trompia (Lombardy, Italy). *Periodico di mineralogia*, 76 (1), 25-39.
- Esposito, M. (2002). Radioattività e materiali da costruzione. *Costruire in laterizio*, 89, 76-81.
- Gattiglio, M., & Sacchi, R. (2006). Lineamenti geologici della Val di Susa lungo il tracciato del progetto TAV Torino-Lione. *Rend. Soc. Geol. It., Nuova Serie*, 13-19.
- Harb, S., El-Kame, A. H., I. A. E.-M., Abbady, A., & Rashed, W. (2008). Concentration of U-238, U-235, Ra-226, Ra-228, Th-232 and K-40 for some igneous rock samples in eastern desert of Egypt. Aswan.
- Hunter-Smith, L. (2012). *Levels of Naturally Occurring Radioactive Material in Bottled Natural Mineral Water*. Guildford: University of Surrey.
- Magnoni, M., Righino, F., Chiaberto, E., Procopio, S., Serena, E., Plandstatter, A., et al. (2009). *La mappatura del Radon in Piemonte*. Torino: Arpa Piemonte.
- Malczewski, D., & Zaba, J. (2012). Natural Radioactivity in rocks of the Modane-Aussois region (SE France). *J Radioanal Nucl Chem*, 292, 123-130.
- Patrucco, M., De Salve, M., & Gozzelino, P. (2005). *Approfondimento sulla presenza di amianto, minerali radioattivi e radon nei luoghi interessati dalle opere per il collegamento ferroviario Torino-Lione, tratta comune St. Jean de Maurienne-Bussoleno*. Torino: Politecnico di Torino - DITAG.
- Perello, P., & Venturini, G. (2006). Scavo di gallerie in ammassi rocciosi contenenti minerali asbestiformi. *Gallerie a grandi opere sotterranee*, 78, 58-62.
- Righi, S., Bett, i. M., Bruzzi, L., Mazzotti, & G. (2000). Monitoring of natural radioactivity in working places. *Microchemical journal*, 67 (1-3), 119-126.
- Righi, S., Coatti, F. B., Verità, S., & Bruzzi, L. (2006). Emanazione di radon da materiali lapidei naturali. *Terzo Atti del Convegno Nazionale Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento e bonifica*. Torino: Gamma Servizi.
- Risica, S., Bolzan, C., & Nuccetelli, C. (1999). Radioactivity in building materials: experimental methods, calculations and an overview of the Italian situation. *Science of the total environment*, 272 (1-3), 119-126.
- Surace, I., Torri, R., Murgese, D., & Dematteis, A. (2011). Gestione dei materiali di scavo: valutazione della presenza di amianto in roccia e suoli tramite microscopia ottica a luce polarizzata. *GEAM*, 2, 27-46.
- Tositti, L. (2007). *La radioattività nelle rocce della regione Emilia-Romagna*. Bologna: Arpa Emilia-Romagna.
- Trotti. (2007). Il controllo della radioattività di origine naturale. *ARPA Rivista*, 3, 3-5.

- UE. (1999). *Radiation Protection 112 - Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials*. Bruxelles: European Commission.
- UE. (2001). *Radiation Protection 122 part 2*. Bruxelles: Commissione Europea.
- UNSCEAR. (2000). *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. New York: UN.
- Verdelocco, S., Wlaker, D., Turkowsky, P., & Osimani, C. (2000). *Misure di radon-222 e radioattività ambientale nell'impianto idroelettrico di Pont Ventoux-Susa, Piemonte*. EUR 19656IT. Ispra (VA): Comunità Europee.
- Walley El-Dine, N., El Asherabi, A., Ahmed, F., & S., A.-H. A. (2001). Measurement of radioactivity and radon exhalation rate in different kinds of marbles and granites. *Applied Radiation and Isotopes*, 55, 853-860.
- Zucchetti, M., & Bonivago, L. (2005). *Tav in Valle di Susa. Problemi di radioprotezione e impatto ambientale per la presenza di Uranio e Radon – Seconda relazione: modelli di esposizione al Radon*. Tratto da [http://staff.polito.it/massimo.zucchetti/Seconda\\_Relazione.pdf](http://staff.polito.it/massimo.zucchetti/Seconda_Relazione.pdf)

## **7. ALLEGATO 1 – Certificati delle prove di laboratorio per la caratterizzazione radiometrica dei materiali**



U - S E R I E S

Bologna, 1 Luglio 2012

Spett.

Lyon Turin Ferroviaire Sas

Piazza Nizza, 46

10126 Torino

**OGGETTO:** Caratterizzazione ambientale e radiometrica dei materiali di scavo.

Con riferimento al contratto 307/EO/66/M/12 "Consultation Simplifiée N.CS89 – Caractérisation environnementale et radiométrique des matériaux d'excavation côté italien-C12085" vogliate gentilmente trovare allegata alla presente la tabella contenente i risultati relativi alle misure di radioattività effettuate nei modi e nei termini previsti.

Informazioni più dettagliate sono contenute all'interno delle tabelle e dei rapporti di prova allegati.

Le misurazioni condotte sono finalizzate a caratterizzare dal punto di vista ambientale e radiometrico il materiale che verrà scavato nell'ambito del tracciato del Tunnel di Base e delle Gallerie di interconnessione di Bussoleno in sede di revisione del Progetto Definitivo in corso.

Il campionamento è stato effettuato presso la caroteca di Susa in data 11.06.2012 e presso la caroteca di Modane in data 12.06.2012.

La caratterizzazione ambientale è stata condotta secondo i seguenti metodi:

- EPA 9014 1996 (cianuri)
- EPA 9056A 2007 (Fluoruri)
- EPA 3052 1996 + EPA 6020A 2007 (Antimonio, Argento, Arsenico, Bario, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco)





U - S E R I E S

- EPA 7196A 1992 (Cromo VI)

La caratterizzazione radiometrica è stata condotta secondo i seguenti metodi:

- UNI 10797:1999 ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ )
- ISO 11665-7:2012 (rateo specifico di emanazione di radon E)

Con riferimento alle prove di caratterizzazione radiometrica si specifica inoltre che:

- 1) E' stato verificato l'equilibrio secolare fra  $^{238}\text{U}$  e  $^{226}\text{Ra}$
- 2) E' stato indicato, nella tabella riepilogativa allegata, l'Indice di Radioattività di ciascun campione per la valutazione dell'idoneità al reimpiego del marino come materiale per costruzioni. In assenza di indicazioni specifiche è stato adottato l'indice descritto nella Radiation Protection 112
- 3) E' stato indicato, nella tabella riepilogativa allegata, l'attività totale di ciascun campione. In assenza di indicazioni specifiche l'attività totale è stata considerata pari alla somma delle attività specifiche di  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$ .

Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato - N. 572 d'iscrizione



U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Susa - Sondaggio S4 - Campione C1 - Cassetta 34 - Intervallo Campione da m 156.15 a m 156.34 - Micascisti	25,0 ± 1,2	33 ± 2	730 ± 30	0,490 ± 0,016	788		0,36 ± 0,14
Susa - Sondaggio S4 - Campione C2 - Cassetta 56 - Intervallo Campione da m 216.60 a m 216.67 - Micascisti	28,2 ± 1,2	35 ± 2	800 ± 30	0,538 ± 0,016	863		<0,017
Susa - Sondaggio S4 - Campione C3 - Cassetta 86 - Intervallo Campione da m 298.79 a m 298.91 - Micascisti	26,6 ± 1,2	31 ± 2	700 ± 30	0,478 ± 0,015	758		0,04 ± 0,03
Susa - Sondaggio S4 - Campione C4 - Cassetta 122 - Intervallo Campione da m 397.85 a m 398.00 - Micascisti	32,4 ± 1,3	40 ± 3	1080 ± 40	0,670 ± 0,018	1152		0,04 ± 0,03



## U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Susa - Sondaggio S4 - Campione C5 - Cassetta 144 - Intervallo Campione da m 460.40 a m 460.52 - Micascisti	26,8 ± 1,3	33 ± 3	810 ± 30	0,523 ± 0,017	870		0,07 ± 0,04
Susa - Sondaggio S4 - Campione C6 - Cassetta 164 - Intervallo Campione da m 533.40 a m 533.53 - Micascisti	23,8 ± 1,1	28 ± 2	660 ± 30	0,439 ± 0,014	712		<0,019
Susa - Sondaggio S4 - Campione C7 - Cassetta 170 - Intervallo Campione da m 557.36 a m 557.57 - Micascisti	27,9 ± 1,2	34 ± 2	640 ± 30	0,478 ± 0,016	702	0,34 ± 0,24	<0,009 <sup>(***)</sup>
Susa - Sondaggio S4 - Campione C8 - Cassetta 174 - Intervallo Campione da m 572.35 a m 572.47 - Micascisti	25,8 ± 1,2	32 ± 2	710 ± 30	0,480 ± 0,015	768		0,05 ± 0,03



## U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Susa – Sondaggio S4 – Campione C9 – Cassetta 186 – Intervallo Campione da m 617.80 a m 618.02 – Micascisti±	35,7 ± 1,4	44 ± 3	910 ± 30	0,644 ± 0,018	990		0,09 ± 0,05
Susa – Sondaggio S4 – Campione C10 – Cassetta 204 – Intervallo Campione da m 686.85 a m 686.99 – Micascisti	24,2 ± 1,1	33 ± 1,4	680 ± 30	0,482 ± 0,015	739		<0,016
Susa – Sondaggio S5 – Campione C1 – Cassetta 3 – Intervallo Campione da m 323.40 a m 323.58 – Gneiss Aplitici	195 ± 3	43 ± 3	1320 ± 40	1,310 ± 0,020	1558		0,08 ± 0,03
Susa – Sondaggio S5 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 454.07 a m 454.17 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.	38,7 ± 1,4	56 ± 3	950 ± 30	0,724 ± 0,019	1045		<0,013



U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Susa – Sondaggio S5 – Campione C3 – Cassetta 94 – Intervallo Campione da m 606.65 a m 606.86 – Gneiss Aplitici	33,4 ± 1,4	47 ± 3	1050 ± 40	0,694 ± 0,019	1130		<0,02
Susa – Sondaggio S5 – Campione C4 – Cassetta 123 – Intervallo Campione da m 719.20 a m 719.32 – Facies gneissica	35,1 ± 1,4	54 ± 3	1190 ± 40	0,780 ± 0,020	1279		<0,06
Susa – Sondaggio S5 – Campione C5 – Cassetta 136 – Intervallo Campione da m 773.69 a m 773.85 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s. Con livelli milonitici	30,0 ± 1,2	52 ± 3	430 ± 20	0,503 ± 0,016	512		0,08 ± 0,03
Susa – Sondaggio S5 – Campione C6 – Cassetta 146 – Intervallo Campione da m 809.95 a m 810.13 – Gneiss Aplitici più ricchi in mica	32,0 ± 1,2	41 ± 2	790 ± 30	0,574 ± 0,016	863		0,04 ± 0,03



## U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Susa - Sondaggio S5 - Campione C7 - Cassetta 156 - Intervallo Campione da m 858.35 a m 858.49 - Micascisti	39,7 ± 1,3	51 ± 3	750 ± 30	0,634 ± 0,017	841		<0,014
Susa - Sondaggio S5 - Campione C8 - Cassetta 163 - Intervallo Campione da m 893.27 a m 893.45 - Facies intermediatra gneiss aplitici e gneiss s.s.	35,1 ± 1,4	44 ± 3	1080 ± 40	0,697 ± 0,019	1159	0,28 ± 0,12	0,004 <sup>(***)</sup>
Susa - Sondaggio S5 - Campione C9 - Cassetta 166 - Intervallo Campione da m 907.75 a m 907.95 - Facies intermediatra gneiss aplitici e gneiss s.s.	28,9 ± 1,2	46 ± 3	800 ± 30	0,592 ± 0,017	875		<0,008
Susa - Sondaggio S8 - Campione C1 - Cassetta 37 - Intervallo Campione da m 180.00 a m 180.18 - Micascisti/gneiss albitici	27,8 ± 1,0	32,3 ± 1,9	690 ± 20	0,484 ± 0,012	750		0,06 ± 0,03



## U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Susa – Sondaggio S8 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 250.30 a m 250.52 – Calcescisti	18,7 ± 1,1	35 ± 3	540 ± 30	0,414 ± 0,016	594	0,20 ± 0,14	0,006 <sup>(****)</sup>
Susa – Sondaggio S8 – Campione C3 – Cassetta 68 – Intervallo Campione da m 350.10 a m 350.28 – Calcescisti	20,5 ± 1,1	38 ± 3	600 ± 30	0,460 ± 0,016	659		0,014 ± 0,007
Susa – Sondaggio S8 – Campione C4 – Cassetta 78 – Intervallo Campione da m 404.90 a m 405.02 – Micascisti	48,6 ± 1,6	73 ± 3	790 ± 30	0,790 ± 0,020	912		0,07 ± 0,04
Susa – Sondaggio S8 – Campione C5 – Cassetta 84 – Intervallo Campione da m 437.90 a m 438.00 – Calcescisti	16,7 ± 0,9	18,7 ± 1,8	340 ± 19	0,263 ± 0,011	375		0,05 ± 0,03



U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Susa – Sondaggio S8 – Campione C6 – Cassetta 88 – Intervallo Campione da m 460.60 a m 460.73 – Micascisti cloritici	35,4 ± 1,3	41 ± 3	304 ± 18	0,426 ± 0,015	380		0,04 ± 0,02
Susa – Sondaggio S8 – Campione C7 – Cassetta 93 – Intervallo Campione da m 489.00 a m 489.20 – Calcescisti	7,6 ± 0,7	13,9 ± 1,6	205 ± 16	0,163 ± 0,010	227		0,10 ± 0,04
Susa – Sondaggio S8 – Campione C8 – Cassetta 96 – Intervallo Campione da m 506.00 a m 506.16 – Calcescisti	13,7 ± 0,9	25 ± 2	410 ± 20	0,306 ± 0,013	449		0,06 ± 0,03
Susa – Sondaggio S42 – Campione C1 – Cassetta 19 – Intervallo Campione da m 96.00 a m 96.13 – Gneiss quarzitici	6,7 ± 0,7	<3	319 ± 19	0,129 ± 0,007	326		0,03 ± 0,02





U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Susa - Sondaggio S42 - Campione C2 - Cassetta 46 - Intervallo Campione da m 288.00 a m 288.18 - Calcescisti	8,4 ± 0,9	13,2 ± 1,8	280 ± 20	0,186 ± 0,012	302	0,9 ± 0,4	0,02 <sup>(***)</sup>
Susa - Sondaggio S42 - Campione C3 - Cassetta 54 - Intervallo Campione da m 352.00 a m 352.13 - Calcescisti	12,3 ± 0,9	18,4 ± 1,8	329 ± 19	0,243 ± 0,012	360		0,05 ± 0,03
Susa - Sondaggio S42 - Campione C4 - Cassetta 60 - Intervallo Campione da m 400.00 a m 400.16 - Micascisti	41,8 ± 1,5	43 ± 3	780 ± 30	0,613 ± 0,018	865		0,015 ± 0,008
Susa - Sondaggio S42 - Campione C5 - Cassetta 65 - Intervallo Campione da m 440.00 a m 440.23 - Calcescisti	40,9 ± 1,4	47 ± 3	580 ± 20	0,566 ± 0,016	668		0,04 ± 0,02



## U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Modane – Sondaggio F16 – Campione C1 – Cassetta 20 – Intervallo Campione da m 1118.95 a m 1119.19 – Micascisti listati con pieghe	30,8 ± 1,0	29 ± 1,8	590 ± 20	0,443 ± 0,012	650		0,17 ± 0,07
Modane – Sondaggio F16 – Campione C2 – Cassetta 28 – Intervallo Campione da m 1157.75 a m 1158.04 – Micascisti listati	28,1 ± 1,2	36 ± 2	680 ± 30	0,500 ± 0,015	744		0,32 ± 0,18
Modane – Sondaggio F16 – Campione C3 – Cassetta 40 – Intervallo Campione da m 1217.25 a m 1217.53 – Micascisti listati	22,9 ± 1,0	21,8 ± 1,9	660 ± 30	0,404 ± 0,013	705		0,04 ± 0,02
Modane – Sondaggio F16 – Campione C4 – Cassetta 52 – Intervallo Campione da m 1275.50 a m 1275.74 – Micascisti listati	23,2 ± 1,1	28 ± 2	670 ± 30	0,440 ± 0,014	721		<0,05



U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Modane - Sondaggio F16 - Campione C5 - Cassetta 62 - Intervallo Campione da m 1325.15 a m 1325.36 - Micascisti listati con pieghe	29,6 ± 1,3	37 ± 3	860 ± 30	0,573 ± 0,017	927		<0,04
Modane - Sondaggio F16 - Campione C6 - Cassetta 72 - Intervallo Campione da m 1375.20 a m 1375.46 - Micascisti listati	27,3 ± 1,2	28 ± 2	690 ± 30	0,463 ± 0,015	745		<0,03
Modane - Sondaggio F16 - Campione C7 - Cassetta 81 - Intervallo Campione da m 1418.40 a m 1418.64 - Micascisti listati	26,8 ± 1,1	34 ± 2	700 ± 30	0,491 ± 0,015	761		0,15 ± 0,09
Modane - Sondaggio F16 - Campione C8 - Cassetta 90 - Intervallo Campione da m 1462.85 a m 1463.07 - Micascisti listati	27,2 ± 1,2	37 ± 3	840 ± 30	0,554 ± 0,017	904	<0,2	<0,006 <sup>(***)</sup>



## U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Modane – Sondaggio F16 – Campione C9 – Cassetta 99 – Intervallo Campione da m 1506.90 a m 1507.20 – Micascisti listati leggermente grafitici	29,1 ± 1,2	32 ± 2	640 ± 30	0,470 ± 0,015	701		0,04 ± 0,02
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C1 – Cassetta 149 – Intervallo Campione da m 727.90 a m 728.12 – Micascisti quarzosi	19,3 ± 1,1	35 ± 3	830 ± 30	0,515 ± 0,017	884		0,018 ± 0,010
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C2 – Cassetta 179 – Intervallo Campione da m 843.30 a m 843.47 – Micascisti quarzosi	26,6 ± 1,2	46 ± 3	930 ± 30	0,628 ± 0,018	1003		0,021 ± 0,009
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C3 – Cassetta 197 – Intervallo Campione da m 912.60 a m 912.76 – Micascisti quarzosi	21,6 ± 0,9	39 ± 2	760 ± 20	0,521 ± 0,013	821		0,17 ± 0,06



U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C4 – Cassetta 219 – Intervallo Campione da m 999.90 a m 1000.09 – Micascisti quarzosi a clorite	16,0 ± 1,0	44 ± 3	1010 ± 30	0,610 ± 0,018	1070		0,08 ± 0,05
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C5 – Cassetta 236 – Intervallo Campione da m 1085.60 a m 1082.90 – Micascisti quarzosi a clorite	21,2 ± 1,2	40 ± 3	630 ± 30	0,482 ± 0,017	691		0,15 ± 0,06
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C6 – Cassetta 252 – Intervallo Campione da m 1159.40 a m 1159.76 – Micascisti a quarzo e clorite	17,4 ± 1,0	35 ± 3	690 ± 30	0,463 ± 0,016	742		0,06 ± 0,03
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C7 – Cassetta 275 – Intervallo Campione da m 1269.75 a m 1269.97 – Micascisti a quarzo e clorite con talco	31,7 ± 1,3	31 ± 2	530 ± 30	0,438 ± 0,015	593		0,008 ± 0,003



## U - S E R I E S

Descrizione Campione	Concentrazione di radioattività					Rateo Esalazione Radon	
	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg) <sup>(*)</sup>	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg) <sup>(**)</sup>	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$I_{\text{RP112}}$	$A_{\text{tot}}$ (Bq/kg) (U+Th+K)	$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C8 – Cassetta 287 – Intervallo Campione da m 1328.20 a m 1328.38 – Micascisti a quarzo e clorite	92 ± 2	39 ± 3	770 ± 30	0,757 ± 0,018	901	4 ± 4	0,06 <sup>(***)</sup>
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C9 – Cassetta 299 – Intervallo Campione da m 1386.45 a m 1386.58 – Quarzomicascisti (CLR)	30,5 ± 1,2	35 ± 2	780 ± 30	0,538 ± 0,016	846		0,06 ± 0,04

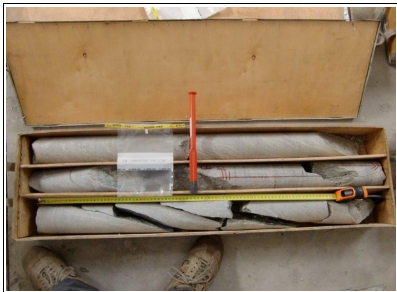
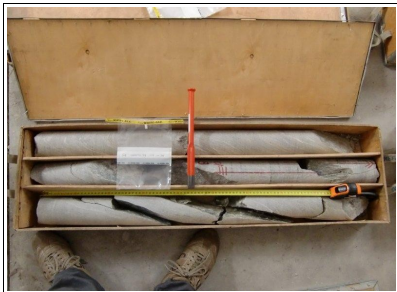
(\*)  $^{226}\text{Ra}$  è preso come indice della concentrazione di  $^{238}\text{U}$  poiché è stato verificato l'equilibrio secolare;

(\*\*)  $^{228}\text{Ra}$  è preso come indice della concentrazione di  $^{232}\text{Th}$  poiché è stato verificato l'equilibrio secolare.



(\*\*\*) Rateo di esalazione Radon indicativo

**CAMPIONAMENTI EFFETTUATI A SUSAL' 11 GIUGNO 2012**

**SONDAGGIO S4**



CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C1	34	156.15	156.34	Micascisti
				
		<p><b>Foto 1.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 2.</b> Dopo il prelievo</p>



CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C2	56	216.60	216.67	Micascisti <sup>1</sup>
				
		<p><b>Foto 3.</b> Prima del prelievo</p>		

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C3	86	298.79	298.91	Micascisti
				
		<p><b>Foto 4.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 5.</b> Dopo il prelievo</p>

1 Micascisti a marcata fratturazione

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C4	122	397.85	398.00	Micascisti <sup>2</sup>
 <p><b>Foto 6.</b> Prima del prelievo</p>		 <p><b>Foto 7.</b> Dopo il prelievo</p>		

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C5	144	460.40	460.52	Micascisti
 <p><b>Foto 8.</b> Prima del prelievo</p>		 <p><b>Foto 9.</b> Dopo il prelievo</p>		

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C6	164	533.40	533.53	Micascisti
 <p><b>Foto 10.</b> Prima del prelievo</p>		 <p><b>Foto 11.</b> Dopo il prelievo</p>		

2 Micascisti con fratture riempite da vene di calcite tardiva



CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C7	170	557.36	557.57	Miscascisti
 <p><b>Foto 12.</b> Prima del prelievo</p>		 <p><b>Foto 13.</b> Dopo il prelievo</p>		



CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C8	174	572.35	572.47	Miscascisti
 <p><b>Foto 14.</b> Prima del prelievo</p>		 <p><b>Foto 15.</b> Dopo il prelievo</p>		



CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C9	186	617.80	618.02	Miscascisti
 <p><b>Foto 16.</b> Prima del prelievo</p>		 <p><b>Foto 17.</b> Dopo il prelievo</p>		

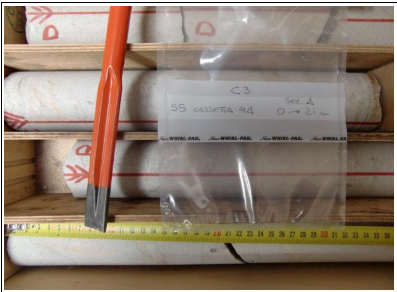

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C10	204	686.85	686.99	Micascisti
				
		<p><b>Foto 18.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 19.</b> Dopo il prelievo</p>

**CAMPIONAMENTI EFFETTUATI A SUSAL' 11 GIUGNO 2012**

**SONDAGGIO S5**



CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE	
		da m	a m		
C1	3	323.40	323.58	Gneiss aplitici <sup>1</sup>	
					
		<p><b>Foto 1.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 2.</b> Dopo il prelievo</p>	



CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE	
		da m	a m		
C2	50	454.07	454.17	Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.	
					
		<p><b>Foto 3.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 4.</b> Dopo il prelievo</p>	

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE	
		da m	a m		
C3	94	606.65	606.86	Gneiss aplitici <sup>1</sup>	
					
		<p><b>Foto 5.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 6.</b> Dopo il prelievo</p>	

1 Gneiss aplitici (abbondante qz e flds e con rari livelli di opachi a segnare la scistosità)

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C4	123	719.20	719.32	Facies gneissica
				
		<p><b>Foto 7.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 8.</b> Dopo il prelievo</p>

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C5	136	773.69	773.85	Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s. con livelli milonitici
				
		<p><b>Foto 9.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 10.</b> Dopo il prelievo</p>

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C6	146	809.95	810.13	Gneiss aplitici più ricchi in mica
				
		<p><b>Foto 11.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 12.</b> Dopo il prelievo</p>

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C7	156	858.35	858.49	Micascisti
				

Foto 13. Prima del prelievo

Foto 14. Dopo il prelievo

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C8	163	893.27	893.45	Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.
				

Foto 15. Prima del prelievo

Foto 16. Dopo il prelievo

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C9	166	907.75	907.95	Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.
				



Foto 17. Prima del prelievo

Foto 18. Dopo il prelievo

**CAMPIONAMENTI EFFETTUATI A SUSAL' 11 GIUGNO 2012**

**SONDAGGIO S8**

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE	
		da m	a m		
C1	37	180.00	180.18	Micascisti/gneiss albitici <sup>1</sup>	
					
		<p><b>Foto 1.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 2.</b> Dopo il prelievo</p>	

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE	
		da m	a m		
C2	50	250.30	250.52	Calcescisti	
					
		<p><b>Foto 3.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 4.</b> Dopo il prelievo</p>	

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE	
		da m	a m		
C3	68	350.10	350.28	Calcescisti	
					
		<p><b>Foto 5.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 6.</b> Dopo il prelievo</p>	

1 Tessitura gneissica talora marcatamente micacea

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE	
		da m	a m		
C4	78	404.90	405.02	Micascisti	
					
		<p><b>Foto 7.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 8.</b> Dopo il prelievo</p>	

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE	
		da m	a m		
C5	84	437.9	438.00	Calcescisti	
					
		<p><b>Foto 9.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 10.</b> Dopo il prelievo</p>	

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE	
		da m	a m		
C6	88	460.60	460.73	Micascisti cloritici	
					
		<p><b>Foto 11.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 12.</b> Dopo il prelievo</p>	

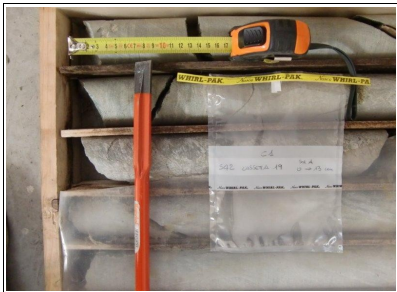

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C7	93	489.00	489.20	Calcescisti
 <p><b>Foto 13.</b> Prima del prelievo</p>		 <p><b>Foto 14.</b> Dopo il prelievo</p>		

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C8	96	506.00	506.16	Calcescisti
 <p><b>Foto 15.</b> Prima del prelievo</p>		 <p><b>Foto 16.</b> Dopo il prelievo</p>		



**CAMPIONAMENTI EFFETTUATI A SUSAL' 11 GIUGNO 2012**



**SONDAGGIO S42**



CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C1	19	96.00	96.13	Gneiss quarzitic <sup>1</sup>
				
		<p><b>Foto 1.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 2.</b> Dopo il prelievo</p>

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C2	46	288.00	288.18	Calcescisti
				
		<p><b>Foto 3.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 4.</b> Dopo il prelievo</p>

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C3	54	352.00	352.13	Calcescisti
				
		<p><b>Foto 5.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 6.</b> Dopo il prelievo</p>

1 Gneiss quarzitic<sup>1</sup> di colore grigio/verde

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C4	60	400.00	400.16	Miscascisti
				
<p><b>Foto 7.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 8.</b> Dopo il prelievo</p>		

CAMPIONE	CASSETTA	INTERVALLO CAMPIONE		NOTE
		da m	a m	
C5	65	440.00	440.23	Calcescisti <sup>2</sup>
				
<p><b>Foto 9.</b> Prima del prelievo</p>		<p><b>Foto 10.</b> Dopo il prelievo</p>		

2 Calcescisti di colore grigio/verde



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4471**

<b>Data di rilascio:</b>	23 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C1 – Cassetta 34 – Intervallo Campione da m 156.15 a m 156.34 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - “Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione”			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 23 giugno 2012      Codice misura: VC1-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	24	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	24,7	1,8	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	26	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	25	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	25	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	25,0	1,2	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	31	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	35	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	32	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	33	2	3
<sup>232</sup> Th	---	33	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	32,4	1,7	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	29	3	2
<sup>228</sup> Th	---	31,5	1,4	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	730	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4472**

<b>Data di rilascio:</b>	27 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C2 – Cassetta 56 – Intervallo Campione da m 216.60 a m 216.67 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 27 giugno 2012      Codice misura: VC2-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	30	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	28,9	1,9	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	26	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	27	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	31	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	28,2	1,2	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	37	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	35	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	34	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	35	2	3
<sup>232</sup> Th	---	35	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	37,1	1,8	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	32	3	3
<sup>228</sup> Th	---	35,7	1,5	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	800	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4473**

<b>Data di rilascio:</b>	22 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C3 – Cassetta 86 – Intervallo Campione da m 298.79 a m 298.91 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - “Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione”			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 22 giugno 2012      Codice misura: VC3-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	25	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	26,9	1,8	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	27	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	24	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	28	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	26,6	1,2	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	30	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	33	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	29	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	31	2	3
<sup>232</sup> Th	---	31	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	34,1	1,7	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	29	3	2
<sup>228</sup> Th	---	32,8	1,5	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	700	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4474**

<b>Data di rilascio:</b>	23 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C4 – Cassetta 122 – Intervallo Campione da m 397.85 a m 398.00 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	--- ---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - “Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione”			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 23 giugno 2012      Codice misura: VC4-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	33	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	31	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	35	2	1,9
<sup>214</sup> Bi	1120,28	30	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	33	6	5
<sup>226</sup> Ra	---	32,4	1,3	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	36	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	41	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	43	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	40	3	3
<sup>232</sup> Th	---	40	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	42	2	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	38	3	3
<sup>228</sup> Th	---	40,5	1,7	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	1080	40	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4475**

<b>Data di rilascio:</b>	24 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C5 – Cassetta 144 – Intervallo Campione da m 460.40 a m 460.52 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	--- ---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - “Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione”			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 24 giugno 2012      Codice misura: VC5-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	26	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	25,6	1,9	1,9
<sup>214</sup> Bi	609,32	28	2	2
<sup>214</sup> Bi	1120,28	28	7	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	29	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	26,8	1,3	1,9
<sup>228</sup> Ac	338,40	30	5	6
<sup>228</sup> Ac	911,07	32	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	38	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	33	3	3
<sup>232</sup> Th	---	33	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	34,0	1,8	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	32	3	3
<sup>228</sup> Th	---	33,4	1,6	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,9	0	0,9
<sup>40</sup> K	1460,75	810	30	11
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4476**

<b>Data di rilascio:</b>	24 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C6 – Cassetta 164 – Intervallo Campione da m 533.40 a m 533.53 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 24 giugno 2012      Codice misura: VC6-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	24	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	23,6	1,7	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	23,7	1,9	1,7
<sup>214</sup> Bi	1120,28	27	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	23	4	4
<sup>226</sup> Ra	---	23,8	1,1	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	27	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	27	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	29	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	28	2	3
<sup>232</sup> Th	---	28	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	28,4	1,5	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	28	3	2
<sup>228</sup> Th	---	28,2	1,3	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	660	30	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4477**

<b>Data di rilascio:</b>	28 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C7 – Cassetta 170 – Intervallo Campione da m 557.36 a m 557.57 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - “Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione”			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 28 giugno 2012      Codice misura: VC7-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	30	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	30	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	25	2	1,9
<sup>214</sup> Bi	1120,28	29	6	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	24	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	27,9	1,2	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	35	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	34	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	34	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	34	2	3
<sup>232</sup> Th	---	34	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	31,7	1,8	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	32	3	3
<sup>228</sup> Th	---	31,9	1,5	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	640	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4478**

<b>Data di rilascio:</b>	22 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C8 – Cassetta 174 – Intervallo Campione da m 572.35 a m 572.47 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 22 giugno 2012      Codice misura: VC8-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	22	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	25,8	1,2	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	29	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	24	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	24	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	25,8	1,2	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	30	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	31	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	34	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	32	2	3
<sup>232</sup> Th	---	32	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	31,8	1,7	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	29	3	2
<sup>228</sup> Th	---	31,1	1,4	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	710	30	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4479**

<b>Data di rilascio:</b>	24 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C9 – Cassetta 186 – Intervallo Campione da m 617.80 a m 618.02 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - “Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione”			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 24 giugno 2012      Codice misura: VC9-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	32	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	36	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	38	3	1,9
<sup>214</sup> Bi	1120,28	39	7	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	38	6	5
<sup>226</sup> Ra	---	35,7	1,4	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	45	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	43	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	46	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	44	3	3
<sup>232</sup> Th	---	44	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	43	2	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	38	3	3
<sup>228</sup> Th	---	41,5	1,7	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	910	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4480**

<b>Data di rilascio:</b>	27 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C10 – Cassetta 204 – Intervallo Campione da m 686.85 a m 686.99 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - “Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione”			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 27 giugno 2012      Codice misura: VC10-S4			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	23	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	23,1	1,7	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	26	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	1120,28	21	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	27	5	4
<sup>226</sup> Ra	---	24,2	1,1	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	35	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	36	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	33	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	35	2	3
<sup>232</sup> Th	---	35	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	32,5	1,7	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	34	3	2
<sup>228</sup> Th	---	33,0	1,4	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	680	30	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4481**

<b>Data di rilascio:</b>	26 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C1 – Cassetta 3 – Intervallo Campione da m 323.40 a m 323.58 – Gneiss Aplitici			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 26 giugno 2012      Codice misura: VC1-S5			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	197	6	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	196	5	1,5
<sup>214</sup> Bi	609,32	195	5	1,6
<sup>214</sup> Bi	1120,28	183	11	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	205	12	4
<sup>226</sup> Ra	---	195	3	1,5
<sup>228</sup> Ac	338,40	39	7	4
<sup>228</sup> Ac	911,07	42	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	49	6	4
<sup>228</sup> Ra	---	43	3	3
<sup>232</sup> Th	---	43	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	46,3	1,9	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	47	3	2
<sup>228</sup> Th	---	46,5	1,7	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	1320	40	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito

Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4482**

<b>Data di rilascio:</b>	25 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 454.07 a m 454.17 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 25 giugno 2012 Codice misura: VC2-S5			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	37	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	41	2	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	37	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	38	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	43	6	5
<sup>226</sup> Ra	---	38,7	1,4	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	53	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	57	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	55	6	4
<sup>228</sup> Ra	---	56	3	3
<sup>232</sup> Th	---	56	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	53	2	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	51	4	2
<sup>228</sup> Th	---	52,3	1,8	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	950	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4483**

<b>Data di rilascio:</b>	23 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C3 – Cassetta 94 – Intervallo Campione da m 606.65 a m 606.86 – Gneiss Aplitici			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 23 giugno 2012      Codice misura: VC3-S5			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	36	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	33	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	33	2	2
<sup>214</sup> Bi	1120,28	27	7	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	36	6	5
<sup>226</sup> Ra	---	33,4	1,4	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	44	6	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	47	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	49	6	4
<sup>228</sup> Ra	---	47	3	3
<sup>232</sup> Th	---	47	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	46	2	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	42	3	3
<sup>228</sup> Th	---	45,1	1,8	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	1050	40	11
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4484**

<b>Data di rilascio:</b>	23 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C4 – Cassetta 123 – Intervallo Campione da m 719.20 a m 719.32 – Facies gneissica			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 23 giugno 2012      Codice misura: VC4-S5			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	37	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	33	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	36	3	2
<sup>214</sup> Bi	1120,28	39	7	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	39	6	5
<sup>226</sup> Ra	---	35,1	1,4	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	60	6	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	50	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	56	6	4
<sup>228</sup> Ra	---	54	3	3
<sup>232</sup> Th	---	54	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	55	2	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	57	4	3
<sup>228</sup> Th	---	56	2	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,9	0	0,9
<sup>40</sup> K	1460,75	1190	40	11
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4485**

<b>Data di rilascio:</b>	21 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C5 – Cassetta 136 – Intervallo Campione da m 773.69 a m 773.85 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s. Con livelli milonitici			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 21 giugno 2012 Codice misura: VC5-S5			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	30	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	29,6	1,9	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	30	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	29	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	35	6	5
<sup>226</sup> Ra	---	30,0	1,2	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	48	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	56	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	50	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	52	3	3
<sup>232</sup> Th	---	52	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	52	2	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	47	3	2
<sup>228</sup> Th	---	50,6	1,8	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	430	20	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4486**

<b>Data di rilascio:</b>	26 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C6 – Cassetta 146 – Intervallo Campione da m 809.95 a m 810.13 – Gneiss Aplitici più ricchi in mica			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 26 giugno 2012 Codice misura: VC6-S5			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	32	3	2
<sup>214</sup> Pb	351,99	32,0	1,9	1,5
<sup>214</sup> Bi	609,32	32	2	1,6
<sup>214</sup> Bi	1120,28	32	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	30	5	4
<sup>226</sup> Ra	---	32,0	1,2	1,5
<sup>228</sup> Ac	338,40	42	5	4
<sup>228</sup> Ac	911,07	41	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	40	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	41	2	3
<sup>232</sup> Th	---	41	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	39,2	1,8	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	37	3	2
<sup>228</sup> Th	---	38,7	1,5	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	790	30	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4487**

<b>Data di rilascio:</b>	27 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C7 – Cassetta 156 – Intervallo Campione da m 858.35 a m 858.49 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 27 giugno 2012      Codice misura: VC7-S5			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	39	3	2
<sup>214</sup> Pb	351,99	40	2	1,4
<sup>214</sup> Bi	609,32	40	2	1,6
<sup>214</sup> Bi	1120,28	39	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	38	5	4
<sup>226</sup> Ra	---	39,7	1,3	1,4
<sup>228</sup> Ac	338,40	47	5	4
<sup>228</sup> Ac	911,07	53	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	50	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	51	3	3
<sup>232</sup> Th	---	51	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	51	2	1,0
<sup>208</sup> Tl	583,1	50	3	2
<sup>228</sup> Th	---	50,9	1,7	1,0
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	750	30	8
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4488**

<b>Data di rilascio:</b>	28 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C8 – Cassetta 163 – Intervallo Campione da m 893.27 a m 893.45 – Facies intermediatra gneiss aplitici e gneiss s.s.			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 28 giugno 2012 Codice misura: VC8-S5			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	38	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	33	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	35	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	32	7	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	38	6	5
<sup>226</sup> Ra	---	35,1	1,4	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	40	6	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	46	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	46	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	44	3	3
<sup>232</sup> Th	---	44	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	50	2	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	45	3	3
<sup>228</sup> Th	---	48,8	1,8	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	1080	40	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4489**

<b>Data di rilascio:</b>	23 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C9 – Cassetta 166 – Intervallo Campione da m 907.75 a m 907.95 – Facies intermediatra gneiss aplitici e gneiss s.s.			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 23 giugno 2012 Codice misura: VC9-S5			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	29	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	30	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	29	2	1,9
<sup>214</sup> Bi	1120,28	22	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	27	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	28,9	1,2	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	47	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	44	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	49	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	46	3	3
<sup>232</sup> Th	---	46	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	45	2	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	47	3	3
<sup>228</sup> Th	---	45,8	1,7	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	800	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4490**

<b>Data di rilascio:</b>	19 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C1 – Cassetta 37 – Intervallo Campione da m 180.00 a m 180.18 – Micascisti/gneiss albitici			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 19 giugno 2012 Codice misura: VC1-S8			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	32	2	2
<sup>214</sup> Pb	351,99	26,0	1,5	1,5
<sup>214</sup> Bi	609,32	27,7	1,7	1,6
<sup>214</sup> Bi	1120,28	25	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	31	4	4
<sup>226</sup> Ra	---	27,8	1,0	1,5
<sup>228</sup> Ac	338,40	32	4	4
<sup>228</sup> Ac	911,07	35	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	29	3	4
<sup>228</sup> Ra	---	32,3	1,9	3,0
<sup>232</sup> Th	---	32,3	1,9	3,0
<sup>212</sup> Pb	238,63	32,5	1,4	1,0
<sup>208</sup> Tl	583,1	29	2	2
<sup>228</sup> Th	---	31,7	1,2	1,0
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	690	20	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4491**

<b>Data di rilascio:</b>	29 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 250.30 a m 250.52 – Calcescisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 29 giugno 2012      Codice misura: VC2-S8			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	21	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	17,8	1,7	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	19	2	2
<sup>214</sup> Bi	1120,28	15	6	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	21	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	18,7	1,1	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	33	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	35	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	37	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	35	3	3
<sup>232</sup> Th	---	35	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	32,8	1,9	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	35	3	3
<sup>228</sup> Th	---	33,2	1,6	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,9	0	0,9
<sup>40</sup> K	1460,75	540	30	11
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4492**

<b>Data di rilascio:</b>	26 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C3 – Cassetta 68 – Intervallo Campione da m 350.10 a m 350.28 – Calcescisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 26 giugno 2012      Codice misura: VC3-S8			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	20	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	19,8	1,6	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	21,2	1,9	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	20	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	26	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	20,5	1,1	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	35	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	40	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	38	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	38	3	3
<sup>232</sup> Th	---	38	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	40,1	1,9	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	39	3	3
<sup>228</sup> Th	---	39,8	1,6	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	600	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4493**

<b>Data di rilascio:</b>	27 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C4 – Cassetta 78 – Intervallo Campione da m 404.90 a m 405.02 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 27 giugno 2012      Codice misura: VC4-S8			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	44	4	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	51	3	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	50	3	2
<sup>214</sup> Bi	1120,28	44	7	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	48	7	5
<sup>226</sup> Ra	---	48,6	1,6	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	73	6	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	73	5	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	75	7	4
<sup>228</sup> Ra	---	73	3	3
<sup>232</sup> Th	---	73	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	75	3	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	75	4	3
<sup>228</sup> Th	---	75	2	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	790	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4494**

<b>Data di rilascio:</b>	27 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C5 – Cassetta 84 – Intervallo Campione da m 437.90 a m 438.00 – Calcescisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 27 giugno 2012      Codice misura: VC5-S8			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	18	2	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	16,6	1,4	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	16	2	2
<sup>214</sup> Bi	1120,28	16	4	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	19	4	4
<sup>226</sup> Ra	---	16,7	0,9	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	20	4	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	17	2	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	22	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	18,7	1,8	3,0
<sup>232</sup> Th	---	18,7	1,8	3,0
<sup>212</sup> Pb	238,63	20,4	1,3	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	21	2	2
<sup>228</sup> Th	---	20,5	1,1	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	340	19	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4495**

<b>Data di rilascio:</b>	25 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C6 – Cassetta 88 – Intervallo Campione da m 460.60 a m 460.73 – Micascisti cloritici			
<b>Produttore:</b>	--- ---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 25 giugno 2012      Codice misura: VC6-S8			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	33	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	35	2	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	38	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	37	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	35	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	35,4	1,3	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	39	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	43	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	40	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	41	3	3
<sup>232</sup> Th	---	41	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	39,2	1,8	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	40	3	2
<sup>228</sup> Th	---	39,5	1,6	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	304	18	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4496**

<b>Data di rilascio:</b>	28 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C7 – Cassetta 93 – Intervallo Campione da m 489.00 a m 489.20 – Calcescisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 28 giugno 2012      Codice misura: VC7-S8			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	10	2	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	7,4	1,1	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	7,1	1,2	1,9
<sup>214</sup> Bi	1120,28	7	4	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	7	3	5
<sup>226</sup> Ra	---	7,6	0,7	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	15	3	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	14	2	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	14	3	4
<sup>228</sup> Ra	---	14,0	1,6	3,0
<sup>232</sup> Th	---	14,0	1,6	3,0
<sup>212</sup> Pb	238,63	12,3	1,1	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	11,9	1,9	2,6
<sup>228</sup> Th	---	12,2	1,0	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	205	16	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4497**

<b>Data di rilascio:</b>	26 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C8 – Cassetta 96 – Intervallo Campione da m 506.00 a m 506.16 – Calcescisti			
<b>Produttore:</b>	--- ---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 26 giugno 2012      Codice misura: VC8-S8			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	14	2	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	12,9	1,3	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	14,4	1,6	1,7
<sup>214</sup> Bi	1120,28	13	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	15	4	4
<sup>226</sup> Ra	---	13,7	0,9	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	23	4	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	25	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	26	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	25	2	3
<sup>232</sup> Th	---	25	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	25,7	1,5	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	25	2	2
<sup>228</sup> Th	---	25,5	1,3	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	410	20	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4498**

<b>Data di rilascio:</b>	22 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C1 – Cassetta 19 – Intervallo Campione da m 96.00 a m 96.13 – Gneiss quarziticci			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 22 giugno 2012      Codice misura: VC1-S42			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	6,5	1,9	2,8
<sup>214</sup> Pb	351,99	7,3	1,1	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	5,9	1,1	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	8	4	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	8	3	5
<sup>226</sup> Ra	---	6,7	0,7	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	<5	0	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	<3	0	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	<4	0	4
<sup>228</sup> Ra	---	<3	0	3
<sup>232</sup> Th	---	<3	0	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	2,6	0,8	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	4,1	1,7	2,5
<sup>228</sup> Th	---	2,9	0,7	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	319	19	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4499**

<b>Data di rilascio:</b>	29 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C2 – Cassetta 46 – Intervallo Campione da m 288.00 a m 288.18 – Calcescisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 29 giugno 2012      Codice misura: VC2-S42			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	10	2	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	8,0	1,3	2,0
<sup>214</sup> Bi	609,32	8,0	1,4	2,2
<sup>214</sup> Bi	1120,28	11	5	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	8	3	6
<sup>226</sup> Ra	---	8,4	0,9	2,0
<sup>228</sup> Ac	338,40	13	4	6
<sup>228</sup> Ac	911,07	12	2	4
<sup>228</sup> Ac	968,90	17	4	5
<sup>228</sup> Ra	---	13,2	1,8	4,0
<sup>232</sup> Th	---	13,2	1,8	4,0
<sup>212</sup> Pb	238,63	11,5	1,2	1,4
<sup>208</sup> Tl	583,1	12	2	3
<sup>228</sup> Th	---	11,6	1,0	1,4
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,9	0	0,9
<sup>40</sup> K	1460,75	280	20	12
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4500**

<b>Data di rilascio:</b>	26 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C3 – Cassetta 54 – Intervallo Campione da m 352.00 a m 352.13 – Calcescistii			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 26 giugno 2012      Codice misura: VC3-S42			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	12	2	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	12,1	1,3	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	13,3	1,5	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	10	4	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	12	4	5
<sup>226</sup> Ra	---	12,3	0,9	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	16	4	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	19	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	19	3	4
<sup>228</sup> Ra	---	18,4	1,8	3,0
<sup>232</sup> Th	---	18,4	1,8	3,0
<sup>212</sup> Pb	238,63	18,3	1,3	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	18	2	2
<sup>228</sup> Th	---	18,2	1,1	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	329	19	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4501**

<b>Data di rilascio:</b>	22 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C4 – Cassetta 60 – Intervallo Campione da m 400.00 a m 400.16 – Micascisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 22 giugno 2012      Codice misura: VC4-S42			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	40	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	41	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	44	3	2
<sup>214</sup> Bi	1120,28	38	7	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	42	6	5
<sup>226</sup> Ra	---	41,8	1,5	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	38	6	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	44	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	44	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	43	3	3
<sup>232</sup> Th	---	43	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	46	2	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	44	3	3
<sup>228</sup> Th	---	45,6	1,8	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,9	0	0,9
<sup>40</sup> K	1460,75	780	30	11
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4502**

<b>Data di rilascio:</b>	27 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C5 – Cassetta 65 – Intervallo Campione da m 440.00 a m 440.23 – Calcescisti			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 11 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 27 giugno 2012      Codice misura: VC5-S42			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	39	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	41	2	1,5
<sup>214</sup> Bi	609,32	43	3	1,7
<sup>214</sup> Bi	1120,28	36	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	47	6	4
<sup>226</sup> Ra	---	40,9	1,4	1,5
<sup>228</sup> Ac	338,40	44	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	49	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	47	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	47	3	3
<sup>232</sup> Th	---	47	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	46,1	1,9	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	44	3	2
<sup>228</sup> Th	---	45,5	1,7	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	580	20	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4503**

<b>Data di rilascio:</b>	19 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C1 – Cassetta 20 – Intervallo Campione da m 1118.95 a m 1119.19 – Miscascisti listati con pieghe			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 19 giugno 2012 Codice misura: VC1-F16			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	29	2	2
<sup>214</sup> Pb	351,99	31,2	1,6	1,4
<sup>214</sup> Bi	609,32	31,2	1,8	1,5
<sup>214</sup> Bi	1120,28	33	4	4
<sup>214</sup> Bi	1764,51	32	4	4
<sup>226</sup> Ra	---	30,8	1,0	1,4
<sup>228</sup> Ac	338,40	28	4	4
<sup>228</sup> Ac	911,07	30	3	2
<sup>228</sup> Ac	968,90	27	3	3
<sup>228</sup> Ra	---	29,0	1,8	2,0
<sup>232</sup> Th	---	29,0	1,8	2,0
<sup>212</sup> Pb	238,63	30,8	1,3	1,0
<sup>208</sup> Tl	583,1	29	2	2
<sup>228</sup> Th	---	30,3	1,1	1,0
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,6	0	0,6
<sup>40</sup> K	1460,75	590	20	8
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4504**

<b>Data di rilascio:</b>	22 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C2 – Cassetta 28 – Intervallo Campione da m 1157.75 a m 1158.04 – Miscascisti listati			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 22 giugno 2012 Codice misura: VC2-F16			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	28	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	27,9	1,8	1,5
<sup>214</sup> Bi	609,32	28	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	1120,28	29	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	28	5	4
<sup>226</sup> Ra	---	28,1	1,2	1,5
<sup>228</sup> Ac	338,40	40	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	34	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	36	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	36	2	3
<sup>232</sup> Th	---	36	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	33,2	1,7	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	33	3	2
<sup>228</sup> Th	---	33,1	1,4	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	680	30	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4505**

<b>Data di rilascio:</b>	25 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C3 – Cassetta 40 – Intervallo Campione da m 1217.25 a m 1217.53 – Miscascisti listati			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 25 giugno 2012      Codice misura: VC3-F16			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	23	2	2
<sup>214</sup> Pb	351,99	23,1	1,6	1,4
<sup>214</sup> Bi	609,32	22,6	1,8	1,6
<sup>214</sup> Bi	1120,28	18	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	25	5	4
<sup>226</sup> Ra	---	22,9	1,0	1,4
<sup>228</sup> Ac	338,40	15	4	4
<sup>228</sup> Ac	911,07	25	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	22	3	3
<sup>228</sup> Ra	---	21,8	1,9	3,0
<sup>232</sup> Th	---	21,8	1,9	3,0
<sup>212</sup> Pb	238,63	24,1	1,4	1,0
<sup>208</sup> Tl	583,1	22	2	2
<sup>228</sup> Th	---	23,6	1,2	1,0
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	660	30	8
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4506**

<b>Data di rilascio:</b>	27 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C4 – Cassetta 52 – Intervallo Campione da m 1275.50 a m 1275.74 – Miscascisti listati			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 27 giugno 2012      Codice misura: VC4-F16			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	22	3	2
<sup>214</sup> Pb	351,99	23,8	1,7	1,5
<sup>214</sup> Bi	609,32	23,0	1,9	1,6
<sup>214</sup> Bi	1120,28	22	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	25	5	4
<sup>226</sup> Ra	---	23,2	1,1	1,5
<sup>228</sup> Ac	338,40	27	4	4
<sup>228</sup> Ac	911,07	26	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	32	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	28	2	3
<sup>232</sup> Th	---	28	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	28,5	1,5	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	30	3	2
<sup>228</sup> Th	---	28,9	1,3	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	670	30	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4507**

<b>Data di rilascio:</b>	24 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C5 – Cassetta 62 – Intervallo Campione da m 1325.15 a m 1325.36 – Miscascisti listati con pieghe			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 24 giugno 2012      Codice misura: VC5-F16			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	26	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	30	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	31	2	1,9
<sup>214</sup> Bi	1120,28	30	6	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	29	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	29,6	1,3	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	35	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	37	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	39	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	37	3	3
<sup>232</sup> Th	---	37	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	37,4	1,9	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	35	3	3
<sup>228</sup> Th	---	36,8	1,6	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	860	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4508**

<b>Data di rilascio:</b>	26 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C6 – Cassetta 72 – Intervallo Campione da m 1375.20 a m 1375.46 – Miscascisti listati			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 26 giugno 2012      Codice misura: VC6-F16			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	26	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	27,1	1,8	1,5
<sup>214</sup> Bi	609,32	27	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	1120,28	28	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	36	5	4
<sup>226</sup> Ra	---	27,3	1,2	1,5
<sup>228</sup> Ac	338,40	27	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	28	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	30	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	28	2	3
<sup>232</sup> Th	---	28	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	32,7	1,6	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	29	3	2
<sup>228</sup> Th	---	31,8	1,4	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	690	30	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4509**

<b>Data di rilascio:</b>	26 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C7 – Cassetta 81 – Intervallo Campione da m 1418.40 a m 1418.64 – Micascisti listati			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 26 giugno 2012      Codice misura: VC7-F16			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	26	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	27,6	1,8	1,5
<sup>214</sup> Bi	609,32	27	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	1120,28	20	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	28	5	4
<sup>226</sup> Ra	---	26,8	1,1	1,5
<sup>228</sup> Ac	338,40	29	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	35	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	36	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	34	2	3
<sup>232</sup> Th	---	34	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	32,4	1,6	1,1
<sup>208</sup> Tl	583,1	32	3	2
<sup>228</sup> Th	---	32,4	1,4	1,1
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	700	30	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4510**

<b>Data di rilascio:</b>	28 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C8 – Cassetta 90 – Intervallo Campione da m 1462.85 a m 1463.07 – Miscascisti listati			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 28 giugno 2012      Codice misura: VC8-F16			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	29	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	28	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	25	2	1,9
<sup>214</sup> Bi	1120,28	26	6	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	28	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	27,2	1,2	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	39	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	36	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	35	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	37	3	3
<sup>232</sup> Th	---	37	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	31,8	1,8	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	35	5	5
<sup>228</sup> Th	---	32,6	1,5	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	840	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4511**

<b>Data di rilascio:</b>	24 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C9 – Cassetta 99 – Intervallo Campione da m 1506.90 a m 1507.20 – Miscascisti listati leggermente grafitici			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 24 giugno 2012 Codice misura: VC9-F16			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	30	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	27,9	1,9	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	31	2	1,7
<sup>214</sup> Bi	1120,28	28	5	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	29	5	4
<sup>226</sup> Ra	---	29,1	1,2	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	31	4	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	30	4	4
<sup>228</sup> Ac	968,90	30	4	4
<sup>228</sup> Ra	---	32	2	3
<sup>232</sup> Th	---	32	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	33,6	1,7	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	33	3	2
<sup>228</sup> Th	---	33,5	1,5	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,7	0	0,7
<sup>40</sup> K	1460,75	640	30	9
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4512**

<b>Data di rilascio:</b>	24 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C1 – Cassetta 149 – Intervallo Campione da m 727.90 a m 728.12 – Micascisti quarzosi			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 24 giugno 2012      Codice misura: VC1-F30 bis			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	21	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	18,7	1,6	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	19,2	1,9	2,0
<sup>214</sup> Bi	1120,28	20	6	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	20	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	19,3	1,1	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	36	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	34	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	35	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	35	3	3
<sup>232</sup> Th	---	35	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	36,0	1,9	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	37	3	3
<sup>228</sup> Th	---	36,3	1,6	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	830	30	11
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4513**

<b>Data di rilascio:</b>	23 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C2 – Cassetta 179 – Intervallo Campione da m 843.30 a m 843.47 – Micascisti quarzosi			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 23 giugno 2012      Codice misura: VC2-F30 bis			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	24	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	26,9	1,8	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	27	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	32	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	26	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	26,6	1,2	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	42	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	46	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	50	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	46	3	3
<sup>232</sup> Th	---	46	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	45	2	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	42	3	2
<sup>228</sup> Th	---	44,3	1,7	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	930	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4514**

<b>Data di rilascio:</b>	18 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C3 – Cassetta 197 – Intervallo Campione da m 912.60 a m 912.76 – Micascisti quarzosi			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 18 giugno 2012      Codice misura: VC3-F30 bis			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	21	2	2
<sup>214</sup> Pb	351,99	21,3	1,3	1,4
<sup>214</sup> Bi	609,32	21,6	1,5	1,5
<sup>214</sup> Bi	1120,28	23	5	4
<sup>214</sup> Bi	1764,51	26	4	4
<sup>226</sup> Ra	---	21,6	0,9	1,4
<sup>228</sup> Ac	338,40	40	4	4
<sup>228</sup> Ac	911,07	38	3	2
<sup>228</sup> Ac	968,90	40	4	3
<sup>228</sup> Ra	---	39	2	2
<sup>232</sup> Th	---	39	2	2
<sup>212</sup> Pb	238,63	38,6	1,4	1,0
<sup>208</sup> Tl	583,1	38	2	2
<sup>228</sup> Th	---	38,3	1,2	1,0
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,6	0	0,6
<sup>40</sup> K	1460,75	760	20	8
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4515**

<b>Data di rilascio:</b>	23 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C4 – Cassetta 219 – Intervallo Campione da m 999.90 a m 1000.09 – Micascisti quarzosi a clorite			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 23 giugno 2012 Codice misura: VC4-F30 bis			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	18	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	16,5	1,6	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	14,1	1,8	1,9
<sup>214</sup> Bi	1120,28	12	7	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	21	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	16,0	1,0	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	47	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	41	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	45	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	44	3	3
<sup>232</sup> Th	---	44	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	47	2	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	44	3	3
<sup>228</sup> Th	---	46,0	1,8	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	1010	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4516**

<b>Data di rilascio:</b>	21 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C5 – Cassetta 236 – Intervallo Campione da m 1085.60 a m 1082.90 – Micascisti quarzosi a clorite			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 21 giugno 2012      Codice misura: VC5-F30 bis			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	22	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	20,2	1,8	2,0
<sup>214</sup> Bi	609,32	21	2	2
<sup>214</sup> Bi	1120,28	25	6	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	24	5	6
<sup>226</sup> Ra	---	21,2	1,2	2,0
<sup>228</sup> Ac	338,40	43	5	6
<sup>228</sup> Ac	911,07	38	4	4
<sup>228</sup> Ac	968,90	42	5	5
<sup>228</sup> Ra	---	40	3	6
<sup>232</sup> Th	---	40	3	6
<sup>212</sup> Pb	238,63	42	2	1,4
<sup>208</sup> Tl	583,1	43	4	3
<sup>228</sup> Th	---	42,6	1,8	1,4
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,9	0	0,9
<sup>40</sup> K	1460,75	630	30	12
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4517**

<b>Data di rilascio:</b>	22 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C6 – Cassetta 252 – Intervallo Campione da m 1159.40 a m 1159.76 – Micascisti a quarzo e clorite			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 22 giugno 2012      Codice misura: VC6-F30 bis			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	18	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	18,3	1,6	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	15,5	1,7	2,0
<sup>214</sup> Bi	1120,28	15	6	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	24	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	17,4	1,0	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	37	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	36	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	32	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	35	3	3
<sup>232</sup> Th	---	35	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	39,2	1,9	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	37	3	3
<sup>228</sup> Th	---	38,5	1,7	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	690	30	11
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4518**

<b>Data di rilascio:</b>	25 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C7 – Cassetta 275 – Intervallo Campione da m 1269.75 a m 1269.97 – Micascisti a quarzo e clorite con talco			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 25 giugno 2012      Codice misura: VC7-F30 bis			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	32	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	33	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	609,32	31	2	1,9
<sup>214</sup> Bi	1120,28	30	6	6
<sup>214</sup> Bi	1764,51	30	5	5
<sup>226</sup> Ra	---	31,7	1,3	1,8
<sup>228</sup> Ac	338,40	35	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	28	3	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	34	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	31	2	3
<sup>232</sup> Th	---	31	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	31,3	1,7	1,3
<sup>208</sup> Tl	583,1	31	3	3
<sup>228</sup> Th	---	31,2	1,5	1,3
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	530	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4519**

<b>Data di rilascio:</b>	28 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C8 – Cassetta 287 – Intervallo Campione da m 1328.20 a m 1328.38 – Micascisti a quarzo e clorite			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012 Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012 Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 28 giugno 2012 Codice misura: VC8-F30 bis			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	92	5	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	91	3	1,7
<sup>214</sup> Bi	609,32	92	4	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	98	9	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	95	9	5
<sup>226</sup> Ra	---	92	2	1,7
<sup>228</sup> Ac	338,40	35	6	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	39	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	41	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	39	3	3
<sup>232</sup> Th	---	39	3	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	37,1	1,9	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	38	3	3
<sup>228</sup> Th	---	37,2	1,6	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	770	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI RADIOATTIVITA'**  
**RAPPORTO DI PROVA N. 4520**

<b>Data di rilascio:</b>	28 giugno 2012			
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas Piazza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C9 – Cassetta 299 – Intervallo Campione da m 1386.45 a m 1386.58 – Quarzomicascisti (CLR)			
<b>Produttore:</b>	---			
<b>Prelievo del campione:</b>	Prelievo: 12 giugno 2012      Modalità di prelievo: Prelievo in situ Consegna: 11 giugno 2012      Modalità di consegna: Consegna in situ			
<b>Norme di riferimento:</b>	UNI 10797:1999 - "Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione – Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione"			
<b>Risultati:</b>	Data misura: 28 giugno 2012      Codice misura: VC9-F30 bis			
<i>Radionuclide</i>	<i>Energia (keV)</i>	<i>Concentrazione (Bq/kg)</i>	<i>Errore statistico (Bq/kg)</i>	<i>Limite di rivelabilità (Bq/kg)</i>
<sup>214</sup> Pb	295,22	32	3	3
<sup>214</sup> Pb	351,99	28,4	1,9	1,6
<sup>214</sup> Bi	609,32	32	2	1,8
<sup>214</sup> Bi	1120,28	28	6	5
<sup>214</sup> Bi	1764,51	34	6	5
<sup>226</sup> Ra	---	30,5	1,2	1,6
<sup>228</sup> Ac	338,40	35	5	5
<sup>228</sup> Ac	911,07	36	4	3
<sup>228</sup> Ac	968,90	35	5	4
<sup>228</sup> Ra	---	35	2	3
<sup>232</sup> Th	---	35	2	3
<sup>212</sup> Pb	238,63	38,3	1,8	1,2
<sup>208</sup> Tl	583,1	40	3	3
<sup>228</sup> Th	---	38,9	1,6	1,2
<sup>137</sup> Cs	661,62	<0,8	0	0,8
<sup>40</sup> K	1460,75	780	30	10
<b>Note:</b>	Modifica par. 5.4.3 norma UNI 10797:1999			

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Dino Giuliano Ferioli

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato di III Grado - N. 572 d'iscrizione

U-Series Srl - Via Ferrarese 131 - 40128 Bologna  
Tel. 051 6312418 - Fax. 051 4158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da CERMET secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-1</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C1 – Cassetta 34 – Intervallo Campione da m 156.15 a m 156.34 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	44	Pressione ambientale (mbar)	992
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	22 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,0±0,4)E-04		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	2,2E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn			
RAPPORTO DI PROVA N. E-2			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviare Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C2 – Cassetta 56 – Intervallo Campione da m 216.60 a m 216.67 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	39	Pressione ambientale (mbar)	997
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	3 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	6,9E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn			
RAPPORTO DI PROVA N. E-3			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C3 – Cassetta 86 – Intervallo Campione da m 298.79 a m 298.91 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	31
Umidità relativa ambientale (%)	43	Pressione ambientale (mbar)	993
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	26 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,2±0,7)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	6,6E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn			
RAPPORTO DI PROVA N. E-4			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaria Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Susa – Sondaggio S4 – Campione C4 – Cassetta 122 – Intervallo Campione da m 397.85 a m 398.00 – Micascisti			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	34
Umidità relativa ambientale (%)	39	Pressione ambientale (mbar)	990
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	25 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,0±0,7)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	6,9E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-5</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C5 – Cassetta 144 – Intervallo Campione da m 460.40 a m 460.52 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	44	Pressione ambientale (mbar)	995
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	26 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(2,0±1,0)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	7,8E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-6</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C6 – Cassetta 164 – Intervallo Campione da m 533.40 a m 533.53 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	35
Umidità relativa ambientale (%)	44	Pressione ambientale (mbar)	991
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	26 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	7,6E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-7</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C7 – Cassetta 170 – Intervallo Campione da m 557.36 a m 557.57 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,3E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	50	Pressione ambientale (mbar)	996
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	19 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	$(10 \pm 7)E-05$		
Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità)			
MAR (Bq m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	6,2E-05		
<b>Note:</b>	<i>Il rateo indicativo di esalazione radon è pari a 2,6E-06 Bq kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup></i>		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna  
Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-8</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C8 – Cassetta 174 – Intervallo Campione da m 572.35 a m 572.47 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	43	Pressione ambientale (mbar)	995
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	26 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,3±0,8)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	7,9E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-9</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C9 – Cassetta 186 – Intervallo Campione da m 617.80 a m 618.02 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	46	Pressione ambientale (mbar)	991
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	22 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(2,4±1,4)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,4E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-10</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S4 – Campione C10 – Cassetta 204 – Intervallo Campione da m 686.85 a m 686.99 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	39	Pressione ambientale (mbar)	995
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	3 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	6,7E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn RAPPORTO DI PROVA N. E-11			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b> Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b> Susa – Sondaggio S5 – Campione C1 – Cassetta 3 – Intervallo Campione da m 323.40 a m 323.58 – Gneiss Aplitici			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b> Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	31
Umidità relativa ambientale (%)	42	Pressione ambientale (mbar)	995
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	29 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(2,2±0,9)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	8,0E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-12</b>			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviare Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Susa – Sondaggio S5 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 454.07 a m 454.17 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s.			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	32
Umidità relativa ambientale (%)	37	Pressione ambientale (mbar)	995
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	2 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	5,1E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-13</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C3 – Cassetta 94 – Intervallo Campione da m 606.65 a m 606.86 – Gneiss Aplitici		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	32
Umidità relativa ambientale (%)	42	Pressione ambientale (mbar)	996
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	26 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	9,0E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn RAPPORTO DI PROVA N. E-14			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b> Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b> Susa – Sondaggio S5 – Campione C4 – Cassetta 123 – Intervallo Campione da m 719.20 a m 719.32 – Facies gneissica			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b> Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	34
Umidità relativa ambientale (%)	41	Pressione ambientale (mbar)	987
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	25 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,8E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE $^{222}\text{Rn}$ RAPPORTO DI PROVA N. E-15			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b> Lyon Turin Ferroviare Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b> Susa – Sondaggio S5 – Campione C5 – Cassetta 136 – Intervallo Campione da m 773.69 a m 773.85 – Facies intermedia tra gneiss aplitici e gneiss s.s. Con livelli milonitici			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b> Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	43	Pressione ambientale (mbar)	991
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	22 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(2,2±0,9)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	8,0E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE $^{222}\text{Rn}$ RAPPORTO DI PROVA N. E-16			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b> Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b> Susa – Sondaggio S5 – Campione C6 – Cassetta 146 – Intervallo Campione da m 809.95 a m 810.13 – Gneiss Aplitici più ricchi in mica			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b> Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	40	Pressione ambientale (mbar)	987
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	27 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,3±0,7)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,2E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-17</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C7 – Cassetta 156 – Intervallo Campione da m 858.35 a m 858.49 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	43	Pressione ambientale (mbar)	990
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	27 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	4,4E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE  $^{222}\text{Rn}$**   
**RAPPORTO DI PROVA N. E-18**

<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaire Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C8 – Cassetta 163 – Intervallo Campione da m 893.27 a m 893.45 – Facies intermediatra gneiss aplitici e gneiss s.s.		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo ( $\text{m}^3$ )	1,3E-03	Temperatura ambientale ( $^{\circ}\text{C}$ )	28
Umidità relativa ambientale (%)	43	Pressione ambientale (mbar)	1001
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	18 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon ( $\text{Bq m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	$(7\pm 3)E-05$		
Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità)			
MAR ( $\text{Bq m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	5,4E-05		
<b>Note:</b>	<i>Il rateo indicativo di esalazione radon è pari a <math>1,0E-06 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ s}^{-1}</math></i>		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna  
Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-19</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S5 – Campione C9 – Cassetta 166 – Intervallo Campione da m 907.75 a m 907.95 – Facies intermediatra gneiss aplitici e gneiss s.s.		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	46	Pressione ambientale (mbar)	991
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	22 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	2,5E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-20</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C1 – Cassetta 37 – Intervallo Campione da m 180.00 a m 180.18 – Micascisti/gneiss albitici		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	44	Pressione ambientale (mbar)	987
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	21 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,7±0,9)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,0E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-21</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaire Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C2 – Cassetta 50 – Intervallo Campione da m 250.30 a m 250.52 – Calcescisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,3E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	55	Pressione ambientale (mbar)	999
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	19 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	<i>(6±4)E-05</i>		
Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità)			
MAR (Bq m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	3,8E-05		
<b>Note:</b>	<i>Il rateo indicativo di esalazione radon è pari a 1,7E-06 Bq kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup></i>		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna  
Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-22</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C3 – Cassetta 68 – Intervallo Campione da m 350.10 a m 350.28 – Calcescisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	32
Umidità relativa ambientale (%)	42	Pressione ambientale (mbar)	993
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	28 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(4,0±2,0)E-06		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	3,2E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-23</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C4 – Cassetta 78 – Intervallo Campione da m 404.90 a m 405.02 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	35
Umidità relativa ambientale (%)	38	Pressione ambientale (mbar)	996
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	2 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(2,0±1,0)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,2E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-24</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C5 – Cassetta 84 – Intervallo Campione da m 437.90 a m 438.00 – Calcescisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	40	Pressione ambientale (mbar)	996
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	4 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,4±0,7)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	5,5E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-25</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C6 – Cassetta 88 – Intervallo Campione da m 460.60 a m 460.73 – Miscelati cloridici		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) "Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate"		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	43	Pressione ambientale (mbar)	991
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	27 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,1±0,6)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	5,7E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-26</b>			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaria Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Susa – Sondaggio S8 – Campione C7 – Cassetta 93 – Intervallo Campione da m 489.00 a m 489.20 – Calcescisti			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	44	Pressione ambientale (mbar)	993
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	29 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(2,8±1,1)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	8,0E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-27</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S8 – Campione C8 – Cassetta 96 – Intervallo Campione da m 506.00 a m 506.16 – Calcescisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	31
Umidità relativa ambientale (%)	39	Pressione ambientale (mbar)	996
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	2 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,6±0,7)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,2E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-28</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C1 – Cassetta 19 – Intervallo Campione da m 96.00 a m 96.13 – Gneiss quarziticci		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	32
Umidità relativa ambientale (%)	39	Pressione ambientale (mbar)	993
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	4 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(8±5)E-06		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	5,2E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-29</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C2 – Cassetta 46 – Intervallo Campione da m 288.00 a m 288.18 – Calcescisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,3E-03	Temperatura ambientale (°C)	28
Umidità relativa ambientale (%)	43	Pressione ambientale (mbar)	998
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	18 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	$(2,3 \pm 1,2)E-04$		
Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità)			
MAR (Bq m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	8,5E-05		
<b>Note:</b>	<i>Il rateo indicativo di esalazione radon è pari a <math>6,3E-06</math> Bq kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup></i>		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna  
Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-30</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C3 – Cassetta 54 – Intervallo Campione da m 352.00 a m 352.13 – Calcescistii		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	28
Umidità relativa ambientale (%)	40	Pressione ambientale (mbar)	997
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	3 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,3±0,8)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	6,6E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-31</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C4 – Cassetta 60 – Intervallo Campione da m 400.00 a m 400.16 – Micascisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	31
Umidità relativa ambientale (%)	38	Pressione ambientale (mbar)	997
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	3 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(4,2±2,1)E-06		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	3,7E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-32</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Susa – Sondaggio S42 – Campione C5 – Cassetta 65 – Intervallo Campione da m 440.00 a m 440.23 – Calcescisti		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	11 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	11 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	41	Pressione ambientale (mbar)	996
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	4 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,1±0,6)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	6,2E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn RAPPORTO DI PROVA N. E-33			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b> Lyon Turin Ferroviare Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b> Modane – Sondaggio F16 – Campione C1 – Cassetta 20 – Intervallo Campione da m 1118.95 a m 1119.19 – Micascisti listati con pieghe			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b> Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	47	Pressione ambientale (mbar)	990
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	20 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(4,8±1,9)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,8E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-34</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviare Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C2 – Cassetta 28 – Intervallo Campione da m 1157.75 a m 1158.04 – Micascisti listati		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	38	Pressione ambientale (mbar)	986
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	21 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(9±5)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	4,8E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-35</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviare Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C3 – Cassetta 40 – Intervallo Campione da m 1217.25 a m 1217.53 – Micascisti listati		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	41	Pressione ambientale (mbar)	992
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	27 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(10±6)E-06		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	5,7E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn			
RAPPORTO DI PROVA N. E-36			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaria Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Modane – Sondaggio F16 – Campione C4 – Cassetta 52 – Intervallo Campione da m 1275.50 a m 1275.74 – Micascisti listati			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	28
Umidità relativa ambientale (%)	41	Pressione ambientale (mbar)	996
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	28 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,7E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-37</b>			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaria Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Modane – Sondaggio F16 – Campione C5 – Cassetta 62 – Intervallo Campione da m 1325.15 a m 1325.36 – Micascisti listati con pieghe			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	44	Pressione ambientale (mbar)	992
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	29 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,6E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn RAPPORTO DI PROVA N. E-38			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b> Lyon Turin Ferroviare Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b> Modane – Sondaggio F16 – Campione C6 – Cassetta 72 – Intervallo Campione da m 1375.20 a m 1375.46 – Micascisti listati			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b> Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	31
Umidità relativa ambientale (%)	42	Pressione ambientale (mbar)	995
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	28 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,1E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-39</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C7 – Cassetta 81 – Intervallo Campione da m 1418.40 a m 1418.64 – Micascisti listati		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	38	Pressione ambientale (mbar)	987
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	28 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(4,1±2,4)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	2,1E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-40</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F16 – Campione C8 – Casseta 90 – Intervallo Campione da m 1462.85 a m 1463.07 – Micascisti listati		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,3E-03	Temperatura ambientale (°C)	31
Umidità relativa ambientale (%)	37	Pressione ambientale (mbar)	997
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	18 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	<MAR		
Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità)			
MAR (Bq m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	8,4E-05		
<b>Note:</b>	<i>Il rateo indicativo di esalazione radon è &lt; MAR, che risulta pari a 2,3E-06 Bq kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup></i>		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna  
Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn RAPPORTO DI PROVA N. E-41			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b> Lyon Turin Ferroviare Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b> Modane – Sondaggio F16 – Campione C9 – Cassetta 99 – Intervallo Campione da m 1506.90 a m 1507.20 – Micascisti listati leggermente grafitici			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b> Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	29
Umidità relativa ambientale (%)	49	Pressione ambientale (mbar)	992
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	27 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,1±0,7)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	5,6E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

**MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE  $^{222}\text{Rn}$**   
**RAPPORTO DI PROVA N. E-42**

<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C1 – Cassetta 149 – Intervallo Campione da m 727.90 a m 728.12 – Micascisti quarzosi		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	34
Umidità relativa ambientale (%)	40	Pressione ambientale (mbar)	998
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	25 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(5±3)E-06		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	4,5E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn			
RAPPORTO DI PROVA N. E-43			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaria Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C2 – Cassetta 179 – Intervallo Campione da m 843.30 a m 843.47 – Micascisti quarzosi			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	31
Umidità relativa ambientale (%)	40	Pressione ambientale (mbar)	991
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	21 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(6±2)E-06		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	3,6E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn			
RAPPORTO DI PROVA N. E-44			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaria Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C3 – Cassetta 197 – Intervallo Campione da m 912.60 a m 912.76 – Micascisti quarzosi			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	47	Pressione ambientale (mbar)	988
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	20 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(4,8±1,7)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	2,3E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008





U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn			
RAPPORTO DI PROVA N. E-45			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaria Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C4 – Cassetta 219 – Intervallo Campione da m 999.90 a m 1000.09 – Micascisti quarzosi a clorite			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	33
Umidità relativa ambientale (%)	41	Pressione ambientale (mbar)	987
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	25 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(2,2±1,3)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	8,9E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-46</b>			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaria Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C5 – Cassetta 236 – Intervallo Campione da m 1085.60 a m 1082.90 – Micascisti quarzosi a clorite			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	30
Umidità relativa ambientale (%)	42	Pressione ambientale (mbar)	992
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	22 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(4,1±1,7)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,1E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup> Rn			
RAPPORTO DI PROVA N. E-47			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaria Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C6 – Cassetta 252 – Intervallo Campione da m 1159.40 a m 1159.76 – Micascisti a quarzo e clorite			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	31
Umidità relativa ambientale (%)	42	Pressione ambientale (mbar)	995
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	26 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,6±0,9)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	7,1E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE $^{222}\text{Rn}$ RAPPORTO DI PROVA N. E-48			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b> Lyon Turin Ferroviare Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino			
<b>Descrizione campione:</b> Modane – Sondaggio F30bis – Campione C7 – Cassetta 275 – Intervallo Campione da m 1269.75 a m 1269.97 – Micascisti a quarzo e clorite con talco			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b> Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	35
Umidità relativa ambientale (%)	39	Pressione ambientale (mbar)	995
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	29 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(2,4±0,9)E-06		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	2,1E-06		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <math>^{222}\text{Rn}</math></b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-49</b>			
<b>Data di rilascio:</b>	10 luglio 2012		
<b>Committente:</b>	Lyon Turin Ferroviaria Sas P.zza Nizza, 46 10126 Torino		
<b>Descrizione campione:</b>	Modane – Sondaggio F30bis – Campione C8 – Cassetta 287 – Intervallo Campione da m 1328.20 a m 1328.38 – Micascisti a quarzo e clorite		
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>	Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate		
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo ( $\text{m}^3$ )	1,3E-03	Temperatura ambientale ( $^{\circ}\text{C}$ )	29
Umidità relativa ambientale (%)	44	Pressione ambientale (mbar)	996
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	18 giugno 2012		
Rateo di esalazione Radon ( $\text{Bq m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	$(1,3 \pm 1,3)E-03$		
Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità)			
MAR ( $\text{Bq m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	8,6E-04		
<b>Note:</b>	<i>Il rateo indicativo di esalazione radon è pari a <math>1,7E-05 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ s}^{-1}</math></i>		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna  
Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008



U - S E R I E S

<b>MISURAZIONE DI RATEO DI ESALAZIONE <sup>222</sup>Rn</b>			
<b>RAPPORTO DI PROVA N. E-50</b>			
<b>Data di rilascio:</b>		10 luglio 2012	
<b>Committente:</b>			
Lyon Turin Ferroviaire Sas		10126 Torino	
P.zza Nizza, 46			
<b>Descrizione campione:</b>			
Modane – Sondaggio F30bis – Campione C9 – Cassetta 299 – Intervallo Campione da m 1386.45 a m 1386.58 – Quarzomicascisti (CLR)			
<b>Prelievo del campione:</b>			
Data prelievo:	12 giugno 2012	Modalità prelievo:	In situ
Data consegna:	12 giugno 2012	Modalità consegna:	In situ
<b>Norme di riferimento:</b>			
Norma di riferimento: ISO/FDIS 11665-7:2012(E) “Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222- Part 7: Accumulation method for estimating surface exhalation rate			
<b>Condizioni di misura:</b>			
Volume effettivo (m <sup>3</sup> )	1,34E-03	Temperatura ambientale (°C)	33
Umidità relativa ambientale (%)	37	Pressione ambientale (mbar)	995
<b>Risultati:</b>			
Data misura:	2 luglio 2012		
Rateo di esalazione Radon (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	(1,7±1,2)E-05		
<i>Le incertezze sono calcolate a due deviazioni standard (95% di probabilità).</i>			
MAR (Bq kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	1,3E-05		
<b>Note:</b>	Nessuna		

Il Tecnico di Laboratorio  
Dr. Mattia Taroni

Il Responsabile di Laboratorio  
Ing. Massimo Esposito  
Esperto Qualificato III Grado – N.572 d'Iscrizione

U-Series srl – Via Ferrarese, 131 – 40128 Bologna

Tel. 0516312418 – Fax. 0514158173

E-mail [info@u-series.com](mailto:info@u-series.com) - <http://www.u-series.com>

Azienda con Sistema di Gestione della Qualità Certificato da ACCREDIA secondo UNI EN ISO 9001:2008