

**DIPARTIMENTO TEMATICO RADIAZIONI**  
**Struttura Semplice 21.01 – Radiazioni ionizzanti**

**TITOLO**

**Valutazione e comparazione misure di radioattività ambientale condotte da ARPA e  
per conto di TELT s.a.s nella zona interna ed esterna all'area di cantiere**

**Cunicolo esplorativo de “La Maddalena”**

**Periodo di monitoraggio luglio – dicembre 2016**

**Relazione tecnica n. 704/IR/2017**

Il sistema di gestione qualità è certificato ISO 9001:2008 da SAI GLOBAL ITALIA

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

## INDICE

	<b>pag</b>
1 Premessa	3
2 Sopralluoghi Arpa e misure di radioattività ambientale.	3
3 Monitoraggio interno al cantiere - Analisi dei dati di radioattività ambientale e comparazione risultati.	6
3.1 Misure di concentrazione di attività radon in aria.	6
3.2 Misure di rateo di dose gamma. Cunicolo esplorativo	7
3.3 Misure di rateo di dose e di spettrometria gamma - cumuli di smarino.	10
3.4 Misure di radioattività sulle acque di ingresso all'impianto di depurazione.	12
3.5 Monitoraggio delle particelle aerodisperse – stazione interna al cantiere.	14
4 Monitoraggio esterno al cantiere - Analisi dei dati di radioattività ambientale.	16
4.1 Il monitoraggio delle particelle aerodisperse, analisi dei dati.	17
4.2 Il monitoraggio delle risorse idriche superficiali, valutazione dei risultati.	20
4.3 Il monitoraggio delle risorse idriche sotterranee, valutazione dei risultati.	21
5 Conclusioni	22

### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## 1 Premessa

Nel presente documento sono riportati i risultati delle attività di vigilanza effettuate da Arpa e sono analizzati i dati trasmessi da TELT s.a.s. inerenti il monitoraggio delle radiazioni ionizzanti condotto nell'area interna ed esterna al cantiere nel periodo luglio - dicembre 2016.

L'attività di controllo e vigilanza è stata anche svolta tramite confronto dei dati rilevati da TELT s.a.s. e dai tecnici Arpa attraverso misure e prelievo di campioni in doppio e con analisi di laboratorio su aliquote dello stesso campione.

## 2 Sopralluoghi Arpa e misure di radioattività ambientale.

Nel periodo luglio – dicembre dell'anno 2016, i tecnici del Dipartimento Tematico Radiazioni hanno effettuato presso il cantiere i seguenti sopralluoghi:

- ❖ in data 06/07/2016 (verbale n.16/IV/2016), nel corso del quale sono state fatte:
  - misure di attività radon entro il cunicolo attraverso:
    - sostituzione di n.9 dosimetri precedentemente posizionati nelle zone denominate: nicchia Canary (Pk 0+500m), zona vasche Canary (Pk 2+800m), coda TBM (Pk 5+160m), lavori meccanici TBM (Pk 5+255m), passaggio nastri TBM (Pk 5+305m), caduta smarino TBM (Pk 5+345m), Canary TBM (Pk 5+357m), geiger TBM (Pk 5+360m), cabina comandi TBM (Pk 5+365m).
    - posizionamento di n.1 nuovo dosimetro presso la nicchia Canary (a Pk 1+400m).
  - misure di rateo di dose gamma con lo scintillatore plastico "Automess" all'interno del cunicolo sulla TBM, e sul cumulo di smarino (cumulo 105 - piazzola di riempimento P1);
  - prelievo in doppio di un campione di smarino (cumulo 105 – piazzola P1) per analisi di spettrometria gamma;

### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

- acquisizione di una aliquota del campione ACQ\_RAD, di acqua in ingresso all'impianto di depurazione per la determinazione dell'attività alfa e beta totale (prelievo effettuato da Venaus scarl in data 05/07/2016).
- ❖ in data 13/09/2016 (verbale n.20/IV/2016), nel corso del quale sono state eseguite:
  - misure di attività radon entro il cunicolo attraverso:
    - la sostituzione di n.10 dosimetri a tracce posizionati nel corso del sopralluogo effettuato in data 06/07/2016;
  - misure di rateo di dose gamma all'interno del cunicolo e sul cumulo di smarino (cumulo 116 – piazzola P2) dal quale è stato prelevato un campione in doppio per analisi di spettrometria gamma;
  - acquisizione di una aliquota del campione ACQ\_RAD di acqua in ingresso all'impianto di depurazione per la determinazione dell'attività alfa e beta totale (prelievo effettuato da Venaus scarl in data 13/09/2016).
- ❖ in data 27/10/2016 (verbale n.28/IV/2016), nel corso del quale sono state eseguite:
  - misure di rateo di dose gamma con lo scintillatore plastico "Automess" sul cumulo di smarino (cumulo 122 – piazzola di riempimento P2) e prelievo in doppio Arpa/Venaus di due campioni (materiale di scavo da Pk 6+210m e da Pk 6+245) per analisi di spettrometria gamma;
  - acquisizione di una aliquota del campione ACQ\_RAD di acqua in ingresso all'impianto di depurazione per la determinazione dell'attività alfa e beta totale (prelievo effettuato da Venaus scarl in data 25/10/2016).
- ❖ in data 29/11/2016 (verbale n.MC/24/16/GR), nel corso del quale sono state eseguite:
  - misure di rateo di dose gamma con lo scintillatore plastico "Automess" sul cumulo di smarino (cumulo 126 – piazzola di riempimento P3) e prelievo in doppio Arpa/Venaus di un campione di materiale per analisi di spettrometria gamma;
  - acquisizione di una aliquota del campione ACQ\_RAD di acqua in ingresso all'impianto di depurazione per la determinazione dell'attività alfa e beta totale (prelievo effettuato da Venaus scarl in data 29/11/2016).

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

- Entro il cunicolo, acquisizione valori di rateo di dose gamma e prelievo di un campione di acqua di venuta (acqua calda) a Pk 6+235m da sottoporre ad analisi alfa e beta totale;
  - Acquisizione di un aliquota del campione RAD-FAN di fanghi disidratati di risulta dall'impianto di depurazione per analisi alfa e beta totale (prelievo eseguito da Venaus scarl in data 07/11/2016).
- ❖ in data 19/12/2016 (verbale n.35/IV/2016), nel corso del quale sono state eseguite:
- misure di attività radon entro il cunicolo con consegna di n.10 dosimetri da sostituirsi a quelli precedentemente esposti.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

### 3 Monitoraggio interno al cantiere - Analisi dei dati di radioattività ambientale e comparazione risultati.

#### 3.1 Misure di concentrazione di attività radon in aria.

Le misure di concentrazione di attività radon, rivelate all'interno del cunicolo esplorativo "la Maddalena" e finalizzate alla tutela dei lavoratori sono state effettuate da Arpa utilizzando dei dosimetri passivi a tracce collocati sia lungo la struttura mobile della TBM che lungo il percorso del cunicolo. La ditta Venaus scarl, incaricata da TELT del monitoraggio interno al cantiere, ha invece eseguito le misure di concentrazione radon utilizzando rilevatori in continuo "Canary" e un rivelatore Mi.am "MR01".

In tabella 1 si riportano i valori di concentrazione radon misurati da Arpa (M.I. U.R.P.M781 rev.5 del 2015) dal 06/07/2016 al 19/12/2016.

<b>MISURE ARPA DI CONCENTRAZIONE RADON (CRn) ENTRO IL CUNICOLO ESPLORATIVO</b>				
<b>Punto Esposizione</b>	<b>Data inizio esposizione</b>	<b>Data fine esposizione</b>	<b>CRn</b>	<b>SCRn</b>
			<b>(Bq/m3)</b>	
cabina TBM	06/07/2016	13/09/2016	46	17
geiger TBM	06/07/2016	13/09/2016	<42	
canary TBM	06/07/2016	13/09/2016	<42	
caduta smarino TBM	06/07/2016	13/09/2016	<42	
passaggio nastri TBM	06/07/2016	13/09/2016	61	18
lavori meccanici TBM	06/07/2016	13/09/2016	<42	
coda TBM	06/07/2016	13/09/2016	49	17
vasche Pk 2+800m	06/07/2016	13/09/2016	77	22
nicchia Pk 1+400m	06/07/2016	13/09/2016	63	19
nicchia Pk 0+500m	06/07/2016	13/09/2016	71	19
cabina TBM	13/09/2016	19/12/2016	42	13
geiger TBM	13/09/2016	19/12/2016	43	13
canary TBM	13/09/2016	19/12/2016	37	13
caduta smarino TBM	13/09/2016	19/12/2016	59	16
passaggio nastri TBM	13/09/2016	19/12/2016	60	15
lavori meccanici TBM	13/09/2016	19/12/2016	51	14
coda TBM	13/09/2016	19/12/2016	45	14
vasche Pk 2+800m	13/09/2016	19/12/2016	93	22
nicchia Pk 1+400m	13/09/2016	19/12/2016	84	19
nicchia Pk 0+500m	13/09/2016	19/12/2016	75	18

Tabella 1: misure ARPA di concentrazione di attività radon dal 06/07/2016 al 19/12/2016

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

Dalla tabella 1 si osserva che, anche nel secondo semestre dell'anno 2016, i valori di concentrazione radon rilevati sulla TBM sono risultati notevolmente inferiori sia al livello d'azione di 500 Bq/m<sup>3</sup> (D.Lvo 230/95 e s.m.i) che alla “soglia di sorveglianza” stabilita (200 Bq/m<sup>3</sup>).

In figura 1 sono invece rappresentati i valori di concentrazione a cui sono stati esposti i lavoratori lungo la TBM a partire dall'anno 2014 con evidenziata in rosso “la soglia di sorveglianza” (200 Bq/m<sup>3</sup>).

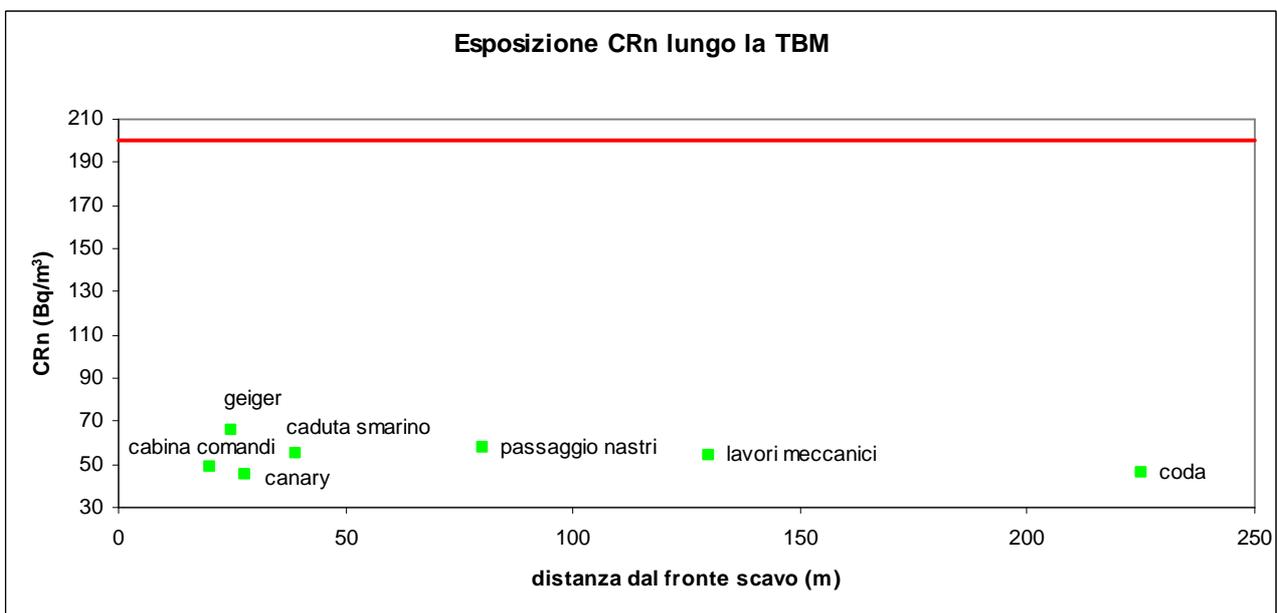


Figura 1: esposizione dei lavoratori alla concentrazione radon lungo la TBM

La figura 1 evidenzia che per i lavoratori, sulla TBM in movimento, i valori di esposizione al gas radon non sono significativi dal punto di vista radiologico.

### 3.2 Misure di rateo di dose gamma. Cunicolo esplorativo

I dati di rateo di dose gamma (periodo gennaio – dicembre 2016) acquisiti da Venaus scarl entro la zona di scavo tramite un Geiger – Mueller “Guardian Ray” posizionato sulla TBM in prossimità della cabina comandi sono riportati in figura 2.

#### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

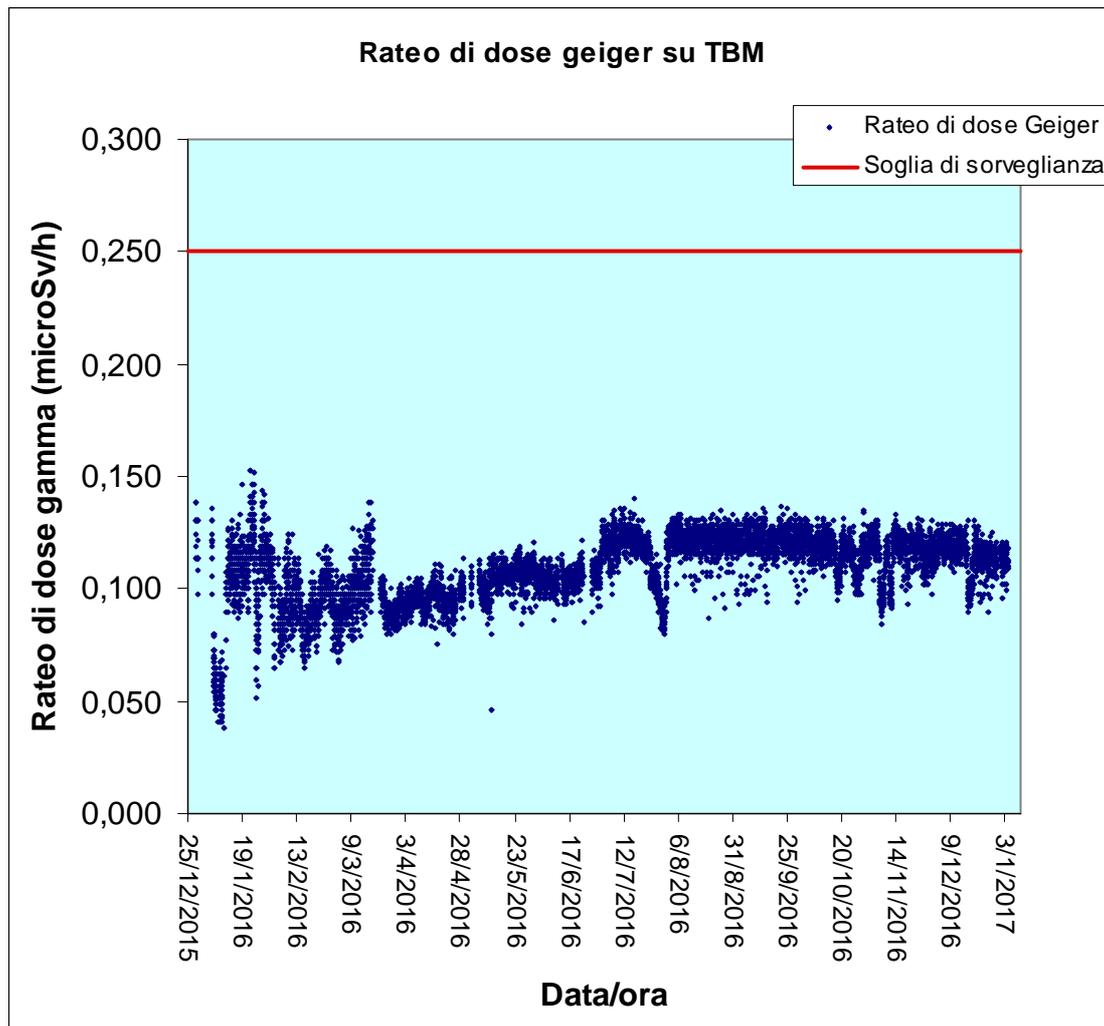


Figura 2:andamento temporale del rateo di dose gamma al fronte scavo.  
Valori strumentali - Dati rilevati nell'anno 2016

Come rappresentato, i valori di rateo di dose al fronte scavo risultano tutti ampiamente inferiori alla “soglia di sorveglianza” di 250 mSv/h (linea rossa in figura 2). Nessuna criticità è stata evidenziata anche dai rilievi radiometrici eseguiti entro il cunicolo e sui cumuli di smarino (vedi tabella 2).

<b>Cantiere "la Maddalena"</b>	
<b>sopralluogo del 06/07/2016</b>	
<b>Punto di Misura</b>	<b>Rateo di Dose in aria (nSv/h)</b>
TBM Geiger	100
TBM caduta smarino - su roccia	130-150
TBM passaggio nastri - su roccia	130
TBM lavori meccanici - corridoio centrale	60-80
TBM coda - corridoio centrale	100
cumulo di smarino 105 - piazzola P1	195-197
fondo ambientale	90
<b>sopralluogo del 13/09/2016</b>	
<b>Punto di Misura</b>	<b>Rateo di Dose in aria (nSv/h)</b>
TBM Geiger	138-140
TBM Canary	85
TBM passaggio nastri - su roccia	97
TBM lavori meccanici - corridoio centrale	78
TBM coda - corridoio centrale	105
cumulo di smarino 116 - piazzola P2	180-200
fondo ambientale	90
<b>sopralluogo del 27/10/2016</b>	
<b>Punto di Misura</b>	<b>Rateo di Dose in aria (nSv/h)</b>
cumulo di smarino 122 - piazzola P2	160-220
fondo ambientale	70-100
<b>sopralluogo del 29/11/2016</b>	
<b>Punto di Misura</b>	<b>Rateo di Dose in aria (nSv/h)</b>
cumulo di smarino 126 - piazzola P3	155-170
fondo ambientale	85-90
misure su roccia lungo la TBM	140-180

Tabella 2: misure di rateo di dose gamma effettuate dai tecnici Arpa.

Il semestre anno 2016

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

### 3.3 Misure di rateo di dose e di spettrometria gamma - cumuli di smarino.

La radioattività del materiale di scavo è controllata giornalmente da Venaus tramite acquisizione del rateo di dose gamma sui cumuli di smarino con un rateometro “Atomtex” e con analisi di spettrometria gamma (con frequenza semestrale), volte alla determinazione della concentrazione di attività dei principali radionuclidi contenuti nei campioni di roccia. Per un controllo della correttezza dei dati trasmessi, generalmente con cadenza mensile, le stesse misure radiometriche (misure di rateo di dose tramite uno scintillatore plastico “Automess” e le analisi di spettrometria gamma sui campioni di smarino) sono effettuate dai tecnici del Dipartimento Tematico Radiazioni.

Le medie giornaliere dei valori rateo di dose gamma rilevati da Venaus sui cumuli di smarino nell’anno 2016 sono riportati in figura 3.

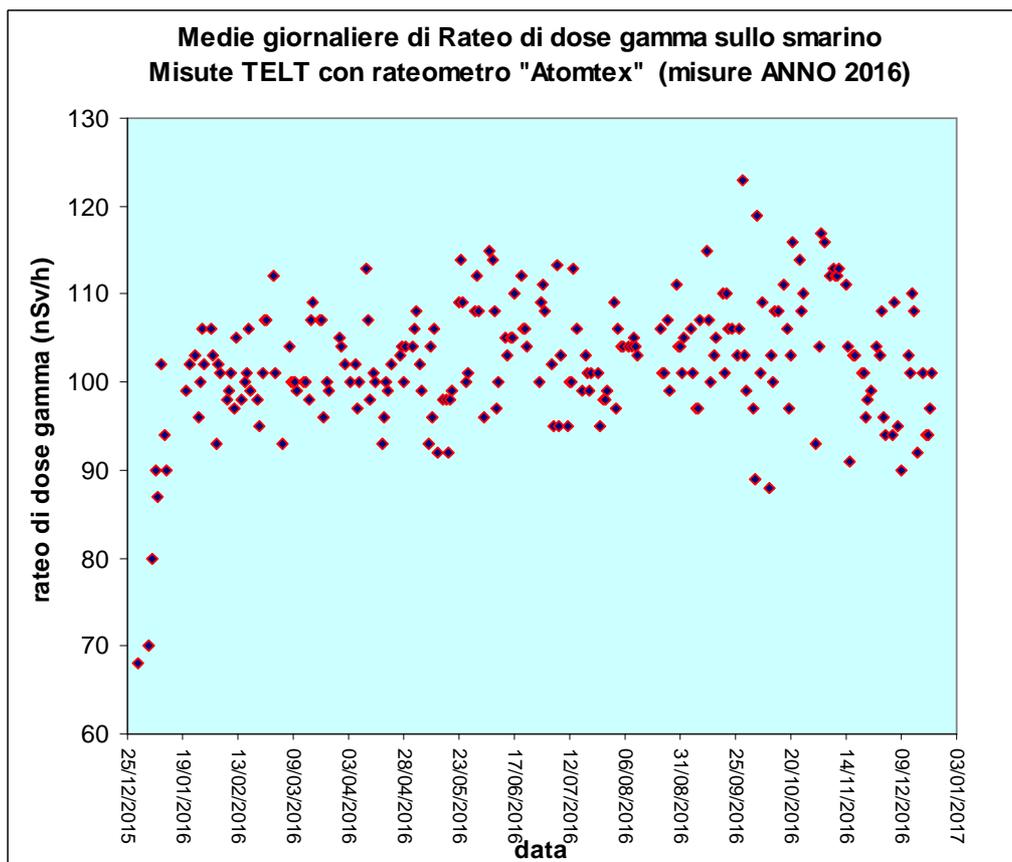


Figura 3: valori medi giornaliere di rateo di dose gamma acquisiti da Venaus sullo smarino.

Misure sperimentali anno 2016

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

I valori di rateo misurati sui cumuli di smarino, come quelli al fronte scavo risultano tipici di materiali a medio-basso contenuto di radioattività, come mostrato anche nella tabella 3, che riassume i dati di concentrazione di attività dei principali radionuclidi presenti nel materiale di scavo e mette a confronto le analisi di spettrometria gamma eseguite, semestralmente, per conto di TELT dalla ditta U-Series e da Arpa Piemonte (Metodo Interno U.R.P. M827-rev.7:2015) durante la propria attività di vigilanza.

I dati relativi a campioni prelevati in periodi temporali non molto distanti, e quindi a tipologie di rocce simili, risultano compatibili tra loro entro l'incertezza di misura (vedi prelievi Arpa dei 13 settembre e del 27 ottobre e prelievo TELT del 4 ottobre). La differenza nei valori di concentrazione di attività del  $^{208}\text{Tl}$ , tra le misure di TELT e quelle di Arpa, è giustificabile da una correzione per la biforcazione della catena del  $^{232}\text{Th}$  e quindi risulta anch'esso completamente compatibile con le misure Arpa.

Confronto risultati TELT/ARPA - analisi di spettrometria gamma eseguite su campioni di smarino						
RADIONUCLIDE	ARPA	ARPA	TELT	ARPA	ARPA	ARPA
	Prelievo del 06/07/2016 cumulo 105-P1	Prelievo del 13/09/2016 cumulo 116-P2	Prelievo del 04/10/2016 cumulo 119	Prelievo del 27/10/2016 cumulo 122-P2 Pk 6+245m	Prelievo del 27/10/2016 cumulo 122-P2 Pk 6+210m	Prelievo del 29/11/2016 cumulo 126-P3
	Concentrazione di attività Bq/kg	Concentrazione di attività Bq/kg	Concentrazione di attività Bq/kg	Concentrazione di attività Bq/kg	Concentrazione di attività Bq/kg	Concentrazione di attività Bq/kg
$^{234\text{m}}\text{Pa}$	74 ± 21	59 ± 41	/	45 ± 26	58 ± 31	47 ± 16
$^{226}\text{Ra}$	36 ± 7	30 ± 5	26 ± 1	31 ± 6	27 ± 5	16 ± 3
$^{214}\text{Pb}$	30 ± 4	28 ± 3	25 ± 3	29 ± 3	30 ± 4	15 ± 2
$^{214}\text{Bi}$	28 ± 3	28 ± 3	28 ± 7	27 ± 3	26 ± 3	15 ± 2
$^{228}\text{Ac}$	35 ± 4	33 ± 4	33 ± 5	34 ± 4	36 ± 4	18 ± 2
$^{212}\text{Pb}$	35 ± 5	32 ± 4	32 ± 2	35 ± 4	36 ± 5	19 ± 2
$^{212}\text{Bi}$	25 ± 4	24 ± 4	/	27 ± 4	25 ± 4	13 ± 2
$^{208}\text{Tl}$	12 ± 1	11 ± 1	33 ± 3	11 ± 1	12 ± 1	5,9 ± 0,7
$^{235}\text{U}$	<2,6	2,3 ± 1,7	/	<2,6	6,0 ± 3,2	<1,31
$^{40}\text{K}$	855 ± 80	797 ± 72	750 ± 30	833 ± 75	841 ± 79	434 ± 41

Tabella 3: analisi di spettrometria gamma su campioni di smarino - confronto risultati TELT/ARPA (luglio – dicembre 2016)

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

### 3.4 Misure di radioattività sulle acque di ingresso all'impianto di depurazione.

Poiché il cantiere è dotato di un impianto di depurazione nel quale sono convogliate sia le acque di lavorazione che quelle provenienti dalla zona di scavo, Venaus effettua un controllo sui valori di radioattività sia sulle acque in ingresso che sui fanghi di risulta, prodotti dallo stesso, prima del loro smaltimento. Le acque di ingresso all'impianto di depurazione, campionate con frequenza settimanale, vengono analizzate per la determinazione della concentrazione di attività alfa e beta totale.

Nel grafico di figura 4 sono riportati i risultati di tali analisi con evidenziate, rispettivamente in rosso e in blu, le “soglie di intervento” per l'alfa ed il beta totale riportate sul Piano di Gestione Ambientale (PGA).

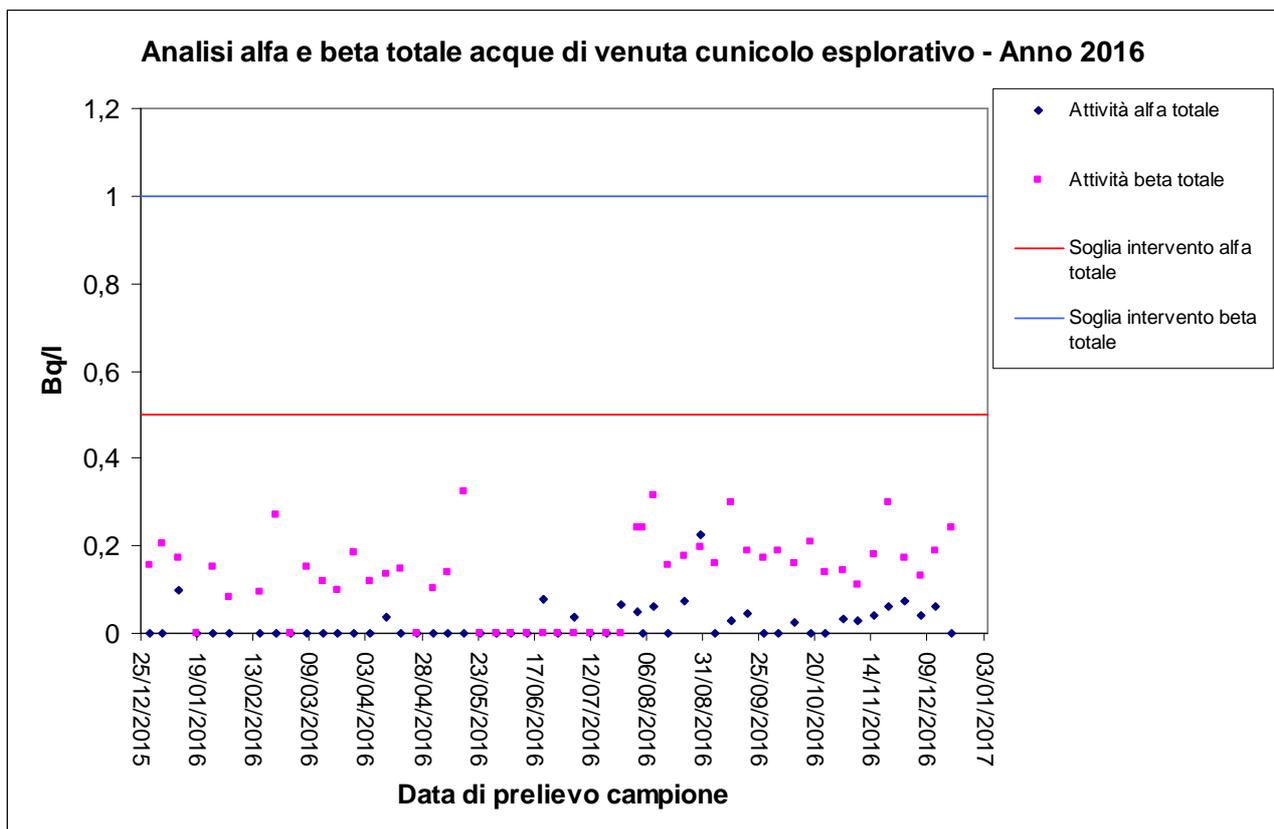


Figura 4: risultati dell'analisi alfa e beta totale trasmessi da TELT sulle acque convogliate all'impianto di depurazione – Anno 2016

#### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

La figura 4 evidenzia che i valori di concentrazione di attività alfa e beta totale risultano ampiamente inferiori alle soglie di intervento (0,5 Bq/l per l'alfa totale e 1 Bq/l per il beta totale).

In tabella 4, sono invece confrontati i risultati delle analisi alfa e beta totale eseguite ARPA/TELT su aliquote di campioni di acqua in ingresso all'impianto di depurazione del cantiere. I prelievi sono stati eseguiti per conto di TELT dalla ditta Venaus scarl in data: 05/07/2016, 13/09/2016, 25/10/2016 e 29/11/2016.

Acque di ingresso all'impianto di depurazione				
campione	Analisi Arpa		Analisi LTF	
	Attività alfa Totale	Attività Beta Totale	Attività alfa Totale	Attività Beta Totale
	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/l)
ACQ_RAD_05/07/16	< 0,016	0,16 ± 0,07	0,037± 0,007	<0,06
ACQ_RAD_13/09/16	0,032 ± 0,018	0,14 ± 0,1	0,028± 0,007	0,297 ± 0,019
ACQ_RAD_25/10/16	0,061 ± 0,019	0,265 ± 0,081	<0,03	0,14 ± 0,03
ACQ_RAD_29/11/16	0,045 ± 0,015	0,285 ± 0,060	0,074± 0,012	0,17 ± 0,03

Tabella 4: confronto analisi Arpa/TELT - determinazione attività alfa e beta totale su acque di ingresso all'impianto di depurazione.

Analisi Arpa eseguite con il metodo della scintillazione liquida U.R.P.MA009

I risultati delle analisi effettuate da Arpa e da TELT sulle aliquote di uno stesso campione, confermano i bassi valori di radioattività nelle acque.

Un ulteriore approfondimento sulla radioattività nelle acque di ingresso all'impianto di depurazione è stato eseguito, dai laboratori di Arpa, su un campione di acqua calda di venuta dal cunicolo prelevato in data 29/11/2016 a Pk 6+235m.

L'analisi ha fornito valori di attività alfa e beta totale rispettivamente pari a  $0,041 \pm 0,014$  Bq/l e a  $0,2 \pm 0,053$  Bq/l e quindi in linea con i risultati delle analisi riportati in tabella 4

Su richiesta del Dipartimento Tematico Radiazioni di Arpa, Venaus effettua semestralmente anche un controllo radiometrico sui fanghi di risulta dall'impianto di depurazione. Tale controllo, che sostituisce la misura sistematica del rateo di dose gamma sui fanghi, precedentemente prevista, avviene tramite spettrometria gamma.

#### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

La tabella 5 riassume i risultati delle analisi eseguite in doppio Arpa/TELT su due aliquote del campione prelevato in data 07/11/2016.

<b>Analisi di spettrometria gamma fanghi da impianto trattamento acque</b>		
<b>RADIONUCLIDE</b>	<b>TELT</b>	<b>Arpa</b>
	<b>Prelievo del 07/11/2016</b>	
	<b>Concentrazione di attività Bq/kg</b>	<b>Concentrazione di attività Bq/kg</b>
<sup>234m</sup> Pa	/	44 ± 24
<sup>226</sup> Ra	59 ± 2	33 ± 7
<sup>214</sup> Pb	57 ± 3	39 ± 5
<sup>214</sup> Bi	59 ± 7	36 ± 4
<sup>228</sup> Ac	80 ± 6	48 ± 5
<sup>212</sup> Pb	48 ± 2	30 ± 4
<sup>212</sup> Bi	/	16 ± 2
<sup>208</sup> Tl	49 ± 3	7,5 ± 0,9
<sup>235</sup> U	/	2,8 ± 2,1
<sup>40</sup> K	870 ± 30	630 ± 58

Tabella 5: concentrazione di attività radionuclidi nei fanghi di risulta dall'impianto depurazione acque. Analisi di spettrometria gamma eseguite dai laboratori U-Series e Arpa

I dati di concentrazione di attività dei principali radionuclidi contenuti nei fanghi non presentano anomalie.

### 3.5 Monitoraggio delle particelle aerodisperse – stazione interna al cantiere.

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

#### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

mensile su filtro per PTS (polveri totali sospese). La stazione di monitoraggio è collocata in prossimità dell'imbocco del cunicolo esplorativo.

In tabella 6 sono riassunti i dati settimanali di alfa e beta totale per il semestre luglio-dicembre 2016.

Campionamento PTS RAD		Stazione area cantiere		DATA LETTURA
data inizio	data fine	Attività Alfa	Attività Beta	
		(mBq/m <sup>3</sup> )		
28/06/16	05/07/16	0,43	<1,4	14/07/16
05/07/16	12/07/16	0,54	<1,4	22/07/16
12/07/16	19/07/16	0,35	<1,4	25/07/16
19/07/16	26/07/16	0,36	<1,4	04/08/16
26/07/16	02/08/16	0,4	<1,3	12/08/16
02/08/16	09/08/16	0,27	<1,3	19/08/16
09/08/16	16/08/16	0,26	<1,2	26/08/16
16/08/16	23/08/16	0,45	<1,3	31/08/16
23/08/16	30/08/16	0,48	<1,3	06/09/16
30/08/16	06/09/16	0,42	<1,3	13/09/16
06/09/16	13/09/16	0,34	<1,2	20/09/16
13/09/16	20/09/16	0,24	<1,4	28/09/16
20/09/16	27/09/16	0,43	<1,4	06/10/16
27/09/16	04/10/16	0,47	<1,4	13/10/16
04/10/16	11/10/16	0,33	<1,3	20/10/16
11/10/16	18/10/16	<0,18	<1,4	27/10/16
18/10/16	25/10/16	0,3	<1,4	03/11/16
25/10/16	02/11/16	0,39	<1,4	12/11/16
02/11/16	08/11/16	0,15	<1,4	18/11/16
08/11/16	15/11/16	<0,10	<1,3	24/11/16
15/11/16	22/11/16	0,27	<1,3	01/12/16
22/11/16	29/11/16	<0,07	<1,3	09/12/16
29/11/16	06/12/16	0,35	<1,3	16/12/16
06/12/16	13/12/16	0,27	<1,3	22/12/16
13/12/16	20/12/16	0,48	<1,3	30/12/16
20/12/16	27/12/16	0,09	<1,3	05/01/17

Tabella 6: concentrazione di attività alfa e beta totale su filtri per PTS – dati trasmessi da TELT.  
 Semestre luglio-dicembre 2016

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

In figura 5 è graficato, invece, l'andamento nel tempo dei valori di attività alfa totale su PTS, con indicati in azzurro e in rosso i livelli di attenzione ( $0,6 \text{ mBq/m}^3$ ) e di intervento ( $0,8 \text{ mBq/m}^3$ ) "ridefiniti" secondo quanto riportato nel PGA.

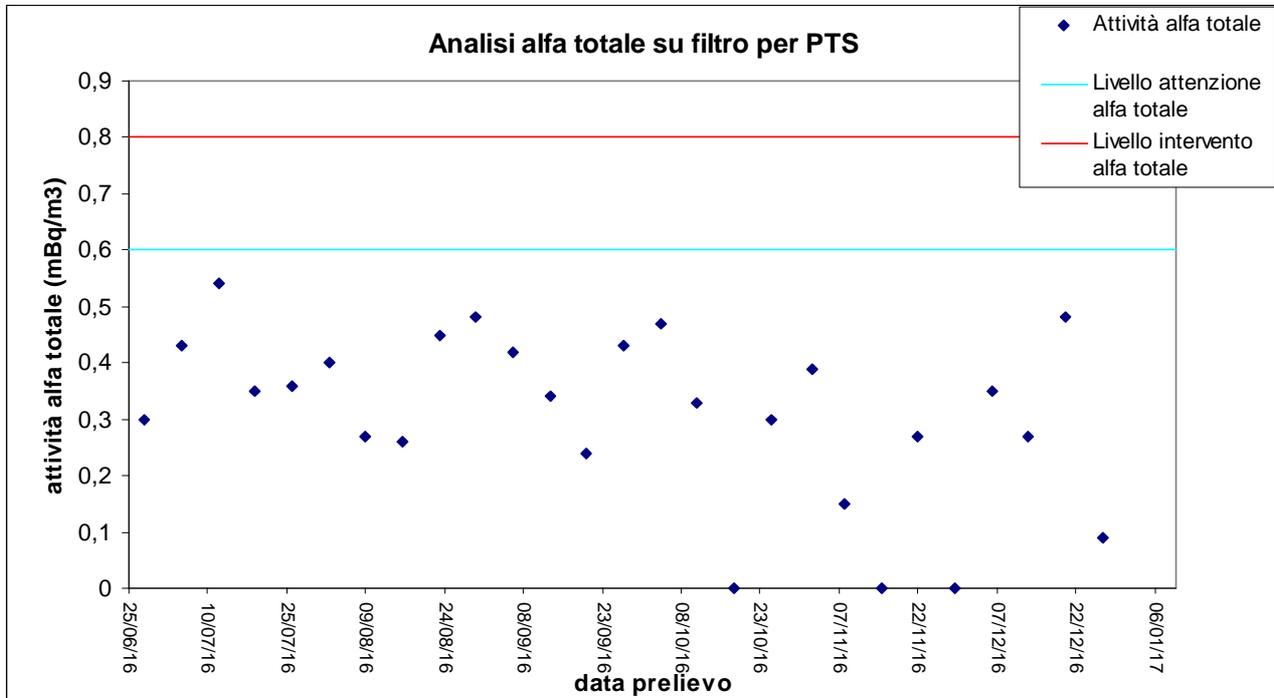


Figura 5: attività alfa totale su PTS – 2° semestre anno 2016 – dati trasmessi TELT

La tabella 6 e la figura 5 mostrano una situazione ambientale nella norma, confermata anche dalle analisi di spettrometria gamma eseguite sui pacchetti mensili dei filtri per PTS: le concentrazioni di attività dei principali radionuclidi naturali di interesse sono sempre risultate inferiori alle MAR (Minima Attività Rivelabile).

#### 4 Monitoraggio esterno al cantiere - Analisi dei dati di radioattività ambientale.

##### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

#### 4.1 Il monitoraggio delle particelle aerodisperse, analisi dei dati.

La misura della radioattività nelle particelle aerodisperse, come stabilito da PMA (piano di Monitoraggio Ambientale), è stata condotta da TELT mediante campionamenti di tipo sequenziale in continuo per 30 giorni, rispettivamente nelle stazioni A5.4 in Frazione la Maddalena e A7.1 di Exilles. Settimanalmente, sui filtri per la raccolta delle particelle totali sospese (PTS), viene eseguita l'analisi per la determinazione dell'attività alfa e beta totale mentre mensilmente sul pacchetto di filtri settimanali è eseguita una spettrometria gamma. Nella tabella 7 sono riassunti i valori di concentrazione alfa e beta totale su PTS per le stazioni citate (periodo dal 28/06/2016 al 03/01/2017) .

Campionamento		Stazione 5.4		Stazione 7.1	
data inizio	data fine	Attività Alfa	Attività Beta	Attività Alfa	Attività Beta
		(mBq/m <sup>3</sup> )		(mBq/m <sup>3</sup> )	
28/06/2016	05/07/2016	0,101	2,426	<0,032	1,028
05/07/2016	12/07/2016	0,062	1,454	0,1	1,557
19/07/2016	26/07/2016	0,077	1,437	0,064	1,153
26/07/2016	02/08/2016	0,072	1,395	<0,055	0,255
02/08/2016	09/08/2016	0,044	0,972	0,061	0,929
16/08/2016	23/08/2016	0,082	1,455	0,045	1,46
30/08/2016	06/09/2016	/	/	0,042	1,497
06/09/2016	13/09/2016	0,165	3,889	/	/
13/09/2016	20/09/2016	0,147	3,94	/	/
20/09/2016	27/09/2016	0,08	1,64	0,091	1,84
27/09/2016	04/10/2016	0,068	2,3	0,088	2,24
04/10/2016	11/10/2016	0,08	1,27	0,057	1,031
11/10/2016	18/10/2016	0,044	0,883	0,055	0,805
18/10/2016	25/10/2016	0,065	1,544	0,04	0,842
25/10/2016	01/11/2016	0,058	1,23	0,049	1,254
01/11/2016	08/11/2016	0,053	1,32	<0,033	0,999
08/11/2016	15/11/2016	0,054	0,634	0,056	0,728
15/11/2016	22/11/2016	0,063	1,838	<0,032	1,237
22/11/2016	29/11/2016	0,037	0,347	0,039	0,519
29/11/2016	06/12/2016	0,074	1,178	/	/
06/12/2016	13/12/2016	0,034	1,135	0,045	1,002
13/12/2016	20/12/2016	0,1	1,547	0,047	0,966
20/12/2016	27/12/2016	0,064	0,448	<0,044	0,643
27/12/2016	03/01/2017	0,054	0,955	0,037	<0,097

Tabella 7: valori di attività alfa e beta su filtro per PTS - stazioni A5.4 e A7.1

Nei grafici di figure 6 e 7 sono, invece, riportati per le due stazioni di monitoraggio, rispettivamente i valori di attività alfa e di attività beta con indicate in rosso le “soglie di intervento” (0,5 mBq/m<sup>3</sup> per le misure di alfa totale e 5 mBq/m<sup>3</sup> per le misure di beta totale)

#### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

ed in verde le “soglie di attenzione” ( $0,3 \text{ mBq/m}^3$  per le misure di alfa totale e  $4 \text{ mBq/m}^3$  per le misure di beta totale. Le soglie indicate sono state concordate a seguito della riunione con TELT presso il Dipartimento Tematico Radiazioni (vedi verbale di riunione Arpa del 19/07/2016).

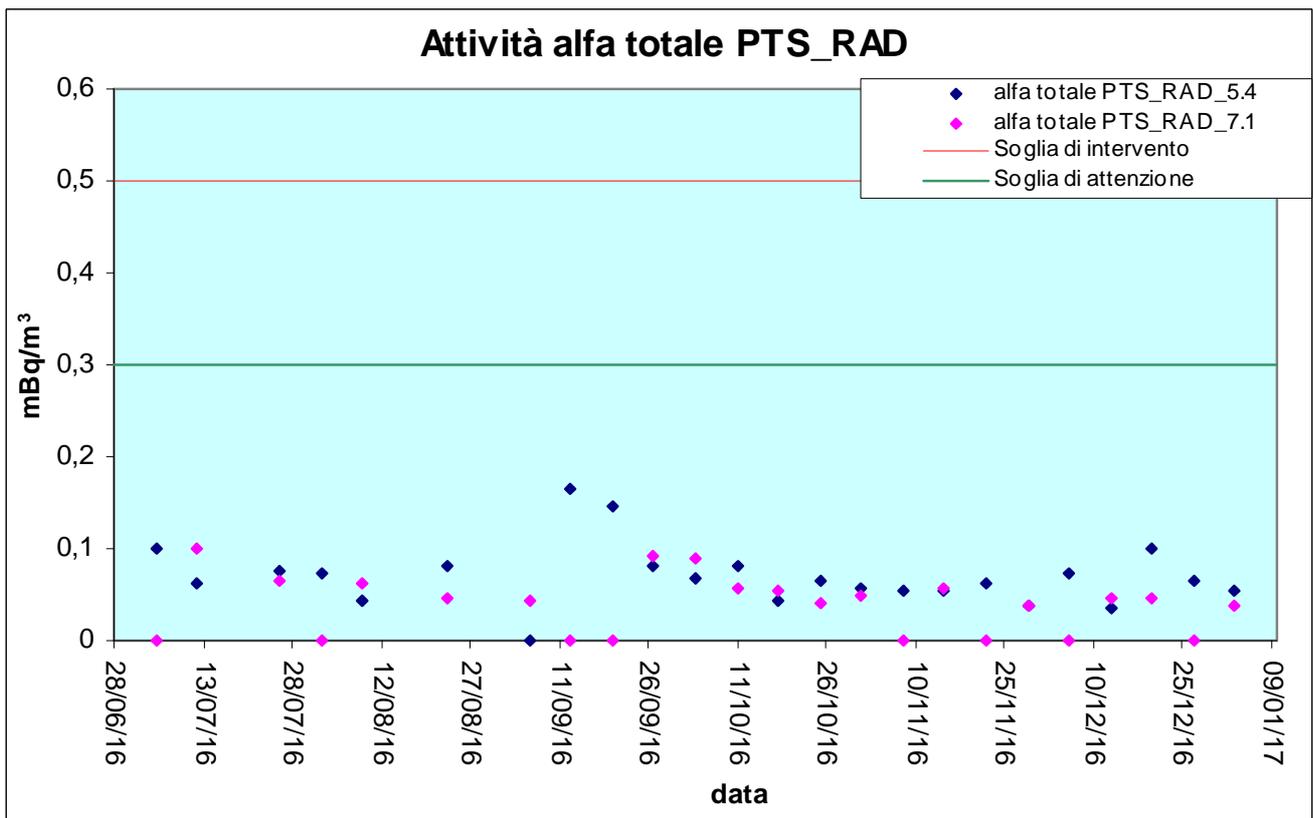


Figura 6: Valori di attività ALFA totale su PTS – stazioni A5.4 e A7.1

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

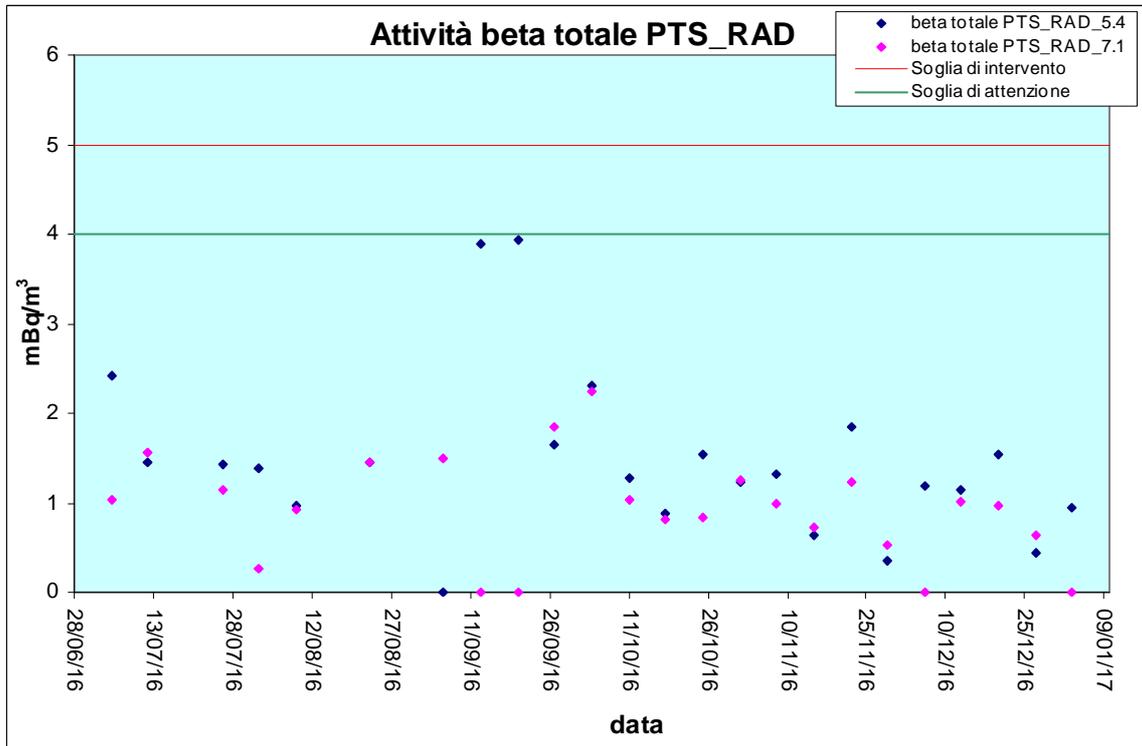


Figura 7: Valori di attività BETA totale su PTS – stazioni A5.4 e A7.1

Nella tabella 8 sono indicati i risultati delle analisi di spettrometria gamma ( $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$  e dal mese di ottobre 2016 anche del  $^{40}\text{K}$ ) eseguite mensilmente sui pacchetti di filtri per il PTS utilizzati nelle due stazioni di monitoraggio.

PTS_RAD 5.4				
Periodo campionamento	Attività $^{214}\text{Pb}$	Attività $^{137}\text{Cs}$	Attività $^{212}\text{Pb}$	Attività $^{40}\text{K}$
	(mBq/m <sup>3</sup> )	(mBq/m <sup>3</sup> )	(mBq/m <sup>3</sup> )	(mBq/m <sup>3</sup> )
lug_16	0,18 ± 0,16	<0,05	<0,12	/
ago_16	/	/	/	/
sett_15	0,53 ± 0,27	<0,06	<0,16	/
ott_16	0,35 ± 0,19	<0,04	<0,26	<1,33
nov_16	<0,16	<0,06	<0,080	<2,23
dic_16	0,36 ± 0,19	<0,050	0,13 ± 0,11	<1,48
PTS_RAD 7.1				
Periodo campionamento	Attività $^{214}\text{Pb}$	Attività $^{137}\text{Cs}$	Attività $^{212}\text{Pb}$	Attività $^{40}\text{K}$
	(mBq/m <sup>3</sup> )	(mBq/m <sup>3</sup> )	(mBq/m <sup>3</sup> )	(mBq/m <sup>3</sup> )
lug_16	<0,11	<0,05	<0,08	/
ago_16	/	/	/	/
sett_15	<0,40	<0,15	<0,21	/
ott_16	0,92 ± 0,44	<0,050	0,18 ± 0,14	<1,48
nov_16	<0,19	<0,07	<0,09	<2,62
dic_16	0,33 ± 0,23	<0,050	<0,18	<1,61

Tabella 8: analisi mensile di spettrometria gamma su pacchetto di filtri - stazioni A5.4 e A7.1

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 – E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

Le analisi di alfa e beta totale e di spettrometria gamma condotte sui filtri per monitorare la radioattività nel particolato atmosferico hanno fornito valori tipici del fondo.

#### 4.2 Il monitoraggio delle risorse idriche superficiali, valutazione dei risultati.

Il monitoraggio delle risorse idriche superficiali, per la determinazione della concentrazione dei radionuclidi emettitori alfa e beta, è stato eseguito con frequenza bimestrale, così come concordato nella riunione con TELT presso il Dipartimento di Ivrea, finalizzata alla ridefinizione del monitoraggio esterno (verbale di riunione Arpa del 10/11/2014 e lettera Arpa Prot. n.99940 del 28/11/2014). Nelle tabelle 9 e 10 sono indicati, per i punti di prelievo, i risultati delle analisi alfa e beta totale relative al secondo semestre dell'anno 2016:

- ASP-031 Dora Riparia, valle discarica Colombera
- ASP-032 Dora Riparia, valle confluenza Clarea
- ASP-001 Clarea, monte confluenza Dora Riparia
- ASP-033 Clarea, valle vasca accumulo Pont Ventoux

Data prelievo	ASP_032		ASP_031	
	Attività $\beta$ Totale	Attività $\alpha$ Totale	Attività $\beta$ Totale	Attività $\alpha$ Totale
	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/l)
08/08/2016	<0,088	0,099	<0,066	0,099
17/10/2016	<0,096	0,082	<0,097	0,096
12/12/2016	0,056	0,05	0,071	0,026

Tabella 9 attività alfa e beta totale – analisi acqua superficiale ASP\_031 e ASP\_032

Data prelievo	ASP_001		ASP_033	
	Attività $\beta$ Totale	Attività $\alpha$ Totale	Attività $\beta$ Totale	Attività $\alpha$ Totale
	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/l)
17/10/2016	0,060	0,033	0,054	0,036
12/12/2016	0,048	0,02	0,020	0,012

Tabella 10 attività alfa e beta totale – analisi acqua superficiale ASP\_001e ASP\_033

#### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

I valori di attività alfa e beta totale riportati nelle tabelle 9 e 10 risultano tutti inferiori ai “livelli di attenzione” ridefiniti ai sensi del D.Lgs. 15/02/2016 n.28 e indicati nel Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA rev.c):

- 0,5 Bq/l per la misura beta totale
- 0,1 Bq/l per la misura alfa totale

#### 4.3 Il monitoraggio delle risorse idriche sotterranee, valutazione dei risultati.

Le risorse idriche sotterranee, monitorate in data 14/09/2016 sono state le seguenti:

##### Comune di Giaglione

AST-010 Pratovecchio  
 AST-011 Boscocedrino  
 AST-012 Vasca Supita  
 AST-218 Greisone  
 AST-441 Vasca rottura 2 Greisone  
 AST-446 S. Chiara

##### Comune di Exilles

AST-486 Vasca Cels

##### Comune di Chiomonte

AST-222 Verger  
 AST-381 Chejera

In tabella 11 sono presenti i valori di attività beta e alfa totali per le acque sotterranee campionate.

Prelievo acque AST - SETTEMBRE 2016		
Identificativo risorsa idrica	Attività $\beta$ Totale	Attività $\alpha$ Totale
	(Bq/l)	(Bq/l)
AST_010	0,094	0,06
AST_011	0,026	0,021
AST_012	0,097	0,049
AST_218	0,03	0,047
AST_222	0,073	<0,017
AST_381	/	/
AST_441	0,163	0,078
AST_446	<0,029	0,026
AST_486	0,081	0,058

Tabella 11: Attività Beta e Alfa totale – analisi acque sotterranee

Si osserva che, anche nel secondo semestre dell’anno 2016, le analisi effettuate sulle acque sotterranee monitorate hanno fornito valori di concentrazione di attività alfa e beta

##### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

totale inferiori ai “livelli di attenzione” (0,5 Bq/l per la misura beta totale e 0,1 Bq/l per la misura alfa totale).

## 5 Conclusioni

Il monitoraggio condotto da TELT s.a.s. per la componente radiazioni ionizzanti, internamente e esternamente al cantiere per la costruzione del cunicolo esplorativo de “La Maddalena” nel secondo semestre dell’anno 2016 è stato effettuato correttamente rispettato i tempi e le frequenze stabiliti e concordati con Arpa come riportato dal PGA, dal PMA, e dal documento “Linee Guida in caso di materiale radioattivo al fronte”.

In sintesi vengono di seguito richiamati i punti principali.

### ***Monitoraggio interno al cantiere***

#### Monitoraggio Radon

Il monitoraggio del radon entro il cunicolo esplorativo è stato eseguito da Arpa con l'utilizzo di dosimetri a tracce. I valori di concentrazione rivelati da ARPA e dalla ditta Venaus scarl per conto di Telt sono risultati sempre ampiamente inferiori al livello d’Azione di 500 Bq/m<sup>3</sup> (D.Lvo 230/95) e anche alla “soglia di sorveglianza” di 200 Bq/m<sup>3</sup> stabilita.

#### Misure di radioattività al fronte scavo e sui cumuli di smarino

Le misure di rateo di dose gamma al fronte di scavo sono state rilevate da TELT in continuo tramite un Geiger-Mueller posizionato in prossimità della testa della TBM. I valori acquisiti e trasmessi al Dipartimento Tematico Radiazioni, che sono risultati sempre inferiori alla “soglia di sorveglianza” di 250 nSv/h, sono stati verificati anche con misure sia all’interno del cunicolo che sui cumuli di smarino. Nel corso dei periodici sopralluoghi condotti c/o il cantiere si è inoltre provveduto a prelevare dei campioni di smarino per analisi di spettrometria gamma in modo da determinare le concentrazioni di attività dei principali radionuclidi naturali. Il confronto tra le analisi spettrometriche eseguite dal

#### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

Dipartimento Tematico Radiazioni e dal laboratorio incaricato da TELT ha fornito valori confrontabili, entro l'incertezza di misura; tali valori sono tipici di materiali a medio-basso contenuto di radioattività.

#### Misure di radioattività sul particolato aerodisperso

Le misure di radioattività sul particolato atmosferico sono state effettuate correttamente. Le concentrazioni di attività alfa e beta nelle PTS non hanno mai superato i livelli di attenzione. 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, ha sempre fornito valori tipici di un ambiente imperturbato.

#### Misure di radioattività inerenti l'impianto di depurazione

Le analisi di alfa e beta totale sull'acqua di ingresso all'impianto di depurazione hanno sempre fornito valori nettamente inferiori alle soglie di intervento riportate sul PGA (0,5 Bq/l per l'alfa totale e 1 Bq/l per l'attività beta). I risultati delle analisi effettuate da Arpa sulle aliquote dei un campioni prelevati da Venaus scarl, risultano sostanzialmente compatibili e confermano i bassi valori di radioattività nelle acque.

Anche l'analisi di spettrometria gamma sui fanghi di risulta dell'impianto di depurazione del cantiere ha confermato i bassi valori di concentrazione di attività dei radionuclidi naturali.

### ***Monitoraggio esterno al cantiere***

#### Monitoraggio delle particelle aerodisperse

Per la misura della radioattività delle particelle aerodisperse (PTS-Rad), come stabilito nel PMA, il monitoraggio è stato condotto mediante campionamenti di tipo sequenziale in continuo per 30 giorni dalle stazioni 5.4 in Frazione la Maddalena e 7.1 di Exilles: misura settimanale di attività alfa e beta totale e spettrometria gamma mensile sul pacchetto di filtri (sono riportati i dati relativi ai radionuclidi  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Pb}$  e  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{40}\text{K}$ ).

Le analisi dei filtri per PTS non hanno rivelato la presenza di livelli di radioattività anomali attribuibili alle attività di cantiere.

#### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

### Monitoraggio delle risorse idriche

I valori di attività alfa e beta totale rilevati nel monitoraggio bimestrale delle acque superficiali e in quello semestrale delle acque sotterranee sono sempre risultati inferiori ai “livelli di attenzione” (0,1 Bq/l per l’alfa totale e 0,5 Bq/l per il beta totale) riportati nel PMA; livelli molto restrittivi e riferiti al D.lvo 28 del 15/02/2016 che stabilisce i requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano .

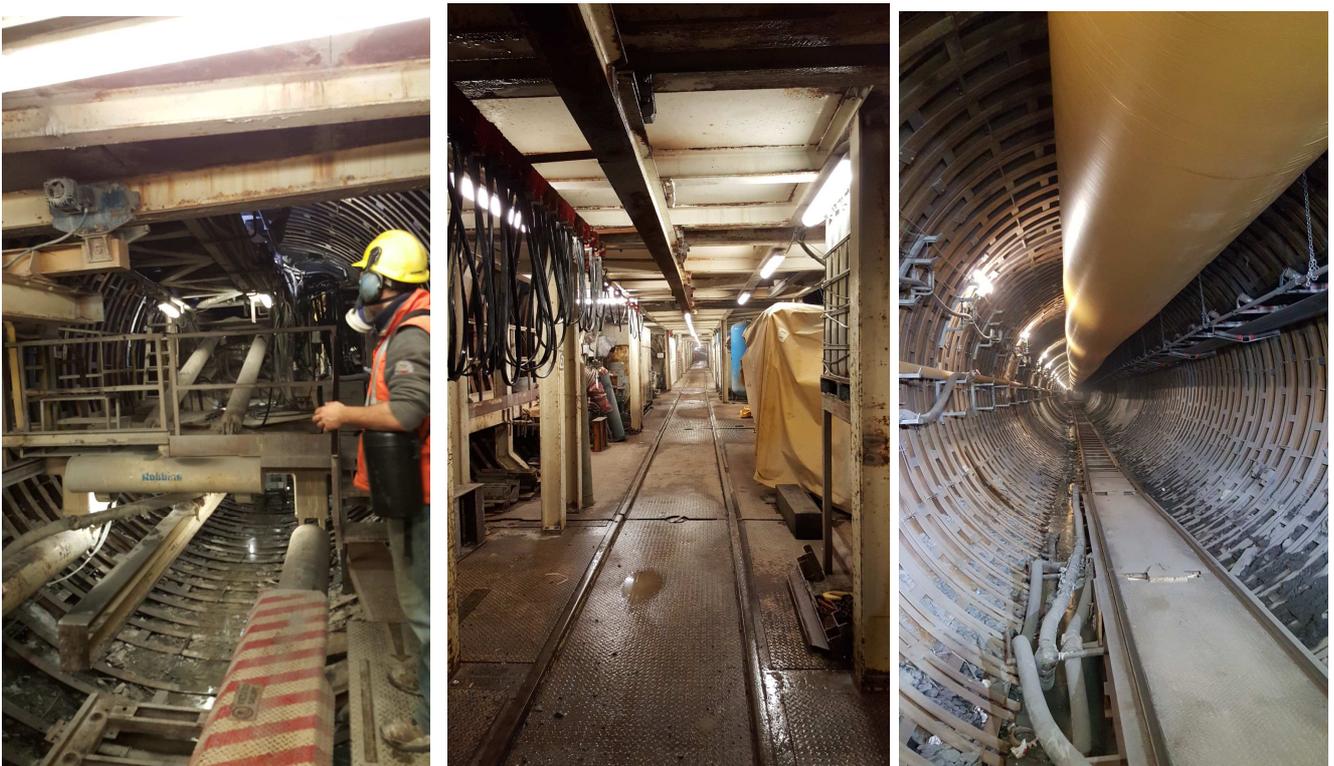


Figura 8: particolari della TBM e del cunicolo esplorativo

In conclusione, si può affermare che, i monitoraggi condotti per conto di TELT e dal Dipartimento Tematico Radiazioni di ARPA, nel secondo semestre dell’anno 2016, internamente alla zona di scavo ed in ambiente esterno, non hanno evidenziato variazioni significative dei normali livelli di fondo della radioattività ambientale.

#### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)