

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA

PROGETTO PRELIMINARE L.O. N.443/01

**NUOVA LINEA TORINO LIONE
TRATTA NAZIONALE**

DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM
COMMISSIONE SPECIALE VIA (prot. CTVA-2011-0002183 del 09/06/2011)

Relazione tecnica di risposta al quesito n. 30

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

D 0 4 0 0 0 R 6 9 R H S A 3 0 0 X 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Mastrangelo	Dic. 2011	S. Polimeni	Dic. 2011	M.DellaVedova	Dic. 2011	F. Marchese Dic. 2011

ITALFERR S.p.A.
F. Marchese
Dic. 2011
Resp. UO GEOLOGIA
Dot. Geologo Francesco MARCHESI
Via Geologi Lazio n. 179 ES

File: D040 00 R 69 RH SA300X 001A.doc

n. Elab.: 1



Questo progetto è cofinanziato dalla Comunità Europea



NUOVA LINEA TORINO LIONE
TRATTA NAZIONALE
DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATM

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	2 di 21

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INTRODUZIONE	4
3	ORIGINE E TRASMISSIONE DEL RADON.....	6
3.1	ORIGINE DEL RADON.....	6
3.2	VIE DI TRASFERIMENTO DEL RADON.....	7
3.2.1	<i>Convogliamento mediante emissione.....</i>	7
3.2.2	<i>Convogliamento mediante diffusione</i>	8
3.2.3	<i>Convogliamento mediante avvezione/convezione.....</i>	8
4	LA RELAZIONE ARPA	10
5	RELAZIONE PRO-TSE2.....	14
6	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	20

1 PREMESSA

Il presente documento è stato emesso a risposta della richiesta osservazioni (prot. CTVA-2011-0002183 del 09/06/2011), formulate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS, in relazione a diversi aspetti di natura geologico ambientale nell'ambito del Progetto Preliminare della Nuova Linea Torino - Lione, tratta nazionale.

In particolare si affronta il quesito 30, ovvero:

In relazione alla mancanza, nel SIA, nell'ambito della componente delle analisi relative alle Radiazioni Ionizzanti in quanto, come affermato nello studio stesso "non si reputa che alcuna delle attività connesse alla realizzazione della linea ferroviaria in esame, né la fase di esercizio della linea stessa possa generare significativamente radiazioni ionizzanti", non prevedendo, quindi, monitoraggi di radiazioni ionizzanti "in quanto negli studi svolti per la tratta di progetto non sono emerse criticità per tale componente", si richiede di:

- *documentare le basi tecniche e le analisi effettuate che hanno portato alle valutazioni di cui di non significatività della componente.*

Ad evasione della richiesta di integrazioni sopra formulata, si sottolinea che l'esclusione del rischio da esposizione a radiazioni ionizzanti derivate da ^{222}Rn (e quindi dal suo precursore ^{238}U) è stata fondata sui risultati derivanti da:

1. uno studio dell'ARPA Piemonte¹ (di seguito Relazione ARPA) esteso all'intero territorio regionale dal titolo "La mappatura del Radon in Piemonte".
2. la relazione "Rischio radioattività naturale e radon" redatta per il Raggruppamento di ingegneria PRO-TSE2 (di seguito Relazione PRO-TSE2) nell'ambito del collegamento ferroviario Torino-Lione nella tratta delle gallerie di base di Maurienne - Ambin e di Bussoleno.

Di seguito si riportano alcune considerazioni per l'inquadramento della problematica, propedeutiche all'analisi dei dati, da cui è stato possibile valutare come non significativa la criticità legata al tema dell'esposizione a radiazioni ionizzanti.

¹<http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Pubblicazioni/2009 -La mappatura del radon in Piemonte/La mappatura del radon in Piemonte.pdf>

2 INTRODUZIONE

Una generica radiazione è un insieme di fenomeni caratterizzato dal trasporto di energia nello spazio. Caratteristica comune a quasi tutti i tipi di radiazione (luminosa, termica, etc.) è la cessione di energia alla materia. L'assorbimento di energia da parte della materia può causare un aumento locale di temperatura, cosa che viene sfruttata nel caso del riscaldamento dei pannelli solari da parte della luce del Sole. Se l'energia della radiazione incidente sulla materia è sufficiente a ionizzarne gli atomi, la radiazione si chiama ionizzante.

Una fonte di radiazioni ionizzanti deriva dall'instabilità atomica e/o nucleare di alcuni elementi spontaneamente presenti in natura. In genere, la trasformazione di tali elementi in altri elementi più stabili avviene attraverso l'emissione di raggi α o β accompagnati inoltre dall'emissione di raggi γ . Gli elementi che presentano tali caratteristiche vengono detti elementi radioattivi (o radionuclidi) ed il processo di emissione di radiazioni viene detto decadimento radioattivo. I raggi α , β e γ sono classicamente le radiazioni ionizzanti che accompagnano tale processo.

Da sempre l'uomo è soggetto in varia misura all'azione di radiazioni ionizzanti naturali, alle quali si dà il nome di fondo di radioattività naturale. Il fondo di radioattività naturale è dovuto sia alla radiazione terrestre (radiazione prodotta da nuclidi primordiali in decadimento radioattivo contenuti nei terreni/rocce) sia a quella extraterrestre (la radiazione cosmica). La radiazione di provenienza terrestre può essere ad oggi anche di tipo artificiale, ovvero prodotta da attività umane, quali le attività medico-diagnostiche ecc.

La risposta alla richiesta di integrazioni formulata dal MATTM tratterà esclusivamente del problema della diffusione di radionuclidi naturali lungo la tratta in progetto, escludendo quindi eventuali fonti di radiazioni ionizzanti artificiali, nonché quelle di radiazioni non ionizzanti², ovvero tutte le radiazioni di natura elettromagnetica non in grado di produrre ionizzazione nei materiali ad esse esposti, in quanto la trattazione di tali argomenti esula dalla pertinenza del presente quesito.

La misurazione delle radiazioni ionizzanti di tipo naturale negli ambienti sotterranei dipende in misura preponderante dalle concentrazioni del radionuclide ²²²Radon. Tale stretta relazione è dovuta al fatto che, pur essendovi numerosi elementi radioattivi, il Radon è l'unico elemento radioattivo che in condizioni di temperatura e pressione standard si presenta allo stato gassoso e ciò gli conferisce,

² (le radiazioni non ionizzanti, dette NIR dall'acronimo inglese 'Non Ionizing Radiation', comprendono tutte le radiazioni non ionizzanti, a partire dalle ELF (Extremely low frequency). Un esempio di radiazioni non ionizzanti sono le onde radio. Da ricordare i campi elettromagnetici a radiofrequenze (RF) e microonde (MW))



NUOVA LINEA TORINO LIONE
TRATTA NAZIONALE
DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	5 di 21

contrariamente a tutti gli altri elementi radioattivi allo stato solido, un certo potenziale di movimento e diffusione dal luogo di origine verso altri siti. In altre parole, una volta formatosi (a partire da un altro elemento radiattivo solido), il Radon ha la possibilità di essere preso in carico da acque/aria circolanti nel sottosuolo ed essere trasportato altrove. Trattandosi di un gas, l'esposizione al Radon diventa pericolosa in quanto è di tipo interno, ossia esso può essere inalato e depositarsi all'interno dell'apparato respiratorio e produrre, tramite decadimento, radiazioni ionizzanti di tipo α , nocive per i tessuti organici interni. Diventa pertanto importante misurare – in un certo ambiente sotterraneo - le concentrazioni di ^{222}Rn e del suo precursore, ^{238}U .

3 ORIGINE E TRASMISSIONE DEL RADON

3.1 Origine del radon

Il radon è un gas raro e cosiddetto “nobile”, cioè è quasi inerte chimicamente. Si parlerà qui del radon-222 (simbolo ^{222}Rn - isotopo 222 del radon). Viene naturalmente prodotto dalla disintegrazione radioattiva del radio, nell’ambito della serie di decadimento radiattivo che vede come end-members l’uranio-238 (capostipite) e il piombo-206 (discendente stabile, Figura 1). Il radon (222) quindi è radioattivo. Si disintegra in una serie di altri elementi (metalli) ed il periodo radioattivo del radon 222 (ovvero il tempo necessario per far sì che la metà del radon scompaia dopo disintegrazione) è pari a 3,8 giorni.

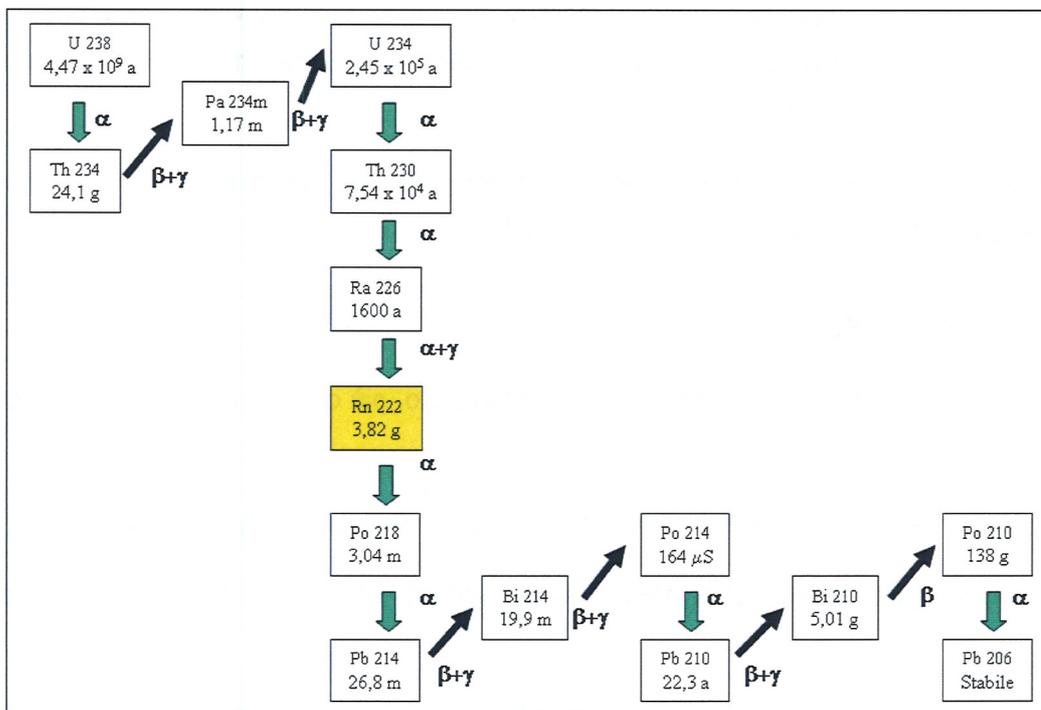


Figura 1: Prodotti del decadimento radioattivo dell’uranio 238 (Stralcio di http://www.irsn.org/vf/05_inf/05_inf_1dossiers/05_inf_16_radon/05_inf_16_2livret0_img.shtm)

Il radon è presente laddove si trova dell’uranio nei materiali naturali; quest’ultimo è un elemento che esiste, in piccole quantità, nella maggior parte delle rocce. La sua ripartizione dipende dalla composizione chimica dei magmi di formazione delle rocce e si concentra nei liquidi residui durante la differenziazione magmatica (rocce eruttive ed effusive), accompagnando l’aumento del tenore di silice. Si concentra anche nei fluidi idrotermali (vecchi o attuali) ed in quelli che hanno formato le mineralizzazioni dei filoni.

Vi è decisamente una maggiore quantità d'uranio nella crosta terrestre (circa i primi 30 chilometri che formano l'esterno della terra), che nel mantello sottostante (concentrazioni medie rispettive di ~ 3 ppm e di meno di 0,5 ppm). Questa differenziazione si ritrova anche nei vari tipi di rocce plutoniche, a secondo della loro origine. Infatti, si avrà una maggiore quantità d'uranio nei graniti formati all'interno della crosta (graniti «bianchi» a mica bianca) che nei graniti scuri o nelle rocce vulcaniche originate dal mantello come i basalti.

Vi è soltanto una piccola quantità d'uranio nelle rocce sedimentarie originate da precipitazione chimica, come i calcari. Invece, vi è generalmente una maggiore quantità d'uranio nelle rocce sedimentarie di origine detritica, formate a partire dai minerali (in particolare argille) e nei frammenti originati da rocce più o meno ricche d'uranio.

Inoltre, l'uranio precipita negli ambienti poco ossigenati e riduttori. Questi ambienti sono, per esempio, i luoghi fangosi nei quali vi è una maggiore quantità di materie organiche. L'uranio viene così intrappolato dagli acidi umici, prodotti dalla decomposizione di queste materie organiche. Invece, l'uranio rimane solubile negli ambienti ossigenati (aerati).

Il metamorfismo delle rocce plutoniche o sedimentarie, nel corso della loro storia, modifica raramente le scorte iniziali d'uranio (tranne nel caso di fenomeni idrotermali).

3.2 Vie di trasferimento del Radon

Il radon, emesso in quantità variabile da una roccia, sarà convogliato, più o meno rapidamente, verso la superficie in funzione

- della permeabilità dei terreni (fessurazione, fratturazione) tra la sua sorgente e la superficie,
- della velocità del fluido (gas, acqua sotterranea, vapore acqueo nella zona non saturata) che lo trasporta.

Alla degassazione generale mediante diffusione, poco efficace, si aggiunge una degassazione più intensa in siti particolari. Queste zone particolari, come le aree interessate da fessurazioni o faglie, e le opere sotterranee, saranno zone di drenaggio preferenziali per raccogliere e facilitare il convogliamento del radon dal sottosuolo verso la superficie.

3.2.1 Convogliamento mediante emissione

Il radon è prodotto dal radio generato dall'uranio. E' più frequente pertanto nei posti dove si trova l'uranio. L'uranio è un elemento chimico costitutivo di alcuni granelli (cristalli) delle rocce. Dato che il

radon è un gas, esso può fuoriuscire dal granello dove si trova il radio da cui proviene. Il radon fuoriesce dai granelli mediante 2 meccanismi: mediante l'energia di ritiro durante la disintegrazione (in qualche modo, viene espulso dai granelli) e diffusione (fuoriesce lentamente dai granelli dato che vi è una maggiore quantità di radon nei granelli che nello spazio libero tra i granelli: in questo caso, la differenza di concentrazione provoca lo spostamento del radon).

Nello spazio libero dei pori delle rocce, il radon migra e si sposta mediante diffusione, essendo la sua concentrazione all'esterno delle rocce maggiore di quella all'interno dei pori. Allorché i pori si trovano in continuità, il radon fuoriesce completamente dalle rocce: si tratta dell'emissione. L'emissione di una roccia dipende dall'importanza della superficie di scambio roccia-aria (superficie specifica), della porosità e della microfratturazione.

3.2.2 Convogliamento mediante diffusione

Nelle rocce e nel suolo, il meccanismo di convogliamento del radon a partire dal suo minerale d'origine sarà essenzialmente la diffusione. Globalmente, la diffusione è il primo processo di trasferimento del radon nel suolo e nelle rocce. Tuttavia, la quantità di radon che raggiunge l'atmosfera mediante questo processo (emissione) rappresenta soltanto una minima parte del radon emesso dai granelli delle rocce che formano il sottosuolo. La maggior parte del radon scompare mediante disintegrazione radioattiva durante il convogliamento a partire dai granelli contenenti l'uranio. In questo caso, il radon fuoriesce lentamente dal suolo.

3.2.3 Convogliamento mediante avvezionelconvezione

3.2.3.1 I mezzi di convogliamento

Il radon non ha alcuna mobilità propria (si tratta di un gas denso ed inerte, che non produce alcuna reazione chimica con il proprio ambiente). Inoltre, si trova sempre in concentrazioni ridottissime. Ciò che ne provoca la mobilità sono i gas e l'acqua presenti nel suolo.

La degassazione naturale dei terreni provoca un flusso permanente di gas d'origine tellurica (principalmente anidride carbonica e azoto) verso l'atmosfera. Tale degassazione è particolarmente visibile nei vulcani e nelle sorgenti termali. Essa persiste, quantunque meno visibile, altrove, quando avviene su areali più diffusi. In tal caso, occorre l'uso di appositi strumenti per rilevarlo.

L'acqua del suolo è un altro importante vettore della migrazione del radon. Infatti, esiste una differenza di temperatura roccia-atmosfera con variazione d'ampiezza diurna. Questo fenomeno provoca una successione d'eventi evaporazione-condensazione-evaporazione che essicca progressivamente il suolo. Questa circolazione d'acqua a partire dalle profondità del suolo verso l'atmosfera è uno dei vettori dello

spostamento del radon. Un fenomeno identico avviene nelle opere sotterranee. L'aerazione prosciuga continuamente le pareti e crea un flusso permanente che aiuta il radon a fuoriuscire dalla roccia.

In entrambi questi casi, il radon fuoriesce rapidamente dal suolo.

3.2.3.2 Le reti di convogliamento: la permeabilità

Il degassamento naturale della crosta terrestre, a partire dal mantello, avviene preferibilmente per mezzo delle fessure, diaclasi, fratture, faglie che pervadono a tutti i livelli la crosta terrestre. Questa circolazione di gas convoglierà il radon contenuto nei terreni verso la superficie del suolo.

Esiste anche un flusso molto importante di gas proveniente dall'aria disciolta nelle acque piovane. Queste acque si infiltrano in profondità, dove si scaldano e si caricano del gas proveniente dall'alterazione delle rocce, poi risalgono alla superficie a causa della loro minore densità dovuta al riscaldamento. Durante la risalita dell'acqua, la pressione diminuisce e viene liberata la fase gassosa disciolta.

La circolazione del gas nella zona non saturata del suolo avviene mediante differenza di pressione (avvezione) o di temperatura (convezione).

Le velocità di convogliamento tramite questi mezzi sono di uno o più ordini di grandezza superiori a quelle ottenute mediante diffusione: da alcune decine di cm ad alcune decine di metri per ora (Pinault et Baubron, 1997). Vi sarà pertanto un quantitativo maggiore di Radon non ancora decaduto durante il trasferimento a partire dai cristalli emanatori, poiché il tempo sarà più breve per raggiungere la superficie. Inoltre, il radon che raggiunge la superficie potrà provenire da una zona situata più in profondità, ci sarà pertanto una maggiore quantità di radon «strappato» ai minerali lungo il percorso del gas.

Infine, le zone dove avvengono le circolazioni di gas sono tipicamente caratterizzate da una maggiore permeabilità, dovuta anche a precedenti circolazioni dei fluidi, durante la storia geologica dell'ammasso roccioso/terreno. Queste vie preferenziali sono relativamente ricche d'uranio e possiedono un maggiore potere emettitore rispetto alle rocce incassanti.

La contiguità di tutte queste condizioni fanno sì che lungo i piani di faglia/fratture persistenti la quantità di radon emessa può essere di uno o più ordini di grandezza superiore a quella delle zone vicine. Ciò consente la formazione di un'anomalia geochimica.

 ITOLFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA TORINO LIONE TRATTA NAZIONALE DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM					
	RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO N. 30	COMMESSA D040	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RH	DOCUMENTO SA 30 0X 001	REV. A

4 LA RELAZIONE ARPA

I dati di input considerati nella Relazione ARPA consistono in misurazioni sperimentali delle concentrazioni di Radon eseguite in un certo numero di edifici residenziali e scolastici, specificatamente in corrispondenza del piano più basso a contatto con il suolo, da cui proviene il 90% del Radon rilevabile (si trascurano le emissioni dai materiali da costruzione, che sono solitamente irrilevanti). I dati non provenienti dai piani a contatto con il suolo sono stati normalizzati di modo da restituire dei valori da potere essere ugualmente inclusi nell'analisi statistica. Sono state scelte le misurazioni sperimentali eseguite su scala annuale (in accordo a quanto prescritto dal DLgs. 241/2000) eseguite con dosimetri a tracce nucleari.

La strategia del campionamento ha previsto l'utilizzo di un vasto database, in cui i dati sono stati riorganizzati sia sulla base di criteri geografico – amministrativi (confini Comunali), sia geologico - litologici.

128 comuni sui complessivi 1206 comuni piemontesi hanno un numero sufficiente di misure sperimentali (almeno 4) tali da potere essere significativi ai fini delle elaborazioni. Per ovviare alla mancanza di dati sperimentali, sono state ricercate delle correlazioni fra livelli di radon e contenuto di radioattività delle varie formazioni geologiche. In tal modo per ciascuna classe litologica è stata calcolata una "media litologica" di concentrazione, utile come strumento predittivo da estendere alle aree non coperte da dati sperimentali. Note quindi le formazioni geologiche che interessano un certo territorio comunale è stato possibile calcolare la concentrazione media annuale rappresentativa del comune. L'affidabilità della correlazione fra concentrazione in radon e litologia è stata dimostrata e affinata da uno studio disposto ad hoc, consistente nella misurazione sperimentale dei livelli di concentrazione dei prodotti di decadimento del Radon 222 su 131 diversi litotipi (Pb-214 e Bi-214, vedi Tabella 1).

Tabella 1. Misurazioni radiometriche su vari campioni litoidi

Tipo	Località	²¹⁴ Pb (Bq/kg)	²¹⁴ Bi (Bq/kg)	radioattività
Graniti Porfidi Alcalini	Campiglia Cervo	91,9	104,7	alta
Gneiss occhiadino	Nasca	73,4	66,6	alta
Gneiss occhiadino	Ceresole	68,0	61,8	alta
Porfiroide	Canosio, frazione Preit (CN)	396850(*)	359350(*)	alta
Porfiroide	Canosio	8986	8096	alta
Vulcaniti Roseo	Masserano	72,9	65,7	alta
Gneiss	Vinadio	165,5	149,7	alta

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
 N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	11 di 21

Tipo	Località	²¹⁴ Pb (Bq/kg)	²¹⁴ Bi (Bq/kg)	radioattività
Gneiss	Barge	96,1	83,1	alta
Dioriti Biotitiche	Netro	37,9	34,2	media
Coni di Deiezione	Scodello	35,9	34,4	media
Detriti Ciottolosi	Sordevolo	32,5	30,5	media
Antropizzato	Bozzolo	42,7	38,0	media
Arenaria	Roccoverano	32,8	28,6	media
Detrito Alluvionale	Borgosesia	35,6	32,3	media
Detriti Alluvionali	Quarona	42,5	40,0	media
Detriti Alluvionali	Livorno Ferraris	37,1	38,4	media
Detriti Alluvionali	Saluggia	38,1	35,5	media
Porfidi	Serravalle Sesia	36,3	33,2	media
Calcescisto micaceo	Limone Piemonte	31,5	34,4	media
Ortogneiss	Pamparato	29,9	33,9	media
Scisto Micaceo	Pamparato	28,5	31,6	media
Quartoscisto Micaceo	Pamparato	52,0	48,3	media
Porfiroide quarzo	Frabosa Soprana	37,6	37,9	media
Gneiss Albitici	Locana	61,7	57,2	media
Granito rosa	Vidracco	38,7	39,0	media
Gneiss Occhiadano	Nasca	46,3	42,6	media
Marne Siltoso	Tornese	39,5	35,8	media
Conglomerati Poligeni	Bagnasco	33,4	31,0	media
Quarzoscisti	Garessio	38,6	33,9	media
Marna Argillosa	Cortemilia	34,4	30,2	media
Marna Argilloso	Diano d' Alba	31,5	29,3	media
Marne	Alba	44,1	40,6	media
Serpentite	Vidracco	60,4	55,0	media
Granito Rosa	Vidracco	57,3	50,5	media
Plutone Oligocenico -Diorite	Traversella	39,9	35,3	media
Gneiss Biotitico	Traversella	58,7	51,7	media
Marne Siltose	Carrosio	37,5	25,9	media
Vulcaniti	Masserano	52,9	47,3	media
Gneiss Scistoso	Cannobio	37,5	32,9	media
Marne Siltoso	Tornese	37,0	29,3	media
Gneiss	San Front	35,1	28,7	media
Marne di Sant Agata	Castagnole delle Lanze	26,4	24,4	bassa
Arenaria	Vesime	24,0	22,9	bassa
Marna Argillosa	Monastero Bormida	24,8	28,7	bassa
Granito	Valle San Nicolao	20,0	22,2	bassa
Smarino Galleria	Alagna	21,5	25,5	bassa
Micascisti e Biotite	Valduggia	24,1	26,1	bassa
Marna argillosa	Bubbio	26,7	24,1	bassa
Graniti biotici	Pray	30,8	29,1	bassa
Terrosa Nera	Cavaglià	27,7	24,2	bassa
Argillosa	Cavaglià	21,7	22,0	bassa
Detrito alluvionale	Carisio	21,3	19,4	bassa
Detrito alluvionale	Bronzo	17,5	16,1	bassa

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
 N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	12 di 21

Tipo	Località	²¹⁴ Pb (Bq/kg)	²¹⁴ Bi (Bq/kg)	radioattività
Detr. alluv. fluvio-glaciale	Arboreo	30,6	27,4	bassa
Paleosuolo Rosso Aran.	Cigliano	15,9	16,7	bassa
Porfidi Quarziferi	Brusnengo	25,2	25,0	bassa
Scisto Quarzoso	Robilante	27,9	25,7	bassa
Scisto Quarzoso	Robilante	26,5	24,9	bassa
Granito a Clorite	Valdieri	17,8	19,7	bassa
Calcescisto Micaceo	Borgo San Dalmazzo	23,4	22,0	bassa
Scisti Ottrelitici	Frabosa Sottana	23,3	21,8	bassa
Marna -Arenaria	Vicoforte di Mondovì	21,8	24,8	bassa
Marna -Arenaria	Vicoforte di Mondovì	28,1	26,6	bassa
Marna sabbiosa gialla	Mondovì	19,7	17,6	bassa
Calcere Dolomitico	Villanova di Nondovì	25,0	27,2	bassa
Scisto micaceo	Frabosa Soprana	20,1	19,2	bassa
Anfibolite	Locana	20,2	18,3	bassa
Marne Siltosa	Arquata Scrivia	28,3	24,7	bassa
Marne Argillose	Grondona	30,8	29,0	bassa
Siltiti	Gavi	25,8	23,8	bassa
Marne Siltoso	Ponzone	27,1	25,0	bassa
Dolomie e Calcari	Voltaggio	25,3	22,2	bassa
Marne Siltose Siltiti	Cassinelle	27,6	24,5	bassa
Arenaria	Dogliani	19,8	18,2	bassa
Marne Grigio	Murazzano	27,9	25,6	bassa
Arenaria grigia	Murazzano	15,6	14,3	bassa
Sabbia Gialla	Murazzano	19,6	16,9	bassa
Arenarie Grigie	Bossolasco	17,2	15,6	bassa
Sabbie Grigio	Bossolasco	21,1	20,4	bassa
Arenaria	Cortemilia	21,3	19,0	bassa
Marne	Ceva	29,0	25,5	bassa
Arenaria	Monesiglio	18,7	17,5	bassa
Marna Grigia	Monesiglio	18,3	16,9	bassa
Sabbia Giallastra	Diano d'Alba	19,7	17,5	bassa
Gneiss Minuto	Cavaglio Spocchia	30,3	25,7	bassa
Marne Siltose	Arquata Scrivia	30,9	23,5	bassa
Marne Siltose	Cassinelle	20,0	17,3	bassa
Dolomiti e calcari	Voltaggio	23,8	22,3	bassa
Marne Siltose	Ponzone	17,8	15,4	bassa
Siltite	Gavi	19,3	13,1	bassa
Calcescisto	Pragelato	29,1	25,8	bassa
Micascisto	Novalesa	31,4	26,1	bassa
Calcescisto	Sestriere	27,1	19,8	bassa
Micascisto Gneissico	Venasca	22,3	20,6	bassa
Scisti Gneissici	Saluzzo	32,0	26,2	bassa
Marmo Calcereo	Argentera	23,6	21,2	bassa
Calcescisto	Pontechianale	18,7	16,3	bassa
Calcescisto	Capoluogo	30,1	24,9	bassa
Calcescisti Filladici	Prazzo	18,9	16,6	bassa

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
 N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	13 di 21

Tipo	Località	²¹⁴ Pb (Bq/kg)	²¹⁴ Bi (Bq/kg)	radioattività
Micascisti Gneissici	Paesana	22,2	11,9	bassa
Gneiss	Demonte	18,2	15,5	bassa
Diorite Melanocratica	Netro	2,0	2,4	molto bassa
Calcarea Dolomitico	Borgo S. Dalmazzo	6,0	6,6	molto bassa
Calcarea Micaceo	Limone Piemonte	10,9	10,3	molto bassa
Calcarea Micaceo	Roccamare	3,7	4,3	molto bassa
Gneiss Aplitico	Valdieri	13,8	13,3	molto bassa
Quarzite di ponte	Frabosa Sottana	12,6	13,9	molto bassa
Calcarea Dolomitico	Vernante	12,9	12,8	molto bassa
Calcarea Listato	Valdieri	5,4	5,3	molto bassa
Conglomerato Arenaria	Vicoforte	11,6	10,4	molto bassa
Quarziti Conglomerati	Frabosa Soprana	7,4	7,0	molto bassa
Quarziti Arenacee	Frabosa Soprana	6,5	5,6	molto bassa
Anfibolite	Locana	0,8	0,3	molto bassa
Serpentinite	Vidracco	4,1	4,0	molto bassa
Pirosseniti	Balme	1,4	1,2	molto bassa
Zona Piemontese	Ala di Stura	0,3	0,3	molto bassa
Arenarie Fini Siltiti	Carrossio	14,6	12,6	molto bassa
Conglomerato polig.	Bosio	14,2	13,0	molto bassa
Arenarie	Molare	10,3	9,4	molto bassa
Arenaria	Diano d'Alba	13,2	12,5	molto bassa
Arenaria	Molare	11,9	10,6	molto bassa
Conglomerato poligenico	Bosio	12,7	10,9	molto bassa
Micascisto	Caraglio	10,4	9,5	molto bassa
Micascisto Gneissico	Sampeyre	9,6	8,5	molto bassa
Serpentinite	Acceglio	1,5	1,6	molto bassa
Marmo Calcareao	Pradleves	12,9	12,6	molto bassa
Marmo Calcareao	Sambuco	3,2	2,8	molto bassa
Marmo	San Damiano Macra	10,2	9,4	molto bassa
Serpentiniti	Casteldelfino	0,9	1,0	molto bassa
Breccia Calcareao Dolomitica	Dronero	7,1	6,3	molto bassa
Marmo	Castelmagno	10,1	7,7	molto bassa

* mineralizzazioni di uranio

I risultati dell'elaborazione sono sintetizzati nella cartografia allegata "ZONAZIONE SULLE CONCENTRAZIONI DI Rn", dove a ciascun comune è associata una classe di probabilità di occorrenza Radon entro certe concentrazioni.

I comuni attraversati dal tracciato proposto e le relative concentrazioni medie di Radon a piano terra, nonché il valore medio complessivo sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2. Medie delle concentrazioni riportate nella Relazione ARPA.

Comune	Media piano terra Bq/m ³	Valore medio complessivo Bq/m ³
Per i comuni contrassegnati con “*” la media è stata ottenuta dalle sole misure sperimentali, mentre per quelli non contrassegnati la media è stata stimata dalle medie sperimentali di concentrazione radon per litologia		
Avigliana*	78	66
Buttigliera Alta	90	77
Chiusa di San Michele	142	120
Collegno*	50	42
Grugliasco*	52	44
Orbassano	98	83
Rivalta di Torino	100	85
Rivoli*	47	40
Rosta	94	80
Sant'Ambrogio di Torino	149	126
Settimo Torinese*	53	45

I livelli di azione³ posti dal DLgs. 241/2000, che costituisce l'attuale normativa di riferimento, obbligano a garantire il rispetto dei limiti d'azione che sono posti a 500 Bq/m³ (concentrazione di Radon nell'aria degli ambienti lavorativi, ovvero delle gallerie). Dalla cartografia e dalla precedente Tabella 2 è immediato constatare – negli ambiti territoriali dei comuni interessati dalla proposta di tracciato - come i valori siano di gran lunga inferiori rispetto ai limiti fissati da legge.

5 RELAZIONE PRO-TSE2

³ valore di concentrazione media annua di attività di radon in aria, il cui superamento richiede l'adozione di azioni di rimedio tale da ridurre la concentrazione a livelli inferiori.

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
 N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	15 di 21

Il documento in parola illustra i risultati di misure di concentrazione del radon eseguite attraverso modalità differenti:

1. Le analisi dei tenori di radon (e d'uranio) in acqua ed in aria: sono state analizzate le acque di alcune sorgenti della Val di Susa, sono state misurate le concentrazioni in aria di radon in una caroteca in Italia ed in due discenderie durante lo scavo.
2. Le analisi di tenori di uranio su campioni rappresentativi delle formazioni geologiche attraversate dagli scavi.
3. Misure radiometriche sulle carote di sondaggi, in termini di radioattività totale.
4. Misure gamma-ray all'interno dei fori di sondaggio, ovvero una radiometria gamma indifferenziata (conteggio totale) che copre tutta la gamma dello spettro. La radioattività misurata proviene dai vari radio-isotopi delle famiglie uranio e torio e del potassio.

L'analisi sperimentale dei dati per le varie litologie è sintetizzata nella seguente Tabella 3.

Tabella 3. Sintesi dei dati di misurazione per le varie litologie (Relazione PRO-TSE2).

Formazione; litologia semplificata	Qualificazione radon per tipo di litologia comparabile (Terrier et al., 2004)	Medie dei tenori in U per tipo di litologia comparabile (banca dati BRGM)	Valori "gamma- ray totali" derivanti da diagrafie in sondaggio	Valori "gamma- ray spettrale" per il canale dell'uranio	Indici uraniferi	Misure radiometriche su cuttings e carote (ARPE 1999- 2000)		Gamma dei tenori in U per formazione (Patrucco, 2005)	Misure dirette di Radon nelle discenderie (attività volumica in Bq/m ³)
						Irradiazione (nSv/h)	Contaminazione (c/s)		
Quaternario ; formazioni superficiali	Debole emissione possibile	-	-	-	/	-	-	0.55 - 2.52 ppm (sondaggi S4, S8 et S11, 7 analisi)	
Anidrite massiva (+/- gesso) con elementi di dolomie e calcari	Da nulla a poco emettitrice	-	0-50 API (tGng) (F31-F67)	-	/	-	-	-	
Carniole	Da nulla a poco emettitrice	-	0-200 API (su più sondaggi)	-	/	-	-	-	Da 260 1590 Bq/m ³ su lineamenti tettonici carniole con venute d'acqua
Flysch arenaceo cenozoico	Debolmente emettitrice	-	-	-	/	-	-	-	
Dolomie e argilliti del Trias superiore	Debolmente emettitrice	-	<50 à 75 API (F81)	-	/	-	-	-	

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
 N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	16 di 21

Formazione; litologia semplificata	Qualificazione radon per tipo di litologia comparabile (Terrier et al., 2004)	Medie dei tenori in U per tipo di litologia comparabile (banca dati BRGM)	Valori "gamma- ray totali" derivanti da diagrafie in sondaggio	Valori "gamma- ray spettrale" per il canale dell'uranio	Indici uraniferi	Misure radiometriche su cuttings e carote (ARPE 1999- 2000)		Gamma dei tenori in U per formazione (Patrucco, 2005)	Misure dirette di Radon nelle discenderie (attività volumica in Bq/m ³)
						Irradiazione (nSv/h)	Contaminazione (c/s)		
Calcari massicci (Dogger)	<i>Da nulla a poco emettitrice</i>	1,1 ppm	< 10 API (F53bis- F81)		/	-	-	-	<10 Bq/m ³
Calcari et calcescisti del Retico, del Lias et de l'Aaleniano	<i>Da non emettitrice a mediamente emettitrice</i>	-	-		/	-	-	-	
Calcari mamosi (Dogger)	<i>Da non emettitrice a mediamente emettitrice</i>	1,1-3,5 ppm	~ 50 API (F53bis- F81)		/	-	-	-	
Formazioni detritiche carbonifere (unita di Encombres e di La Praz) : arenarie, scisti, carbone	<i>Da debolmente a mediamente emettitrice</i>	-	50-150 API (arenarie) fino a 200- 400 API (scisti) (su più sondaggi)		/	64,2 - 117	8,8 - 17,8		<35 e <21 Bq/m ³
Formazioni detritiche carbonifere (unita di Bréquin-Orelle e di Fourmeaux) : arenarie, scisti, carbone	<i>Da debolmente a mediamente emettitrice</i>	-			/	-	-	-	
Basamento metamorfico pre- triassico : Gneiss del Sapey = ortogneiss e micasisti	<i>Da mediamente a fortemente emettitrice</i>	-	180-200 API (ortogneiss F65)		/	-	-	-	
Basamento metamorfico pre- triassico : Basamento della Vanoise = micascisti albitici	<i>Da mediamente a fortemente emettitrice</i>	2,7-3,5 ppm	~ 100 API + pics >100 API fino a 500 API (F33, F56) ; 1 picco a 1200 API (F80)	10-50 API + qqc picchi a 300 API (SDAV)	/	70,1 - 92	10 - 27	-	
Conglomerati e scisti del Permo-Trias	<i>Da nulla a poco emettitrice</i>	3,4 ppm	50-100 API + picchi fino a >600 API (F56)	Alcuni picchi <200 API (SDET)	SI	77,9 - 88,2 ; + 305 (F56)	8,82 - 15,29 ; + 84 (F56)	1.71 ppm (sondaggio S23, 1 analisi)	
Quarziti del Trias inferiore	<i>Da nulla a poco emettitrice</i>		<50 à <100 API (su più sondaggi)			/	74,8 - 77,9	10,1 - 15,29	
Calcari e dolomie del Trias medio	<i>Da nulla a poco emettitrice</i>	1,1 ppm	<50 API (su più sondaggi)	<20 API ; 75 API su di una	/	-	-		

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
 N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	17 di 21

Formazione; litologia semplificata	Qualificazione radon per tipo di litologia comparabile (Terrier et al., 2004)	Medie dei tenori in U per tipo di litologia comparabile (banca dati BRGM)	Valori "gamma- ray totali" derivanti da diagrafie in sondaggio	Valori "gamma- ray spectrale" per il canale dell'uranio	Indici uraniferi	Misure radiometriche su cuttings e carote (ARPE 1999- 2000)		Gamma dei tenori in U per formazione (Patrucco, 2005)	Misure dirette di Radon nelle discenderie (attività volumica in Bq/m ³)
						Irradiazione (nSv/h)	Contaminazione (c/s)		
				faglia (SDAV)					
Copertura brianzonese carbonatica indifferenziata	-		10-30 API (F65)		/	-	-		
Basamento metamorfo pre- triassico : Basamento della Clarea = micascisti albitici	<i>Da mediamente a fortemente emettitrice</i>	2,7-3,5 ppm	225-315 API (S4)		/			1.4 - 2.8 ppm (sondaggio S4, 7 analisi)	
Basamento metamorfo pre- triassico : Complesso o Gruppo d'Ambin = micascisti albitici e gneiss	<i>Da mediamente a fortemente emettitrice</i>	2,7-3,5 ppm	~ 150 API (Italia) ; 50- 70 a 100 API (Francia, F30b)		SI	73,20 - 86,50	9,45 - 21,27	4.07 ppm (sondaggio S5, 1 analisi)	
Basamento metamorfo pre- triassico : Massiccio della Dora Maira = micascisti, gneiss, metabasiti	<i>Da mediamente a fortemente emettitrice</i>	-	-		/	-	-	-	
Copertura mesozoica indifferenziata del Massiccio d'Ambin : marmi analizzati	-	-	55 API (misura puntuale ; S12)		/	-	-	0.73 ppm (sondaggio S12, 1 analisi a 450 m)	
Ofioliti (rocce verdi, oph) della Zona piemontese s.l. = basalti et prasiniti +/- gabbri ; peridotiti/serpentiniti (spn)	<i>Da nulla a poco emettitrice</i>	< 1 ppm	40-90 API su prasiniti del S11		/	-	-	0.57 - 1.38 ppm (sondaggio S11, 3 analisi)	
Quarziti mesozoiche della copertura piemontese	-	-	~240 API (misura puntuale su quarziti del S8)		/	-	-	7.32 ppm (sondaggio S8, 1 analisi)	
Marmi mesozoici della copertura piemontese	-	-	~ 90 API (misura puntuale su S12)		/	-	-	2.6 ppm (sondaggio S12, 1 analisi a 230 m)	

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
 N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	18 di 21

Formazione; litologia semplificata	Qualificazione radon per tipo di litologia comparabile (Terrier et al., 2004)	Medie dei tenori in U per tipo di litologia comparabile (banca dati BRGM)	Valori "gamma- ray totali" derivanti da diagrafie in sondaggio	Valori "gamma- ray spettrale" per il canale dell'uranio	Indici uraniferi	Misure radiometriche su cuttings e carote (ARPE 1999- 2000)		Gamma dei tenori in U per formazione (Patrullo, 2005)	Misure dirette di Radon nelle discenderie (attività volumica in Bq/m ³)
						Irradiazione (nSv/h)	Contaminazione (c/s)		
Scisti cloritici della copertura piemontese	<i>Debolmente emettitrice ma suscebbilità media possibile</i>	-	~ 42 et 265 API (3 misure puntuali su S8)		/	-	-	2.44 - 4.07 ppm (sondaggio S8, 3 analisi)	
Calcescisti mesozoici della copertura della Dora Maira	<i>Debolmente emettitrice ma suscebbilità media possibile</i>	1,1-3,5 ppm	16-75 API (3 misure puntuali su S11)		/	-	-	0.49 - 3.25 ppm (sondaggio S11, 3 analisi)	
Marmi mesozoici della copertura della Dora Maira	-	-	9-36 API (misure puntuali sur S11 et S25)		/	-	-	0.33 - 0.98 ppm (sondaggi S11 e S25, 4 analisi) + 4.07 ppm (sondaggio S25, 1 analisi)	
Gneiss mesozoici della Zona piemontese ("Gneiss di Charbonnel")	<i>Da mediamente a fortemente emettitrice</i>	-	70-380 API (misure puntuali su S8 e S12)		/	-	-	1.22 - 5.69 ppm (sondaggi S8 e S12 ?, 6 analisi)	
Scisti carbonatici d'origine incerta (Zona a scaglie)	-	-	-	-	/	-	-	-	

I risultati illustrati dalla precedente tabella, estesi all'area di progetto, hanno permesso di giungere alle seguenti conclusioni.

Per quanto riguarda la radioattività diretta dell'uranio:

- nessuna delle formazioni prese in esame dallo studio appaiono, in modo indubbio, ricche d'uranio. Occorre precisare che un tenore medio d'uranio pari a 5 ppm è molto frequente nei massicci granitici e che alcuni di loro registrano tenori medi (non si tratta di indici uraniferi) di circa 100 ppm o maggiori (circa 140 ppm per un massiccio ortogneissico). I tenori misurati all'interno delle formazioni sono distribuiti tra < 1 ppm e ~ 7 ppm e rimangono pertanto moderati;
- le misure di radioattività eseguite sui cutting e le carote dei sondaggi (ARPE 1999-2000) risultano tutte al di sotto delle soglie ammesse per i lavoratori e per il trasporto e lo stoccaggio dello smarino.

Per quanto riguarda le emissioni di Radon:

- nessuna delle formazioni presenta un potenziale d'emissione in radon significativo in modo generalizzato. Tuttavia i dati mancanti per un certo numero di litologie, non permette di valutare in modo preciso il potenziale, soprattutto tenendo conto che tali litologie sono in parte «sospette ». A tal riguardo sono state raccomandate ulteriori analisi concernenti il tenore d'uranio e la radioattività.

Un potenziale di emissione localmente elevato è stato determinato a livello di lineamenti tettonici a dinamica fragile o duttile/fragile su scala chilometrica; queste zone possono essere considerate, in assenza di dati precisi, come zone a potenziale significativo.

Tutte le misure dirette di tenore in uranio e in radon effettuate sulle acque di sorgente hanno fornito dei valori inferiori alle soglie di legge per la potabilità, con una sola eccezione temporanea.

Vengono ricordati ulteriori risultati rassicuranti, in materia di radioattività, ottenuti da lavori recenti in sotterraneo, in medesime formazioni litologiche:

- i 14 km di gallerie scavate nel massiccio d'Ambin per l'impianto idroelettrico di Pont Ventoux hanno sempre mostrato dei valori di concentrazione inferiori alle soglie di legge;
- le prime misure del flusso di radon eseguite nelle discenderie di Modane e Saint-Martin-la-Porte hanno evidenziato una scarsa o molto scarsa attività volumica del radon; eccezionalmente una forte concentrazione di radon, misurata a livello di una faglia in presenza di carnirole, è stata riportata a tenori normali grazie ad temporaneo rinforzo di ventilazione.

	NUOVA LINEA TORINO LIONE TRATTA NAZIONALE DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM					
	RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO N. 30	COMMESSA D040	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RH	DOCUMENTO SA 30 0X 001	REV. A

6 CONSIDERAZIONI DI SINTESI

Dall'analisi dei due documenti di riferimento è stato possibile definire in prima battuta che non vi sono criticità effettive in relazione all'emissione di radiazioni ionizzanti nell'ambito progettuale considerato. In particolare:

- la rappresentazione cartografica della Relazione ARPA, che viene allegata al presente documento, fornisce indicazioni sulla probabilità che, in un dato territorio amministrativo, la concentrazione di radon al piano terra degli edifici assuma determinati valori. Nonostante si tratti di misure non eseguite nel sottosuolo, è comunque un set di dati rilevante, che permette – nell'ambito del presente livello di approfondimento progettuale – di escludere criticità in relazione a questa componente. E' interessante sottolineare come le determinazioni sperimentali di radioattività eseguite sui campioni lapidei hanno messo in luce come le formazioni a più alto contenuto di uranio (e quindi di radon) siano rocce porfiroidi, gneiss e graniti, ovvero rocce di tipo acido che non verranno comunque coinvolte negli scavi.
- Per quanto riguarda l'analisi della Relazione PRO-TSE2, i risultati sono simili a quanto già concluso nella Relazione ARPA. Sebbene questo studio si riferisca ad una tratta differente, è interessante notare che le determinazioni sperimentali di radioattività eseguite sui campioni lapidei hanno messo in luce come le formazioni a più alto contenuto di uranio (e quindi potenzialmente di radon) siano rocce porfiroidi, gneiss e graniti, ovvero rocce di tipo acido che non verranno comunque coinvolte negli scavi.

Vanno sottolineate alcune osservazioni aggiuntive:

1. gli scavi delle gallerie coinvolgeranno prevalentemente il detrito fluvio-glaciale, in gran parte derivato dallo smantellamento delle rocce basiche/ultrabasiche; queste litologie presentano, sulla base dei risultati riportati in Tabella 1 e Tabella 3, una bassa/bassissima radioattività, tale da permettere di escludere rischi di radiazioni ionizzanti associati.
2. la vivace circolazione di fluidi nel sottosuolo in materiali dotati di un'elevata permeabilità quali quelli fluvio-glaciali impedisce accumuli apprezzabili di Radon, che viene rapidamente veicolato in superficie e diffuso dall'acqua/aria circolante.
3. in corrispondenza di faglie sub-affioranti, sepolte o di discontinuità importanti si possono avere delle anomalie nelle concentrazioni di uranio e quindi di radon, a causa dei grossi contrasti di permeabilità rispetto alle matrici solide circostanti; tuttavia le indagini .



NUOVA LINEA TORINO LIONE
TRATTA NAZIONALE
DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM

RELAZIONE TECNICA DI RISPOSTA AL QUESITO
N. 30

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 69 RH	SA 30 0X 001	A	21 di 21

Tutto ciò premesso e al fine di raggiungere la migliore conoscenza della radioattività e del flusso di radon nelle aree di interesse della linea in progetto, ove richiesto, potrà essere demandato alle successive fasi della progettazione l'esecuzione di un piano di analisi su campioni litoidi e sulle acque circolanti nel sottosuolo, per verificare che la concentrazione di emissioni ionizzanti sia contenuta nei limiti di legge.