



**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE  
CUP C11J05000030001**

**Chantier Opérationnel 004 – Cantiere Operativo  
004CIG ZD120E5753**

**CONTRATTO N. C17369  
PROGETTAZIONE ESECUTIVA DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE**

**CANTIERI OPERATIVI – LATO ITALIA  
PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE**

**LOTTO COSTRUTTIVO 1  
SVINCOLO DI CHIOMONTE IN FASE DI CANTIERE E NICCHIE DI INTERSCAMBIO  
MONITORAGGIO AMBIENTALE IN CONTINUITÀ PER LA REALIZZAZIONE DEL CO4  
NELL'AREA DE LA MADDALENA - ALLEGATO 4**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	22/04/2020	Prima emissione	ROBERTO ANDRIGHETTO	ALFREDO CAPPELLINI	ALFREDO CAPPELLINI
A	29/4/2020	Documento approvato	ROBERTO ANDRIGHETTO	ALFREDO CAPPELLINI	ALFREDO CAPPELLINI
B	20/05/2020	Emissione a seguito commenti TELT	ROBERTO ANDRIGHETTO	ALFREDO CAPPELLINI	ALFREDO CAPPELLINI

0	0	0	C	1	7	3	6	9	0	M	A	-	-	-	-	E	R	E	A	M	0	0	0	4	B
Cantiere Operativo Chantier Opérationnel			Contratto Contrat				Opera Ouvrage		Tratta Tronçon		Parte Partie		Fase Phase		Tipo documento Type de document		Oggetto Objet		Numero documento Numéro de document			Indice			

-
Scala / Echelle

A	P
Stato / Statut	
Indirizzo / Adresse GED	

Il progettista / Le designer

L'appaltatore / L'entrepreneur

Il Direttore dei Lavori / Le Maître d'Oeuvre

## NUOVA LINEA TORINO LIONE CUNICOLO ESPLORATIVO DE LA MADDALENA

CUP C11J05000030001

DELIBERA CIPE N.86/2010 DEL 18 NOVEMBRE 2010

### Verifica Esiti Ambientali del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena Relazione

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	29/05/2017	Prima Emissione	AI Engineering Geodata Engineering	Dott. Geol. Attilio Eusebio	Dott. For. Lorenzo Morra
A	08/06/2017	Emissione allo stato AP	AI Engineering Geodata Engineering	Dott. Geol. Attilio Eusebio	Dott. For. Lorenzo Morra

*(Handwritten signatures and stamps)*

Stamp: ORDINE DEI GEOLOGI DEL PIEMONTE  
EUSEBIO Attilio n° 754

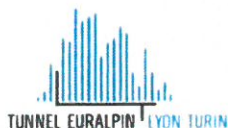
Stamp: ORDINE DEI GEOMETRI AGRONOMI E FORESTALI DELLA PROVINCIA DI TORINO  
Lorenzo MORRA n° 712

CODE DOC	M	A	D	M	S	5	G	I	A	0	0	0	1	A
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	MAD	//	//	02	02	10	10	01
------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

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. PREMESSA E OGGETTO DEL DOCUMENTO .....	6
1.1 Acronimi e abbreviazioni.....	7
2. LE FASI AUTORIZZATIVE E LE PRINCIPALI PRESCRIZIONI .....	9
3. L’OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI DELLA DELIBERA CIPE 86/2010 .....	15
4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	20
4.1 Il cunicolo esplorativo .....	20
4.1.1 La Variante in riduzione del Cunicolo Esplorativo della Maddalena.....	21
4.2 Il cantiere e il sito di deposito .....	22
4.3 La logistica e l’accessibilità .....	29
4.4 I ripristini .....	30
4.5 Il cronoprogramma realizzativo .....	31
4.6 Quadro dei dati geognostici prodotti e monitoraggio geotecnico .....	32
4.7 La Gestione delle Terre e Rocce da scavo e rifiuti.....	35
4.8 L’accompagnamento dell’opera e il controllo da parte delle autorità competenti...	40
4.9 Il Sistema di Controllo Integrato.....	41
4.9.1 La gestione dei risultati e le interfacce tra i diversi responsabili.....	42
4.9.2 Portale Unico del Sistema Informativo Territoriale.....	45
4.9.3 Il dettaglio dei due sistemi.....	47
4.10 Il Piano di Monitoraggio Ambientale .....	47
4.10.1 Atmosfera.....	49
4.10.2 Amianto.....	53
4.10.3 Rumore e vibrazioni.....	55
4.10.4 Ambiente idrico .....	57
4.10.4.1 Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei.....	57
4.10.4.2 Monitoraggio dei corpi idrici superficiali.....	64
4.10.5 Radiazioni ionizzanti .....	69
4.10.6 Suolo e sottosuolo.....	71
4.10.7 Componenti biotiche.....	72
4.10.8 Componenti biotiche.....	72
4.11 Il Piano di Gestione Ambientale .....	73
4.11.1 Qualità dell’aria – Fase 1 .....	77
4.11.2 Monitoraggio dell’amianto aerodisperso – Fase 1 .....	79
4.11.3 Rumore – Fase 1 .....	80
4.11.4 Vibrazioni – Fase 1 .....	83
4.11.5 Qualità dell’acqua – Fase 1 .....	84
4.11.6 Protezione suolo e sottosuolo – Fase 1 .....	87
4.11.7 Radiazioni ionizzanti – Fase 1.....	89
4.11.8 Qualità dell’aria – Fase 2 .....	92
4.11.9 Amianto aerodisperso – Fase 2.....	93
4.11.10 Rumore – Fase 2 .....	94
4.11.11 Vibrazioni – Fase 2 .....	95
4.11.12 Qualità dell’acqua – Fase 2.....	95
4.11.13 Protezione del suolo e del sottosuolo – Fase 2 .....	95

4.11.14	Radiazioni ionizzanti – Fase 2 .....	95
4.12	Il sistema mitigativo .....	100
4.12.1	Modalità applicative in relazione al Sistema di Gestione Ambientale .....	100
4.12.2	Misure adottate .....	101
4.13	La sicurezza dei lavoratori in fase di esecuzione .....	101
4.13.1	Interferenze e vincoli, rischi.....	101
4.13.1.1	Interferenze e vincoli.....	101
4.13.1.2	Instabilità degli scavi.....	102
4.13.1.3	Caduta dall’alto .....	102
4.13.1.4	Rumore .....	102
4.13.1.5	Polveri.....	103
4.13.1.6	Gas pericolosi.....	106
4.13.1.7	Fibre di amianto .....	107
4.13.1.8	Rischio chimico.....	107
4.13.1.9	Vibrazioni .....	107
4.13.1.10	Microclima.....	108
4.13.1.11	Ulteriori rischi.....	110
4.13.2	Il coordinamento della sicurezza .....	110
4.13.3	Gli infortuni occorsi.....	113
4.13.4	Pubblicazioni scientifiche .....	117
4.14	Valutazione Impatto sulla Salute.....	120
5.	RITORNO D’ESPERIENZA DELLE ATTIVITÀ GEOGNOSTICHE .....	123
5.1	Introduzione .....	123
5.2	Inquadramento dell’area di studio .....	123
5.3	Tratto scavato con metodo in tradizionale .....	125
5.3.1	Sintesi Geologia attraversata .....	125
5.3.2	Sintesi condizioni geomeccaniche in avanzamento.....	126
5.3.3	Monitoraggi: deformazioni registrate .....	127
5.4	Tratto scavato con TBM .....	127
5.4.1	Sintesi della geologia attraversata.....	127
5.4.2	Sintesi assetto strutturale del massiccio .....	129
5.4.3	Sintesi condizioni geomeccaniche in avanzamento.....	130
5.4.4	Comportamento dell’ammasso roccioso allo scavo.....	136
5.4.5	Indagini eseguite .....	139
5.4.6	Monitoraggi eseguiti .....	144
5.5	Interpretazione dei dati acquisiti e confronto con quanto previsto in Progetto Esecutivo .....	148
5.5.1	Geologia e geomeccanica .....	148
5.5.2	Idrogeologia e geotermia.....	152
5.5.3	Conclusioni.....	157
5.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra la pk 7+020 e 7+592 .....	158
5.6.1	Geologia e geomeccanica.....	158
5.6.2	Idrogeologia e geotermia.....	159
6.	LA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DELL’OPERA.....	160
6.1	Atmosfera.....	160
6.1.1	Le previsioni degli studi pregressi .....	160
6.1.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	162
6.1.3	Le misure mitigative adottate .....	169
6.1.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale.....	172

6.1.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	182
6.1.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592 .....	184
6.2	Ambiente idrico superficiale.....	184
6.2.1	Le previsioni degli studi pregressi .....	184
6.2.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	185
6.2.3	Le misure mitigative adottate .....	199
6.2.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	201
6.2.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	202
6.2.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592 .....	203
6.3	Ambiente idrico sotterraneo.....	204
6.3.1	Le previsioni degli studi pregressi .....	204
6.3.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	205
6.3.3	Le misure mitigative adottate .....	210
6.3.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	210
6.3.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	216
6.3.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592 .....	216
6.4	Il suolo .....	216
6.4.1	Le previsioni degli studi pregressi .....	216
6.4.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	217
6.4.3	Le misure mitigative adottate .....	219
6.4.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	220
6.4.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	222
6.4.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592 .....	223
6.5	Il sottosuolo.....	224
6.5.1	Le previsioni degli studi pregressi .....	224
6.5.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	224
6.5.3	Le misure mitigative adottate .....	228
6.5.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	228
6.5.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	228
6.5.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592 .....	229
6.6	Vegetazione.....	229
6.6.1	Le previsioni degli studi pregressi .....	229
6.6.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	233
6.6.3	Le misure mitigative e di recupero adottate .....	239
6.6.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	240
6.6.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	242
6.6.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592 .....	244
6.7	Fauna.....	244
6.7.1	Le previsioni degli studi pregressi .....	244
6.7.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	245
6.7.3	Le misure mitigative adottate .....	248
6.7.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	248
6.7.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	256
6.7.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592 .....	256
6.8	Ecosistemi e rete ecologica .....	257
6.8.1	Le previsioni degli studi pregressi .....	257
6.8.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	258
6.8.3	Le misure mitigative adottate .....	261
6.8.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	261
6.8.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	262

6.8.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592 .....	263
6.9	Rumore .....	263
6.9.1	Le previsioni degli studi pregressi .....	263
6.9.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10 .....	264
6.9.3	Le misure mitigative adottate.....	270
6.9.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale.....	270
6.9.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente .....	283
6.9.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592 .....	289
6.10	Vibrazioni .....	289
6.10.1	Le previsioni degli studi pregressi.....	289
6.10.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	290
6.10.3	Le misure mitigative adottate .....	293
6.10.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	293
6.10.5	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	302
6.10.6	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592.....	306
6.11	Paesaggio .....	307
6.11.1	Le previsioni degli studi pregressi.....	307
6.11.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	308
6.11.3	Le misure mitigative adottate .....	311
6.11.4	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	311
6.11.5	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592.....	315
6.12	Amianto .....	316
6.12.1	Le previsioni degli studi pregressi.....	317
6.12.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	317
6.12.3	Le misure mitigative adottate .....	325
6.12.4	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	325
6.12.5	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592.....	336
6.13	Radiazioni ionizzanti .....	338
6.13.1	Le previsioni degli studi pregressi.....	338
6.13.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	338
6.13.3	Gli esiti del monitoraggio ambientale .....	345
6.13.4	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	353
6.13.5	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592.....	353
6.14	Salute pubblica.....	353
6.14.1	Le previsioni degli studi pregressi.....	353
6.14.2	Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10.....	354
6.14.3	Le misure mitigative e i protocolli di gestione adottati .....	354
6.14.4	Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente.....	354
6.14.5	Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592.....	354
6.15	Impatti transfrontalieri .....	355
6.16	Archeologia.....	355
6.17	Socioeconomia.....	358
7.	CONCLUSIONI E QUADRO DI SINTESI .....	359
8.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	368

*allegato 1: MAD\_MS5\_GIA\_0002\_A\_AP\_PLA- Profilo geologico-geomeccanico*

## 1. Premessa e oggetto del documento

Gli obiettivi del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena, così come definiti sin dalla fase di Progetto Definitivo approvato con Delibera CIPE 86/2010, erano legati alla necessità di conoscere puntualmente, prima dello scavo delle gallerie del Tunnel di Base, le caratteristiche ed il comportamento conseguente allo scavo meccanizzato dell'ammasso roccioso della tratta in territorio italiano fino al sito di Clarea, con particolare riguardo al massiccio d'Ambin, la conoscenza del quale non era ritenuta esaustiva ai predetti fini.

Gli obiettivi principali legati alla realizzazione dell'opera riguardavano:

- Il riconoscimento geologico, geotecnico ed idrogeologico;
- La verifica del comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo sotto alte coperture;
- Il test dello scavo meccanizzato;
- L'indagine degli aspetti geotermici;
- La valutazione delle possibili venute d'acqua.

Inoltre, come esplicitato nello Studio di Impatto Ambientale (*Italferr 2009 – Elab. 0169\_MAI\_02\_02\_10\_10\_01*), lo scavo del Cunicolo Esplorativo doveva servire *come test completo per le modalità di organizzazione funzionale ed operativa del cantiere e attività connesse con l'evidenziazione dei problemi da affrontare e ottimizzandone la soluzione specie in tema di rispetto ambientale, di impegno territoriale e di sicurezza delle maestranze impegnate.*

Il progetto prevedeva che la lunghezza dello scavo arrivasse sino alla pK 7+592; tuttavia, sulla base delle relazioni del Direttore dei Lavori e del Progettista, gli obiettivi di natura tecnica saranno raggiunti alla pK 7+020 punto in cui il cunicolo avrà raggiunto il suo scopo geognostico dato che:

- La TBM sarà arrivata alle massime coperture (pK 6+800 – copertura 2012 m);
- Sarà testato lo scavo meccanizzato per più di 6800 m;
- Sarà stato esplorato per più di 6500 m il massiccio d'Ambin, di cui 900 m con coperture oltre 1900 m, molto prossime alla massima copertura di 2000 m.

In ultimo la lunghezza del cunicolo avrà raggiunto il territorio francese e sarà sufficiente anche per gli ulteriori utilizzi previsti per le fasi successive di costruzioni e di esercizio del Tunnel di Base.

In relazione ai presupposti tecnici dell'arresto dello scavo sopra richiamati, il presente documento si pone i seguenti obiettivi:

- Dimostrare che la significatività delle valutazioni e dei dati acquisiti dal punto di vista geognostico e ambientale, è tale da non essere condizionata dalla riduzione della lunghezza del cunicolo, e che di conseguenza lo scavo dei rimanenti 500 m non avrebbe apportato ulteriori elementi di valutazione. Tale esigenza è strettamente connessa con la variante (ex art. 169 del D.Lgs 163/06) in detrazione dello scavo del Cunicolo Esplorativo che prevede l'arresto alla pK 7+020;
- Rispondere al punto 6 del parere 1674 del 12 dicembre 2014 della CTVIA (confluito nella delibera CIPE 19/12/2015 che richiedeva la verifica della compatibilità ambientale del Progetto principale (PD2) sulla base degli esiti dell'esecuzione del Cunicolo. In particolare il passaggio del parere è il seguente: "Sussista la compatibilità

ambientale relativamente al Progetto Definitivo a condizione che siano verificati positivamente e trovino conferma gli esiti del progetto del Cunicolo Esplorativo “La Maddalena”, opera propedeutica alla realizzazione del Tunnel di Base”.

## 1.1 Acronimi e abbreviazioni

Per una migliore comprensione dell’elaborato si riportano di seguito gli acronimi e le abbreviazioni che verranno utilizzate:

- A32 = Autostrada A32 Torino-Bardonecchia
- ARPA = Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale
- CER = Codice Europeo Rifiuti
- CIPE = Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica
- CSC = Concentrazioni Soglie di Contaminazione
- CSE = Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione
- DL = Direzione Lavori
- ISPRA= Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
- LTF = Lyon Turin Ferroviaire S.A.S – ex soggetto proponente della NLTL, sostituito da TELT a partire dal 23 febbraio 2015
- NLTL = Nuova Linea Torino Lione
- PAI = Piano di Assetto Idrogeologico
- p.c. = piano campagna
- PDVM: il Progetto Definitivo della Variante la Maddalena
- PFT = Piani Forestali Territoriali (regione Piemonte)
- PGA = Piano di Gestione Ambientale
- Pk = progressiva del tracciato, identificativa del suo sviluppo a partire dal chilometro di inizio 0+000
- PMA = Progetto di Monitoraggio Ambientale
- PPR = Piano Paesaggistico Regionale (regione Piemonte)
- PSC = Piano di Sicurezza e Coordinamento
- PTA = Piano di Tutela delle Acque (regione Piemonte)
- PTR = Piano Territoriale Regionale (regione Piemonte)
- RFI = Rete Ferroviaria Italiana SpA
- RA = Responsabile Ambientale
- RSGA = Responsabile del Sistema di Gestione Ambientale
- SGA = Sistema di Gestione Ambientale
- SIA = Studio di Impatto Ambientale
- SIC = Sito di Importanza Comunitaria (aree protette della rete europea Natura 2000)
- SITAF = Società Italiana Traforo Autostradale del Fréjus SpA, concessionaria della A32 e del traforo del Fréjus
- TBM = Tunnel Boring Machine (fresa per lo scavo meccanizzato)
- TdB = Tunnel di Base



- TELT sas = Tunnel Euralpin Lyon Turin, promotore pubblico della Nuova Linea Torino-Lione succeduto a LTF sas e responsabile della realizzazione e della gestione della sezione transfrontaliera della futura linea ferroviaria merci e passeggeri Torino-Lione.
- VIA = Valutazione di Impatto Ambientale

## 2. Le fasi autorizzative e le principali prescrizioni

La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena è stata avviata con istanza di LTF acquisita dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con prot. DVA-2010-0012969 del 19 maggio 2010.

Giova evidenziare che si è trattato di una procedura straordinaria di compatibilità ambientale avviata in deroga all'art. 165 comma 9 del D.Lgs 163/2006 che prevedeva che *ove, ai fini della progettazione delle infrastrutture, fosse necessaria l'escavazione di cunicoli esplorativi, l'autorizzazione alle attività relative, ivi inclusa l'installazione dei cantieri e l'individuazione dei siti di deposito, è rilasciata dal Ministro delle infrastrutture, d'intesa con il presidente della regione o provincia autonoma interessata, ed ha gli effetti dell'articolo 166, comma 5.*

In fase di procedura di VIA il Ministero dell'Ambiente, con nota prot. CTVA-2010-0002415 del 19-07-2010, ha formulato la richiesta di integrazione in merito ad alcuni aspetti progettuali e ambientali. Le richieste, con riferimento a quelle più significative dal punto di vista ambientale, che si sono poi anche riverberate nelle prescrizioni di cui alla delibera CIPE 86/2010, sono riportate nel seguito.

- Richiesta 2 - Eventuale presenza di fibre di amianto

*“In considerazione della, possibilità del rinvenimento di rocce contenenti amianto, e nell'assenza di tale previsione nel piano di risistemazione dello smarino, in cui il 100% del materiale estratto viene messo a dimora nel sito di deposito prossimo al cantiere, fatta salva la quota destinata al riutilizzo in loco come inerte da costruzione, in contraddizione con le valutazioni del “Piano di sicurezza e coordinamento”, relative alle procedure e misure di prevenzione in caso di presenza di rocce verdi contenenti amianto con indicazione del trasporto con mezzi pesanti alla Stazione di Bussoleno per il successivo smaltimento, si richiede di:*

- *fornire informazioni dettagliate e documentali circa l'eventuale presenza di fibre di amianto nelle rocce di scavo. Si richiedono inoltre chiarimenti e valutazioni qualitative e quantitative circa l'impatto sull'atmosfera dovuto al transito dei mezzi necessari per l'eventuale trasporto verso la stazione di Bussoleno delle rocce contenenti amianto, con l'indicazione dei percorsi..”*

- Richiesta 3 - Rischio di aumento del plafond di radioattività; Rischio di aumento di concentrazione di Gas Radon; Rischio di intercettamento di rocce amiantifere; Rischio di intercettazione di acque calde;

*“Tenuto conto, della possibilità di rinvenimento, durante le operazioni di perforazione della galleria, di rocce potenzialmente uranifere e di gas radon, oltre che di rocce amiantifere, e del ritrovamento di acque a temperature elevate, si richiede di:*

- *Presentare, per ciascuno di questi possibili accadimenti, un dettagliato ed unitario piano di valutazione del rischio e delle misure di sicurezza, basate su stime e valutazioni coerenti, relativo a:*
  - *Rischio di aumento del plafond di radioattività,*
  - *Rischio di aumento concentrazione gas Radon,*
  - *Rischio di intercettamento di rocce amiantifere,*

- *Rischio di intercettazione di acque calde*
  - *articolare tale piano nelle tre fasi successive:*
    - *Gestione dell'impatto sugli addetti in caso di emergenza;*
    - *Gestione dell'emergenza relativamente all'ambiente esterno (contenimento e trasporto, comprensivo dell'analisi dei percorsi);*
    - *Gestione, in fase di esercizio, degli impianti di trattamento delle acque (termali e non), che possano contenere, gas Radon, fanghi o fibre di amianto. Unificare le indicazioni di cui al Piano di sicurezza e Coordinamento, su stoccaggio, smaltimento e conferimento in discarica dei fanghi, e le modalità di smaltimento, in esercizio, delle acque. In particolare, in funzione dell'attuale livello progettuale, dettagliare il progetto dell'impianto definitivo con il relativo schema idraulico, dimensionamento e tecnologie adottate, compresa la prevista vasca di gorgogliamento per la dispersione del gas Radon.*"
- *Richiesta 4 - Piano di valutazione del rischio rispetto alle venute d'acqua in fase di scavo e procedure di emergenza;*
  - "Nella Relazione Geologica e Idrogeologica allegata al SIA è presentata una valutazione delle portate potenzialmente drenate dalla galleria che evidenzia la probabilità di venute d'acqua al fronte e di manifestazioni idriche rilevanti e ad alta pressione (Squeezing) con rischi di rotture improvvise e colpi di montagna. In considerazione di ciò si richiede di:*
    - *presentare un dettagliato piano di valutazione del rischio e la relativa pianificazione procedurale (dal punto di vista di gestione dell'emergenza, della tutela degli operatori e della tutela della risorsa idrica) relativi a:*
      - *Interventi tipici per portate non superiori a circa 100 l/s,*
      - *Interventi per portate superiori ai 100 l/s sino al massimo stimato (attualmente 280 l/s),*
      - *Recapito delle acque ai recettori"*
- *Richiesta 5 - Problematiche di cantierizzazione legate alle macchine utilizzate;*
  - "Con riferimento alle problematiche più specificatamente tecniche relative alla cantierizzazione, si richiede di:*
    - *Definire le tipologie delle macchine previste dalle lavorazioni di trattamento del marino (frantoi ecc..) con l'indicazione delle caratteristiche di rumorosità e ubicazione nel cantiere.*
    - *Integrare il progetto con la valutazione delle problematiche e degli impatti dovuti alle prevedibili procedure di lavorazione (polveri, movimento mezzi, etc...)."*
- *Richiesta 6 - Stima ricaduta al suolo contaminanti atmosferici;*
  - "Con riferimento alla citata necessità di trasporto di detriti speciali eventualmente rinvenuti nelle operazioni di scavo, si richiede di:*
    - *Effettuare una stima della ricaduta al suolo di contaminanti atmosferici dovuti alla realizzazione dell'opera in progetto, in particolare relativamente al rischio di sollevamento di polveri dovute alle attività di scavo (imbocchi), al deposito del materiale di scavo ed al transito dei mezzi nelle aree di cantiere, essenziale per la quantificazione dell'eventuale dispersione di fibre di amianto in atmosfera durante le attività di scavo.*

- *Aggiornare la tabella con le concentrazioni dei principali contaminanti atmosferici rilevati ad ottobre 2005 (per il cunicolo esplorativo di Venaus, ma considerati riferibili all'area di cantiere per il cunicolo de La Maddalena), in relazione ai contenuti di NOx, superiore al limite normativo per la protezione della vegetazione (media annua di 30 µg/m3), specificando i termini di riferimento per i valori esposti (45 µg/m3)."*
- **Richiesta 7 - Aspetti idraulici e dimensionamento delle opere di sistemazione idraulica;**
  - "Vista la particolare rilevanza e complessità del "contesto idraulico" in cui si inserisce l'opera e le indicazioni della Pianificazione di settore PAI, PTP, PTA (e della Normativa di riferimento) si ritiene necessario integrare lo 'Studio di Compatibilità idraulica' con i seguenti approfondimenti di dettaglio :*
    - *Stralcio della cartografia del PAI relativa alla zona di intervento e norme di attuazione piano stesso;*
    - *Cartografia opportuna che evidenzi, alla luce delle verifiche idrauliche effettuate, tutte le aree soggette a rischio allagamento;*
    - *definizione e dimensionamento delle necessarie opere di sistemazione idraulica, in accordo con le indicazioni del PAI vigente."*
- **Richiesta 8 e 9 - Interferenza con sorgenti e gestione acque calde;**
  - " 8) In relazione all'assetto idrogeologico degli ammassi rocciosi e delle problematiche idrogeologiche connesse con lo scavo della galleria (venute idriche, interferenze con le falde e le acque superficiali, rinvenimento di acque aggressive e/o contenenti radon, temperatura elevata dell'acqua in profondità), si chiede di integrare i documenti presentati con una:*
    - *ricostruzione attendibile delle geometrie degli acquiferi in profondità e dello schema di circolazione idrica al livello del tracciato e della sua possibile interconnessione con gli acquiferi e la circolazione idrica superficiale, specie nelle zone con minore copertura o intensamente fratturate con particolare riferimento alle situazioni di maggior criticità, quali*
      - *Imbocco (galleria artificiale)*
      - *Sottoattraversamento del torrente Clarea*
      - *Attraversamento di zone di faglie e d'intensa fratturazione (presenti in profondità anche sotto elevate coperture nel massiccio dell'Ambin)."*
  - " 9) Relativamente alle problematiche idrogeologiche, data la complessità dell'assetto geologico – strutturale e le incertezze nella ricostruzione della geometria degli acquiferi, delle caratteristiche chimico – fisiche delle acque e dei circuiti idrici profondi, si ritiene opportuno:*
    - *Approfondire il grado di conoscenza dell'assetto idrogeologico di dettaglio, in particolare nei settori dove sono state individuate le principali situazioni di criticità geomeccanica e idrogeologica, esponendo:*
      - *le soluzioni progettuali che si intendono proporre per eseguire gli scavi in condizioni di sicurezza e superare le zone più critiche;*
      - *gli accorgimenti da adottare, in caso di venute di acque particolarmente calde di origine profonda (fino a circa 50°), per la*

*salubrità e la sicurezza delle maestranze impegnate nei lavori.”*

- Richiesta 10 - Ambiente idrico sotterraneo con riferimento al rischio di impatto sulla Sorgente Boscocedrino e rischio di drenaggio del Torrente Clarea nella fase di sottoattraversamento;

*In relazione ai possibili impatti negativi sulle risorse idriche locali, in particolare sull'analisi delle sorgenti presenti nella fascia di territorio interessata che possono subire isterilimento o diminuzione di portate per effetto dello scavo della galleria, si evidenzia la sorgente di Bosco Cedrino (idropotabile a servizio del Comune di Giaglione, ai cui rischi "medio-bassi è stato associato un piano di soluzioni suddivise in: soluzioni d'emergenza, soluzioni transitorie o soluzioni definitive, si richiede di:*

- *Produrre una cartografia idrogeologica di dettaglio, con particolare riferimento al settore iniziale della tratta in corrispondenza della zona d'imbocco e nel sottoattraversamento del torrente Clarea, con la rappresentazione delle isopiezometriche e del loro andamento, Tale cartografia dovrà evidenziare:*

- *l'abbassamento del livello piezometrico delle falde intercettate;*
- *il possibile drenaggio delle acque dei corsi d'acqua superficiali (con ripercussioni negative nei periodi aridi sul minimo deflusso vitale;*
- *il rinsecchimento o perdita di portate delle sorgenti e dei pozzi, in particolare per quelli utilizzati a uso idropotabile;*

- *presentare la relazione di riscontro delle osservazioni sul progetto definitivo relative alle interferenze con le utenze idriche da acque sotterranee, indicata dal Proponente in sede CDS.*

- Richiesta 11 - Ambiente naturale problematiche relative all'interruzione di corridoi faunistici e possibili impatti sul SIC Boscaglie di Tasso di Giaglione;

*“In relazione alle componenti summenzionate, si ritiene opportuno approfondirne ed integrarne la caratterizzazione con particolare attenzione a segnalare le specie rare, protette e di interesse conservazionistico nazionale e/o comunitario.*

*In particolare per Flora e Vegetazione:*

- *Fornire una cartografia della vegetazione reale ante-operam al fine di comprenderne la distribuzione nell'area d'intervento e nel suo intorno e la quantificazione in termini di superficie,*

- *Fornire l'indicazione delle metodologie di mitigazione tassativamente realizzate tramite l'utilizzo di specie autoctone e, per quanto possibile, di provenienze ed ecotipi locali,*

*In particolare per la Fauna:*

- *Produrre una cartografia specifica per l'individuazione delle aree di importanza faunistica, almeno per le specie della fauna vertebrata, con l'indicazione dei siti di svernamento, rifugio, riproduzione, alimentazione, etc. Nella documentazione dovranno essere individuali i ricettori sensibili relativamente alla distribuzione dei popolamenti animali più significativi, e descritti i possibili danni alle biocenosi comprese quelle acquatiche, sia in fase di cantiere che di esercizio.*

- *Dettagliare, per la fase di cantiere, le misure di mitigazione relative alle interferenze, in particolare quelli relativi a l'alterazione/interruzione*

*dei corridoi faunistici, con riferimento a reti ecologiche specie-specifiche individuate nell'area in esame, relative a specie faunistiche selezionate in base a criteri biogeografici conservazionistici o ecologici.*

*In particolare per gli Ecosistemi:*

○ *In relazione al sito Natura 2000 (SIC IT 1110027 - Boscaglie di Tasso di Giaglione – Vai Clarea), pur se situato interno a quota di 1300 m, ben al di sopra del cunicolo esplorativo, fornire una relazione di screening (prima fase della valutazione di incidenza), a norma all'art. 6 della Direttiva 92/43/CEE, recepita con il regolamento di attuazione DPR n. 357/97 e s.m.i, in modo da evidenziare o escludere sulla base di elementi oggettivi le implicazioni potenziali dell'opera sul sito Natura 2000, in relazione alla eventuale significatività di tali incidenze sullo stato di conservazione del sito stesso.”*

- **Richiesta 12 - Salute pubblica.** Stima dell’impatto sulla salute conseguente le emissioni di polveri e gas (NOx) prodotti dai mezzi di cantiere e stima delle emissioni acustiche in fase di cantiere.

*“In relazione alla componente summenzionata, non trattata nel SIA, si richiede uno studio specifico che comprenda:*

- *la stima, dell’impatto sulla salute conseguente alle emissioni di polveri e gas (NOx) prodotti dai mezzi di cantiere, comprensiva della valutazione delle emissioni e delle ricadute al suolo dei suddetti inquinanti e delle emissioni acustiche in fase di cantiere.”*

- **Richiesta 13 - Rumore e Vibrazioni.** Elaborazione di mappe acustiche ante e corso d’opera.

*“In relazione alla componente Rumore, si richiede di:*

- *Valutare l’incremento di rumore prodotto tramite una simulazione modellistica che tenga conto di tutte le possibili sorgenti introdotte dal cantiere (compresa la viabilità indotta dall’esercizio del cantiere stesso). In particolare oltre alle fonti di rumore già identificate dovrà essere preso in considerazione anche il contributo dell’eventuale impianto di frantumazione del marino.*

- *Fornire i seguenti elaborati:*

- *Mappe acustiche dello stato attuale con individuazione dei ricettori (scala 1:5000);*
- *Mappe acustiche in fase di cantiere con individuazione dei ricettori (scala 1:5000);*
- *Mappe acustiche in fase di cantiere con l’inserimento degli eventuali interventi di mitigazione se ritenuti necessari, (scala 1:5000);*
- *Descrizione tabellare dei dati di input del modello utilizzato;*
- *Tabella di sintesi dei risultati in raffronto ai limiti vigenti (emissione ed immissione).”*

- **Richiesta 14 - Paesaggio.** Fotosimulazioni della sistemazione finale.

*“In relazione alla componente Paesaggio, si richiede di:*

- *produrre ulteriori fotosimulazioni da differenti punti di vista relativamente all’inserimento del sito di deposito definitivo Conca di Clarea, nel sistema paesaggistico..”*

- Richiesta 15 - Piano di Monitoraggio Ambientale. Dettagliare il Piano di Monitoraggio.
  - “In relazione al Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) su tutte le Componenti precedentemente esaminate, si richiede di:*
  - *Produrre una cartografia dettagliata dei punti di monitoraggio.*
  - *Fornire elementi circa l'effettiva realizzazione di quanto stabilito nel progetto preliminare di monitoraggio, alla luce del fatto che nel documento Progetto preliminare per il monitoraggio ambientale in ante-operam sono pianificate le modalità e le frequenze di monitoraggio dei parametri atmosferici, previste a partire dal mese di giugno 2009, ma che, a fronte di tale pianificazione, non risultano dati di monitoraggio successivi a giugno 2009.*
  - *Confermare la nota sull'esclusione del monitoraggio ante-operam per la componente atmosfera (qualità dell'aria), o con una relazione esplicativa o con la produzione dello studio citato nel SIA che giustifica tale decisione.*
  - *Aggiornare le citata "planimetria 1:5000 per l'individuazione di tutti i punti di monitoraggio con indicazione delle componenti monitorate, delle fasi e delle frequenze delle misurazioni" prevista nei documenti progettuali in forma non completa ed esaustiva, migliorandone la leggibilità.*
  - *Fornire cartografia e tabella di sintesi relativa ai punti di monitoraggio della qualità dell'aria.*
  - *aggiornare il PMA (ambiente idrico) alla luce delle recenti indicazioni contenute nel Decreto 14 aprile 2009, n.56 Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, Comma 3, del decreto legislativo medesimo".*
  
- Richiesta 16: Modalità di realizzazione del sito di deposito e verifiche di stabilità
  - “Sito di Deposito – Modalità di realizzazione del deposito e verifiche di stabilità (N.B. queste integrazioni non sono citate nella nota Min. Ambiente prot. CTVA-2010-0002415 del 19-07-2010, ma sono state oggetto di richiesta nel corso dell'incontro con i membri della Commissione di Via presso il Ministero dell'Ambiente del 02-08-2010)”*

Come già richiamato molti dei temi sollevati nell'ambito delle richieste di integrazione, cui LTF ha puntualmente risposto con la predisposizione di documentazione tecnica, sono stati ripresi in forma prescrittiva dalla Delibera CIPE 86/2010 che ha approvato il Progetto Definitivo del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena.

### 3. L'ottemperanza alle prescrizioni della Delibera CIPE 86/2010

La Delibera CIPE 86/2010 contiene complessivamente 128 prescrizioni, di cui 93 relative alla fase esecutiva e 35 riferibili a quella realizzativa, e 3 raccomandazioni.

L'ottemperanza alle prescrizioni della Delibera CIPE si è articolata in differenti fasi, alcune delle quali, per la tipologia di contenuto, hanno riguardato varianti ai sensi dell'art. 169 del D.Lgs 163/2006.

Di seguito sono elencate le varianti e gli estremi di riferimento:

- con la Determina Direttoriale prot. n. DVA-2012-0023635 del 03/10/2012 si è determinata per quanto riguarda gli aspetti ambientali, la non assoggettabilità alla procedura di VIA e la sussistenza delle condizioni per l'approvazione da parte di LTF, ai sensi del comma 3, art.169 del D.gs. 163/2006 e ss.mm.ii., della proposta di Variante al *"Progetto di adeguamento viario strada di collegamento Giaglione - Chiomonte, tratto interferenze prescrizione n.56 - connesso al Cunicolo esplorativo de La Maddalena in Comune di Chiomonte"*;
- con la Determina Direttoriale prot. n. DVA-2013-0020828 del 12/09/2013 si è determinata la sussistenza delle condizioni per l'approvazione da parte di TELT, ai sensi del comma 3, art. 169 del D.Lgs 163/2006 e ss.mm.ii. della proposta di Variante introdotta in corso d'opera relativa all'adeguamento della strada di accesso al cantiere per il collegamento diretto tra l'area di cantiere e l'autostrada A32 nell'ambito del progetto *"Cunicolo esplorativo de La Maddalena"*, subordinando quanto sopra al rispetto della prescrizione relativa al riutilizzo dei materiali di scavo previsto in conformità alla vigente normativa in materia, da attuarsi ai fini dello svolgimento della fase di Verifica di Attuazione, ex. Art. 185 comma 6 e 7 del D. Lgs. 163/2006 e ss.mm.ii.;
- con la Determina Direttoriale prot. n. DVA-2013-0020958 del 16/09/2013 si è determinata la sussistenza delle condizioni per l'approvazione da parte di LTF, ai sensi del comma 3, art. 169 del D.Lgs 163/2006 e ss.mm.ii. della proposta di Variante relativa alla realizzazione di un'opera di restituzione delle acque provenienti dall'impianto di depurazione nella Doria Riparia nell'ambito del Progetto Esecutivo *"Cunicolo esplorativo de La Maddalena"*, in Comune di Chiomonte subordinato al rispetto di alcune prescrizioni da attuarsi ai fini dello svolgimento della fase di Verifica di Attuazione, ex. Art. 185 comma 6 e 7 del D. Lgs. 163/2006 e ss.mm.ii. Tali prescrizioni consistono in:
  - *assicurare che le acque immesse nel reticolo idrografico garantiscano il rispetto dei valori limite previsti dal decreto legislativo n. 152/2006 e . s.mm.ii;*
  - *procedere con cautela nei primi metri della perforazione considerata la presenza nella zona di imbocco di una copertura eluvio-colluvionale e detritica che maschera discontinuamente il substrato roccioso nonché nel resto del tracciato se necessario in seguito ad effettuazione di eventuali indagini;*
  - *assicurare una corretta gestione dello scarico in termini di controllo della portata a seguito di eventi meteorici tramite la capacità di "accumulo" dell'impianto e di controllo della capacità depurativa e della temperatura in modo da ridurre il carico inquinante (sia termico che chimico) nei periodo di magra del Fiume Doria Riparia;*
  - *attuare le restituzioni con la massima gradualità ed evitando, per quanto possibile, la restituzione intermittente di significativi volumi d'acqua;*
  - *adottare con attenzione tutte le previste attività di pulizia e svuotamento del foro prima di effettuare l'apertura del diaframma in corrispondenza dell'exit point;*



- *assicurare che la gestione dei materiali da scavo avvenga in conformità alla normativa vi-gente.*
- con la Determina Direttoriale prot. n. DVADEC -2015-0000460 del 10/12/2015 si è determinata la sussistenza delle condizioni per l'approvazione da parte del Soggetto Aggiudicatore, ai sensi del comma 3, art. 169 del D.Lgs 163/2006 e ss.mm.ii. della proposta di Variante relativa a "*Cunicolo esplorativo de La Maddalena in Comune di Chiomonte - progetto esecutivo di variazione del piazzale di deposito del materiale da scavo*", subordinato al rispetto di alcune prescrizioni di carattere archeologico.

Di seguito sono invece richiamate le trasmissioni fatte per l'ottemperanza alle prescrizioni della Delibera CIPE 86/2010.

- Con nota Prot. 592/EO/20/TEI/11 del 01/09/2011 LTF trasmetteva, quale anticipazione nelle more del completamento della predisposizione della progettazione esecutiva, la documentazione del Piano di Monitoraggio Ambientale e del relativo documento di verifica di ottemperanza alle prescrizioni di cui alla Delibera CIPE n. 86/2010 ai fini dell'avvio della procedura di Verifica di Attuazione, ex art. 185, commi 6 e 7 del D. Lgs 163/2006 e ss.mm.ii.;
- con note Prot. 673/EO/28/TEI/11 del 28/09/2011 e 674/EO/29/TEI/11 del 28/09/2011 LTF trasmetteva la documentazione degli studi complementari per il cunicolo esplorativo del La Maddalena e il relativo documento di verifica di ottemperanza alle prescrizioni n.4,5,13,25,37,38,40,68,75 di cui alla Delibera CIPE n.86 del 18/11/2010 Art.185 D.lgs. 163/06 commi 6 e 7;
- con nota Prot. 725/EO/34/TEI/11 del 26/10/2011 LTF trasmetteva contributo tecnico-scientifico di risposta ad ARPA Piemonte relativamente al Piano di Monitoraggio Ambientale Ante Operam;
- con note Prot. 991/EO/124/TEI/12 del 09/11/2012 e 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2012 LTF trasmetteva la documentazione per l'ottemperanza alle prescrizioni formulate con Delibera CIPE n. 86/2010 relative alla prima fase realizzativa del progetto;
- con nota Prot. 47/EO/15/TEI/13 del 18/01/2013 LTF trasmetteva la documentazione del progetto esecutivo della "Galleria naturale - scavo in tradizionale";
- con nota Prot. 48/EO/16/TEI/13 del 18/01/2013 LTF trasmetteva il Piano di Monitoraggio Ambientale in corso d'opera e il Piano di Gestione Ambientale in ottemperanza alle prescrizioni 19 e 101 della Delibera CIPE n.86/2010;
- con nota Prot. 696/EO/137/TEI/13 del 08/08/2013 LTF trasmetteva la tabella di riepilogo riguardante la verifica del rispetto delle prescrizioni dettate dalla Delibera CIPE n.86/2010; con nota Prot. 684/EO/133/TEI/13 del 07/08/2013 LTF trasmetteva copia progetto completo in ottemperanza alle prescrizioni n. 6, 16, 18, 31, 83, 114, 115 relative alla Galleria Geognostica; con nota Prot. 690/EO/136/TEI/13 del 08/08/2013 LTF trasmetteva copia progetto completo in ottemperanza alle prescrizioni n. 7, 14, 61 relative agli studi complementari;

- con nota 523/EO/100/TEI/13 del 11/06/2013 LTF trasmetteva la documentazione relativa alla procedura di gestione delle terre e rocce da scavo, in ottemperanza alle prescrizioni n. 3, 17,44,45,46,49,50,62 e 86;
- con nota Prot. 640/EO/123/TEI/13 del 19/07/2013 LTF trasmetteva la documentazione relativa al Piano di Monitoraggio Ambientale (contenente anche l'ottemperanza alle prescrizioni n.19 e n.101) e il Piano di Gestione Ambientale, aggiornati nella loro versione concordata e definitiva per verifica di attuazione delle prescrizioni 19 e 101 della Delibera CIPE 86/2010;
- con nota Prot. 4/PECO/1/TEI/14 del 08/01/2014 LTF trasmetteva la documentazione relativa alla Proposta operativa per la valutazione di impatto sulla salute (VIS) in ottemperanza alla prescrizione n. 63 della Delibera CIPE 86/2010;
- con nota Prot. 202/EO/26/TEI/14 del 19/03/2014 LTF trasmetteva la documentazione relativa alla revisione de Piano di Gestione Ambientale e del Piano di Gestione delle terre e rocce da scavo in ottemperanza alle prescrizioni n.19 e 101 della Delibera CIPE 86/2010;
- con nota Prot. 769/EO/65/TEI/14 del 15/10/2014 LTF trasmetteva la documentazione relativa all'aggiornamento del Piano di Monitoraggio Ambientale in ottemperanza alla prescrizione n. 19 della Delibera CIPE 86/2010;
- con nota Prot. 65/EO/25/DC/15 del 02/02/2015 LTF trasmetteva la documentazione relativa al Progetto esecutivo per l'ottemperanza alla prescrizione n.6 della Delibera CIPE 86/2010;
- con nota Prot. 39/TELT\_EO/5/TEI/15 del 05/03/2015 TELT trasmetteva la documentazione relativa al Progetto esecutivo della revisione della procedura di gestione delle terre e rocce in ottemperanza alle prescrizioni n.19 e 101 della Delibera CIPE 86/2010;
- con nota Prot. 140/TELT\_EO/11/TEI/15 del 24/04/2015 TELT trasmetteva la documentazione relativa al Progetto esecutivo per la revisione della procedura delle "Linee guida in caso di pietre verdi al fronte" per la verifica di ottemperanza alle prescrizioni n. 19 e 101 della Delibera CIPE 86/2010;
- con nota Prot. 393/TELT\_EO/22/TEI/15 del 15/09/2015 TELT trasmetteva la documentazione relativa al Progetto esecutivo per la revisione del Piano di Gestione Ambientale e del Piano Gestione delle terre e rocce, ad integrazione della precedente consegna per la verifica di ottemperanza alle prescrizioni n. 19 e 101 della Delibera CIPE 86/2010;
- con nota Prot. 432/TELT\_EO/24/TEI/15 del 28/09/2015 TELT trasmetteva la documentazione relativa al Progetto esecutivo per la revisione N del Piano di Gestione Ambientale ad integrazione della precedente consegna per la verifica di ottemperanza alle prescrizioni n. 19 e 101 della Delibera CIPE 86/2010;

- con nota Prot. 521/TELT\_EO/28/TEI/15 del 09/11/2015, TELT trasmetteva la tabella inerente il riepilogo delle note inviate per la verifica di ottemperanza alle prescrizioni della delibera CIPE n. 86/2010;
- con nota Prot. 631/TELT\_EO/33/TEI/15 del 30/12/2015, TELT trasmetteva la documentazione relativa alla prima fase dello studio per la valutazione di impatto sulla salute (VIS) in ottemperanza alla prescrizione n. 63 della delibera CIPE n. 86/2010;
- con nota Prot. CTVA-2016-0000854 del 08/03/2016, veniva trasmessa la documentazione relativa ad una richiesta di chiarimenti (nota prot. 15806 del 25/02/2016) che richiama la Verifica di Ottemperanza alla prescrizione n. 97 della Delibera CIPE n. 86/2010 e consistente in una relazione tecnica circa la "*valutazione dei Piani di Sicurezza (POS e PSC) e delle misure tecniche adottate per ridurre l'esposizione dei lavoratori agli agenti chimici e la realizzazione di campagne di monitoraggio*".
- con nota Prot. 576/TELT\_EO/247/TEC/16 del 13/09/2016, TELT trasmetteva, in ottemperanza alla prescrizione n.63 della Delibera CIPE n. 19/2015, l'aggiornamento a giugno 2016 della Valutazione di Impatto sulla Salute (VIS).
- con nota Prot. 12/TELT\_PECO/7/TEC/17 del 13 gennaio 2017, TELT trasmetteva la documentazione relativa al progetto di riduzione dello scavo ai sensi e per gli effetti dell'ex art. 169 commi 3 e 4 del Dlgs 163/06; l'istruttoria è tuttora in corso;
- con nota Prot. 132/TELT\_EO/68/TEC/17 del 20 febbraio 2017, TELT trasmetteva la richiesta di dare atto - anche tramite l'attivazione del procedimento per il parere di cui all'art. 9 del D.M. n. 150/07 - dell'intervenuto superamento delle prescrizioni n. 109, 111 e 113 della Delibera CIPE n. 86/2010 in quanto non più attuali con il nuovo quadro approvativo e prescrittivo derivante dalla Delibera CIPE n. 19/2015. L'istruttoria è tuttora in corso;
- con nota Prot. 749/TELT\_EO/466/TEC/17 del 26 maggio 2017, TELT trasmetteva, in ottemperanza alla prescrizione n.63 della Delibera CIPE n. 19/2015, l'aggiornamento a dicembre 2016 della Valutazione di Impatto sulla Salute (VIS).

Il Ministero per i beni e le attività culturali ha espresso i seguenti pareri acquisiti dalla CTVA:

- nota prot. CTVA-2012-0000642 del 22/02/2012 relativa al Parere del Ministero per i beni e le attività culturali per il *Progetto Definitivo. Ottemperanza alle prescrizioni Delibera CIPE 86/2010 del 18/11/2010 Studi complementari per il Cunicolo de La Maddalena e Piano di monitoraggio ambientale*;
- nota prot. CTVA-2013-0001973 del 04/06/2013 relativa al Parere del Ministero per i beni e le attività culturali per il *Progetto Definitivo. Ottemperanza alle prescrizioni Delibera CIPE 86/2010 del 18/11/2010 n. 17, 60,120, 121 relativamente alla cantierizzazione del sito di deposito*;
- nota prot. CTVA-2013-0002216 del 21/06/2013 relativa al Parere del Ministero per i beni e le attività culturali per il *Progetto Definitivo. Ottemperanza alle prescrizioni Delibera CIPE 86/2010 del 18/11/2010. Piano di Monitoraggio Ambientale - Avvio II fase della verifica di attuazione - Prescrizioni n.19 e 101, 77 e 107*;

- nota prot. CTVA-2014-0001417 del 24/04/2014 relativa al Parere del Ministero per i beni e le attività culturali per il *Progetto Definitivo. Piano di Gestione Ambientale e Piano Gestione delle terre e rocce - Prescrizioni n.19 e 101, 113;*

A conclusione dell'iter sopra richiamato, con Determina prot. 0214DVA del 26 maggio 2016 la Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali ha determinato la positiva conclusione delle attività di verifica e controllo effettuata nell'ambito della Verifica di Attuazione (Fase 1 e Fase 2) svolta ai sensi dei commi 6 e 7 dell'art. 185 del D.Lgs 163/06, nel rispetto di alcune prescrizioni da ottemperare prima e dopo della fine dei lavori.

Si richiama in particolare il parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale n.2061 del 29 aprile 2016, nel quale la stessa commissione ha ritenuto che *“il Progetto Esecutivo e le diverse varianti intervenute [...], non hanno alterato le caratteristiche tecnico-funzionali dell'opera né la sua localizzazione, rispondendo alle richieste di cui alle fasi precedenti e che il Progetto Esecutivo presenta un quadro di sostanziale ottemperanza alle Prescrizioni, fatte salve alcune di quelle che si riferiscono ad azioni future, comunque recepite negli elaborati di progetto, che andranno verificate nelle successive fasi di attuazione.*

## 4. Descrizione del progetto

### 4.1 Il cunicolo esplorativo

Il cunicolo esplorativo de La Maddalena - ha una lunghezza di 7020 m parte in territorio italiano e parte in territorio francese.

L'imbocco del cunicolo si trova in località "La Maddalena" nel comune di Chiomonte (TO) sotto il viadotto "Clarea" dell'Autostrada A32. Data la conformazione morfologica dei luoghi e la presenza delle pile e delle fondazioni del viadotto Clarea, tutta l'area di cantiere per realizzare il cunicolo ed in particolare l'area d'imbocco, sono stati ricavati attraverso sbancamenti protetti di versanti detritici.

L'andamento plano-altimetrico del cunicolo è complesso in funzione della posizione dell'imbocco e della necessità di raggiungere il "sito di sicurezza di Clarea" secondo quanto previsto dal Progetto Definitivo del Tunnel di Base; in particolare, a partire dall'imbocco il cunicolo curva prima verso destra (spalle all'imbocco) con andamento in salita (ad evitare qualunque rischio di allagamento dell'opera in caso di condizioni meteo estreme) fino al raggiungimento della quota massima, per poi scendere raggiungendo la quota minima dove con curva a sinistra si dispone in posizione baricentrica rispetto ai due tubi del futuro Tunnel di Base per poi continuare con pendenza positiva fino al suo termine.

Pertanto il tracciato prevede, dopo l'imbocco a quota 672 m s.l.m. circa, una prima tratta in salita con pendenza di 0,35% di sviluppo 1500 m, una seconda in discesa con pendenza di -3,98% di sviluppo 2634 m, una terza tratta in salita con pendenza di 0,5% di sviluppo 288 m e, infine, una quarta tratta, anch'essa in salita, con la medesima pendenza prevista per il Tunnel di Base (1,20%).

La funzione principale del cunicolo è quella di raccogliere dati di tipo geologico, idrogeologico, geomeccanico e di risposta allo scavo nell'ammasso roccioso del Complesso d'Ambin ai fini della progettazione di dettaglio del Tunnel di Base sulla tratta internazionale del collegamento ferroviario Torino-Lione. In conseguenza di ciò la scelta delle modalità di scavo è stata quella di utilizzare una Tunnel Boring Machine (TBM) di tipo "aperto" che permettesse l'osservazione diretta dell'ammasso roccioso scavato.

La prima parte del cunicolo (L = 198 m) è stata realizzata con metodologie di scavo tradizionali perché interessata da terreni detritici che la TBM non era in grado di scavare.

Dopo i lavori preliminari e propedeutici iniziati il 16/04/2012, la realizzazione del cunicolo è iniziata il 22/01/2013, eseguendo lo scavo fino a Pk 0+198 con tecniche tradizionali per attraversare i depositi fluvioglaciali e gli orizzonti di scollamento tra il substrato roccioso e le coperture mesozoiche. Raggiunto il basamento cristallino del Complesso d'Ambin, il 14/11/2013 è iniziato lo scavo con TBM arrivando, il 20/02/2017, alla Pk 7+020 dopo avere attraversato lunghi tratti con coperture di circa 2000 m (copertura massima 2012 m).

La sezione trasversale del cunicolo differisce in funzione delle modalità di scavo adottate: circolare (Diametro di scavo = 6,3 m) per la tratta scavata con TBM a "ferro di cavallo" per la tratta scavata con tecnologie tradizionali.

In funzione delle caratteristiche geomeccaniche e del comportamento allo scavo degli ammassi attraversati, sono stati posti in opera sostegni diversi: da semplice bullonatura (bulloni tipo Swellex) a centine metalliche (singole o doppie, a sezione parziale o completa: “full round”) a passo variabile.

Lungo il percorso sono stati eseguiti rilievi geologici, idrogeologici e geomeccanici, sondaggi, prove in situ e di laboratorio, monitoraggi geofisici, monitoraggi tensionali e deformativi. I materiali provenienti dallo scavo delle opere di cantierizzazione, dell’imbocco e del cunicolo sono stati posti a deposito definitivo all’interno del cantiere, in un’area appositamente predisposta. Questa scelta, effettuata a livello del Progetto Definitivo ha consentito la minimizzazione degli impatti ambientali derivanti dal trasporto di circa 330.000 m<sup>3</sup> di terre e rocce da scavo.

Nella figura seguente è riportata la planimetria generale del cantiere comprensiva, oltre che delle opere di imbocco cunicolo e del deposito dei materiali provenienti dagli scavi, di tutti gli apprestamenti necessari alla realizzazione delle opere.



Figura 1 - Le principali componenti del cantiere de La Maddalena

#### 4.1.1 La Variante in riduzione del Cunicolo Esplorativo della Maddalena

Sulla base delle valutazioni tecniche di cui al documento Proposta di completamento dello scavo alla progressiva 7+020 (MAD\_NOT\_GDE\_7020\_0\_AP\_NOT) si è valutato che gli obiettivi prefissati dal Cunicolo Esplorativo de La Maddalena, sono stati raggiunti alla pK 7+020, disponendo così delle informazioni utili e necessarie per l’ottimizzazione della progettazione del Tunnel di Base.

Infatti alla pK 7+020 il cunicolo ha raggiunto il suo scopo esplorativo dato che:

- La TBM è arrivata alle massime coperture (pk 6+800 – copertura 2012 m);
- Risulta testato lo scavo meccanizzato per più di 6800 m;
- E’ stato esplorato per più di 6500 m il massiccio d’Ambin, di cui 900 m con coperture oltre i 1900 m, molto prossime alla massima copertura di circa 2000 m;
- La lunghezza del Cunicolo ha raggiunto il territorio francese e risulta sufficiente per gli ulteriori utilizzi previsti per le fasi successive di progettazione, costruzione ed esercizio del Tunnel di Base.

## 4.2 Il cantiere e il sito di deposito

L'area del cantiere del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena ricade interamente nel Comune di Chiomonte ed è posta al di sotto del viadotto "Clarea" dell'Autostrada A32, sul versante destro orografico della valle Clarea.

L'area di cantiere è composta da tre piazzali ubicati a diverse quote.

I primi due sono occupati dall'area dell'imbocco del cunicolo e i relativi impianti e dagli uffici di cantiere, rispettivamente a quota 672 m s.l.m. e a quota 664m s.l.m circa, e sono collegati tra loro da rampe interne e dalla strada di cantiere, che si estende fino all'opera di scarico delle acque al Fiume Dora Riparia. Un terzo piazzale, a quota 660 m s.l.m., è stato realizzato per contenere l'impianto di depurazione delle acque. A valle dell'impianto di depurazione è ubicata l'opera di restituzione delle acque alla Dora Riparia.

All'interno dell'area, così come prescritto dal CIPE (Delibera n.86/2010), non è compreso il Campo Base, pertanto il personale impiegato nei lavori è ospitato in strutture convenzionate della zona. Sono invece comprese una zona industriale e una logistica con:

- uffici di cantiere;
- spogliatoi e servizi igienici per il personale operativo;
- refettorio;
- infermeria.
- l'officina per la riparazione delle attrezzature;
- aree per lo stoccaggio dei materiali per la caratterizzazione;
- magazzini e depositi per materiali di consumo e d'opera;
- impianti vari: impianti di raccolta e di trattamento acque, impianti di raffreddamento, cabine elettriche;
- imbocco del cunicolo.

Inoltre, nell'area di cantiere sono comprese aree e strutture adibite a presidi di pubblica sicurezza. Questi ultimi sono risultati necessari in quanto l'opera è stata ripetutamente al centro di manifestazioni delle organizzazioni contrarie alla realizzazione della linea ferroviaria ad Alta velocità Torino-Lione che spesso hanno portato a scontri violenti contro le forze dell'ordine che presidiano il cantiere, dichiarato di interesse strategico nazionale all'inizio del 2012. Sono state realizzate recinzioni perimetrali all'area di cantiere aventi lo scopo di impedire le intrusioni nell'area di cantiere.

Al fine di poter garantire supporto al personale delle forze dell'ordine presente in cantiere è stato inoltre disposto un impianto di video sorveglianza con antintrusione integrata per il controllo perimetrale al fine di garantire un adeguato livello di sicurezza in corrispondenza delle aree esterne al cantiere, sia lungo alcuni tratti della recinzione perimetrale, sia lungo la strada di Chiomonte-Giaglione.

Le attività di scavo sono iniziate in data 22/01/2013 e si sono svolte parallelamente alle attività di cantierizzazione e di realizzazione di tutti gli impianti necessari. Per il dettaglio delle lavorazioni svolte in cantiere fino al termine dello scavo si rimanda al documento MAD\_CUN\_GDE\_0001\_Descrizione delle principali Attività di Cantiere\_2012-2017\_Ø.

Per una migliore comprensione dei dati presentati si riporta di seguito una breve descrizione delle principali opere ed impianti che caratterizzano il cantiere.

### **Lo scavo del cunicolo in tradizionale**

L'imbocco del cunicolo è stato realizzato con l'ausilio di una dima di attacco in calcestruzzo, a tutta altezza addossata al versante, con funzione di protezione dello scavo.

Prima dell'esecuzione della dima il versante è stato consolidato con interventi di stabilizzazione costituiti da calcestruzzo proiettato, rete elettrosaldata e bulloni. La dima è stata collegata ad un ombrello di micropali sostenuti da centine metalliche accoppiate.

La prima tratta del cunicolo fino alla progressiva km 0+198 è stata realizzata con metodi di scavo tradizionali. Lo scavo di questa tratta è stato eseguito a piena sezione, con martello demolitore montato su escavatore cingolato.

I sostegni utilizzati hanno compreso centine e calcestruzzo proiettato, sono stati anche utilizzati pre-sostegni e pre-consolidamenti quali infilaggi metallici al contorno di scavo ed elementi in vetroresina al fronte. Infine è stato realizzato un rivestimento definitivo in calcestruzzo gettato in opera

### **Lo scavo del cunicolo con TBM**

A partire dalla progressiva km 0+198 lo scavo del cunicolo è avvenuto con TBM di tipo aperto Robbins Modello "H.P. Hard Rock TBM".

La TBM ha eseguito uno scavo di diametro 6,30 m, con un sovra scavo, ove necessario, di 10cm in condizioni di lavoro continuativo, incrementabile a 20 cm in situazioni di emergenza. Le sezioni tipologiche di sostegno hanno compreso bulloni e centine messi in opera con passo variabile in funzione delle caratteristiche geomeccaniche e della copertura topografica.

L'avanzamento della TBM è stato accompagnato dall'avanzamento dei sistemi logistici necessari per il suo funzionamento nonché: del sistema di trasporto del marino in galleria (nastro trasportatore), del sistema di ventilazione, e dei binari lungo i quali – tramite locomotori e vagoni – avviene la movimentazione del personale e dei materiali. Il binario (scartamento 0,90 m) è stato posizionato al di sopra di una struttura metallica posata sul fondo del cunicolo; su di esso, avviene anche la traslazione del back-up TBM. Il sistema di smaltimento delle acque sotterranee durante i lavori è avvenuto sia tramite pompaggio che per gravità in funzione dell'andamento della livelletta.

La TBM è costituita sostanzialmente da una prima parte necessaria per le operazioni di scavo, spinta ed ancoraggio, ed una parte costituente il sistema di back-up dove sono installate tutte le attrezzature adibite al funzionamento dell'intera macchina.

Il lay-out della macchina permette di distinguere le seguenti attività lavorative:

- scavo con testa fresante;
- smarino con nastro convogliatore;
- posa pre-rivestimento con erettore;
- posa dei binari e relativi supporti;
- manutenzione.

La postazione di guida è all'interno di una cabina ventilata e climatizzata con filtri a.p. ed è costituita da una consolle in cui si trovano:

- gli elementi di comando;
- gli elementi di segnalazione;
- gli strumenti di visualizzazione.



La testa TBM è costituita da 43 dischi (tutti sostituibili dall'interno) e 8 benne di raccolta di materiale.

### **Impianto di depurazione**

L'impianto è stato progettato per trattare:

1. acque dalla galleria;
2. acque industriali (lavaggi di piazzali e automezzi, abbattimento polveri, raffreddamento fresa e galleria, ecc.), inviate tutte all'impianto di depurazione;
3. acque meteoriche da piazzali sporchi, inviate tutte a depurazione;
4. acque meteoriche del piazzale uffici e servizi localizzato a quota 664,00 m circa delle quali si invasa la massima pioggia oraria con ricorrenza centenaria, inviata a depurazione con i criteri della prima pioggia.

Il ciclo di trattamento delle acque si manifesta attraverso i seguenti processi e relativi impianti:

- Dissabbiatura e disoleatura;
- Prima correzione del pH e sollevamento alla chiariflocculazione;
- Chiariflocculazione
- Stoccaggio dell'acqua chiarificata e sollevamento ai filtri a sabbia
- Filtrazione su sabbia
- Sollevamento alle torri di raffreddamento
- Raffreddamento dell'acqua
- Ricicli interni all'impianto
- Correzione del pH prima dello scarico

All'impianto vengono inoltre eseguite con continuità le seguenti misurazioni sulle acque in ingresso e in uscita:

- misura di portata, con rilevamento dell'altezza su stramazzo con strumento ad ultrasuoni;
- misura di pH, con sonda ad immersione;
- misura di temperatura, con sonda ad immersione; misura di conducibilità, con sonda ad immersione.

### **Impianto di trasporto e smaltimento del marino**

Il trasporto del marino all'esterno nel tratto del cunicolo scavato con metodo tradizionale è avvenuto mediante automezzi (pale gommate o dumper). Per il tratto scavato con metodo meccanizzato con TBM il trasporto del marino dalla TBM all'esterno del cunicolo è avvenuto con un nastro trasportatore localizzato sul paramento sinistro (spalle all'imbocco) del cunicolo. Una volta all'esterno una serie di ulteriori nastri trasportano il marino in aree dedicate all'accumulo temporaneo che si trovano a fianco dell'imbocco. In queste aree, prima del conferimento a deposito definitivo del marino, si provvede alla sua caratterizzazione. In funzione delle condizioni atmosferiche è stata previsto l'impiego di soluzioni per la riduzione di tutti gli impatti negativi sull'ambiente, con particolare riferimento all'abbattimento delle polveri.

### **Microtunnel**

L'acqua proveniente dall'impianto di depurazione del cantiere è restituita al fiume Dora Riparia tramite un tratto di condotta sotterranea (microtunnel).

Le acque sono convogliate all'interno di una tubazione in acciaio DN 500 mm con spessore 10 mm che partendo dall'impianto di depurazione terminerà in prossimità della Dora Riparia alla quota di circa 616,50 m. Lo sbocco nella Dora è regolato attraverso il posizionamento di un gomito in acciaio, ancorato al versante e alloggiato in una cavità scavata ad hoc in parete posizionato, all'uscita del microtunnel. Il punto di uscita del microtunnel è stato fissato alla quota minima di 616,50 m s.l.m. in ragione di un franco pari a circa un metro dal fondo tubo rispetto al livello raggiunto dalla Dora Riparia considerando una portata di piena con un tempo di ritorno di 200 anni. La tubazione che ha il compito di convogliare le acque di scarico dell'impianto di depurazione nella Dora Riparia ha diametro nominale pari a 500 mm e una lunghezza totale di circa 320 m. Il microtunnel si trova ad una distanza di circa 3 m dal fondo di un cunicolo esistente di proprietà IREN, che intercetta planimetricamente l'opera di scarico stessa. La sistemazione finale ha previsto il ripristino delle condizioni originarie della parete rocciosa mediante la messa in opera di blocchi in pietra, cementati con calcestruzzo magro, provenienti dallo scavo della stessa. Al contorno del portalino sono previsti dei blocchi in pietra disposti ad arco, anch'essi provenienti dallo scavo, opportunamente sagomati.

### **Impianti di accumulo e di rilancio delle acque**

Il percorso del cunicolo prevede inizialmente uno scavo in salita, durante il quale l'acqua drenata raggiunge il depuratore per gravità. Successivamente lo scavo procede per un tratto in discesa raggiungendo la quota di minimo per poi tornare a risalire, per ridiscendere nuovamente con un secondo punto di minimo ed infine risalire fino alla progressiva conclusiva, richiedendo così la presenza di stazioni di pompaggio e di rilancio per consentire il recapito delle acque al depuratore. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva:

<b>tratto</b>	<b>progressiva iniziale [m]</b>	<b>progressiva finale [m]</b>	<b>quota iniziale [m s.m.]</b>	<b>quota finale [m s.m.]</b>	<b>pendenza [%]</b>
1	0+000	1+500	673.0	678.15	0.34
2	1+500	3+768	678.15	602,92	3.32
3	3+768	4+078	602,92	597,55	1,73
4	4+078	4+717	597,55	599,03	0,26
5	4+717	7+020	599,21	624.67	1,11

**Tabella 1 - Tabella riassuntiva delle tratte del cunicolo (suddivisione secondo pendenza)**

In considerazione dell'andamento altimetrico del cunicolo sono stati previsti due sistemi di deflusso delle acque, così come schematizzato nella figura che segue:

- **Sistema A** – A gravità per le acque captate nella prima parte di scavo in salita (tratto 1);
- **Sistema B** – Tramite un sistema di vasche di accumulo ed emungimento con i relativi punti di rilancio per le acque nella restante parte del cunicolo (tratte 2,3, 4 e 5).

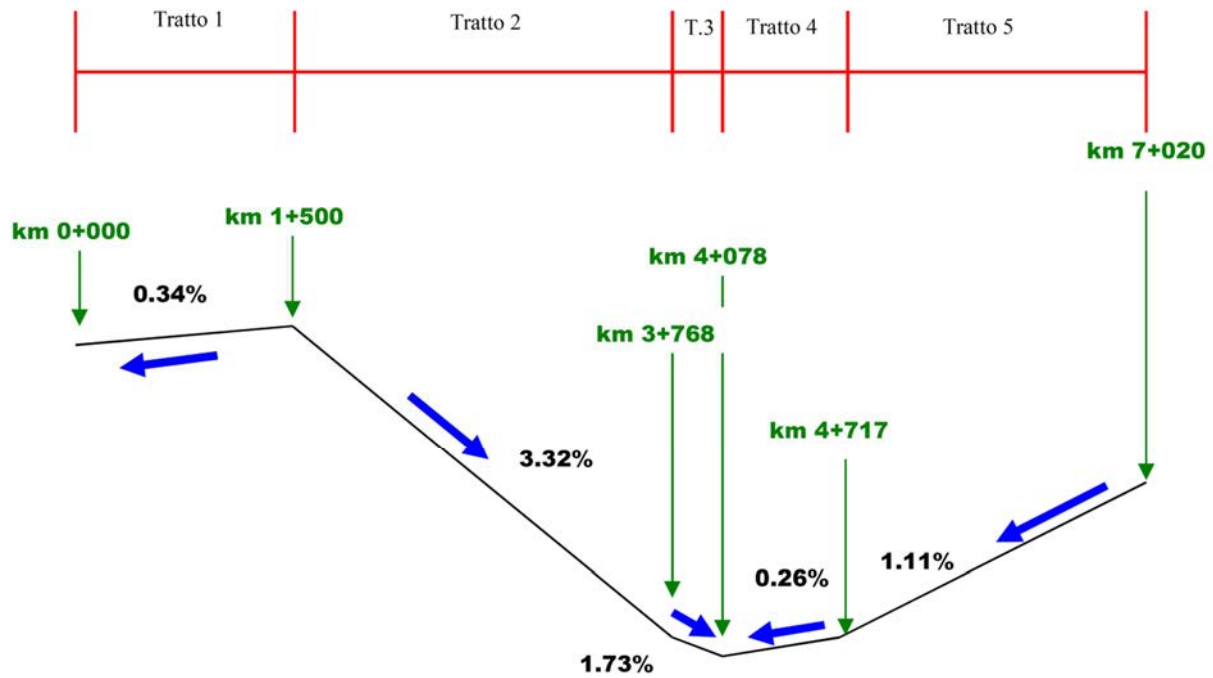


Figura 2 – Andamento altimetrico del cunicolo de la Maddalena con indicazione dei punti di raccolta acque

In particolare saranno realizzate, nel punto di minimo dello scavo (km 4+078 circa), due vasche di raccolta destinate rispettivamente alle acque calde sporche e a quelle di emergenza e alle acque calde chiare.

All'interno della prima vasca saranno posizionate pompe collegate ad un sistema di tubazioni avente diametro pari a  $\varnothing 315$ , più un sistema di smaltimento delle acque di emergenza. Nella seconda e nella terza, invece saranno collocate 3 pompe collegate ad una tubazione di aggettamento di diametro pari a  $\varnothing 350$ . Dette tubazioni evacueranno le acque all'esterno del cunicolo. Il diametro delle tubazioni potrà essere adattato in corso d'opera anche in funzione delle venute idriche riscontrate durante lo scavo del cunicolo. Queste vasche sono in grado di evacuare complessivamente sino a 500 l/s.

Per l'evacuazione delle acque raccolte nelle vasche I e II è stato installato un sistema di pompaggio in serie per cui le acque vengono prima convogliate in apposite vasche di rilancio (vasca III per le acque calde sporche e di emergenza e vasca IV per le acque calde chiare), posizionate circa a metà del secondo tratto del cunicolo (pk 2+805), per poi essere definitivamente allontanate dal cunicolo. Nelle vasche di rilancio è collocato un sistema di pompaggio equivalente a quello presente nel punto di minimo. Le due vasche risultano avere la stessa geometria e volumetria.

Qualora dovessero verificarsi situazioni di afflusso di venute straordinarie, tali per cui risulti impossibile per i gruppi di pompaggio sopra descritti evacuare tali portate d'acqua, si prevede un sistema supplementare che consente di raddoppiare la portata di acqua da evacuare e triplicare la capacità di accumulo, permettendo così alle maestranze presenti nel cunicolo di potersi allontanare in sicurezza.

In particolare la soluzione in oggetto prevede che il volume della vasca I sia già dimensionato per l'accumulo delle acque calde sporche e per quelle di emergenza, tramite la realizzazione

di due volumi separati da un apposito setto. La capacità totale delle due vasche sarà pari approssimativamente a 700 m<sup>3</sup>.

Quindi complessivamente, esercizio più emergenza, il sistema di pompaggio posizionato nel punto di minimo garantisce una portata complessiva di acqua evacuata di 500 l/s. Qualora le venute improvvise superassero questa quantità e considerando che si debba garantire un tempo di accumulo di circa 65 minuti, tempo ritenuto più che sufficiente per permettere lo sgombero in tutta sicurezza del personale presente nel cunicolo in tutta la sua lunghezza, il sistema è in grado di affrontare venute eccezionali d'acqua dell'ordine di 700 l/s. Analogo sistema aggiuntivo di pompaggio si ha nella vasca di rilancio III che permette il convogliamento delle acque sino al depuratore.

Riassumendo, per l'emergenza, sono predisposte 3 pompe per la stazione di pompaggio posizionata nel punto di minimo (prog. 4+091) ed altre 3 nella stazione di rilancio posizionata nel punto intermedio del tratto in salita (prog. 2+805) per un totale di n. 6 pompe. I due gruppi completi di pompaggio sono composti, ciascuno dalle suddette pompe sommerse, autoclave, quadro elettrico ed accessori quali valvole, saracinesche e regolatori di livello.

### **Il sito di deposito**

L'area di deposito è collocata in località La Maddalena in stretta contiguità con il cantiere del cunicolo esplorativo (cantiere "principale"). L'area di deposito definitivo si configura come appendice operativa monofunzionale dell'area di cantiere del cunicolo esplorativo "La Maddalena", poiché il materiale di scavo viene conferito in essa solo a seguito della caratterizzazione prevista dal Piano di Gestione Ambientale del cantiere principale il cui obiettivo è verificare che le terre siano conformi alla Colonna A di Tabella 1 allegato 5, al titolo V, parte IV del D.Lgs 152/2006.

Il progetto esecutivo originario, venne trasmesso alle Amministrazioni di Competenza il 11/07/2013 con nota prot. 597/EO/116/TEI/13, in ottemperanza alle prescrizioni della Delibera CIPE 86/2010 (G.U. n°79 del 6/04/2011 S.G.).

La variante 01 del cantiere deposito del marino era stata predisposta in relazione alle seguenti necessità:

1. Modifica dell'impronta planimetrica del deposito,
2. Incremento del volume da stoccare.

Con riferimento al primo punto, la necessità di modificare l'impronta planimetrica del deposito rispetto a quella definita nel progetto approvato dal CIPE con delibera 86/2010 è dovuta al fatto che il tracciato della variante del collegamento stradale Giaglione-Chiomonte, rispondente alla prescrizione CIPE n. 56, di fatto riduceva la capacità potenziale del sito di deposito, sia perché occupava una parte dell'area prevista in progetto definitivo per il sito di deposito (tagliando l'impronta lato est del sito di deposito), sia perché imponeva una geometria meno facilmente sfruttabile per accogliere il volume di progetto.

Con riferimento al secondo punto, gli approfondimenti di progettazione esecutiva, in relazione ai maggiori esuberanti dovuti alla cantierizzazione e alla viabilità di accesso, all'impossibilità di riutilizzare in sito il materiale di scavo e alla maggior complessità dell'impianto di trattamento delle acque, avevano portato a definire una maggiore necessità di volumetrie da stoccare all'interno del sito di deposito.

La variante 01 ha avuto parere positivo con determina del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – D.G. Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali n° DVADEC-2015-0000460 del 10/12/2015, visto anche il Parere della Commissione Tecnica di verifica dell’Impatto Ambientale VIA-VAS n° 1921 del 20/11/2015.

La Variante in diminuzione 02 del cantiere deposito del marino è stata redatta a seguito della comunicata esigenza di ultimare il cunicolo esplorativo alla progressiva 7+020, invece della 7+597 prevista precedentemente, avendo il cunicolo esplorativo “raggiunto gli obbiettivi preposti”.

L’attuale soluzione proposta non prevede variazioni planimetriche o di pendenza delle scarpate rispetto al Progetto Esecutivo Variante 01 (approvato con determina del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – D.G. Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali n° DVADEC-2015-0000460 del 10/12/2015, visto anche il Parere della Commissione Tecnica di verifica dell’Impatto Ambientale VIA-VAS n° 1921 del 20/11/2015) ed essenzialmente comporta una minore altezza, passando da una quota massima di 708,6 m slm (Progetto Esecutivo- variante 01) ad una quota di testa del deposito di circa 704,5 m slm . (il Progetto Definitivo raggiungeva quota 704,0 m slm).

L’attuale configurazione del deposito si caratterizza attraverso un terreno di base consolidato con colonne jet grouting, la realizzazione di un rilevato con paramenti esterni realizzati in terre rinforzate inclinate di 60° con banche stabilizzanti, larghe 4-5 m, ogni 8 m di altezza del rilevato. La quota sommitale del deposito raggiunge i 704,5m s.l.m.. La capacità finale del sito di deponia raggiunge un volume complessivo di circa 330000 m<sup>3</sup>. La qualità del materiale abbancato è risultato sempre compreso nei gruppi A1, A2-4, A2-5, A3. Il materiale impiegato è sempre stato privo di frazioni o componenti vegetali, organiche o da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo. Le rocce frantumate impiegate presentano pezzature massime non eccedenti i 20 cm, soddisfacendo i requisiti precedentemente esposti.

Il sito di deposito della Maddalena sarà rinverdito e piantumato con specie autoctone e recuperato con un progetto rispettoso dell’attuale situazione morfologica. Le parti più inclinate del sito di stoccaggio definitivo saranno semplicemente rinverdate; sulle banche di separazione saranno posti a dimora filari di arbusti e il pianoro localizzato alla quota sommitale dell’abbancamento sarà ripristinato mediante piantumazione di esemplari arborei e arbustivi di origine autoctona.

Nella figura seguente si mostrano alcune fasi della realizzazione.



Figura 3 - Alcune fasi della realizzazione deposito definitivo

#### 4.3 La logistica e l'accessibilità

Le modalità d'accesso alle aree di cantiere sono le seguenti:

- ACCESSO DALLA STRADA COMUNALE – VARCO FF.OO. N° 1
- ACCESSO DALLA AUTOSTRADA – VARCO FF.OO. N° 2
- ACCESSO TRAMITE ELICOTTERO

##### Accesso dalla strada comunale – VARCO FF.OO. N° 1

E' raggiungibile seguendo la statale SS24. Provenendo da Susa e raggiungendo Chiomonte, occorrerà quindi seguire le seguenti modalità:

- Per i mezzi ordinari (pick up, mezzi di ridotte dimensioni) percorrere la statale SS24 superando il centro di Chiomonte, svoltare a DX in Via Vittorio Emanuele per poi svoltare a SX su Via Ramats. Seguendo la strada si raggiunge la centrale elettrica in prossimità del VARCO 1 di cantiere. Da qui, oltrepassato il varco si segue la strada in direzione del Museo Archeologico "la Maddalena" raggiungendo un secondo varco (VARCO FF.OO. N°3) da cui si ha accesso alle aree di cantiere.

- Per i mezzi "pesanti" quali (Autobotti e mezzi di notevoli dimensioni) percorrere la statale SS24 superando il paese di Chiomonte fino a raggiungere il ponte di attraversamento sul fiume Dora, da qui svoltare a DX su Via Ramats, proseguire tenendo la DX in direzione della centrale idroelettrica IREN e del Museo Archeologico "la Maddalena". Seguendo la strada si raggiunge la centrale elettrica in prossimità del VARCO 1 di cantiere. Da qui, oltrepassato il varco si segue la strada in direzione del Museo Archeologico "la Maddalena" raggiungendo un secondo varco da cui si ha accesso alle aree di cantiere. Da qui proseguire a DX seguendo i tornanti fino a raggiungere l'area di cantiere. I tempi di percorrenza, con l'impiego della viabilità locale e partenza da Susa centro al cantiere, sono di circa 20 minuti.

La viabilità all'interno del cantiere è stata pressoché completamente asfaltata in funzione antipolvere, inoltre è stata attrezzata una zona per il lavaggio delle ruote dei mezzi operativi. Al fine di minimizzare l'apporto di polveri, è in funzione, secondo necessità, un sistema di annaffiamento sia delle strade di cantiere che dei cumuli di materiale proveniente dagli scavi. Per quanto possibile, lungo la viabilità di cantiere, il traffico veicolare pesante è stato separato da quello pedonale anche per mezzo di delimitazioni e barriere tipo new jersey.

Le strade, i piazzali ed i passaggi pedonali sono idoneamente illuminati nelle ore notturne.

### **Accesso dalla autostrada A32 Bardonecchia-Torino, direzione Torino – VARCO FF.OO. N° 2**

I mezzi potranno accedere al cantiere percorrendo l'autostrada A32 Torino – Bardonecchia, da Oulx, in direzione Torino, al termine della galleria Ramat al Km 44+500 dovranno portarsi sulla corsia preferenziale d'ingresso al cantiere, posizionata a destra adiacente a quella d'emergenza, seguendo le modalità sotto indicate:

- Imboccare la galleria Ramat al termine della quale è presente l'ingresso del cantiere;
- Procedere a velocità moderata ed immettersi, accertandosi di non essere seguiti dai mezzi che seguono, nella corsia riservata al cantiere posta a destra. L'ingresso al cantiere è posizionato immediatamente a valle del grande pannello giallo indicante "CANTIERE TAV LTF" e posto tra due coni segnaletici posizionali ad interasse maggiore tra quelli posati sullo stesso allineamento.

L'accesso di cantiere, attualmente presidiato dalle forze armate e dalle forze dell'ordine, è posto all'altezza del Km 44+500 mediante un varco (VARCO FF.OO. N° 2).

I tempi di percorrenza per il raggiungimento del cantiere sono stimati in circa 35 minuti con partenza dall'ingresso Susa Ovest ed inversione di marcia all'uscita di Oulx Est.

### **Accesso tramite elicottero**

Al fine di garantire tempi rapidi d'intervento, ad uso esclusivo del soccorso sanitario, è stata predisposta idonea area adibita all'atterraggio per elicotteri. Tale area è posta a fianco della centrale idroelettrica IREN (Lungo via dell'Avanà) e consente l'atterraggio, nelle ore diurne degli eliveicoli in dotazione al Servizio Territoriale 118.

## **4.4 I ripristini**

Per quanto attiene i ripristini occorre evidenziare che quelli relativi all'area di cantiere sono condizionati alle ulteriori attività previste nel sito per la realizzazione dell'opera principale.

Come meglio dettagliato nel paragrafo 6.6.3 sarà invece realizzato, a conclusione delle attività di abbancamento, il ripristino del sito di deposito di cui nel seguito si riporta uno stralcio planimetrico.



Figura 4 – Planimetria di ripristino del sito di deposito

Si evidenzia che gli inerbimenti delle scarpate del sito sono stati comunque realizzati progressivamente con l'avanzamento della realizzazione del cumulo a maggior garanzia della buona riuscita dell'intervento nel suo complesso.

#### 4.5 Il cronoprogramma realizzativo

Attualmente, a scavo terminato, le attività programmate per la chiusura dei lavori inerenti al cunicolo esplorativo, sono le seguenti:

- smontaggio TBM e parte degli impianti e trasporto in altra sede;
- recupero nastro trasportatore e successivo smontaggio della struttura interna ed esterna;
- pulizia preliminare del cunicolo e interventi puntuali di ripristino sulle sezioni di sostegno;
- scavo caverna per alloggiamento vasche di accumulo pk 4+091;
- realizzazione piano carrabile interno cunicolo;
- smontaggio impianti e smobilizzo cantiere.

Le attività programmate per la chiusura dei lavori inerenti al sito di deposito, sono le seguenti:

- messa a deposito smarino dello scavo della caverna per l'alloggiamento della vasca a pk 4+091;
- completamento della regimazione idraulica delle acque meteoriche;
- completamento porzione sommitale con terra vegetale (ultima banca);
- idrosemina e piantumazione alberi e arbusti;
- smobilizzo cantiere.



#### 4.6 Quadro dei dati geognostici prodotti e monitoraggio geotecnico

##### **Indagini geognostiche preliminari (ante-operam)**

La campagna geognostico-geotecnica integrativa è stata condotta nell'ambito dell'area del cantiere della "Maddalena" nei mesi di Aprile-Giugno 2012.

Tale campagna è stata predisposta ed eseguita in ottemperanza alle specifiche prescrizioni formulate, in fase di Istruttoria, dagli Enti istituzionali competenti (Regione Piemonte e Ministero dell'Ambiente) riguardanti il Progetto Italferr "Cunicolo Esplorativo della Maddalena" ed il relativo Studio di Impatto Ambientale, e con il fine di acquisire i dati geotecnici di base da utilizzare a supporto della progettazione esecutiva delle principali opere d'arte previste nell'area del cantiere e di imbocco della galleria esplorativa.

Nel dettaglio, le indagini eseguite hanno riguardato i terreni che sono stati successivamente direttamente interessati dai movimenti di terra nell'area di cantiere e dalla realizzazione della berlinese di imbocco, nonché dalle varie opere in progetto per la strada di accesso al cantiere.

Sono state eseguite, allo scopo, sia indagini di tipo diretto che indiretto, comprendenti, rispettivamente, sondaggi a carotaggio continuo con prove in foro e prelievo di campioni per analisi di laboratorio ed indagini sismiche a rifrazione sia lungo stendimenti superficiali che in foro (profili sismici tomografici ed una prova down-hole).

Hanno completato il programma una serie di analisi e prove di laboratorio finalizzate alla caratterizzazione fisico-meccanica dei campioni, per lo più rimaneggiati, prelevati dalle carote dei sondaggi.

Nel dettaglio sono stati eseguiti:

- 3 sondaggi geotecnici realizzati in corrispondenza del sito di deposito della galleria esplorativa Maddalena;
- 6 sondaggi geognostici (5 verticali e 1 orizzontale) realizzati nel settore d'imbocco della galleria Maddalena nel novembre 2012.

Nel settore dell'imbocco della galleria esplorativa Maddalena, sono state eseguite anche due campagne geofisiche realizzate in due successivi momenti tra il 2011 e il 2012, a compendio dei sondaggi geognostici.

In particolare, nel 2011 sono stati eseguiti:

- 2 stendimenti di sismica a riflessione realizzati nel 2011 in corrispondenza del sito di deposito;
- 2 indagini sismiche di tipo MASW realizzate nel 2011, sempre in corrispondenza del sito di deposito;
- 1 sondaggio elettrico verticale (SEV), anch'esso realizzato nel 2011 in corrispondenza del sito di deposito;

nel 2012 sono stati eseguiti:

- 3 stendimenti sismici a riflessione, realizzati nel novembre 2012 in corrispondenza dell'imbocco della galleria Maddalena.

Sondaggio.	Lunghezza (m)	Ubicazione con rif. a opera o parte d'opera
S1	30	Berlinese versante imbocco galleria
S2	40	Berlinese versante imbocco galleria
S3	30	Berlinese versante imbocco galleria
S4	30	Fondazione muro di sostegno nuova strada di accesso al cantiere
S5	30	Berlinese versante a monte nuova strada di accesso al cantiere
S6	75	Imbocco cunicolo e prima tratta da scavare con metodo tradizionale
S90	75	Sito di deposito
S91	80	Sito di deposito
S92	75	Sito di deposito

Tabella 2 - - Indagini geognostiche realizzate ante-operam

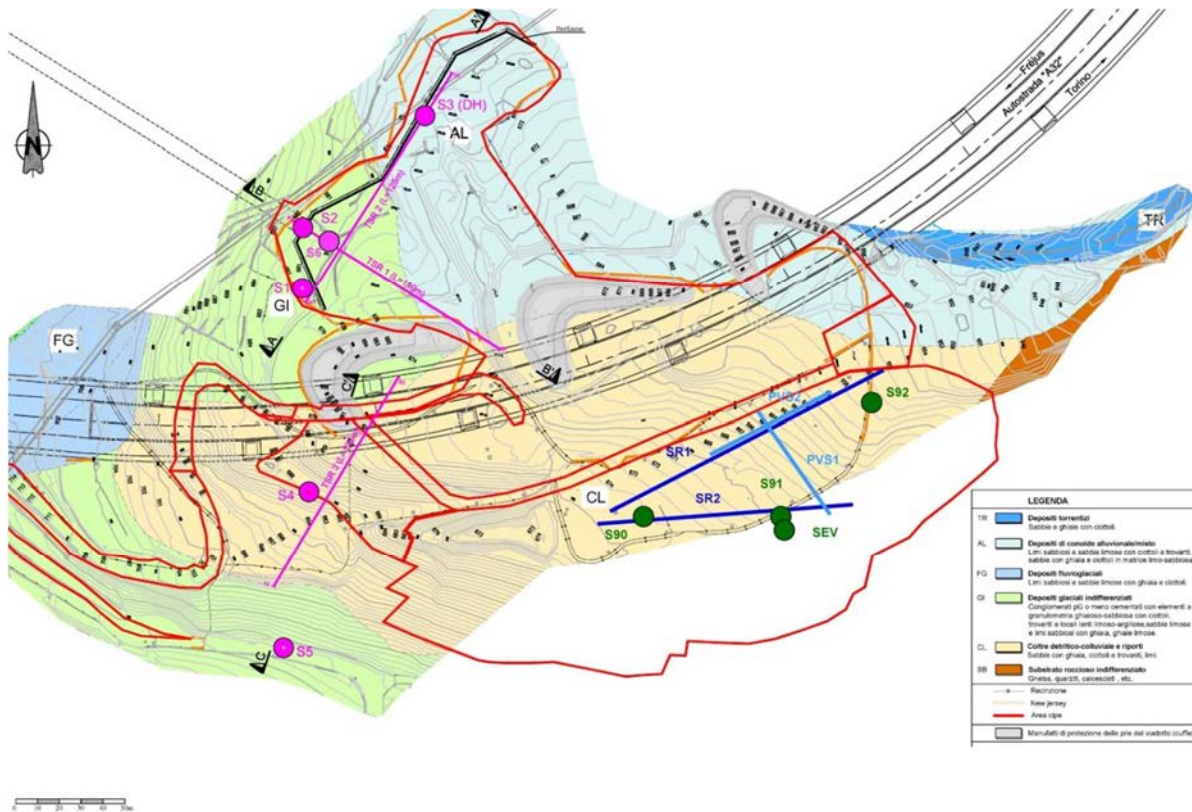


Figura 5 - Ubicazione delle indagini geognostiche realizzate ante-operam

**Indagini geognostiche in corso d'opera**

Il complesso quadro dei dati geognostici prodotti in corso d'opera si riassume in questo paragrafo attraverso l'elenco delle indagini e prove in sito e di laboratorio eseguite e delle stazioni di monitoraggio geotecnico realizzate.

Si rimanda al capitolo 5 la trattazione completa dei risultati e il conseguente ritorno di esperienza da essi derivante.

<b>Quadro delle indagini geognostiche realizzate</b>	<b>Scavo Tradiz.</b>	<b>Scavo con TBM</b>	<b>Totale</b>
Prove di laboratorio in roccia			
Test triassiale in controllo di deformazione con misura della resistenza di picco		24	24
Test triassiale in controllo di deformazione con misura della resistenza di picco e di quella residua		25	25
Prova di compressione monoassiale in controllo di carico senza misura delle deformazioni		36	36
Prova di compressione monoassiale in controllo di carico con misura delle deformazioni orizzontali e verticali	3	41	44
Taglio diretto		23	23
Prova di trazione diretta		0	0
Prova di trazione indiretta		26	26
Prova point load	5	85	90
Misura velocità sonica su provini in roccia onde P		28	28
Misura velocità sonica su provini in roccia onde P e S		25	25
Sezioni sottili e analisi in microscopia		12	12
Analisi con spettrofotometro		5	5
Sezioni sottili con analisi modale		30	30
Determinazione massa volumica apparente		79	79
Determinazione massa volumica reale		0	0
Determinazione della porosità		0	0
Prove di durezza e abrasività	3	32	35
Contenuto d'acqua		0	0
Prove di classificazione e caratterizzazione fisica	3	0	3
Geofisica cross-hole, tomografia, sismica a paramento			
Cross-hole Vp/Vs		11	11
Tomografia cross-hole Vp		11	11
Sismica a paramento			in continuo
Prove geomeccaniche in galleria			
Prova dilatometrica		7	7
Prova con martinetto piatto		5	5
Prove di permeabilità in foro (tipo Lugeon)		7	7
Prove geomeccaniche in nicchia			
Coppia di prove di carico su piastra		4	4
Prova di taglio in situ		4	4
Misura stato tensionale con sovra carotaggio CSIRO		4	4
Misura stato tensionale con fratturazione idraulica		24	24
Rilievo sonda TV in foro per fratturazione idraulica		4	4
Prova di compressione monoassiale		4	4
<b>Altre Indagini in avanzamento</b>			
Rilievi geologici dei paramenti			In continuo

<b>Quadro delle indagini geognostiche realizzate</b>	<b>Scavo Tradiz.</b>	<b>Scavo con TBM</b>	<b>Totale</b>
Rilievi geo-strutturali	23	509	532
Sondaggi in avanzamento a distruzione con controllo parametri di avanzamento	5	78	83
Sondaggi carotati	1	5	6

Tabella 3 – Indagini geognostiche realizzate

<b>Quadro del monitoraggio tecnico realizzato</b>	<b>Stazione stumentata</b>
Tratto scavato in tradizionale da pk 0+000 a pk 0+198	
Deformazione arco rovescio – Straingauge su calcestruzzo	1
Deformazione rivestimento prima fase – Straingauge su centina	1
Deformazione rivestimento prima fase – Stazioni di convergenza topografica	18
Deformazione rivestimento definitivo – Straingauge su calcestruzzo	1
Tratto scavato con TBM da pk 0+198 a pk 7+020	
Deformazione del Cavo – Stazioni di convergenza topografica (tipo C-F)	124
Deformazione del Cavo – Stazioni strumentate estensimetri e piezometro (tipo B-F)	3
Deformazione del Cavo – Stazioni strumentata - Stress meter	1
Interazione ammasso roccioso-sostegni – Estensimetri a barre (tipo A1-F)	3
Deformazione sostegni – Barrette estensimetriche e celle di carico (tipo A2-F)	9
Plasticizzazione del cavo tramite tomografia sismica a rifrazione a paramento	In continuo
Rock-Brust – Monitoraggio microsismico da pk 2+400	In continuo
Acquisizione dati idrogeologici – Monitoraggio delle portate	In continuo
Acquisizione dati idrogeologici - Analisi chimiche delle acque drenate	22
Monitoraggio delle venute d'acqua in galleria	
Gradiente geotermico (stazioni mobili e fisse) e temperatura delle acque di infiltrazione	132

Tabella 4 – Attività comprese nel monitoraggio tecnico

#### 4.7 La Gestione delle Terre e Rocce da scavo e rifiuti

Il presente capitolo è finalizzato alla descrizione di tutte le operazioni che sono state svolte al fine di esplicitare la corretta gestione del materiale di risulta prodotto durante le attività di scavo del cunicolo esplorativo de la Maddalena.

##### Normativa di riferimento

La normativa presa come riferimento è suddivisa in quattro tipologie:

- Normativa specifica in cui sono citate le Terre e rocce da scavo in quanto tali;
- Normativa inerente il recupero e lo smaltimento;
- Norme tecniche;
- Normativa sulla sicurezza.

A) Normativa specifica per le “terre e rocce da scavo”

- D.Lgs 152/2006 e s.m.i “Norme in materia ambientale”
- Legge 28 gennaio 2009 nr 2 “Conversione in Legge, con modificazioni, del Decreto Legge 29/11/2008 nr 185”
- D.Lgs. Governo n° 4 del 16/01/2008 Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale
- Decreto Legge n° 208 del 30/12/2008 Misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente.
- Legge n° 13 del 27/02/2009 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 dicembre 2008, n. 208, recante misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente
- Delib. Giunta Reg. n° 24-13302 del 15/02/2010 “Linee guida per la gestione delle terre e rocce da scavo ai sensi dell'articolo 186 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152”

Si sottolinea che il Progetto Definitivo della Variante la Maddalena (PDVM) è stato sviluppato da ITALFERR nel 2008 – 2009 e con delibera CIPE n. 86/2010 del 18/11/2010 è stato approvato con prescrizioni. Il progetto approvato prevedeva (cfr PP2\_MA1\_ITF\_0205\_B\_PA\_NOT – Relazione gestione Terre e rocce da scavo) la gestione delle terre secondo i disposti dell’art. 186 del D.Lgs 152/06. In coerenza con quanto previsto dall’art. 15 - Disposizioni finali e transitorie del DM 161/12 (*Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo*) la gestione delle terre e rocce da scavo dell’opera è avvenuta secondo la procedura prevista dall’art. 186 del D.lgs 152/06.

B) Normativa inerente il recupero e lo smaltimento

- Decreto Ministeriale del 05/02/1998 Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22.
- Legge n° 93 del 23/03/2001 Disposizioni in campo ambientale.
- D.Lgs. Governo n° 36 del 13/01/2003 Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.
- Decreto Ministeriale del 03/08/2005 Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.
- Decreto Ministeriale n° 248 del 29/07/2004 Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto.

C) Norme tecniche

- Norma Tecnica UNI n° 10802 del 01/10/2004 Rifiuti - Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati
- Decreto Ministeriale del 13/09/1999 Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo".

D) Normativa sulla sicurezza

D.Lgs. Governo n° 81 del 09/04/2008 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

## Aspetti logistici e gestionali – Il ciclo del marino

Nell'ambito della realizzazione del cunicolo, è stata prevista una produzione di materiale da scavo denominato marino (o smarino).

La prima **fase di scavo**, realizzata con metodo tradizionale, dall'imbocco alla pk 0+198, ha prodotto materiali di risulta di granulometria variegata. La loro natura geologica è descrivibile come depositi sciolti, rappresentati da depositi glaciali e fluvio glaciali; litotipi di diversa natura rappresentati dalle carnirole, afferenti agli orizzonti tettonici di scollamento, dolomie e marmi dolomitici, verosimilmente afferenti all'Unità tettonica del Gad e micascisti e scisti carbonatici, verosimilmente riconducibili a un lembo di copertura mesozoica dell'Ambin.

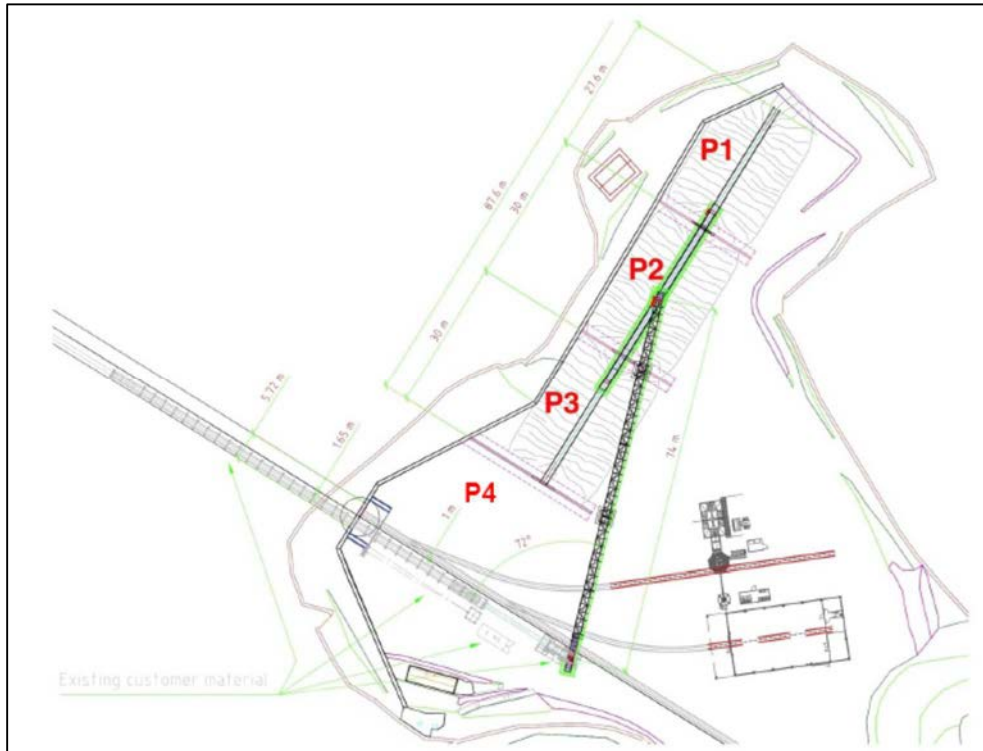
La seconda **fase di scavo**, realizzata con TBM, da pk 0+198 a pk 7+020 (fine cunicolo), ha prodotto materiali di risulta riferibili, nella parte più esterna ai litotipi del Complesso di Ambin (dominanti gli gneiss aplitici) e nella parte centrale e finale dello scavo alle rocce corrispondenti al Complesso di Clarea (dominanti i micascisti di Clarea).

Al fine di ottimizzare le operazioni di gestione del materiale di scavo, è stata definita una specifica procedura di controllo al fine di indagare la qualità del materiale estratto durante tutte le fasi di movimentazione.

Al fine di avere una prima indicazione sulle caratteristiche della porzione di roccia interessata dallo scavo sono stati eseguiti sondaggi a distruzione in avanzamento tra loro sovrapposti. Questo ha permesso sia di conoscere le proprietà geomeccaniche del materiale sia di identificare l'eventuale presenza di sostanze pericolose come ad esempio l'amianto. Per questo scopo sono state infatti condotte, sul materiale di risulta del sondaggio, sistematiche analisi visive da un Geologo qualificato e specifiche analisi di laboratorio.

Inoltre, a seguito del riscontro nel materiale di scavo di una concentrazione naturale ma superiori ai limiti della colonna A, tab. 1 all. 5 D.Lgs. 152/2006 di Arsenico, tali analisi sono state integrate con il controllo dei metalli pesanti, in modo da poter conoscere in anticipo eventuali situazioni potenzialmente critiche e di conseguenza gestirle in modo adeguato.

Successivamente a questa prima analisi tutti i materiali estratti dal cunicolo sono stati depositati sulle piattaforme di campionamento, situate in prossimità dell'imbocco denominate P1, P2, P3 e P4 nella figura seguente.



**Figura 6 - Piattaforme di campionamento, presenti nell'area di cantiere**

Le piattaforme di campionamento, di capacità complessiva massima di stoccaggio pari a circa 10000 m<sup>3</sup>, sono localizzate in prossimità dell'ingresso del cunicolo, al fine di limitare il trasporto del materiale dal fronte di scavo alle zone di scarico.

Le piattaforme, ognuna di capacità massima di circa 2500-3500 m<sup>3</sup>, sono state opportunamente realizzate (pavimentate/impermeabilizzate e dotate d'idoneo sistema di raccolta delle acque meteoriche con successivo invio all'impianto di trattamento acque presente sul sito) al fine di impedire il contatto del materiale escavato direttamente sul terreno naturale.

La velocità di riempimento delle aree di stoccaggio è derivata prioritariamente dalla velocità di avanzamento dello scavo in galleria; durante la fase 1, in cui le tecniche di scavo sono di tipo tradizionale, tale volumetria si raggiungerà in tempi dell'ordine di alcune settimane. Le tempistiche sono invece state ridotte durante la fase 2 (scavo con TBM). In questa fase la velocità di produzione volumetrica è stata di circa 5-10 gg.

La formazione di ogni cumulo, dal momento della produzione all'interno del cunicolo, al deposito sulle piattaforme di campionamento, è stata seguita mediante opportuni Form di Gestione materiali scavati, che ne hanno tracciato in modo univoco il percorso del materiale, il deposito, il campionamento e la successiva analisi effettuata secondo le analisi previste dal D.Lgs. 152/86 Art. 186. Ogni cumulo è stato pertanto identificato in modo univoco, tramite numerazione progressiva e intervallo fra le chilometriche (pk) di provenienza del materiale, tramite appositi cartelli apposti sui muri divisorii delle piazzole.

Le attività di prelievo sono state eseguite nei seguenti casi:

- al raggiungimento della capacità massima della piazzola di stoccaggio;
- su volumetrie inferiori, nel caso venisse evidenziata una variazione di litologia;
- al cambio di modalità di scavo.

Le attività di prelievo sono state eseguite sui cumuli secondo una pianificazione che prevede campionamenti di tipo casuale (random) sull'intero volume del materiale stoccato (in applicazione al p.to 4.2.1.1 Norme UNI 10802). I campioni sono stati prelevati in modo spaziale sia sulla superficie del cumulo che nel corpo del cumulo con l'ausilio di un escavatore munito di benna. Mediamente, è stato prelevato un campione ogni circa 250 m<sup>3</sup> (quindi ad esempio 12 incrementi per un cumulo di 3000 m<sup>3</sup>, ragionando in un'ottica cautelativa rispetto al minimo di 8 prelievi per una volumetria di 5000 m<sup>3</sup>), i quali sono stati successivamente miscelati in modalità equiponderale; il campione medio finale generato, previa omogeneizzazione e quartatura, viene sottoposto alle indagini analitiche.

Le procedure di dettaglio della modalità di prelievo sono state concordate con ARPA Piemonte che ha effettuato numerosi campionamenti in parallelo per la verifica dei risultati analitici del laboratorio incaricato.

Per la componente Amianto, considerata la più critica, sono stati infatti effettuati numerosi confronti tecnici con l'Ente di Controllo per la definizione di specifiche procedure sia per quanto riguarda il prelievo del campione in campo che per le attività di preparazione e di analisi del campione in laboratorio.

Le determinazioni analitiche alle quali è sottoposto il campione medio finale riguardano principalmente:

- Amianto
- Metalli
- Idrocarburi
- VOC e SVOC

Nello specifico:

- Tal quale  
Frazione sottovaglio < 20 mm (analisi frazione solida e confronto con la Tab 1 All. 5 D.Lgs 152/06)
- Test di cessione  
Frazione sopravaglio > 20 mm (analisi sull'eluato in CO<sub>2</sub> e confronto con la Tab 2 All. 5 D.Lgs 152/06).

Per ogni campione vengono quindi preparate n.2 aliquote per le analisi chimiche da effettuarsi: sul sottovaglio < 20 mm e sul sopravaglio > 20 mm.

Per il sottovaglio, le analisi chimiche sono effettuate sull'aliquote di granulometria inferiore a 2 mm e la concentrazione finale dei diversi analiti è determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato. Lo scheletro è definito come la frazione di materiale compreso tra 2 cm e 2 mm.

Le determinazioni chimico-fisiche sono eseguite utilizzando metodologie ufficialmente riconosciute tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Il materiale proveniente dalle attività di scavo del tunnel, una volta depositato, campionato e successivamente analizzato, rispettando quanto precedentemente indicato, viene ufficialmente classificato, ovvero:



- se il materiale risultasse avere dei valori analitici inferiori ai parametri indicati nella colonna A di Tabella 1 allegato 5 , al titolo V, parte IV del D.Lgs 152/2006 e s.m.i, risulterà idoneo per riempimenti e conseguentemente disponibile per la messa a dimora nel sito deposito de La Maddalena;
- nel caso il materiale abbia valori analitici superiori ai parametri indicati nella colonna A di Tabella 1 allegato 5 , al titolo V, parte IV del D.Lgs 152/2006 e s.m.i, esso sarà considerato rifiuto e sarà gestito e smaltito dall'Appaltatore esecutore dello scavo del cunicolo, secondo quanto disposto in materia ambientale.

Le attività di campionamento sui cumuli e le successive analisi chimiche sono sempre state eseguite in tempi compatibili con la velocità di scavo e con le operazioni di stoccaggio del materiale nel sito di deponia.

La tempistica di restituzione dei dati, inizialmente di circa 7-10 gg lavorativi per le analisi complete, è stata variata, in accordo con gli Enti di Controllo, per meglio adattarsi alle esigenze di produzione, risultando così conclusa dopo soli 2-3 giorni lavorativi.

Nella pratica è stato concordato con Enti di Controllo che attraverso la prima verifica sul solo tal quale (colonna A, tab. 1 all. 5 D. Lgs. 152/2006) il materiale può essere considerato come disponibile al carico, senza quindi dover attendere i risultati del test di cessione; in ogni caso successivamente sempre allegati al modulo di gestione del cumulo.

Si fa presente che il materiale estratto durante le attività di perforazione per l'esecuzione dell'opera di scarico delle acque trattate dall'impianto di depurazione nella Dora Riparia (microtunnel) è stato gestito come il materiale estratto durante lo scavo del cunicolo.

Di tutto il materiale effettivamente scavato dal cunicolo o da altre lavorazioni (movimenti terra e perforazioni) interne al cantiere circa l'1% non è risultato idoneo alla messa a dimora nel sito deposito de La Maddalena, nello specifico circa 100 m<sup>3</sup> per contaminazione di idrocarburi (Cumulo 7, proveniente dallo scavo del microtunnel) e circa 3500 m<sup>3</sup> per presenza naturale di Arsenico, (Cumuli 8 e 9). Tutti i restanti campioni esaminati con le determinazioni analitiche sopra descritte hanno presentato risultati inferiori ai parametri indicati nella colonna A di Tabella 1 allegato 5, al titolo V, parte IV del D.Lgs 152/2006 e s.m.i.

#### **4.8 L'accompagnamento dell'opera e il controllo da parte delle autorità competenti**

Preliminarmente alla descrizione del Piano di Monitoraggio Ambientale e del Sistema di Gestione Ambientale è opportuno evidenziare il ruolo che hanno avuto le autorità competenti nella impostazione e verifica puntuale in merito al controllo ambientale delle opere.

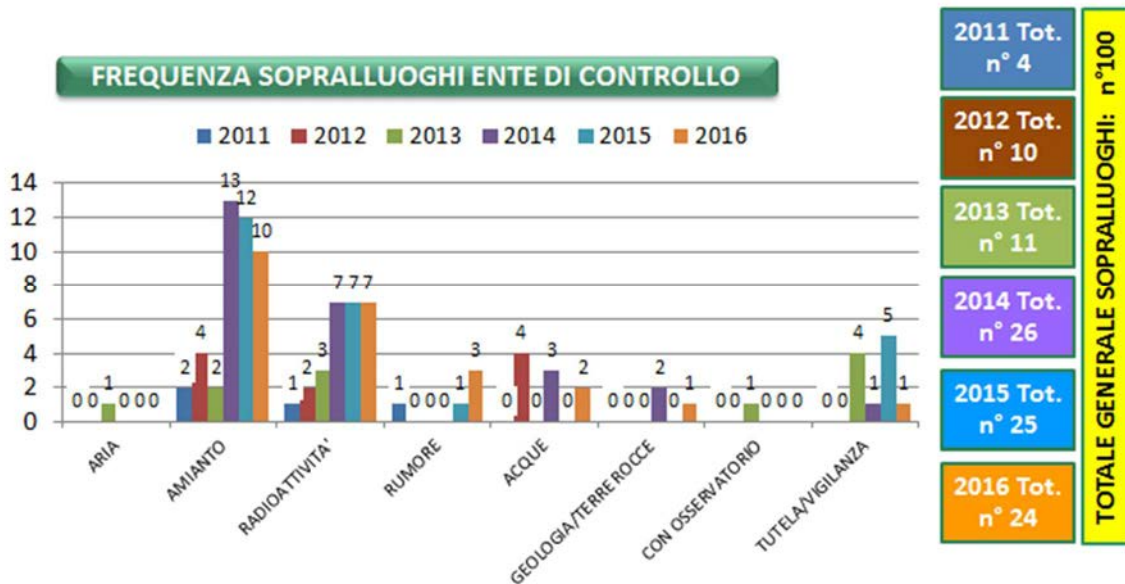
Il concetto di "Accompagnamento" dell'opera è chiaramente citato nella prescrizione 101 della Delibera CIPE 86/2010 di seguito riportato:

*È indispensabile che l'accompagnamento ambientale del progetto, che prende origine dalle valutazioni ambientali preventive e che prosegue con le misure di monitoraggio fino alle verifiche di attuazione di competenza ministeriale, sia basato su un adeguato sistema che sorvegli l'esecuzione delle opere, esamini i dati di monitoraggio, verifichi le azioni correttive messe in atto a seguito di anomalie, dia supporto alla soluzione di imprevisti ed emergenze ambientali. A tal fine si dovrà concordare con ISPRA ed Arpa Piemonte:*

- un piano operativo nell'ambito del Sistema di Gestione Ambientale;
- le effettive misurazioni da effettuarsi per il monitoraggio in funzione delle fasi di lavorazione in cantiere;
- predisporre il Progetto di Monitoraggio Ambientale dell'opera in accordo con ISPRA e Arpa.

In particolare Arpa Piemonte, nell'ambito dell'accompagnamento ambientale dell'opera ha eseguito:

- la valutazione dei dati prodotti da LTF/TELT con predisposizione di report periodici pubblicati sul sito dell'Agenzia;
- approfondimenti e verifiche di dettaglio in caso di criticità emerse (problemi strumentali, tempistiche di restituzione dati, ecc.);
- circa 50 tavoli tecnici con LTF/TELT e 100 sopralluoghi presso il cantiere e/o nei siti direttamente o indirettamente interessati dai lavori;
- attività di controllo e campionamenti in doppio per verificare attività di monitoraggio.



#### 4.9 Il Sistema di Controllo Integrato

Al fine di rispondere in maniera adeguata alle prescrizioni indicate in fase autorizzativa e per garantire un opportuno presidio ambientale del cantiere, è stato sviluppato un sistema integrato costituito da un Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) e da un Piano di Gestione Ambientale (PGA). I dettagli delle due strutture e la loro interazione è illustrata di seguito.

1. il Piano di Monitoraggio Ambientale ha la finalità di valutare l'impatto delle attività di cantiere sull'ambiente esterno, accertando lo stato ambientale delle aree interessate prima dell'avvio delle attività e monitorandone l'evoluzione in fase realizzativa;
2. il Piano di Gestione Ambientale integra il SGA del cantiere ad un piano di controllo interno consentendo di:
  - a. monitorare le componenti ambientali a salvaguardia della salute dei lavoratori;
  - b. monitorare le componenti ambientali al fine di correlare i risultati con quelli del monitoraggio esterno;
  - c. conoscere l'origine di possibili/eventuali criticità ambientali generate dalle attività di cantiere.

I due sistemi sono necessari al fine di garantire un completo controllo di tutte le componenti e permettere l'immediata correlazione tra i dati acquisiti e le possibili cause, in caso di superamenti di soglia degli indicatori monitorati.

A tale scopo sono previsti con periodicità settimanale incontri congiunti negli uffici di cantiere tra tutte le figure interessate

#### ***4.9.1 La gestione dei risultati e le interfacce tra i diversi responsabili***

Le riunioni ambientali di cantiere sono indette dal Responsabile Ambientale della DL e vi partecipano un rappresentante della Committenza, i Responsabili Ambientali o delegati delle Imprese coinvolte, nello specifico l'ATI incaricata dello scavo del cunicolo e l'ATI incaricata della messa a dimora del materiale, affiancati dai Responsabili dei rispettivi sistemi di controllo ambientale attivati internamente all'area di cantiere ed il Responsabile del Monitoraggio Ambientale sull'area esterna.

Lo scopo degli incontri, in situazione ordinaria, è quindi quello di valutare i dati restituiti dalle stazioni di monitoraggio relative alle tre aree di indagine, area a servizio delle attività di scavo, sito di deponia del materiale e area esterna, al fine di identificare eventuali correlazioni tra i dati acquisiti dai controlli interni, e quindi le attività lavorative, ed i dati registrati nel territorio circostante.

L'analisi dei dati dell'area esterna rispetto ai livelli di soglia permette di evidenziare tempestivamente eventuali situazioni anomale ed indicatori di potenziali impatti sulle singole componenti monitorate.

L'analisi dei dati dell'area interna rispetto ai relativi livelli di soglia appositamente stabiliti, affiancata alla sintesi delle attività di cantiere in corso nei periodi di indagine, permette invece di verificare l'influenza delle stesse sulle matrici ambientali interessate e quindi identificare le sorgenti di emissione potenzialmente responsabili degli eventuali impatti evidenziati dai dati del monitoraggio esterno.

Il successivo confronto tra i dati esterni, i dati interni e tutte le informazioni al contorno disponibili (dati meteorologici, dati campionati in parallelo dagli Enti di Controllo, dati delle reti di monitoraggio provinciali e/o regionali, etc.) permette infine, in sede di riunione, di effettuare una prima interpretazione dei dati e dei relativi trend e concordare eventuali azioni da applicare tempestivamente.

I documenti ambientali dei singoli soggetti interessati presentano infatti, in base alle risultanze dei monitoraggi, le procedure utili a determinare le condizioni di assetto operativo della rete di monitoraggio, che in situazione ordinaria è definita di Sorveglianza. L'eventuale riscontro di un deterioramento delle condizioni ambientali registrato dalle stazioni di monitoraggio interno al cantiere o nell'area esterna determina il passaggio ad un assetto operativo di intensificazione dei monitoraggi necessario alla verifica dei dati precedentemente acquisiti ed alla loro eventuale conferma al fine di dimensionare gli adeguati interventi finalizzati al ripristino delle condizioni originarie. L'analisi completa dei dati viene invece riportata nei report mensili.

Al fine di minimizzare gli impatti ambientali delle attività di cantiere, negli specifici documenti sono state identificate, per ogni singola componente, delle azioni “proattive” mirate che devono essere applicate nella normale conduzione del cantiere oltre a delle azioni “reattive” da mettere in atto in caso di necessità.

Per azioni proattive si intendono tutte quelle attività (procedure e dispositivi) mitigative pianificate al fine di una corretta gestione ambientale, mentre le azioni reattive sono tutte quelle azioni individuate e poi applicate in risposta alle diverse situazioni che si verranno a generare nel corso del monitoraggio a seguito dell’analisi dei dati campionati.

Nel corso delle riunioni la DL verifica che tutte le azioni proattive precedentemente programmate vengano applicate nel modo corretto dalle figure preposte ed eventualmente indica le azioni reattive necessarie.

Queste ultime possono essere di varia natura a seconda delle esigenze e vanno dalla verifica della corretta applicazione del sistema di gestione ambientale o semplici rimodulazioni di alcune attività in modo ad esempio da evitarne la sovrapposizione a soluzioni più complesse come la programmazione di nuove attività di monitoraggio, la redazione e l’applicazione di specifiche procedure per lo svolgimento di attività lavorative considerate critiche ed il relativo controllo, fino alla progettazione e alla messa in opera di interventi di mitigazione quali ad esempio barriere acustiche ed opere di convogliamento delle acque.

In caso di superamento di alcune soglie delle componenti più significative, secondo un protocollo concordato con ARPA Piemonte, viene aperta una procedura di “Anomalia”. La gestione delle anomalie prevede la compilazione di una scheda all’interno della quale vengono sintetizzate e descritte le possibili cause, le azioni intraprese per la mitigazione del dato anomalo e gli effetti delle azioni tempestivamente intraprese, riportando sinteticamente la documentazione di riferimento disponibile.

La scheda in oggetto viene compilata dalla DL che si occupa della sua trasmissione alla Committenza ed agli Enti di Controllo preposti. Secondo la procedura la scheda prevede una chiusura dell’anomalia a seguito dell’applicazione delle eventuali correttive e pertanto al rientro del dato al di sotto delle soglie prefissate.

In sede di riunione vengono inoltre affrontati, quando necessario, gli opportuni confronti necessari alla revisione dei documenti ambientali ed all’ottemperanza delle eventuali richieste ed osservazioni pervenute in corso d’opera.

A seguito delle problematiche evidenziate dagli Enti di Controllo, sia in sede di sopralluogo che in sede di verifica delle procedure analitiche adottate e della documentazione prodotta, vengono discusse le controdeduzioni necessarie e concordate le strategie di intervento, sotto il coordinamento della DL.

A tale scopo sono previsti con periodicità settimanale incontri congiunti negli uffici di cantiere tra tutte le figure interessate.

Le riunioni sono indette dal Responsabile Ambientale della DL e vi partecipano un rappresentante della Committenza, i Responsabili Ambientali o delegati delle Imprese coinvolte, nello specifico l’ATI incaricata dello scavo del cunicolo e l’ATI incaricata della messa a dimora del materiale, affiancati dai Responsabili dei rispettivi sistemi di controllo

ambientale attivati internamente all'area di cantiere ed il Responsabile del Monitoraggio Ambientale sull'area esterna.

Lo scopo degli incontri, in situazione ordinaria, è quindi quello di valutare i dati restituiti dalle stazioni di monitoraggio relative alle tre aree di indagine, area a servizio delle attività di scavo, sito di deponia del materiale e area esterna, al fine di identificare eventuali correlazioni tra i dati acquisiti dai controlli interni, e quindi le attività lavorative, ed i dati registrati nel territorio circostante.

L'analisi dei dati dell'area esterna rispetto ai livelli di soglia permette di evidenziare tempestivamente eventuali situazioni anomale ed indicatori di potenziali impatti sulle singole componenti monitorate.

L'analisi dei dati dell'area interna rispetto ai relativi livelli di soglia appositamente stabiliti, affiancata alla sintesi delle attività di cantiere in corso nei periodi di indagine, permette invece di verificare l'influenza delle stesse sulle matrici ambientali interessate e quindi identificare le sorgenti di emissione potenzialmente responsabili degli eventuali impatti evidenziati dai dati del monitoraggio esterno.

Il successivo confronto tra i dati esterni, i dati interni e tutte le informazioni al contorno disponibili (dati meteorologici, dati campionati in parallelo dagli Enti di Controllo, dati delle reti di monitoraggio provinciali e/o regionali, etc.) permette infine, in sede di riunione, di effettuare una prima interpretazione dei dati e dei relativi trend e concordare eventuali azioni da applicare tempestivamente.

I documenti ambientali dei singoli soggetti interessati presentano infatti, in base alle risultanze dei monitoraggi, le procedure utili a determinare le condizioni di assetto operativo della rete di monitoraggio, che in situazione ordinaria è definita di Sorveglianza. L'eventuale riscontro di un deterioramento delle condizioni ambientali registrato dalle stazioni di monitoraggio interno al cantiere o nell'area esterna determina il passaggio ad un assetto operativo di intensificazione dei monitoraggi necessario alla verifica dei dati precedentemente acquisiti ed alla loro eventuale conferma al fine di dimensionare gli adeguati interventi finalizzati al ripristino delle condizioni originarie. L'analisi completa dei dati viene invece riportata nei report mensili.

Al fine di minimizzare gli impatti ambientali delle attività di cantiere, negli specifici documenti sono state identificate, per ogni singola componente, delle azioni "proattive" mirate che devono essere applicate nella normale conduzione del cantiere oltre a delle azioni "reattive" da mettere in atto in caso di necessità.

Per azioni proattive si intendono tutte quelle attività (procedure e dispositivi) mitigative pianificate al fine di una corretta gestione ambientale, mentre le azioni reattive sono tutte quelle azioni individuate e poi applicate in risposta alle diverse situazioni che si verranno a generare nel corso del monitoraggio a seguito dell'analisi dei dati campionati.

Nel corso delle riunioni la DL verifica che tutte le azioni proattive precedentemente programmate vengano applicate nel modo corretto dalle figure preposte ed eventualmente indica le azioni reattive necessarie.

Queste ultime possono essere di varia natura a seconda delle esigenze e vanno dalla verifica della corretta applicazione del sistema di gestione ambientale o semplici rimodulazioni di alcune attività in modo ad esempio da evitarne la sovrapposizione a soluzioni più complesse come la programmazione di nuove attività di monitoraggio, la redazione e l'applicazione di specifiche procedure per lo svolgimento di attività lavorative considerate critiche ed il relativo controllo, fino alla progettazione e alla messa in opera di interventi di mitigazione quali ad esempio barriere acustiche ed opere di convogliamento delle acque.

In caso di superamento di alcune soglie delle componenti più significative, secondo un protocollo concordato con ARPA Piemonte, viene aperta una procedura di "Anomalia". La gestione delle anomalie prevede la compilazione di una scheda all'interno della quale vengono sintetizzate e descritte le possibili cause, le azioni intraprese per la mitigazione del dato anomalo e gli effetti delle azioni tempestivamente intraprese, riportando sinteticamente la documentazione di riferimento disponibile.

La scheda in oggetto viene compilata dalla DL che si occupa della sua trasmissione alla Committenza ed agli Enti di Controllo preposti. Secondo la procedura la scheda prevede una chiusura dell'anomalia a seguito dell'applicazione delle eventuali correttive e pertanto al rientro del dato al di sotto delle soglie prefissate.

In sede di riunione vengono inoltre affrontati, quando necessario, gli opportuni confronti necessari alla revisione dei documenti ambientali ed all'ottemperanza delle eventuali richieste ed osservazioni pervenute in corso d'opera.

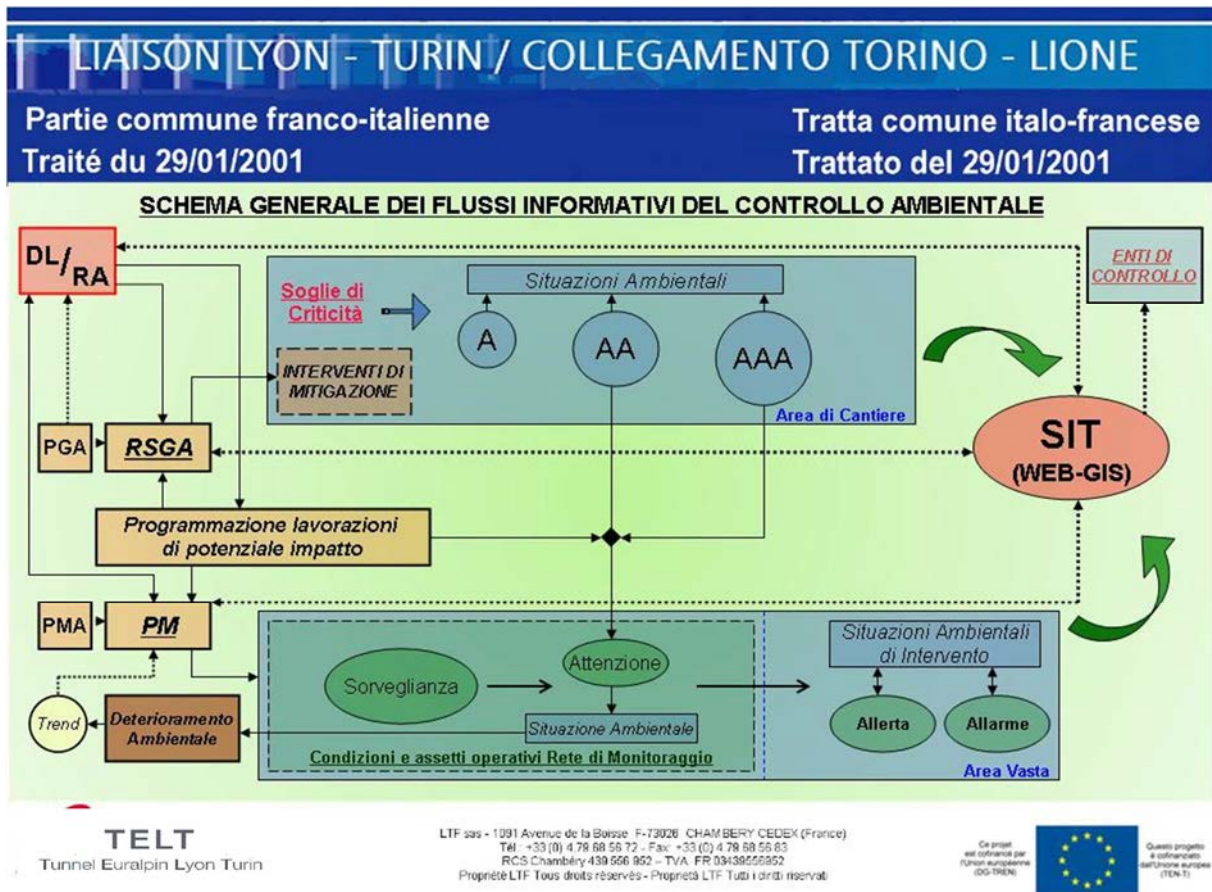
A seguito delle problematiche evidenziate dagli Enti di Controllo, sia in sede di sopralluogo che in sede di verifica delle procedure analitiche adottate e della documentazione prodotta, vengono discusse le controdeduzioni necessarie e concordate le strategie di intervento, sotto il coordinamento della DL.

#### ***4.9.2 Portale Unico del Sistema Informativo Territoriale***

Ai fini di una immediata attivazione di eventuali azioni mitigative in Corso d'Opera, inoltre, è stato definito un adeguato Protocollo di Restituzione Dati e Sistema di Gestione dei Flussi Informativi mediante l'implementazione e l'attivazione di un Sistema Informativo dinamico inserito in rete e accessibile da portale unico,

Di seguito si riporta lo schema generale del Sistema di Gestione dei Flussi Informativi che integra tutte le funzioni di controllo ambientale che afferiscono al Proponente attraverso la Direzione Lavori (DL) e la funzione di Responsabile Ambientale (RA) e che sovrintendono le attività del cantiere mediante l'interazione diretta con il Responsabile del Sistema di Gestione Ambientale del Contraente (RSGA) e con il Responsabile del Piano di Monitoraggio Ambientale esterno (PM).

Lo schema rappresenta le interazioni principali tra tutti i soggetti chiave deputati al controllo ambientale del cantiere in relazione alle lavorazioni attivate e alle situazioni ambientali registrate all'interno dell'area di cantiere e all'esterno nei punti recettori di potenziale impatto. I flussi decisionali sono rappresentati con linea continua.



**Figura 7 – Schema generale dei flussi informativi del controllo ambientale**

Attraverso il Sistema Informativo Territoriale WEB-GIS ora denominato S.I.G.M.A.-Sistema Informativo Gestionale Monitoraggio Ambientale, che costituisce il Portale Unico per il controllo ambientale, i dati acquisiti da tutta la rete di monitoraggio sono confluiti in tempo reale in apposito Database Relazionale strutturato e resi immediatamente disponibili per consultazione, oltre che alle Funzioni dei Responsabili Ambientali di Ambito ai diversi operatori del controllo ambientale e all’Ente di Controllo, con profili di accesso definiti per le diverse Aree Tematiche di competenza.

Il Sistema S.I.G.M.A. provvede, oltre che all’acquisizione, storicizzazione e validazione dei dati ambientali registrati, anche all’esportazione automatica dei dati acquisiti sul Database Ambientale di ARPA Piemonte.

Per la componente ATMOSFERA – Qualità dell’Aria con la stessa cadenza giornaliera i dati sono anche resi fruibili ad ARPA Piemonte attraverso il Sistema Regionale di CSI Piemonte AriaWeb, per il necessario confronto con i dati delle altre stazioni di monitoraggio della Qualità dell’Aria prodotti sul territorio regionale da Arpa Piemonte.

Il Sistema Informativo è dotato anche di una sezione documentale che include tutta la principale reportistica di esercizio, una funzione di “ALARM MANAGER” (Modulo per la notifica automatica in tempo reale ai soggetti deputati al controllo ambientale dei dati progressivamente acquisiti, comparati con le soglie ambientali definite), un modulo per la visualizzazione di “ANDAMENTI e SOGLIE” (Modulo grafico e alfanumerico per la

consultazione ed elaborazione dei dati storici del monitoraggio ambientale) e il “MODULO WEB-GIS” con rappresentazioni multicriteriali in mappa.

Per l’esame di dettaglio dei dati dei monitoraggi eseguiti e dei Report periodici settimanali e mensili si rimanda pertanto alla consultazione del Portale Unico.

#### **4.9.3 Il dettaglio dei due sistemi**

Al fine di permettere una migliore comprensione degli esiti del monitoraggio svolto, si riporta nei capitoli successivi una sintesi dei due sistemi di monitoraggio presentati, estratta dai rispettivi documenti di riferimento.

Per gli aspetti di dettaglio si rimanda pertanto ai documenti stessi, in dettaglio:

- Per il PMA
  - MAD\_MA3\_FEN\_0292 (revisione D del 04/04/2017)
- Per il PGA
  - MAD\_EXE\_VEN\_0096 (revisione P del 16/12/2016)

#### **4.10 Il Piano di Monitoraggio Ambientale**

Ai sensi della prescrizione n° 19 della Delibera CIPE 86/2010 la redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) è stata condivisa con Arpa Piemonte ed ISPRA secondo il modello P.S.R. (Pressione-Stato-Risposta) in funzione delle potenziali pressioni sull’ambiente. Il Piano integra le indicazioni di carattere scientifico, tecnico e metodologico emerse nell’ambito dei numerosi incontri tematici coordinati da Arpa Piemonte.

Il piano è articolato nelle seguenti componenti ambientali:

- Atmosfera
- Amianto
- Ambiente idrico superficiale e sotterraneo
- Radiazioni ionizzanti
- Rumore e Vibrazioni
- Suolo e sottosuolo
- Componenti biotiche

Le stazioni di monitoraggio sono posizionate in un area di circa 15km introno al cantiere e la loro ubicazione è stata definita a seguito di specifici sopralluoghi congiunti con Arpa Piemonte. Di seguito si riporta la planimetria dettagliata.



# Punti monitoraggio

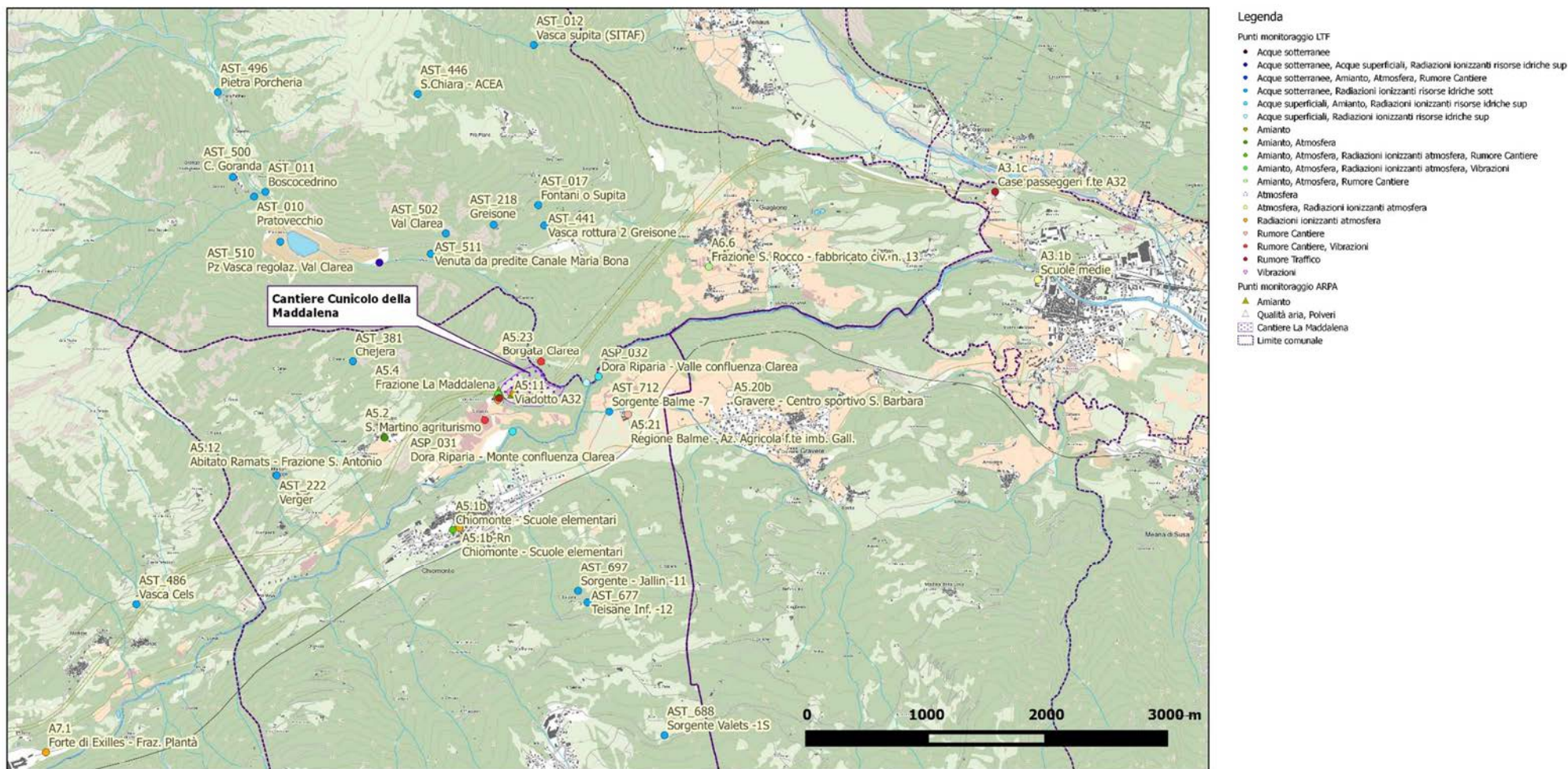


Figura 8 - Planimetria stazioni di monitoraggio esterno cantiere (Fonte ARPA Piemonte)

Relativamente alla fase di Corso d'Opera è stato progettato un assetto operativo del monitoraggio, caratterizzato dalle seguenti condizioni:

- **SORVEGLIANZA:** che assicura la condizione minima di sorveglianza ambientale in ambiente potenzialmente indisturbato o in presenza di interferenze “trascurabili”
- **ATTENZIONE:** assetto operativo condizionato da potenziali interferenze ambientali e determinato dal riscontro di un repentino deterioramento dello stato ambientale registrato dalle stazioni di monitoraggio ubicate all'interno o nelle immediate vicinanze del cantiere (stazioni “sentinella”)
- **INTERVENTO:** in caso di impatto accertato prevede la predisposizione e l'eventuale attivazione di immediati interventi mitigativi sulle cause che li hanno determinati

#### 4.10.1 Atmosfera

Gli **Indicatori di Qualità** considerati per la componente in esame sono elencati di seguito:

- Polveri Aerodisperse (PO):
  - PTS (Metalli) – Depositazioni totali (DEP)
  - Particelle respirabili
  - Metalli: (As,Be, Cd, Co, Hg, Ni, Pb, Se, Zn).
- Inquinanti da Traffico Veicolare (QA) primari e secondari:
  - Ossidi Azoto (NO, NO<sub>2</sub>)
  - Monossido di Carbonio (CO)
  - Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
  - Ozono (O<sub>3</sub>)
  - Polveri Aerodisperse (PM<sub>10</sub>-PM<sub>2,5</sub>)
  - Benzene
  - Benzo(a)Pirene

Le **Aree territoriali** e le **stazioni di monitoraggio** considerate sono distinte di seguito:

– **Qualità aria traffico, polveri respirabili (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>):**

**A3** – Comune di SUSA

A3.1b – Scuole Medie

**A5** – Comuni di CHIOMONTE - GRAVERE

A5.1b – Scuole elementari

A5.4 – Frazione La Maddalena

A5.20b – Gravere – Centro Sportivo S. Barbara

**A6** – Comune di GIAGLIONE

A6.6 – Frazione S. Rocco

- **Polveri aerodisperse (PTS-Metalli), Deposizioni totali (DEP):**

**A5 - Comuni di CHIOMONTE - GRAVERE**

- A5.1b – Chiomonte, Scuole elementari (PTS + DEP)
- A5.4 – Frazione La Maddalena (PTS + DEP)
- A5.12 – Abitato Ramats – Frazione S. Antonio
- A5.Met2 – Graverè – Molaretto

**A6 – Comune di GIAGLIONE**

- A6.6 – Frazione S. Rocco

Nella fase realizzativa dell'opera, in considerazione di quanto sopra si è previsto pertanto il seguente schema di monitoraggio della condizione di sorveglianza:

- Monitoraggio PM10 in continuo all'interno del cantiere;
- Monitoraggio PM10 in continuo con restituzione oraria – n.1 stazione (A5.4);
- Monitoraggio QA traffico – n.3 stazioni (A5.4, A5.1b, A5.20b), n.2 campagne annuali di 20 giorni nei periodi primaverile/estivo e autunnale/invernale;
- Monitoraggio PM10 – in continuo su n.5 stazioni (A5.4, A5.1b, A5.20b, A6.6, A3.1b), con modalità sequenziale sulle 24h.

**Criteri quali-quantitativi per la definizione degli assetti operativi**

Sulla base dei valori ambientali registrati nella fase di ante-operam sono state definite le soglie ambientali di Attenzione e di Intervento ai valori corrispondenti ai seguenti Percentili della serie di dati registrata:

- Soglia di ATTENZIONE: valore corrispondente al **75esimo Percentile**
- Soglia di INTERVENTO: valore corrispondente al **95esimo Percentile**

Di seguito si riportano i valori sperimentali elaborati in base al suddetto criterio e i relativi valori di primo impianto proposti:

a) **POLVERI sottili aerodisperse:**

<b>Soglie di Attenzione e di Intervento</b>				
<i>Valori sperimentali</i>				
<i>Stazione</i>	<b>Soglia di Attenzione (75° percentile dei valori medi giornalieri) [µg/m³]</b>		<b>Soglia di Intervento (95° percentile dei valori medi giornalieri) [µg/m³]</b>	
	<i>PM<sub>10</sub></i>	<i>PM<sub>2,5</sub></i>	<i>PM<sub>10</sub></i>	<i>PM<sub>2,5</sub></i>
<i>3,1b</i>	31,1	14,4	40,6	23,7
<i>5,1b</i>	25,9	13,9	63,6	21
<i>5,4</i>	40,6	17,4	59,2	24,4
<i>5,20b</i>	27,7	18,5	33,6	25,1

<b>Soglie di Attenzione e di Intervento</b> <i>Valori di primo impianto proposti</i>				
<i>Stazione</i>	<b>Soglia di Attenzione</b> [µg/m <sup>3</sup> ]		<b>Soglia di Intervento</b> [µg/m <sup>3</sup> ]	
	<i>PM<sub>10</sub></i>	<i>PM<sub>2,5</sub></i>	<i>PM<sub>10</sub></i>	<i>PM<sub>2,5</sub></i>
<i>3,1b</i>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>40</b>	<b>25</b>
<i>5,1b</i>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>60</b>	<b>25</b>
<i>5,4</i>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>25</b>
<i>5,20b</i>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>25</b>

Tabella 5 – Polveri sottili – soglie

b) CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Benzene:

<b>Soglie di Attenzione e di Intervento</b> <i>Valori sperimentali</i>								
<i>Stazione</i>	<b>Soglia di Attenzione</b> (75° percentile dei valori medi giornalieri) [µg/m <sup>3</sup> ]				<b>Soglia di Intervento</b> (95° percentile dei valori medi giornalieri) [µg/m <sup>3</sup> ]			
	<i>CO*</i>	<i>NO<sub>2</sub></i>	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>Benzene</i>	<i>CO*</i>	<i>NO<sub>2</sub></i>	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>Benzene</i>
<i>3,1b</i>	0,3	16,3	8,0	N.D.	0,4	24,8	8,6	N.D.
<i>5,1b</i>	0,3	14,7	1,2		0,4	21,2	1,7	
<i>5,4</i>	0,3	76,2	6,8		0,4	163	7,4	
<i>5,20b</i>	0,3	18,4	4,6		0,3	34,1	5,6	

Tabella 6– CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Benzene - soglie

\*valori soglia di concentrazione espressi in mg/m<sup>3</sup>.

Soglie di Attenzione e di Intervento Valori di primo impianto proposti								
Stazione	Soglia di Attenzione [µg/m <sup>3</sup> ]				Soglia di Intervento [µg/m <sup>3</sup> ]			
	CO**	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Benzene	CO**	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Benzene
3,1b	0,3	15	8	3,5*	0,4	25	10	4,5*
5,1b	0,3	15	1,5		0,4	25	2	
5,4	0,3	80	7		0,4	165	8	
5,20b	0,3	20	5		0,4	35	6	

Tabella 7 – CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Benzene - soglie

\* - valori soglia rispettivamente pari al 75% e 95% del limite di Legge.

\*\* - valori soglia di concentrazione espressi in mg/m<sup>3</sup>.

Il passaggio tra i diversi assetti operativi avviene con le seguenti modalità:

**a) POLVERI (PM10):**

La condizione di ATTENZIONE è attivabile a seguito del superamento della relativa soglia ambientale o di segnalazione da parte di RA dell'attivazione di lavorazioni di potenziale impatto o del riscontro di un costante e significativo incremento delle situazioni emissive registrate all'interno del cantiere ed acquisite secondo le procedure previste dal SGA del Contraente, confermati dagli andamenti orari registrati presso la stazione A5.4 nell'arco temporale di almeno 3 giorni consecutivi.

Azioni conseguenti:

- preavviso a RA/RSGA per la predisposizione degli adeguati provvedimenti.

La condizione di INTERVENTO è attivabile a seguito del superamento della relativa soglia ambientale in uno o più punti recettori monitorati nell'arco temporale di almeno 3 ulteriori giorni consecutivi.

Azioni conseguenti:

- preavviso al RA/RSGA per l'attuazione dei necessari interventi.

La riduzione alla originale condizione di sorveglianza avviene dopo il riscontro di normali livelli ambientali ristabilizzati per almeno 3 giorni consecutivi.

**b) QA Traffico:**

Per tutti gli altri inquinanti monitorati in continuo a mezzo di Laboratorio Mobile si applicano gli stessi criteri, con variazione del periodo di osservazione che passa da 3 a 7 giorni consecutivi.

Pertanto, la condizione di ATTENZIONE è attivabile a seguito del superamento delle relative soglie ambientali riferite ai valori medi giornalieri registrati nell'arco temporale di almeno 7 gg di uno o più indicatori.

Azioni conseguenti:

- prosecuzione dei rilievi senza soluzione di continuità fino al riscontro di normali livelli ambientali ristabilizzati nell'arco temporale di almeno 7 gg consecutivi.
- preavviso all'RSGA per l'individuazione e la predisposizione di eventuali opportuni interventi.

La condizione di INTERVENTO è attivabile a seguito del superamento delle relative soglie ambientali confermati nell'arco temporale di almeno 7 gg consecutivi.

Azioni conseguenti:

- segnalazione al RA/RSGA per l'attivazione degli adeguati provvedimenti di mitigazione.

Le suddette condizioni vengono comunque valutate e confermate da ulteriori evidenze quali:

- l'esame e la valutazione del regime anemologico osservato nel periodo di monitoraggio;
- l'esame degli andamenti osservati dalle stazioni regionali di riferimento per le zone di interesse;
- il carico emissivo del cantiere.

#### **4.10.2 Amianto**

Gli **Indicatori di Qualità** considerati per la componente sono elencati di seguito:

- Fibre d'amianto aerodisperse (AM-SEM)
- Fibre d'amianto in acque superficiali (AM-ASP-SEM)

Relativamente alle modalità di monitoraggio ed alle metodologie di campionamento e analisi si è fatto riferimento a quanto previsto nella fase ante operam.

Le **Aree territoriali** e le **stazioni di monitoraggio** considerate sono distinte di seguito:

##### **A5 – Comuni di CHIOMONTE – GRAVERE**

A5.C – Perimetro esterno cantiere (attivata nella fase realizzativa dell'opera)

A5.1b – Chiomonte, Scuole elementari

A5.4 – Frazione La Maddalena

A5.12 – Abitato Ramats – Frazione S. Antonio

A5.Met2 – Gravera – Molaretto

##### **A6 – Comune di GIAGLIONE**

A6.6 – Frazione S. Rocco

Per l'ambiente idrico sono stati previsti controlli nei corpi recettori superficiali in corrispondenza delle seguenti sezioni:

ASP-031 (ex A5.7) – Dora Riparia, monte confluenza Clarea (AM-ASP-SEM)

ASP-032 (ex A5.10) – Dora Riparia, valle confluenza Clarea (AM-ASP-SEM)

E' stato previsto il campionamento su tutta la sezione del corpo idrico con prelievo di aliquote da 0,5 L distanziate di 1 m e successivamente riunite.

In Corso d'opera la fase di **SORVEGLIANZA** è stata garantita mediante l'attivazione contemporanea della stazione A5.C al perimetro del cantiere e A5.4 che ha rappresentato il punto recettore più ravvicinato.

In relazione ai livelli di attività del cantiere sono state previste le seguenti modalità operative:

- Fase 1: campionamenti su 3 giorni consecutivi con frequenza quindicinale e con estensione giornaliera limitata al turno di lavoro (8 ore);
- Fase 2: campionamenti su 3 giorni consecutivi con frequenza settimanale, con estensione giornaliera di 24 ore sul primo giorno della sequenza e di 8 ore, riferite al turno di lavoro, nei giorni successivi.

### Criteria quali-quantitativi per la definizione degli assetti operativi

Gli assetti operativi del monitoraggio esterno cantiere sono stati definiti secondo la seguente tabella:

Stato	Limite di riferimento	Punti di monitoraggio	Frequenza campionamenti	
<b>Sorveglianza</b>	valore determinato durante l'ante opera	A5.C - A5.4	Fase 1	3 gg. ogni 15 gg. per il turno di 8 h
			Fase 2/3B*	3 gg. ogni 7. il 1° giorno 24 h e poi 8 h
<b>Attenzione</b>	se il livello di rischio è RA-1 ÷ RA-3 (prospezione sul fronte di scavo)	A5.C - A5.4 A5.12 - A5.1b	Fase 1	3 gg. ogni 7 gg. per il turno di 8 h
	superamento delle soglie all'interno del cantiere		Fase 2/3B*	Tutti i giorni 24/24 h
<b>Intervento</b>	>1 f/l	<b>Tutti e 6 i punti</b>	<b>Tutti i giorni 24/24 h</b>	

Tabella 8 – Assetti operativi

La condizione di **ATTENZIONE** è attivabile a seguito delle prospezioni sul fronte di scavo con riscontro dei livelli di rischio da RA-1 a RA-3 o variazioni del carico emissivo del cantiere segnalati da RA (superamento soglie ambientali interno cantiere secondo le previsioni di PGA).

Azioni conseguenti:

- attivazione contemporanea delle n.2 stazioni aggiuntive (A5.1b e A5.12) ubicate presso i recettori più prossimi all'area di cantiere, con copertura temporale giornaliera per tutto il turno di lavoro e nella Fase 1 il passaggio della frequenza di misura da quindicinale a settimanale con segnalazione all'RA/RSGA per l'individuazione e la predisposizione di eventuali opportuni interventi di mitigazione.

La riduzione alla originale condizione di sorveglianza si è consentita nel caso in cui nella sequenza successiva non è stata confermata la suddetta condizione ambientale.

Lo stato di **INTERVENTO** è attivabile a seguito di un costante e significativo incremento dei valori ambientali giornalieri di fibre di amianto aerodisperso, con raggiungimento e

superamento della soglia di 1 ff/L.

Azioni conseguenti:

- determina la situazione di preallarme e l'immediata segnalazione a RA/RSGA con attivazione della condizione di INTERVENTO e l'attivazione di immediati provvedimenti di mitigazione previsti dal PGA;
- prosecuzione dei rilievi senza soluzione di continuità con copertura temporale giornaliera di 24 ore su tutte le stazioni di monitoraggio previste.

Nell'ambito della condizione di INTERVENTO l'ulteriore conferma della tendenza all'incremento delle concentrazioni di fibre di amianto aerodisperso, anche a seguito di una singola misura, attiva la situazione di **ALLARME**.

Azioni conseguenti:

- segnalazione a RA/RSGA;
- segnalazione all'Organo di Vigilanza.

La riduzione alle normali condizioni di sorveglianza è stata condizionata alla verifica degli effetti ambientali prodotti dalle misure adottate dalla DL.

#### **4.10.3 Rumore e vibrazioni**

Gli indicatori di qualità considerati sono di seguito elencati:

- Rumore da attività di cantiere (RC)
- Rumore da traffico veicolare (RT) diretto e indotto;
- Vibrazioni (VB)

Le aree territoriali e le stazioni di monitoraggio per le componenti sono di seguito riportate:

- **Rumore da cantiere (RC):**
  - **A5** – Comuni di CHIOMONTE-GRAVERE:
    - A5.1b – Chiomonte, Scuole elementari;
    - A5.2 – San Martino Agriturismo;
    - A5.4-RC – Frazione La Maddalena (attivazione a valle della restituzione dell'area museale)
    - A5.20 – Gravere, abitazioni f.te piana Balme;
    - A5.21 – Regione Balme f.te imocco Ovest gall. Giaglione;
    - A5.23 – Borgata Clarea
  - **A6** – Comuni di GIAGLIONE:
    - A6.6 – Frazione San Giovanni
- **Rumore da traffico (RT):**
  - **A3** – Comune di SUSA:
    - A3.1 – Case passeggeri;
    - A3.6 – A32, Svincolo per Borgone (stazione non attivata già in AO perché inaccessibile).
  - **A5** – Comuni di CHIOMONTE-GRAVERE:



A5.4 – Frazione La Maddalena;

- **Vibrazioni:**
  - o **A5** – Comuni di CHIOMONTE-GRAVERE:
    - A5.2 – San Martino agriturismo;
    - A5.4-RT – Frazione La Maddalena;
    - A5.11 – Viadotto A32
    - A5.23 – Borgata Clarea

Di seguito si riportano i criteri quali – qualitativi per la definizione degli assetti operativi.

**Rumore cantiere**

Condizione di **SORVEGLIANZA**: ripetizione dei rilievi con cadenza mensile o bimestrale concentrando i rilievi nelle situazioni di maggiormente significative dal punto di vista acustico.

Condizione di **ATTENZIONE**: attivabile, su comunicazione del RA, a seguito del persistere del superamento delle soglie presso la centralina fissa posta all'interno dell'area di cantiere, nonostante le azioni correttive previste dal PGA del cantiere.

Condizione di **INTERVENTO** attivabile a seguito del riscontro di un superamento dei valori limite di immissione riscontrati presso i punti ricettori esterni al cantiere e/o a seguito di segnalazione di disturbo.

Azioni conseguenti:

- Esecuzione tempestiva di rilievi nel corso dei quali, se necessario, si dovranno sospendere le attività di cantiere;
- Verifica del rispetto del valore limite differenziale;
- Segnalazione a RA e DL per l'attivazione degli ulteriori interventi di mitigazione previsti al PGA di cantiere.

La riduzione alla originaria condizione di **sorveglianza** avviene al ristabilirsi del rispetto dei valori limite di immissione presso i punti ricettori esterni.

**Rumore traffico**

Condizioni di **SORVEGLIANZA**: ripetizione dei rilievi con cadenza bimestrale.

Condizione di **ATTENZIONE/INTERVENTO** attivabile a seguito del riscontro di un superamento dei valori limite di immissione dell'infrastruttura stradale pari a 70 dBA diurno/60 dBA notturno.

Azioni conseguenti:

- Intensificazione della frequenza dei rilievi (mensile);
- Segnalazione a DL finalizzata alla verifica ed ottimizzazione dei flussi di approvvigionamento per limitare l'impatto acustico diretto o indotto.

La riduzione alla originaria condizione di **sorveglianza** avviene al ristabilirsi del rispetto dei valori limite di immissione presso i punti ricettori esterni.

**Vibrazioni**

Condizione di **SORVEGLIANZA**: ripetizione dei rilievi due volte all'anno concentrando i rilievi nelle situazioni di maggiormente significative dal punto di vista vibrazionali.

Condizione di **ATTENZIONE**: attivabile, su comunicazione del RA, a seguito del superamento delle soglie previste dalla UNI 9614 presso una delle stazioni di monitoraggio individuate.

Condizione di **INTERVENTO** attivabile a seguito del riscontro del persistere del superamento delle soglie previste dalla UNI 9614 presso una delle stazioni di monitoraggio e/o a seguito di segnalazione di disturbo.

Azioni conseguenti:

- Intensificazione della frequenza dei rilievi (mensile);
- Segnalazione a DL finalizzata alla verifica delle lavorazioni di cantiere.

La riduzione alla originaria condizione di **sorveglianza** avviene al ristabilirsi del rispetto dei valori soglia presso le stazioni di monitoraggio.

#### **4.10.4 Ambiente idrico**

##### **Monitoraggio degli impatti attesi**

Il monitoraggio degli impatti attesi è stato focalizzato al controllo specifico dei seguenti fenomeni:

- **Alterazioni quantitative** dei corpi idrici sotterranei/complessi idrogeologici e superficiali conseguenti allo scavo della galleria ed agli emungimenti autorizzati con concessione specifica ai sensi del DPGR 29/07/03 n. 10/R.10.
- **Alterazioni qualitative dei corpi idrici sotterranei/complessi idrogeologici** correlate a significative alterazioni quantitative.
- **Alterazioni qualitative dei corpi idrici superficiali** da riferirsi allo scarico degli effluenti dell'impianto di trattamento chimico-fisico.

Le frequenze di monitoraggio legate al controllo delle alterazioni quantitative hanno avuto cadenza mensile mentre quelle legate alle alterazioni qualitative hanno avuto cadenza trimestrale.

In fase realizzativa sono stati previsti monitoraggi immediati a seguito di eventi accidentali, mirati al controllo di parametri specifici dell'alterazione prodotta, con modalità e frequenze condivise con l'organo di vigilanza.

##### **4.10.4.1 Monitoraggio dei corpi idrici sotterranei**

Per le alterazioni di carattere quantitativo sono previsti i seguenti punti:

**A5** – Comune di Chiomonte:

Acque sotterranee **sinistra Dora** :

AST -222 Verger

AST -381 Chejera

AST – 701 Rigaud-1

Acque sotterranee in **destra Dora** :

AST – 677 Teisane inf. 12

AST- 688 Valete -15

AST – 697 Jallin -11

AST 712 – Località Balme

**A6** – Comune di Giaglione:

AST – 010 Pratovecchio  
AST – 011 BoscoCedrino (in continuo)  
AST – 012 Vasca Supita  
AST - 017 Fontani Supita  
AST - 218 Greisone  
AST – 441 Vasca rottura 2 greisone  
AST – 446 S. Chiara  
AST – 496 Pietra Porchera  
AST – 500 C.na Goranda  
AST – 510 Piezometro IREN

**A6** – Comune di Exilles:

AST – 486 Vasca Cels

Nelle seguenti tabelle i set di parametri di controllo mensile e trimestrale relativi ai corpi idrici sotterranei.

<b>CORPI IDRICI SOTTERRANEI</b>			<b>Unità di misura</b>
<b>SET PARAMETRI DEL CONTROLLO MENSILE</b>			
<b>Parametri in-situ</b>	01	<b>Temperatura acqua</b>	<b>°C</b>
	02	<b>Conducibilità</b>	<b>µS/cm</b>
	03	<b>Concentrazione ioni idrogeno</b>	<b>pH</b>
	04	<b>Potenziale Redox</b>	<b>mV</b>
	05	<b>Ossigeno disciolto</b>	<b>%</b>
	06	<b>Portata</b>	<b>l/s</b>
<b>SET PARAMETRI AGGIUNTIVI DEL CONTROLLO TRIMESTRALE</b>			<b>-</b>
<b>Analisi di Laboratorio</b>	7	<b>Alcalinità M</b>	<b>meq/l</b>
	8	<b>Alcalinità P</b>	<b>meq/l</b>
	9	<b>Durezza totale</b>	<b>°F</b>
	10	<b>Durezza calcica</b>	<b>°F</b>
	11	<b>Cloruri</b>	<b>mg/l</b>
	12	<b>Solfati</b>	<b>mg/l</b>
	13	<b>Calcio</b>	<b>mg/l</b>
	14	<b>Magnesio</b>	<b>mg/l</b>
	15	<b>Potassio</b>	<b>mg/l</b>
	16	<b>Sodio</b>	<b>mg/l</b>
17	<b>Ferro</b>	<b>mg/l</b>	

**Tabella 9 – Set di parametri di controllo mensile e trimestrale**

Nella seguente tabella si riportano i valori di soglia, riesaminati almeno ogni biennio di monitoraggio.

	<b>UTL1</b>	<b>UTL5</b>	<b>UTL95</b>	<b>UTL99</b>
<b>AST_010 PRATOVECCHIO</b>				
Temperatura acqua (°C)	-	-	9,66	10,40
Conducibilità (µS/cm)	-	-	205,1	217,8
pH (unità pH)	7,12	7,32	8,37	8,57
Potenziale Redox (mV)	0	0	284,9	339,0
Ossigeno Disciolto (%)	52,4	58,9	93,9	100,5
<b>AST_011 BOSCOCEDRINO</b>				
Temperatura acqua (°C)	-	-	8,71	9,16
Conducibilità (µS/cm)	-	-	190,0	199,0
pH (unità pH)	7,13	7,32	8,29	8,47
Potenziale Redox (mV)	0	25,0	341,3	453,4
Ossigeno Disciolto (%)	58,7	65,4	100,4	107,1
<b>AST_218 GREISONE</b>				
Temperatura acqua (°C)	-	-	9,69	10,04
Conducibilità (µS/cm)	-	-	203,3	213,1
pH (unità pH)	7,37	7,46	8,37	8,46
Potenziale Redox (mV)	0	0	311,8	378,2
Ossigeno Disciolto (%)	47,8	54,8	91,6	98,6
<b>AST_381 CHEJERA</b>				
Temperatura acqua (°C)	-	-	14,55	17,30
Conducibilità (µS/cm)	-	-	220,2	252,5
pH (unità pH)	6,90	7,17	8,56	8,83
Potenziale Redox (mV)	0	0	349,3	419,6
Ossigeno Disciolto (%)	64,6	68,8	90,8	95,0
<b>AST_446 S. CHIARA</b>				
Temperatura acqua (°C)	-	-	10,23	11,90
Conducibilità (µS/cm)	-	-	254,3	268,9
pH (unità pH)	6,41	6,60	8,50	8,69
Potenziale Redox (mV)	0	3,8	307,1	364,4
Ossigeno Disciolto (%)	51,2	59,0	100,6	108,5
<b>AST_496 PIETRA PORCHERA</b>				
Temperatura acqua (°C)	-	-	16,86	19,84
Conducibilità (µS/cm)	-	-	258,9	271,2
pH (unità pH)	7,12	7,34	8,54	8,77
Potenziale Redox (mV)	0	16,2	351,4	415,4
Ossigeno Disciolto (%)	54,9	61,9	98,7	105,7

**Tabella 10 – Valori soglia e di intervento**

I valori di portata sono da comparare con le curve di esaurimento naturale ottenute nel corso del monitoraggio di Ante-operam (Cfr. Doc. MAD-MA3-FEN-0102-0-PA-NOT).

Per rendere confrontabili le serie di portata disponibili, connotate da ordini di grandezza differenti, si è proceduto ad una indicizzazione dei valori di portata tra 0 e 1 (100%) durante i periodi di esaurimento.

La tabella seguente sintetizza i parametri caratteristici degli esaurimenti monitorati. Per ciascuna sorgente i parametri da prendere in considerazione sono stati:

- Durata del periodo di esaurimento;
- Portata iniziale, portata finale, riduzione di portata nel periodo;
- Tasso di esaurimento naturale (decremento percentuale giornaliero di portata);
- Valore medio e deviazione standard dei periodi di esaurimento qualora ne siano disponibili più di uno.

Punto di monitoraggio	data iniz.	data fin.	Qiniz	Qfin	Durata esaurimento (giorni)	Riduzione Q	Tasso esaurimento Q % /gg	Tasso esaurimento Q % /gg	
								media	$\sigma$ (dev. Standard)
Pratovecchio (AST_010)	22/02/2012	24/05/2012	7,20	4,70	92	35%	0,38		
	19/09/2012	27/02/2013	6,78	3,26	161	52%	0,32		
	17/07/2013	18/09/2013	7,70	6,00	63	22%	0,35		
	25/06/2014	28/08/2014	7,30	6,18	64	15%	0,24	0,32	0,06
Boscocedrina (AST_011)	17/01/2012	24/04/2012	10,00	7,70	98	23%	0,23		
	19/09/2012	30/01/2013	12,70	6,50	133	49%	0,37		
	21/08/2013	28/11/2013	10,90	8,72	99	20%	0,20		
	28/11/2013	19/02/2014	11,21	8,54	83	24%	0,29		
	25/06/2014	28/08/2014	11,90	9,65	64	19%	0,30		
	19/11/2014	18/02/2015	13,40	7,55	91	44%	0,48	0,31	0,10
Greisone (AST_218)	24/10/2012	18/12/2012	1,41	0,80	55	43%	0,79		
	24/10/2013	22/01/2014	1,36	0,71	90	48%	0,53	0,66	0,18
Chejera (AST_381)	30/05/2012	23/10/2012	0,14	0,01	146	94%	0,65	0,60	0,17
	17/07/2013	24/10/2013	0,05	0,01	99	73%	0,74		
	19/03/2014	16/10/2014	0,13	0,015	211	88%	0,42		
S. Chiara (AST_446)	21/06/2012	30/01/2013	1,20	0,05	223	96%	0,43	0,62	0,27
	21/08/2013	24/10/2013	1,16	0,56	64	52%	0,81		
C. Pietra Porchera (AST_496)	26/03/2012	30/05/2012	0,50	0,07	65	86%	1,32	0,91	0,46
	28/05/2013	18/09/2013	0,34	0,18	113	47%	0,42		
	24/07/2014	16/10/2014	0,56	0,10	84	82%	0,98		

**Tabella 11 – Valori soglia e di intervento**

Per quanto si riferisce al monitoraggio delle precipitazioni e degli isotopi, da riferirsi esclusivamente alla fase di ANTE-OPERAM, tale attività è terminata decorso un anno idrologico di misure avviate nella suddetta fase e concluse avendo acquisito una completa rappresentazione della variabilità spaziale e temporale della composizione di isotopi stabili che consente di interpretare le altezze di ricarica dei gruppi sorgivi monitorati.

Riguardo ai potenziali effetti attesi nella fase di CORSO d'OPERA sullo stato quantitativo e qualitativo dei corpi idrici sotterranei, analogamente a quanto è stato previsto per il monitoraggio Ante-operam esterno per la componente acque sotterranee, si ritiene che la caratterizzazione geochimica e isotopica delle acque di venuta da galleria possa fornire ulteriori elementi di approfondimento per la valutazione degli eventuali possibili impatti in superficie sui corsi d'acqua, sorgenti e pozzi, causati dalla realizzazione della galleria stessa. Ad integrazione di quanto sopra è stato definito uno specifico protocollo in caso di intercettazione di venute d'acqua significative nel corso dello scavo.

#### **A) - Stato quantitativo degli acquiferi sotterranei**

Il monitoraggio dello stato quantitativo è stato finalizzato a cogliere tempestivamente gli effetti sul regime di portata potenzialmente indotti dagli scavi profondi in roccia nel cunicolo-pilota (drenaggio profondo); effetti che dovranno essere identificati con riferimento all'attuale modalità di esaurimento naturale delle sorgenti, connotate da una ricarica "rapida" per effetto della circolazione sub-superficiale di versante (nella litozona fratturata ed alterata del substrato o nei terreni detritici di copertura del medesimo) e di subalveo (nei depositi alluvionali di fondovalle).

Vengono definite le soglie di transizione del regime di esaurimento "naturale" verso modalità di esaurimento "potenzialmente critiche".

Tali soglie, corrispondenti ad incrementi successivi del tasso di esaurimento "naturale", determinano la transizione dello stato di monitoraggio da **SORVEGLIANZA** ad **"ATTENZIONE"** e successivamente da attenzione a **"INTERVENTO"**.

La transizione tra le suddette soglie avviene con riferimento alla determinazione del regime di portata "naturale" (connotato da una variabilità sito-specifica propria, dipendente dai parametri idrologici condizionanti i cicli di ricarica e di esaurimento: pluviometria, fusione nivale), e alla conseguente identificazione di modalità di esaurimento "anomale". Per tale finalità, si è considerata prioritariamente un insieme di sorgenti ritenute particolarmente significative (cfr. Doc. ARPA Piemonte del 29/05/2015), in relazione alla posizione planoaltimetrica rispetto al tracciato in progetto, alla continuità delle serie di portata disponibili e/o ai volumi erogati, per le quali sono stati definiti puntualmente i parametri statistici degli idrogrammi di esaurimento in regime naturale, in assenza di fenomeni di drenaggio da parte della galleria in fase di realizzazione (in quanto seguiti da regolari cicli di ricarica).

Le sorgenti sono pertanto state assunte come riferimento assoluto ai fini della valutazione dei potenziali impatti conseguenti alla realizzazione dell'opera.

Per ciascuna sorgente rappresentativa di cui sopra, è stato preso come riferimento il "tasso di esaurimento naturale", che esprime la riduzione (percentuale) di portata su base giornaliera, definita in base alla serie dei dati pregressi acquisiti.

Tale grandezza non assume un valore assoluto per ciascuna sorgente rappresentativa, in quanto dipende da parametri idrologici caratteristici di ciascun periodo (ad esempio, dalla durata ed entità della ricarica meteorica, dello scioglimento nivale etc.).

Ai fini della valutazione dello scostamento dal "tasso di esaurimento giornaliero naturale", e quindi per definire le soglie "di attenzione" e "di intervento" si è considerato come riferimento

lo scarto espresso con un importante incremento del medesimo, comprensivo anche della deviazione standard rilevata.

La soglia di transizione tra il monitoraggio di "**Sorveglianza**" e il monitoraggio "**di Attenzione**" è identificata con il seguente criterio:

- Riduzione di portata dopo 30 giorni dal monitoraggio precedente, di entità al tasso di riduzione giornaliero naturale  $Q(\%)/gg$  incrementato della deviazione standard ( $\alpha$ )

La soglia di transizione tra il monitoraggio "**di Attenzione**" e il monitoraggio "**di Intervento**" è fissata mediante il seguente criterio:

- Riduzione di portata dopo 15 giorni dal monitoraggio "di Attenzione", di entità ad uno scostamento del 50% del tasso di riduzione giornaliero  $Q(\%)/gg$  incrementato della deviazione standard ( $\alpha$ ).

Si riportano nel seguito i parametri caratteristici che esprimono le soglie di transizione suddette, relativamente alle sorgenti considerate.

Punto di monitoraggio	Soglia di attenzione: Riduzione dopo 30 gg $\geq$ ai valori	Soglia di intervento: Riduzione dopo 15 gg $\geq$ ai valori
Pratovecchio (AST_010)	11,46	16,3
Boscocedrino (AST_011)	12,33	17,0
Greisone (AST_218)	25,19	35,1
Chejera (AST_381)	23,02	32,1
S. Chiara (AST_446)	26,60	35,9
C. Pietra Porchera (AST_496)	40,90	54,5

**Tabella 12 – Parametri caratteristici che esprimono le soglie di attenzione**

Le transizioni tra gli assetti operativi, determinate in base ai suddetti criteri ma in assenza di situazioni descritte al successivo punto B non comportano l'apertura di scheda di anomalia.

#### **B) - Andamento delle portate delle venute d'acqua in galleria**

La transazione dello stato di monitoraggio dal regime di **SORVEGLIANZA** ad **ATTENZIONE** è stata regolata secondo le modalità definite dal "Protocollo operativo in caso di venute d'acqua in galleria", redatto in corso d'opera al fine di identificare tempestivamente eventuali condizioni di drenaggio profondo nel corso delle attività di scavo. Secondo tale protocollo è stato previsto il passaggio allo stato di **ATTENZIONE** in caso di intercettazione durante lo scavo di venute pari o superiori a 10 l/s (puntuali o diffuse in un tratto di 10 m) e pertanto l'attivazione di controlli mirati su tutte le sorgenti potenzialmente impattabili sulla base del loro posizionamento rispetto al punto di intercettazione della venuta secondo le procedure sopra riportate.

#### **C) - Situazioni particolari**

Qualora si verificassero superamenti delle soglie di attenzione individuate a carico di ciascuna sorgente, relativamente ai parametri chimico-fisici 'in situ' (soglie superiori UTL 95 o inferiori UTL5), l'attivazione del monitoraggio di **ATTENZIONE** è stata subordinata alla contemporanea rilevazione di venute d'acqua in galleria con una portata superiore a 10 l/s.

Se, a seguito di un successivo ricontrollo, da eseguirsi entro 48 ore dalla data della prima misura, il valore di uno o più parametri chimico-fisici fosse stato confermato, si sarebbe determinata l'attivazione dello stato di **INTERVENTO**.



L'attivazione dello stato di INTERVENTO è determinata anche nel caso di superamento della soglia superiore UTL99 o inferiore UTL1, riscontrato a carico di ciascuna sorgente, contestualmente al superamento della soglia di portata delle venute d'acqua in galleria di 10 l/s.

La transizione dall'assetto di sorveglianza all'assetto di attenzione ha comportato la segnalazione al RA/RSGA per l'esecuzione dei necessari controlli previsti dal PGA e l'apertura di specifica scheda di anomalia.

La segnalazione di transizione all'assetto di intervento è stata estesa alla DL per l'attivazione dei necessari interventi di mitigazione previsti.

Il ritorno all'originario assetto di sorveglianza è stato determinato dal riscontro di valori 'normali', confermati da almeno 2 controlli successivi, eseguiti a distanza di 48 ore.

L'assetto operativo di attenzione si è attivato anche nel caso di variazioni del comportamento globale dei parametri significativi, quali l'aumento contemporaneo a ridosso delle specifiche soglie UTL superiori e inferiori nei valori di più parametri, anche in assenza di superamenti di tali soglie, nonché dal riscontro di trend crescenti o decrescenti, anche in assenza di superamenti delle rispettive soglie UTL superiori o inferiori. Quest'ultima condizione dovrà essere valutata in un arco temporale più ampio, nell'ambito di una più approfondita valutazione eseguita in occasione della redazione della reportistica annuale.

Qualora siano accertati rilasci di sostanze contaminanti in prossimità delle sorgenti individuate la transizione all'assetto di attenzione è da ritenersi immediatamente attivata.

I suddetti criteri di attivazione dei diversi assetti operativi sono rimasti validi fatto salvo eventuali revisioni in base a più approfondite valutazioni ambientali eseguite in occasione della reportistica annuale.

Azioni conseguenti:

- Attivazione dell'adeguato assetto operativo di monitoraggio;
- Segnalazione a RA e all'Ente di Controllo.

#### **4.10.4.2      *Monitoraggio dei corpi idrici superficiali***

I corpi idrici potenzialmente interferiti dalla realizzazione dell'opera e pertanto oggetto di monitoraggio sono i seguenti:

- Corpo Idrico omogeneo **Cod. CI 04SS3N170PI** – Dora Riparia
- Corpo Idrico omogeneo **Cod. CI 134SS3N127PI** – CLAREA
- 

I punti individuati sono localizzati in corrispondenza del T. Clarea e del F. Dora Riparia. Lungo il primo corso d'acqua sono previsti due punti di monitoraggio: uno localizzato poco a valle della vasca di modulazione dell'impianto idroelettrico della società IREN e uno a monte della confluenza nel F. Dora Riparia. Per quest'ultimo corso d'acqua è prevista la presenza di due punti di monitoraggio, localizzati rispettivamente a monte e a valle dell'opera di scarico del cantiere.

In aggiunta ai punti sotto indicati è previsto l'effettuazione di un monitoraggio annuale anche negli ambienti sorgentizi del SIC IT1110027 per Macrofitos e Anfibi.

**A5** – Comune di CHIOMONTE:

ASP-001 – Clarea, monte confluenza Dora Riparia

ASP-033 – Clarea, valle vasca accumulo Pont Ventoux

ASP-031 – Dora Riparia, valle discarica Colombera

ASP-032 - Dora Riparia, valle confluenza Clarea  
SIC IT1110027 - "Boscaglie di Tasso di Giaglione" (Macrobentos, Anfibi)

Le acque di scarpata/versante considerate più critiche, principalmente legate al dilavamento della viabilità sono raccolte da canaletta apposita posta lungo il perimetro del cantiere e confluiscono nell'impianto di depurazione acque.

L'attività di monitoraggio relativo alla fase di ante-operam per il progetto di realizzazione del cunicolo esplorativo della Maddalena ha previsto le seguenti misure e analisi:

- misure chimico-fisiche in sito mensili per tutti i punti della rete di monitoraggio per le acque superficiali (S);
- analisi chimiche, biologiche e radiometriche trimestrali/semestrali su campioni prelevati ed analizzati in laboratorio (C,B,R);
- analisi tossicologiche semestrali su campioni prelevati ed analizzati in laboratorio (T).

Nelle tabelle che seguono sono riportati in dettaglio i set dei parametri del controllo mensile e trimestrale relativi ai corpi idrici sotterranei. Al fine dell'elaborazione di un valore tipo-specifico nell'eventualità che un risultato analitico sia inferiore al Limite di Quantificazione (LdQ) della metodica analitica utilizzata viene applicato il 50% del valore del limite di quantificazione (v. All.1 p.to A.2.8 DMA 8/11/2010 n 260).

<b>CORPI IDRICI SUPERFICIALI</b>			<b>Unità di misura</b>
<b>SET PARAMETRI DEL CONTROLLO MENSILE</b>			
<b>Parametri in-situ</b>	1	<b>Portata</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>
	2	<b>Temperatura acqua</b>	<b>°C</b>
	3	<b>Temperatura aria</b>	<b>°C</b>
	4	<b>Conducibilità a 20°C</b>	<b>µs/cm</b>
	5	<b>Concentrazione idrogenionica</b>	<b>pH</b>
	6	<b>Redox</b>	<b>mV</b>
	7	<b>Ossigeno disciolto</b>	<b>mg/l</b>
	8	<b>Ossigeno disciolto (%saturazione)</b>	<b>%</b>
<b>SET DEI PARAMETRI AGGIUNTIVI DEL CONTROLLO TRIMESTRALE</b>			<b>Unità di misura</b>
<b>Analisi di Laboratorio</b>	9	<b>Solidi sospesi totali</b>	
	10	<b>Alcalinità M</b>	<b>meq/l</b>
	11	<b>Alcalinità P</b>	<b>meq/l</b>
	12	<b>Azoto ammoniacale come N</b>	<b>mg/l</b>
	13	<b>Azoto nitrico come N</b>	<b>mg/l</b>
	14	<b>Azoto nitroso come N</b>	<b>mg/l</b>
	15	<b>Azoto totale come N</b>	<b>mg/l</b>
	16	<b>Cloruri</b>	<b>mg/l</b>
	17	<b>Solfati</b>	<b>mg/l</b>
	18	<b>Calcio</b>	<b>mg/l</b>
	19	<b>Magnesio</b>	<b>mg/l</b>
	20	<b>Sodio</b>	<b>mg/l</b>
	21	<b>Potassio</b>	<b>mg/l</b>
	22	<b>Arsenico</b>	<b>mg/l</b>
	23	<b>Cromo (VI)</b>	<b>µg/l</b>
	24	<b>Cadmio</b>	<b>µg/l</b>
	25	<b>Cromo totale</b>	<b>µg/l</b>
	26	<b>Ferro</b>	<b>µg/l</b>
	27	<b>Manganese</b>	<b>µg/l</b>
	28	<b>Mercurio</b>	<b>µg/l</b>
	29	<b>Nichel</b>	<b>µg/l</b>
	30	<b>Piombo</b>	<b>µg/l</b>
	31	<b>Rame</b>	<b>µg/l</b>
	32	<b>Zinco</b>	<b>µg/l</b>
	33	<b>Fosforo totale</b>	<b>µg/l</b>
	34	<b>Idrocarburi totali (come n-esano)</b>	<b>µg/l</b>
	35	<b>Tensioattivi anionici (MBAS)</b>	<b>mg/l</b>
	36	<b>Tensioattivi non ionici (PPAS)</b>	<b>mg/l</b>
	37	<b>BOD5</b>	<b>mg/l</b>
	38	<b>COD totale</b>	<b>mg/l</b>

Tabella 13 – Set di parametri

Nell'assetto operativo di **SORVEGLIANZA** del corso d'opera è previsto esclusivamente il monitoraggio del Corpo Idrico Dora Riparia in due punti localizzati rispettivamente:

- ASP\_031 – a monte dell'area di cantiere
- ASP\_032 – a valle dell'area di cantiere e della confluenza T. Clarea

Per i suddetti punti di controllo ARPA Piemonte ha ridefinito, con l'impiego degli stimatori UTL95 e UTL99 (cfr. Doc. ARPA del 29/05/2015) i valori soglia di attenzione e di intervento per i parametri chimico-fisici del controllo mensile rilevabili in situ. Per i parametri pH, % di ossigeno disciolto e potenziale redox sono state stimate anche le soglie inferiori coerenti con il 5° ed il 1° percentile. Data l'elevata correlabilità dei dati di ante-operam tra i due punti di misura è stato calcolato un unico valore soglia in riferimento ai parametri monitorati, applicabile ad entrambi i punti di monitoraggio, come riportato nella tabella di seguito.

	UTL1	UTL5	UTL95	UTL99
<b>ASP_031, ASP_032</b>				
<b>DORA RIPARIA</b>				
Temperatura acqua (°C)	-	-	16,35	19,33
Conducibilità (µS/cm)	-	-	1131	1352
pH (unità pH)	8,02	8,09	8,78	8,85
Potenziale Redox (mV)	48,9	75,0	210,6	236,7
Ossigeno Disciolto (%)	89,9	92,3	104,8	107,1

Per il parametro portata non si è ritenuto necessario calcolare un livello di attenzione.

In base agli elementi progettuali disponibili si esclude l'utilizzo, emissione o perdita di sostanze ricomprese nelle tabelle 1/A e 1/B del D.M.A. 8 novembre 2010 n. 260 e che tali sostanze possano interferire con le acque superficiali.

Per la valutazione degli elementi di qualità chimico-fisici si è fatto riferimento agli andamenti osservati nella fase di ANTE-OPERAM; l'andamento dei dati di monitoraggio in corso d'opera è stato confrontato con i dati registrati nella fase precedente, e la rilevazione di trend crescenti o decrescenti per uno o più parametri messa in relazione con i dati dei parametri in situ.

Gli elementi di qualità biologici sono espressamente indicati nella prescrizione CIPE ed evidenziati nelle successive tabelle.

Valori riferiti al Corpo Idrico omogeneo **Cod. CI 04SS3N170PI** – Dora Riparia

<b>CORPI IDRICI SUPERFICIALI</b>		<b>Unità di misura</b>	<b>range Valori Tipo-specifici (*)</b>	<b>Valore max Tipo-specifico</b>
40	<b>Macrobenthos (MHP)</b>	Indice faunistico (0-14)	8-9	n.a.
41	<b>Fauna Ittica</b>	Indice abbondanza	2c Trota fario	n.a.

CORPI IDRICI SUPERFICIALI		Unità di misura	range Valori Tipo-specifici (*)	Valore max Tipo-specifico
	42	<b>Escherichia Coli</b>	0÷576	960

(\*)-10°P÷90°P e Max. dei valori registrati in ante-operam (solo per parametro n.42)  
n.a. – Non Applicabile

Valori riferiti al Corpo Idrico omogeneo **Cod. CI 134SS3N127PI - CLAREA**

CORPI IDRICI SUPERFICIALI		Unità di misura	range Valori Tipo-specifici (*)	Valore max Tipo-specifico	
	40	<b>Macrobenthos (MHP)</b>	Indice faunistico (0-14)	9-10	n.a.
	41	<b>Fauna Ittica</b>	Indice abbondanza	3b Trota fario	n.a.
	42	<b>Escherichia Coli</b>	UFC/100 ml	0÷576	960

(\*)-10°P÷90°P e Max. dei valori registrati in ante-operam (solo per parametro n.42)  
n.a. – Non Applicabile

Coerentemente con quanto previsto dalla Dir 2000/60/CE si è proceduto con il campionamento dei macroinvertebrati acquatici.

Il passaggio agli assetti operativi di attenzione e di intervento è stato previsto qualora i superamenti delle specifiche soglie fossero state registrate nel punto a valle del cantiere senza una analoga variazione nel punto a monte.

Con riferimento ai valori soglia definiti dagli UTL5 e UTL95 per i parametri in situ l'assetto operativo di ATTENZIONE è stato previsto quando un nuovo dato di misura ha superato il valore dello specifico UTL superiore o inferiore.

Qualora a seguito di un ricontrollo da eseguirsi entro le 48 ore successive dalla data della misura il valore di uno o più parametri chimico-fisici fosse stato confermato ciò avrebbe determinato lo stato di INTERVENTO e l'apertura di specifica scheda di anomalia.

L'attivazione dello stato di INTERVENTO è stata prevista anche nel caso di superamento della soglia superiore UTL99 o inferiore UTL1.

In riferimento ai valori tipo-specifici calcolati per gli elementi di qualità biologica gli assetti operativi si sono definiti con i medesimi criteri sopra specificati.

La transizione dall'assetto di sorveglianza all'assetto di attenzione ha comportato la segnalazione al RA/RSGA per l'esecuzione dei necessari controlli previsti dal PGA e l'apertura di specifica scheda di anomalia.

La segnalazione di transizione all'assetto di intervento è estesa alla DL per l'attivazione dei necessari interventi di mitigazione previsti.

Il ritorno all'originario assetto di sorveglianza è determinato dal riscontro di valori 'normali', confermati da almeno 2 controlli successivi, eseguiti a distanza di 48 ore.

Con riferimento alle soglie definite per i parametri chimico-fisici l'assetto operativo di ATTENZIONE è stato previsto anche nel caso di modifica del comportamento globale dei parametri significativi, come l'aumento contemporaneo a ridosso delle specifiche soglie UTL (superiori e inferiori) nei valori di più parametri o la formazione di trend crescenti o decrescenti, anche in assenza di superamenti delle rispettive soglie UTL superiori o inferiori. Fatto salvo che tra i due punti di misura, a monte e a valle dell'area di cantiere, sia verificata una stretta correlazione.

Nel caso di riscontro di eventuali superamenti dei suddetti valori soglia, registrati nel punto a monte del cantiere, ma non riferibile a eventuali pressioni esercitate dal cantiere sul corpo idrico superficiale, non è stata prevista l'attivazione di alcuna procedura di anomalia ma soltanto una segnalazione al RA per l'opportuna comunicazione all'Ente di controllo.

#### **4.10.5 Radiazioni ionizzanti**

Il monitoraggio delle Radiazioni Ionizzanti prevede:

- La misura del **gas radon** (Rn);
- La misura della radiazione naturale presente nelle polveri aerodisperse (PTS –Rad) a causa delle eventuali dispersioni di pulviscoli radioattivi originati direttamente dalle operazioni di scavo attraverso i sistemi di ventilazione e dai materiali estratti nel corso dello scavo;
- La misura dell'attività radioattiva presente nelle risorse idriche superficiali e sotterranee mediante il controllo periodico in corso d'opera al fine di monitorare le potenziali dispersioni di materiale radioattivo eventualmente risultante dalle operazioni di scavo.

#### **Aree territoriali e stazioni di monitoraggio**

##### **A) Componente atmosfera:**

A3 – Comune di Susa :	
3.1b – Scuole medie	PTS Rad
A5 – Comuni di Chiomonte –Gravere	
A5.1b – Scuole elementari	Rn
A5.4 – Frazione La Maddalena	PTS-Rad, Rn
A7 – Comune di Exilles	
7.1 Fortezza fraz Plantà	PTS Rad

## B) Componente risorse idriche:

Acque superficiali:

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

Acque sotterranee **in sinistra Dora:**

- AST-010 – Pratovecchio
- AST-011 – Boscocedrino
- AST-012 – Vasca Supita
- AST-017 – Fontani Supita
- AST-217 – Greisone
- AST-222 – Verger
- AST-441 – Vasca rottura 2 greisone
- AST-446 – S. Chiara
- AST-486 – Vasca Cels
- AST-381 – Chejera
- AST-496 – Pietra Porchera
- AST-500 – C. Goranda
- AST-701 – Rigaud

Acque sotterranee **in destra Dora**

- AST-677 – Teisane inf. 12
- AST-697 – Jallin -11
- AST-688 – Valette-15
- AST-712 – Località Balme

I criteri quali-quantitativi per la definizione degli assetti operative sono così definiti:

## A) Componente Atmosfera

Indicatore **PTS-Rad**

Lo stato di ATTENZIONE è previsto in caso di superamento delle seguenti soglie:

- Misura Beta totale  $4 \times 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$
- Misura Alfa totale  $0,3 \times 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$
- Spettrometria gamma (misura del pacco mensile dei filtri):  $4 \times 10^{-2} \text{ Bq/m}^3$  per la serie del  $^{238}\text{U}$  ( $^{214}\text{Pb}$ )  
Non è prevista una soglia di attenzione per i radionuclidi della serie del  $^{232}\text{Th}$  ( $^{212}\text{Pb}$ ) e per il  $^{40}\text{K}$ .

Lo stato di INTERVENTO è previsto in caso di al superamento delle seguenti soglie:

- Misura Beta totale  $5 \times 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$
- Misura Alfa totale  $0,5 \times 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$
- Spettrometria gamma (misura del pacco mensile dei filtri):  $4 \times 10^{-2} \text{ Bq/m}^3$   
Per i radionuclidi della serie del  $^{238}\text{U}$  ( $^{214}\text{Pb}$ ) e del  $^{232}\text{Th}$  ( $^{212}\text{Pb}$ ) e  $1 \times 10^{-2} \text{ Bq/m}^3$  per il  $^{40}\text{K}$ .

**Indicatore Rn**

Livello di ATTENZIONE 40 Bq/m<sup>3</sup> (media in periodo di campionamento di 1 settimana)

Livello di INTERVENTO 80 Bq/m<sup>3</sup> (media in periodo di campionamento di 1 settimana)

Il riscontro di valori ambientali che determinano gli stati di attenzione e di intervento sono prontamente segnalati a RA e DL per la predisposizione e attivazione delle necessarie misure di prevenzione previste dal PGA.

**B) Risorse idriche**

Livelli di ATTENZIONE (D. Lgs. 15/02/16 n. 28)

- Misura Beta totale 0,5 Bq/l
- Misura Alfa totale 0,1 Bq/l

In caso di superamento dei livelli di attenzione è prevista la determinazione della concentrazione di attività dell'<sup>238</sup>U e successivamente di quella di <sup>226</sup>Ra e <sup>228</sup>Ra.

Livello di INTERVENTO proposto

Criterio di dose indicativa di 0,1 mSv/anno (D. Lgs. 15/02/16 n. 28)

Il riscontro di valori ambientali che determinano gli stati di attenzione e di intervento sono prontamente segnalati a RA e DL per la predisposizione e attivazione delle necessarie misure di prevenzione previste dal PGA.

**4.10.6 Suolo e sottosuolo**

Gli **Indicatori di Qualità** considerati per la componente sono elencati di seguito:

- Caratterizzazione pedologica di dettaglio – fase di post-opera per area di cantiere.
- Parametri fisico-chimici su campioni disturbati prelevati dai cumuli di stoccaggio temporaneo:
  - pH, sostanze organiche totali;
  - Capacità di scambio cationico e base di scambio;
  - HC >12, Metalli pesanti, IPA (fine cantiere).
- Erosione per variazioni dello stato di regimazioni di acque superficiali
- Fenomeni di degradazione per compattazioni o sversamenti di sostanze potenzialmente tossiche (osservazioni qualitative inserite nel protocollo del controllo geomorfologico).
- Definizione dell'Indice QBS-ar lungo i transetti di monitoraggio vegetazione. Determinazione Indice Qualità Biologica dei suoli.

Le **Aree territoriali** e le **stazioni di monitoraggio** considerate sono distinte di seguito:

**A5** – Comuni di CHIOMONTE

A5.4 – Area ristretta di monitoraggio (area di approfondimento)



Tale area è stata definita in corrispondenza in coerenza con l'ambito di osservazione relativo alla componente FAUNA.

Nella fase di Ante-Operam si è proceduto finalizzando l'attività alla conoscenza della copertura pedologica ai fini del ripristino ambientale post-opera, nonché alla valutazione degli aspetti qualitativi del suolo interessato dalle attività di cantiere.

#### **4.10.7 Componenti biotiche**

**Gli indicatori di qualità sono elencati nel seguito:**

- Fauna
  - Popolamento faunistico di invertebrati e vertebrati
    - Fauna acquatica (ITF) metodica quantitativa APAT e qualitativa R. Piemonte
    - Fauna acquatica (GAMB) osservazione notturna
    - Fauna acquatica (ANFI) metodica APAT
    - Invertebrati acquatici (IA) metodica APAT
    - Fauna vertebrata terrestre transetti campione
    - Fauna vertebrata (CHI) punti di ascolto
    - Fauna vertebrata (SCO) hair – tube
    - Fauna vertebrata (CER) pellets group count
    - Fauna vertebrata (CAR) trappole fotografiche
    - Avifauna (PAS, RAN) transetti e punti di ascolto
- Vegetazione ecosistemi
  - Elementi floristici e vegetazionali
  - Biodiversità degli ambienti boschivi del SIC 1110027
  - Aspetti fisionomici – strutturali della vegetazione
  - Caratterizzazione generale della vegetazione riferita al sistema EUNIS

#### **Aree territoriali e stazioni di monitoraggio**

- Fauna: A5 – Comune di Chiomonte
  - A5.V – Area vasta di monitoraggio
  - A5.A – Area ristretta di monitoraggio (approfondimento)
  - A5.S – Area del SIC IT 1110027 (ITF, IA, GAMB, ANFI)
  - A5.5 – Clarea, monte confluenza Dora Riparia ITF, IA (ASP-001)
  - A5.7 – Dora Riparia, monte confluenza Clarea ITF, IA (ASP-031)
  - A5.10 – Dora Riparia, valle confluenza Clarea ITF, IA (ASP-032)
- Vegetazione Ecosistemi: A5 – Comune di Chiomonte
  - A5.A – Area ristretta di monitoraggio (approfondimento)

#### **4.10.8 Componenti biotiche**

**Gli indicatori di qualità sono elencati nel seguito:**

- Fauna
  - Popolamento faunistico di invertebrati e vertebrati

- Fauna acquatica (ITF) metodica quantitativa APAT e qualitativa R. Piemonte
- Fauna acquatica (GAMB) osservazione notturna
- Fauna acquatica (ANFI) metodica APAT
- Invertebrati acquatici (IA) metodica APAT
- Fauna vertebrata terrestre transetti campione
- Fauna vertebrata (CHI) punti di ascolto
- Fauna vertebrata (SCO) hair – tube
- Fauna vertebrata (CER) pellets group count
- Fauna vertebrata (CAR) trappole fotografiche
- Avifauna (PAS, RAN) transetti e punti di ascolto
- Vegetazione ecosistemi
  - Elementi floristici e vegetazionali
  - Biodiversità degli ambienti boschivi del SIC 1110027
  - Aspetti fisionomici – strutturali della vegetazione
  - Caratterizzazione generale della vegetazione riferita al sistema EUNIS

### **Aree territoriali e stazioni di monitoraggio**

- Fauna: A5 – Comune di Chiomonte
  - A5.V – Area vasta di monitoraggio
  - A5.A – Area ristretta di monitoraggio (approfondimento)
  - A5.S – Area del SIC IT 1110027 (ITF, IA, GAMB, ANFI)
  - A5.5 – Clarea, monte confluenza Dora Riparia ITF, IA (ASP-001)
  - A5.7 – Dora Riparia, monte confluenza Clarea ITF, IA (ASP-031)
  - A5.10 – Dora Riparia, valle confluenza Clarea ITF, IA (ASP-032)
- Vegetazione Ecosistemi: A5 – Comune di Chiomonte
  - A5.A – Area ristretta di monitoraggio (approfondimento)

#### **4.11 Il Piano di Gestione Ambientale**

Il Piano di Gestione Ambientale è lo strumento di controllo utilizzato all'interno del cantiere per garantire la massima attenzione agli aspetti ambientali durante le lavorazioni.

Il Piano infatti integra il Sistema di Gestione Ambientale del cantiere, composto dalle procedure di tutela dell'ambiente per le lavorazioni significative, ad un piano di monitoraggio interno, consentendo quindi un completo controllo degli aspetti ambientali interessati.

Nello specifico, sono considerati potenzialmente soggetti a una modifica del proprio stato in seguito ad una pressione generata dalle attività cantieristiche le componenti elencate di seguito:

- Componente atmosferica (all'interno di tale componente viene considerato anche il Monitoraggio delle fibre di amianto aerodisperso);
- Componente acustica (Rumore);
- Vibrazioni strutturali;
- Qualità delle acque: acque di scarico (prima dell'immissione nel recettore finale)
- Suolo e sottosuolo;
- Radiazioni ionizzanti (radioattività);

L'avvio del Monitoraggio Ambientale in corso d'opera all'interno del cantiere è stato coincidente con le attività correlate allo scavo con metodologia tradizionale del cunicolo, iniziato il 21/01/2013. Il Piano di monitoraggio è stato suddiviso in due fasi, in quanto tali fasi richiedono un'operatività di cantiere, e quindi un impatto sulle matrici ambientali, notevolmente diverso:

- FASE 1: scavo in tradizionale del primo tratto di cunicolo, compreso il periodo di fermo scavo per il montaggio della TBM;
- FASE 2: scavo con TBM fino al termine della galleria esplorativa.

In base alle risultanze analitiche ottenute per singolo parametro monitorato, si sono definite diverse soglie limite (ove applicabili) che generano, al loro superamento, una serie di interventi per la verifica/tutela ambientale con l'attivazione di sistemi di mitigazione e contromisure.

La codifica di tali soglie è la seguente:

- **Soglia di Sorveglianza = A**
- **Soglia di Attenzione = AA**
- **Soglia di Intervento = AAA**

La definizione delle diverse soglie, concordata con gli Enti, ovviamente non è stata univoca ma trattata separatamente per le diverse matrici ambientali prese in esame.

In particolare, dato il tipo di monitoraggio applicato al sito e all'assenza di valori di bianco di riferimento sito specifici, i valori di **A** (soglia di sorveglianza) di alcune componenti sono stati definiti ed aggiornati, in accordo con gli Enti di controllo, in corso d'opera.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle azioni di verifica e delle responsabilità in funzione dei valori misurati:

<b>Valore</b>	<b>Azioni di verifica</b>	<b>Responsabilità</b>
Valore < A	nessuna	Comunicazione dati a Committenza secondo lo schema organizzativo previsto
A < valore < AA	Verifica dei trend (applicazione delle carte di controllo ai singoli parametri monitorati)	Trasmissione dei valori da parte del resp. monitoraggi al referente ambientale/direzione cantiere delle risultanze del monitoraggio
AA < valore < AAA	Eventuale riesecuzione delle misure nel più breve tempo possibile Verifica dei trend (carte di controllo) Supporto alla Committenza per identificazione sorgenti	Trasmissione da parte del resp. monitoraggi al referente ambientale/direzione cantiere delle risultanze del monitoraggio
Valore > AAA	Supporto alla Committenza per identificazione sorgenti, l'eventuale fermo cantiere è responsabilità della Committenza Riesecuzione delle misure nel più breve tempo possibile Verifica dei trend	Trasmissione da parte del resp. monitoraggi a referente ambientale/direzione cantiere delle risultanze del monitoraggio

**Tabella 14 – Azioni di intervento in funzione della classificazione delle soglie**

Per ottimizzare la gestione del monitoraggio è stato invece elaborato uno schema generale sotto forma di schema a blocchi, che ha subito modifiche nella parte di azioni e reazioni in base alla componente ambientale considerata.

Per azioni proattive si intendono tutte quelle attività (procedure e dispositivi) mitigative pianificate nella fase PLAN di gestione del monitoraggio, che sono indicate componente per componente nei relativi paragrafi e riportate nella tabella di seguito allo schema.

Le azioni reattive sono tutte quelle azioni individuate e poi applicate in risposta alle diverse situazioni che possono generarsi nel corso del monitoraggio a seguito delle analisi (fase di CHECK) del monitoraggio dei dati campionati per le diverse matrici ambientali (fase DO) rispetto alle diverse soglie fissate.

Chiaramente tali azioni di mitigazione dipendono dalla configurazione delle attività di cantiere nel periodo in cui sono rilevati i valori di Attenzione e Intervento.

Le diverse situazioni che si presentano sono state valutate dalle figure preposte in modo da identificare le azioni correttive o le mitigazioni che permettessero di rientrare nei limiti previsti nel più breve tempo possibile.

Per una più facile comprensione del funzionamento dello schema decisionale si espone di seguito una breve descrizione delle fasi decisionali e dei relativi percorsi secondo il ciclo di Deming PDCA.

- PLAN: Lo schema prevede una prima fase di pianificazione, in cui viene fornito l'elenco delle azioni proattive, componente per componente, che necessariamente si applicano alla normale conduzione del cantiere e ai relativi monitoraggi;
- DO: Questa fase, alimentata da quanto pianificato in termini di azioni e controlli nella fase precedente, consiste essenzialmente nell'esecuzione delle diverse attività di monitoraggio che prevedono l'acquisizione, oltre che dei valori dei diversi parametri ambientali scelti come riferimenti per le diverse componenti, anche di tutte quelle informazioni utili alla corretta analisi dei dati raccolti;
- CHECK: Nello schema progettato, in questa fase, il cui input è rappresentato dai dati raccolti nella fase precedente, si procede alla validazione dei risultati, all'analisi sistematica dei trend (carte di controllo) e al loro confronto con le informazioni disponibili al contorno (ad esempio dati del monitoraggio esterno al cantiere, eventuali dati campionati da ARPA, dati meteorologici, ecc.). L'output di fase è un METADATO che contiene informazioni sul valore campionato, sul suo trend e sul suo "peso" rispetto alla situazione al contorno (si pensi ad esempio ad un dato di PM10 oltre soglia AAA registrato in un periodo invernale a bassa diffusività atmosferica in cui tale livello può essere stato riscontrato diffusamente anche nel territorio provinciale e/o regionale);
- ACT: In questa fase si procede infine all'analisi dei dati validati, insieme ai relativi trend e ai dati al contorno rispetto alle soglie fissate:
  - o  $ACT < A$ : in questa situazione, essendo i dati al di sotto della soglia di sorveglianza fissata, si procede al solo aggiornamento del database di monitoraggio secondo le tempistiche e i metodi concordati;
  - o  $A \leq ACT < AA$ : per dati al di sopra della soglia di sorveglianza ma inferiori a quella di attenzione si procede all'aggiornamento del database e alla valutazione dell'incremento registrato mediante analisi del METADATO in output dalla fase di check ed eventuale acquisizione di ulteriori informazioni sito specifiche mediante esecuzione di indagini ad hoc (spot);
  - o  $AA \leq ACT < AAA$ : in questa situazione, con dati al di sopra della soglia di attenzione, si procede all'aggiornamento del database ed alla comunicazione della criticità a RA, DC e DL. Si procede quindi alla valutazione dell'incremento del dato registrato, mediante analisi del METADATO in output dalla fase di check. Congiuntamente viene attivata una serie di controlli, procedure e misurazioni per stabilire se la sorgente responsabile degli incrementi registrati sia interna od esterna al cantiere:
    - Nel caso in cui la sorgente sia esterna al cantiere, si procede alla sola comunicazione alla committenza;
    - Nel caso la sorgente sia interna si cerca di stabilire se l'emissione che causa il superamento della soglia AA sia episodica (anomala) oppure sistemica.  
 Nel primo caso si procede con l'eliminazione dell'anomalia in funzione della relativa tipologia; nell'eventualità che il superamento sia dovuto al normale funzionamento di una sorgente (macchinario e/o attività) si procede ad un propedeutico controllo della corretta applicazione delle azioni proattive previste. Nel caso si riscontri una non corretta applicazione di tali azioni si procede alla apertura di una non conformità/azione correttiva che potrebbe portare alla revisione di quanto pianificato nella fase PLAN e alla sua verifica mediante l'analisi dei valori in output dal. Nel caso invece non si siano riscontrate carenze

nella gestione delle attività, si procede alla applicazione ITERATIVA, nel tentativo di riportare i livelli del parametro che ha violato la soglia AA al di sotto delle azioni reattive individuate e alla verifica della loro efficacia mediante analisi dei nuovi dati monitorati. Tale procedura iterativa termina nel momento in cui il livello del parametro di riferimento è rientrato sotto la soglia di attenzione o qualora tale procedura sia divenuta non economicamente sostenibile. In questo ultimo caso si procede primariamente, qualora previsto, alla richiesta di deroga (ad es. per la componente Rumore) e alla verifica del rispetto di questa nuova soglia di attenzione AA. Secondariamente, nel caso non si riesca a rispettare ancora la soglia AA (di deroga o meno) fissata, si procede al fermo dei mezzi e/o delle attività responsabili delle violazioni registrate e al controllo dei livelli raggiunti dopo il fermo

- $ACT \geq AAA$ : In questo caso si procede alla verifica di ottemperanza di tutti i punti previsti nel caso precedente ( $AA \leq ACT < AAA$ ), con la sola eccezione che nel caso il valore del parametro che fa registrare il superamento della soglia AAA non rientri sotto il livello di allarme si procede primariamente al fermo dei mezzi e/o delle attività responsabili delle violazioni registrate con relativa verifica dell'efficacia. Secondariamente, nel caso non si riesca ancora a far rientrare l'allarme, si procede nell'ordine con la relativa verifica:
  - a comunicare alla Direzione Lavori e alla Committenza la situazione di allarme;
  - ad istituire una unità di crisi per la gestione dell'allarme;
  - alla verifica delle condizioni di rischio e all'eventuale fermo dell'avanzamento dei lavori.

Lo schema gestionale è stato pensato per essere applicato alle differenti matrici ambientali senza modificare i vari percorsi decisionali ma semplicemente, caso per caso, individuando l'insieme delle azioni proattive e reattive specifiche.

Si precisano infine le seguenti scelte progettuali di gestione:

1. Per le azioni indicate come proattive/reattive deve considerarsi la loro applicazione già in sede di pianificazione (fase PLAN) ed una loro eventuale, qualora possibile, intensificazione nella fase reattiva (fase ACT);
2. Per le componenti per le quali si sono individuate solo azioni proattive si procede, nel caso di violazione della soglia AA, direttamente o alla richiesta di deroga, qualora applicabile, o al fermo dei mezzi e/o delle attività al fine di consentire i controlli del caso; in condizioni di valori sopra soglia di allarme si procede o al fermo dei mezzi e/o delle attività o alla comunicazione a D.L. e Committenza, all'apertura di una unità di crisi, alla verifica delle condizioni di rischio e all'eventuale fermo avanzamento al fine di consentire i controlli del caso.

#### **4.11.1 Qualità dell'aria – Fase 1**

In termini generali il monitoraggio della componente Atmosfera per le attività di un qualsiasi cantiere di questa tipologia è finalizzato alla valutazione dell'impatto derivante da:

- Polveri
- Immissioni gassose

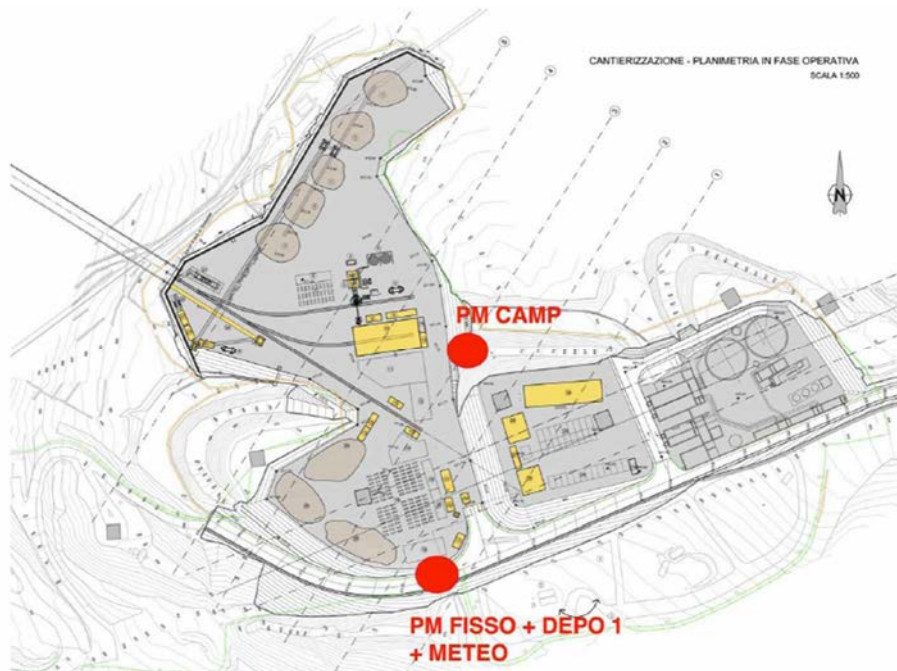
Il sistema di monitoraggio, in ottemperanza alla prescrizione CIPE n. 87, è stato strutturato con la seguente architettura:

sigla stazione	parametri misurati	metodi analitici	frequenza di misura	tempistica restituzione dati (da termine campagna misura)	formato restituzione dati (*)
PM-FISSO	PM10	UNI EN 12341	giornaliera (media su 24 ore)	7 gg	rapporto di prova cartaceo o .pdf
PM-CAMP	PM10	UNI EN 12341	bimestrale 7 gg	7 gg	rapporto di prova cartaceo o .pdf
PM-FISSO	IPA (benzo(a)pirene su PM10	UNI EN 15549:2008	giornaliera (media su 24 ore)	9 gg	rapporto di prova cartaceo o .pdf
	metalli (Pb, Cd, As, Ni) su PM10	UNI EN 14902:2005	giornaliera (media su 24 ore)	9 gg	
DEPO-1	granulometria	ISO 13320 o metodo equivalente	bimestrale	10 gg	rapporto di prova cartaceo o .pdf
	Polvere depositata	gravimetria	bimestrale	10 gg	
	Metalli su polvere depositata (set 152/2006)	EPA 6020A:2007, EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992	bimestrale	10 gg	
	IPA su polveri depositate (set 152/2006)	EPA 8270D 2007	bimestrale	10 gg	

(\*) oltre al formato indicato i dati sono forniti anche in formato elettronico per ottemperare alle esigenze operative di una gestione complessiva di monitoraggio per le diverse componenti ambientali e temporali

**Tabella 15 – Sistema di monitoraggio qualità dell’aria**

La localizzazione dei siti di monitoraggio per la qualità dell’aria nella Fase 1 è riportata nella figura seguente.



**Figura 9 – Localizzazione dei siti di monitoraggio per la qualità dell’aria (Fase 1)**

Per la componente in esame si è fatto riferimento alle seguenti soglie:

Parametro	Valore A	Valore AA	Valore AAA
PM10	Soglia di valutazione superiore – 70% AA	50 ug/m3 – Media 24 h Valore Limite DLgs 155/2010	AA+30% per due giorni consecutivi
Metalli su PM10	Pb 70% AA As 60% AA Cd 60% AA Ni 70% AA	Pb 0,5 ng/m3* As 6,0 ng/m3** Cd 5,0 ng/m3** Ni 20 ng/m3** * Valore Limite ** Valore Obiettivo DLGs 155/2010	Pb AA+30% per due giorni consecutivi AsAA+30% per due giorni consecutivi CdAA+30% per due giorni consecutivi NiAA+30% per due giorni consecutivi
IPA su PM10	Benzo(a)pirene 60% AA	1 ng/m3 Valore Obiettivo DLGs 155/2010	AA+30% per due giorni consecutivi

Tabella 16 – Soglie di riferimento per la qualità dell’aria

#### 4.11.2 Monitoraggio dell’amianto aerodisperso – Fase 1

La misura dell’amianto aerodisperso in situazioni ordinarie è stata eseguita su n. 3 postazioni nelle modalità riportate nel seguente schema.

sigla stazione	parametri misurati	metodi analitici	frequenza di misura	tempistica restituzione dati (da termine campagna misura)	formato di restituzione dati (*)
postazioni ASB-1-2-3	fibre di amianto aerodisperso	DM 6/9/94 GU nr 288 10/12/1994 All. 2B	3 gg ogni 15 gg (turno 8h)	48 ore	rapporto di prova cartaceo o .pdf

(\*) oltre al formato indicato i dati sono forniti anche in formato elettronico per ottemperare alle esigenze operative di una gestione complessiva di monitoraggio per le diverse componenti ambientali e temporali

Tabella 17 – Sistema di monitoraggio qualità dell’aria per le fibre aerodisperse

E’ stata inoltre prevista l’attivazione del monitoraggio in oggetto durante le eventuali fasi di utilizzo dell’esplosivo al fronte con classe di rischio vigente RA-1, RA-2, o RA-3. In questo caso la misura viene effettuata nelle stesse postazioni sui turni di 8 h in cui viene utilizzato tale metodo di scavo.

L’ubicazione delle postazioni ASB-1-2-3 è riportata in figura.





**Figura 10 – Localizzazione delle postazioni per il monitoraggio delle fibre di asbesto (Fase 1)**

Nella tabella seguente si riportano i valori limite per la componente in oggetto.

Tali limiti identificano le condizioni di Sorveglianza (A), Attenzione (AA) e Intervento (AAA).

Parametro	Valore A	Valore AA	Valore AAA
Fibre aerodisperse	1 ff/L (SEM)	1.6ff/L (SEM)	2ff/L (SEM)

**Tabella 18 – Soglie di riferimento per le fibre aerodisperse**

I valori indicati in tabella sono stati definiti in ottemperanza alla delibera CIPE n. 81, che per gli ambienti di cantiere rimanda ai limiti indicati nel D.M. 06/09/94. Nel caso in esame si è scelto di considerare però valori di soglia più cautelativi, che si ritiene siano più appropriati date le caratteristiche dell'area di cantiere.

#### **4.11.3 Rumore – Fase 1**

La metodologia di misura è stata finalizzata al controllo delle caratteristiche di emissione sonora delle sorgenti presenti internamente al perimetro del cantiere, affinché esse non determinino superamenti delle soglie normative nelle aree esterne; il monitoraggio è servito ad assicurare, inizialmente e nel tempo, il rispetto dei requisiti emissivi di tali sorgenti, in

particolare quelle che per loro caratteristica possono assimilarsi a sorgenti fisse. Il sistema è composto con la seguente architettura:

Sigla Stazione	Parametri Misurati	Metodi Analitici	Frequenza di misura	Tempistica restituzione dati (da termine campagna misura)	Formato di restituzione dati (*)
RUM-CF	Leq(A)	Decreto 16/03/98	Continua	2 gg	Output numerico formato .xls
				Mensile	Relazione tecnica in formato .pdf
RUM-DS	Leq(A) + SPETTRO EMISSIVO	Decreto 16/03/98	Integrazione in corrispondenza dell'implementazione di nuove apparecchiature con emissioni sonore significative	10 gg	Relazione tecnica in formato .pdf

(\*) oltre al formato indicato i dati sono forniti anche in formato elettronico per ottemperare alle esigenze operative di una gestione complessiva di monitoraggio per le diverse componenti ambientali e temporali

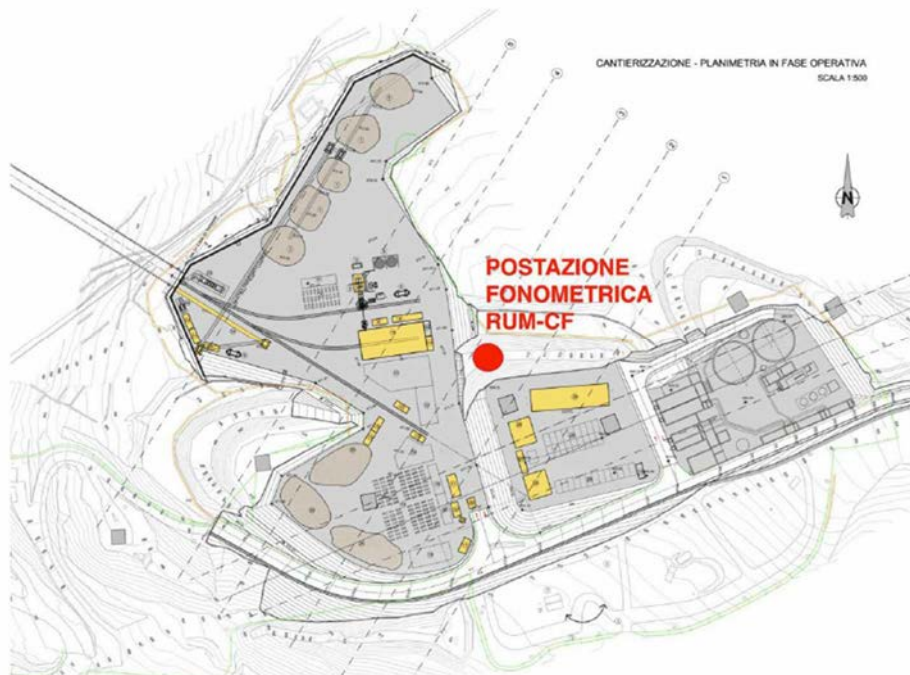
**Tabella 19 – Organizzazione delle misure per la valutazione del rumore ambientale**

La postazione RUM-CF è costituita da catena fonometrica classe I, composta da fonometro, microfono e preamplificatore ed è dotata di tutti gli accessori per l'alimentazione e lo scarico in remoto dei dati.

Le misure RUM-DS sono eseguite in prossimità delle sorgenti ad una distanza nota e tale da caratterizzare, oltre al livello equivalente ponderato A, anche gli spettri di emissione delle stesse, distinti in terzi di ottava.

Il rilievo è stato ripetuto per ogni fase del ciclo di lavorazione dell'impianto e/o attrezzatura, al fine di caratterizzare le emissioni nelle diverse modalità di funzionamento.

La localizzazione del punto di misura RUM-CF è riportata nella figura seguente:



**Figura 11 – Localizzazione della postazione fissa (RUM-CF) per il monitoraggio del rumore ambientale in continuo. La postazione discontinua (RUM-DS) verrà dislocata all'interno dell'area del cantiere in funzione dei macchinari utilizzati.**

La posizione dei punti RUM-DS non è riportata in quanto variabile in funzione del posizionamento, nel momento del rilievo, della sorgente indagata.

Il controllo giornaliero dei livelli di rumore rilevati presso la centralina RUM-CF ha consentito di verificare la necessità o meno di attivare lo strumento di deroga ai sensi dell'art. 6 della Legge 447/1995, laddove si prevedesse che in condizioni "standard" di lavoro siano superate, presso la stazione fissa di misura, le soglie massime di 71,0 dB(A) nel periodo diurno e di 62,0 dB(A) nel periodo notturno.

In tutti gli altri casi è stato previsto il seguente protocollo:

1. Fin tanto che il rilievo del rumore alla centralina fissa RUM-CF mostra valori inferiori alla citata soglia di 71,0 dB(A) nel periodo diurno e di 62,0 dB(A) nel periodo notturno, il cantiere è sottoposto ad un **"Assetto operativo di Sorveglianza"** dove il rumore alla centralina fissa viene "sorvegliato" in continuo e viene emesso apposito report ogni 48 ore, come da programma, in cui si esplicitano i livelli equivalenti e i livelli statistici ad intervalli orari.
2. Allorquando presso la centralina RUM-CF si verifica un superamento della soglia di 71,0 dB(A) nel periodo delle 16 ore diurne e di 62,0 dB(A) nel periodo delle 8 ore notturne (superamenti che si possono osservare nei report 48 ore) si emette una nota interna di "Superamento soglia" al Responsabile Ambientale di Cantiere e alla Direzione Lavori. In questi casi il cantiere continua a sottostare ad un "Assetto operativo di Sorveglianza".
3. Allorquando il superamento si verifica per 2 giorni consecutivi o per 3 giorni all'interno di un'unica settimana di lavoro (superamenti che si possono osservare nei report 48 ore) il protocollo di cantiere, che in questo caso è sottoposto ad un "Assetto operativo di Attenzione", prevede:
  - 3.1 "Segnalazione" di Superamento soglia al Responsabile Ambientale di Cantiere e al Responsabile Ambientale della Direzione Lavori.
  - 3.2 Individuazione ed analisi delle cause che hanno indotto il superamento.
  - 3.3 Se la causa riguarda sorgenti temporanee esterne al cantiere, il R.A. di Cantiere (RAC) emette apposita "Comunicazione" al R.A. della Direzione Lavori (RADL) che informa la committenza TELT e si attiva il monitoraggio esterno.
  - 3.4 Se la causa riguarda sorgenti temporanee interne al cantiere, ma è un'anomalia rispetto alle normali attività, il R.A. di cantiere emette "Nota" di riallineamento allo standard operativo finalizzata al ripristino delle normali condizioni lavorative che non determinano superamenti acustici. Tale "Nota" viene trasmessa al R.A. della Direzione Lavori che informa TELT ed ARPA.
  - 3.5 Se la causa non è un'anomalia, ma riguarda condizioni che si ripetono periodicamente nel ciclo lavorativo, si prevedono più livelli di azione in ordine ad una determinata priorità operativa che tiene conto di un approfondimento progressivo di analisi e di intervento:
    - Controllo della corretta applicazione del ciclo produttivo ed eventuale riallineamento allo standard operativo
    - Individuazione di una soluzione speditiva al problema che comprenda:
      - Modifiche all'operatività dei mezzi di cantiere in causa.
      - Modifiche al layout di cantiere.

- Nel caso non si rientri nell'ambito dei due punti precedenti, si prevede un controllo fonometrico presso gli edifici sensibili più vicini (Borgata Clarea), al fine di verificare se il contributo acustico indotto dal cantiere determini effettivamente un esubero rispetto ai limiti normativi negli ambiti esterni alle aree di lavoro. Si configurano due situazioni possibili:

- Nel caso la verifica fonometrica dia esito negativo, ovvero i valori rilevati risultino inferiori ai limiti normativi di soglia, il R.A. di cantiere emette "Nota" di riallineamento all'Assetto operativo di Sorveglianza del cantiere. In detta nota vengono descritti gli elementi specifici del problema con l'indicazione delle cause del superamento soglia, delle azioni che si sono messe in atto, ed i relativi risultati, finalizzate al ripristino delle normali condizioni lavorative che non determinano superamenti acustici. Tale "Nota" viene trasmessa al R.A. della Direzione Lavori che informa TELT ed ARPA.

- Nel caso la verifica fonometrica dia esito positivo, ovvero i valori rilevati risultino superiori ai limiti normativi di soglia, è necessario in prima battuta distinguere il contributo del rumore indotto dal cantiere da quello del rumore residuo; ciò perché, in alcuni casi, sulla base delle misurazioni effettuate anche nel corso della fase Ante Operam, il rumore residuo (ad es. quello indotto dall'autostrada A32) può essere di per sé maggiore dei limiti normativi di soglia.

Stabilito che il contributo del rumore indotto dal cantiere, epurato dal rumore residuo, non determina superamenti di soglia, si rientra nelle condizioni operative del punto precedente.

Viceversa, stabilito che il contributo del rumore indotto dal cantiere determina effettivamente dei superamenti di soglia, è necessario definire delle azioni di intervento, siano esse sulle specifiche attività e/o macchinari di cantiere, siano esse sull'individuazione di ostacoli alla propagazione del rumore verso i ricettori esterni (barriere antirumore, ecc.). L'efficacia di tali azioni viene valutata mediante l'analisi di nuove misurazioni fonometriche, sia internamente al cantiere, presso la centralina fissa, sia esternamente al cantiere, presso i ricettori.

Anche in questo caso, al termine delle operazioni e delle successive verifiche, il R.A. di cantiere emette "Nota" di riallineamento all'Assetto operativo di Sorveglianza del cantiere con le stesse modalità viste nel precedente punto. Tale "Nota" viene trasmessa al R.A. della Direzione Lavori che informa TELT ed ARPA.

- Nel caso infine in cui anche con le azioni di intervento sopra descritte non sia stato possibile raggiungere i limiti normativi di soglia, o nel caso in cui non sia stato possibile adottare delle azioni di intervento (ad es. per il conseguente instaurarsi di criticità di livello maggiore), si rende necessario attivare la procedura per la richiesta di deroga ai sensi dell'art. 6, lett. h della Legge n. 447 del 26/10/1995.

#### **4.11.4 Vibrazioni – Fase 1**

Il sistema è stato strutturato con la seguente architettura:

Sigla Stazione	Parametri Misurati	Metodi Analitici	Frequenza di misura	Tempistica restituzione dati (da termine campagna misura)	Formato di restituzione dati (*)
VIB-STRU	Velocità di picco dell'oscillazione	UNI9916	Eseguita ad ogni volata	Valore di picco del parametro misurato	Output numerico sistema di misura
				10 gg	Relazione tecnica in formato.pdf

(\*) oltre al formato indicato i dati saranno forniti anche in formato elettronico per ottemperare alle esigenze operative di una gestione complessiva di monitoraggio per le diverse componenti ambientali e temporali

**Tabella 20 – Organizzazione delle misure per la valutazione delle vibrazioni**

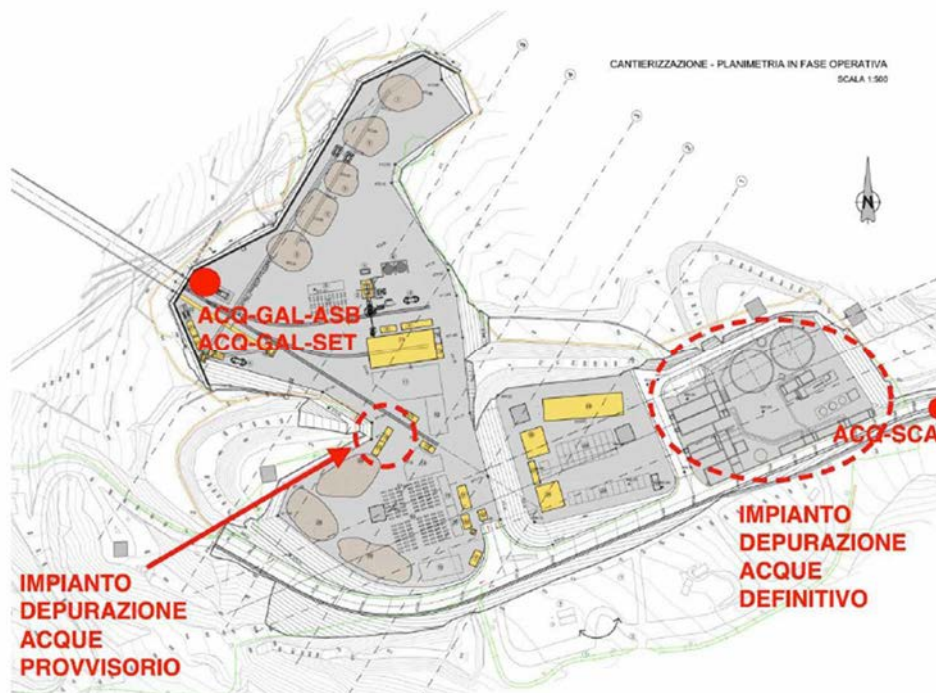
Il rilievo nel punto VIB-STRU è stato previsto per il controllo delle strutture durante l'utilizzo dell'esplosivo nella fase di scavo tradizionale. Tuttavia nella fase di scavo in tradizionale non è mai stato utilizzato esplosivo e pertanto non si è reso necessario l'attivazione del punto di monitoraggio.

#### 4.11.5 Qualità dell'acqua – Fase 1

Le attività di monitoraggio sulle acque sono riconducibili solo alle acque di scarico ed alle acque di venuta dalla galleria.

Il cantiere si è dotato inizialmente di un impianto di trattamento di tipo provvisorio (fino approssimativamente all'autunno 2013); in quella data è terminata la costruzione dell'impianto definitivo, per cui le attività previste nella presente Fase 1 hanno coinvolto in successione, entrambi gli impianti.

Le aree in cui sono stati allocati gli impianti (provvisorio e definitivo) e i punti di campionamento sono riportati nella figura seguente.



**Figura 12 – Localizzazione degli impianti di depurazione provvisorio e definitivo**

Di seguito si riportano i dettagli del monitoraggio delle acque di galleria, il campionamento è stato effettuato secondo quanto previsto dal Metodo 1030/2003 Manuale APAT.

sigla stazione	parametri misurati	metodi analitici	frequenza di misura	tempistica restituzione dati (da termine campagna misura)	formato di restituzione dati (*)
ACQ-SCA	vedi tabella	vedi tabella 2.13	quindicinale	10gg	rappori di prova in formato cartaceo o .pdf
ACQ-GAL-ASB	asbesto	(DM 06/09/1994 All.1B GU n° 288 10/12/1994 SO)	quindicinale	72 ore	rappori di prova in formato cartaceo o .pdf
ACQ-GAL-SET	vedi tabella	vedi tabella 2.13	trimestrale	10gg	rappori di prova in formato cartaceo o .pdf

(\*) oltre al formato indicato i dati sono forniti anche in formato elettronico per ottemperare alle esigenze operative di una gestione complessiva di monitoraggio per le diverse componenti ambientali e temporali

**Tabella 21 – Attività di monitoraggio delle acque di scarico**

Le analisi chimiche che sono state eseguite sulle acque in uscita dall'impianto di depurazione sono riportate nella tabella seguente:

Parametro	Metodo analitico
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Conducibilità	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003
Temperatura	APAT CNR IRSA 2100 Man 29 2003
Solidi Sospesi totali	APAT CNR IRSA 2090 B Man 29 2003
Colore	APAT CNR IRSA 2020 C Man 29 2003
Odore	APAT CNR IRSA 2050 Man 29 2003
BOD5	APAT CNR IRSA 5120 A/B Man 29 2003
COD	ISO 15705:2002
Metalli (elenco D.Lgs. 152/06)	EPA 6020A 2007 + APAT CNR IRSA 3150 C Man 29 2003 o POP 11849 2008 Rev.1
Cianuri totali	APAT CNR IRSA 4070 Man 29 2003 o APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Ed.2005, 4500-CN-O
Solfuri	APAT CNR IRSA 4160 Man 29 2003
Solfiti	APAT CNR IRSA 4150 Man 29 2003
Solfati	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Cloruri	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Fluoruri	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Fosforo totale	APAT CNR IRSA 4110 A2 Man 29 2003
Azoto ammoniacale	APAT CNR IRSA 4030 A2/C Man 29 2003 o APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Ed. 2005, 4500-NH3 H
Azoto nitroso	APAT CNR IRSA 4050 Man 29 2003 o APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Ed.2005, 4500-NO3-I
Azoto nitrico	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003 o APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Ed.2005, 4500-NO3-I
Azoto totale	APAT CNR IRSA 4060 Man 29 2003
Grassi e oli animali e vegetali	APAT CNR IRSA 5160 Man 29 2003
Idrocarburi totali	APAT CNR IRSA 5160 Man 29 2003
Solventi organici aromatici	EPA 8260C 2006
Solventi organici azotati	POP20011-R.0
Tensioattivi totali (MBAS+BIAS)	APAT MAN29/5170/03 + APAT MAN29/5180/03
Solventi clorurati	EPA 8260C 2006
Saggio di tossicità acuta	Daphnia Magna
Amianto	DM 06/09/1994 All.1B GU n° 288 10/12/1994 SO (SEM)

**Tabella 22 – Parametri analitici determinati sulle acque di scarico**

Come indicato precedentemente vengono riportati nelle tabelle seguenti i valori soglia.

parametro	Valore A	Valore AA	Valore AAA
ACQ-SCA Parametri chimici determinati sulle acque depurazione e galleria	50% del valore AAA	80% del valore AAA	Valori limite riportati in D.Lgs 152/2006 Parte III, all.5 Tab3

**Tabella 23 – Valori soglia applicati ai parametri chimici per le acque di scarico**

parametro	Valore unico AA
ACQ-GAL-ASB fibre amianto determinate nelle acque depurazione e galleria	Presenza fibre amianto

**Tabella 24 – Valori soglia relative alle fibre di amianto per le acque di scarico impianto di depurazione e le acque di venuta da galleria**

Per i campionamenti ACQ-GAL-ASB si è considerato come limite unico la sola presenza di fibre come indicato da ARPA Piemonte nella nota Prot. n.106866 del 22/12/2014. La preparazione dei campioni acquosi è avvenuta secondo procedura interna di dettaglio SOP/A003, conforme al D.M. 6/9/94, All.1B e condivisa con ARPA Piemonte, e l'ingrandimento utilizzato per osservare i campioni acquosi in SEM è 2000X.

Per i campionamenti ACQ-GAL-SET, per i quali sono stati analizzati i medesimi parametri delle acque di scarico, non vengono definiti limiti (salvo per la presenza di amianto per cui si è applicato il medesimo limite unico di ACQ-GAL-ASB) in quanto le analisi in oggetto hanno riguardato acqua in ingresso all'impianto di depurazione. I valori acquisiti sono stati pertanto utilizzati per monitorare la qualità delle acque in uscita dalla galleria ai fini della corretta gestione dell'impianto di depurazione.

Nel caso fosse rinvenuto amianto, i fanghi filtropressati contaminati prodotti dall'impianto di depurazione sono stati trattati come rifiuto e sono state applicate le procedure di smaltimento secondo la normativa vigente.

#### **4.11.6 Protezione suolo e sottosuolo – Fase 1**

Data la tipologia di attività prevalente nel cantiere, ovvero lo scavo del cunicolo e conseguente estrazione e movimentazione di smarino (per una quantità totale di circa 340.000 mc), è stata di fondamentale importanza la verifica della qualità del materiale estratto in conformità alla normativa vigente, D.lgs. 152/2006 articolo 186 parte IV allegato 5 tabella 1 colonna A. Sono state quindi previste analisi al fine di verificare la compatibilità con una sistemazione definitiva del materiale estratto nel sito limitrofo al cantiere, denominato "sito di deponia", gestito da appaltatore diverso dall'impresa incaricata di realizzare il cunicolo esplorativo de "La Maddalena".

La cadenza di tali campionamenti è stata al massimo ogni circa 115 ml di scavo, risultando di gran lunga più cautelativa della prescrizione CIPE n. 49 che indica almeno 500 ml in condizioni normali e 250 ml in caso di variazioni litologiche.

Oltre alla valutazione della qualità dello smarino, al fine di identificare le litologie che sono state interessate alle attività di scavo, sono stati effettuati sondaggi a distruzione in avanzamento, tra loro sovrapposti e supervisionati dal geologo di cantiere, per valutare la presenza o meno di litotipi che potessero contenere asbesto nelle sue diverse forme e che potessero originare fibre aerodisperse nelle fasi di movimentazione.

In aggiunta sono stati eseguiti dei campionamenti sul materiale di cutting e sul fluido di perforazione.

Inoltre, su richiesta della DL e della Committenza, in caso di materiale contenente una concentrazione di Amianto totale diversa da "< 100 mg/Kg" (limite di rilevabilità dell'analisi con la metodica indicata) il materiale stesso non è stato considerato conforme alla messa a



dimora nel sito di deponia anche in caso l'analisi evidenziasse un valore inferiore al relativo limite CSC colonna A All.5 Titolo V parte IV D.Lgs. 152/2006.

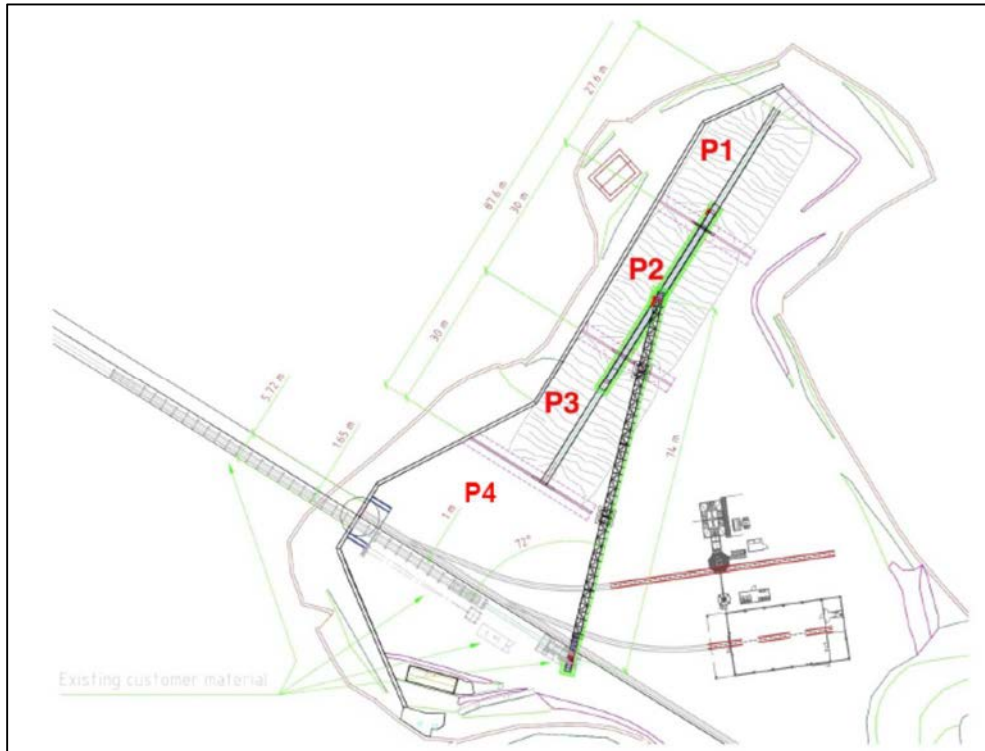
In sintesi le attività di controllo sono riassunte di seguito:

sigla stazione	parametri misurati	metodi analitici	frequenza di misura	tempistica restituzione dati (dall'arrivo in laboratorio)	formato di restituzione dati (*)
CAMP-SMA	riferimento MAD_EXE_VEN_0094	riferimento MAD_EXE_VEN_0094	Max ogni 5000 m3	Max 5gg	rapporto di prova cartaceo o .pdf

(\*) oltre al formato indicato i dati sono forniti anche in formato elettronico per ottemperare alle esigenze operative di una gestione complessiva di monitoraggio per le diverse componenti ambientali e temporali (vedere cap. 4)

**Tabella 25 – Attività di controllo sulle terre e rocce da scavo**

Le aree interessate dallo stoccaggio provvisorio dello smarino, in attesa della collocazione definitiva presso il sito di deponia, sono riportate in figura.



**Figura 13 – Aree di stoccaggio dello smarino**

Le soglie considerate sono state:

Parametro	Valore unico AA
Parametri chimici determinati sulle sul materiale stoccato (riferimento MAD_EXE_VEN_0094)	Valori limite CSC colonna A All.5 Titolo V parte IV DLgs 152/2006  (tranne per la componente Amianto Totale per cui si considera il limite di rilevabilità, vedi nota inizio paragrafo)

**Tabella 26 – Soglie di riferimento per le terre e rocce da scavo**

Nel caso in cui, in seguito a sversamenti accidentali, parte dell'area risultasse contaminata da sostanze pericolose, era prevista la messa in sicurezza, al fine di rimuovere la fonte contaminante e successiva caratterizzazione secondo la tabella seguente:

Parametro	Metodo analitico
Granulometria	ASTM D422
Bulk density (peso specifico apparente)	ASTM D5057/90 (01)
RESIDUO SECCO	UNI EN 14346:2007 p.te A
pH	UNI EN 14346:2007 p.te A - POP 10952-R.0
METALLI (elenco D.Lgs. 152/06)	UNI EN 13657:2002 + EPA 6020A:2007, EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992
Composti Aromatici (elenco D.Lgs. 152/06)	EPA 8260C 2006
Aromatici Policiclici	EPA 8270D 2007
PCB	EPA 3550B + EPA 8082A:2007
Idrocarburi C <sub>≤</sub> 12	EPA 8015C 2007
Idrocarburi C <sub>&gt;</sub> 12	EPA 8015C 2007
Amianto totale	DM 06/09/1994 All.1B GU n° 288 10/12/1994 SO (SEM)
TOC	UNI EN 13137:2002
Oli minerali(C10-C40)	UNI EN 14039:2005
Su Test di Cessione	UNI EN 12457-2:2004
As	EPA 6020A:2007
Ba	EPA 6020A:2007
Cd	EPA 6020A:2007
Cr tot	EPA 6020A:2007
Cu	EPA 6020A:2007
Hg	EPA 6020A:2007
Mo	EPA 6020A:2007
Ni	EPA 6020A:2007
Pb	EPA 6020A:2007
Sb	EPA 6020A:2007
Se	EPA 6020A:2007
Zn	EPA 6020A:2007
Cl	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
F	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2004
SO4	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2005
In. Fenolo	APAT CNR IRSA 5070 A2 Man 29 2003
DOC	UNI EN 1484:1999
TDS	APHA 21ST ED. 2005, 2540C

**Tabella 27 – Parametri da sottoporre a misura per la caratterizzazione dei materiali ai fini dello smaltimento come rifiuti**

#### **4.11.7 Radiazioni ionizzanti – Fase 1**

Le attività di monitoraggio all'esterno del cunicolo sono state le seguenti:

Sigla stazione	Parametri misurati	Metodi analitici	Frequenza/luogo di misura	Templistica e formato di restituzione dati
RAD-SMA	Gamma	Misura con sonda a scintillazione	Giornaliera sul cumulo di smarino in fase di riempimento	Giornaliera in formato elettronico (.pdf o .xls). Validazione dati mensile con Report Misure
RAD-PTS	Alfa, beta, gamma	Misure di radioattività alfa-beta gamma su filtri contenenti PTS campionate con pompe ad alto volume mediante contatore proporzionale a finestra sottile e mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione (catena di rivelazione a HPGe)	Campionamento bisettimanale di 24 ore con flusso di circa 5 l/min.  Misure alfa/beta con periodicità bisettimanale  Misure gamma con periodicità mensile.	Rapporti in formato elettronico (.pdf) entro 10 gg dalla misura
CAMP-RAD	Gamma (concentrazione uranio/torio)	Misure su campioni di circa 1.6 Kg prelevati da smarino "fresco" mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione con rivelatore a Geiperpuro	Campionamento all'occorrenza	Rapporti in formato elettronico (.pdf) entro 10 gg dalla misura

**Tabella 28 – Attività di monitoraggio sull'area di cantiere esterna al cunicolo**

Come riportato in tabella, con frequenza giornaliera (o comunque legata alla produzione di smarino) sono state effettuate delle misure di esposizione gamma ambientale, con la strumentazione indicata, sul cumulo in fase di riempimento con particolare attenzione al materiale più fresco. Questo tipo di misura sostituisce quella relativa al radon precedentemente indicata e viene implementata, in caso di situazioni dubbie, da misure di concentrazione massica di attività in Bq/Kg mediante spettrometria gamma a germanio iperpuro in geometria Marinelli su materiale "fresco" dei cumuli (CAMP-RAD).

Per quanto riguarda le radiazioni ionizzanti, invece, sono stati campionati dalla stazione RAD-PTS filtri con frequenza bisettimanale sui quali sono state effettuate misure alfa/beta; sugli stessi filtri sono state effettuate misure gamma con frequenza mensile.

Nella figura seguente è riportata la configurazione del monitoraggio per la Fase 1.



Figura 14 – Configurazione del sistema di monitoraggio delle radiazioni ionizzanti per la fase 1

Le attività di monitoraggio all'interno del cunicolo sono state le seguenti:

Sigla stazione	Parametri misurati	Metodi analitici	Frequenza/luogo di misura	Templstica e formato di restituzione dati
RAD-SMA	Gamma	Misura con sonda a scintillazione	Giornaliera su fronte scavo	Giornaliera in formato elettronico (.pdf o .xls). Validazione dati mensile con Report Misure
RAD-GAL	Concentrazione Gas Radon	Misure con strumentazione RAD7 – DURRIDGE	Campionamento mensile di 2h (1h a ventilazione spenta e 1h a ventilazione accesa) in prossimità del fronte di scavo	Validazione dati mensile con Report Misure

Tabella 29 – Attività di monitoraggio all'interno del cunicolo

All'interno del cunicolo sono state effettuate misure di concentrazione volumica di radon con frequenza mensile, o comunque legata all'avanzamento dello scavo, e misure di esposizione gamma con frequenza giornaliera con sonda a scintillazione. Le misure di concentrazione di radon sono state effettuate con strumentazione di tipo spettrometrico in grado di misurare tramite rivelatore al Si l'energia delle particelle alfa emesse dai discendenti del radon e del toron in una cavità emisferica di aria pompata e filtrata.

I valori di soglia per la concentrazione di radon, di uranio e torio e per l'esposizione gamma derivano dai dati ottenuti nei controlli ambientali effettuati finora, in base ai quali il fondo gamma si attesta su 0.13  $\mu\text{Gy/h}$ , la concentrazione di radon su circa 40Bq/mc e la concentrazione di U-238 e Th-232 su circa 70 Bq/Kg.

Per il valore di intervento (AAA) relativo al radon si utilizza il valore indicato nella prescrizione CIPE n. 15, anche se la legge attuale (D.Lgs. 241/00) prevede un valore superiore (500 Bq/mc).

Il limite di Sorveglianza (A) riportato in tabella per le componenti gas Radon e radiazioni Gamma è stato aggiornato in accordo con gli Enti di Controllo (prot. N. 00031033/2014 del 11/04/2014).

Parametro	A Limite di Sorveglianza	AA Limite di Attenzione	AAA Limite di Intervento	Note (*)
RAD-GAL Radon	200 Bq/mc	300 Bq/mc	400 Bq/mc	Delibera CIPE n. 15
RAD-SMA Gamma	0.25 µGy/h	0.5 µGy/h	1.0 µGy/h (*)	Fissato in base al limite di dose efficace annuale per la popolazione
CAMP-RAD Gamma (concentrazione di radionuclidi gamma-emittenti, uranio/torio)	300 Bq/Kg	800 Bq/Kg	1000 Bq/Kg (*)	Fissato in base ai limiti di concentrazione definiti dal D.Lgs. 241/00

**Tabella 30 – Valori soglia per le radiazioni ionizzanti e concentrazione di radionuclidi**

I limiti della concentrazione alfa/beta/gamma nelle PTS di seguito riportati sono stati stabiliti in accordo con la nota ARPA Prot. n. 72474 del 03/09/2014. Relativamente alla radiazione gamma i limiti di concentrazione sono da interpretarsi come limiti riferiti ad ogni radionuclide analizzato.

I limiti (A) Sorveglianza e (AA) Attenzione, essendo l'attività ancora sperimentale, sono suscettibili di variazione, in funzione dei risultati ottenuti e delle sensibilità effettivamente raggiunte.

Parametro	A Limite di Sorveglianza (mBq/mc)	AA Limite di Attenzione (mBq/mc)	AAA Limite di Intervento (mBq/mc)
ALFA	0.2	0.4	0.5
BETA	1.5	4	5
GAMMA	20	50	100

**Tabella 31 – Valori di soglia per la concentrazione alfa/beta/gamma delle PTS**

#### 4.11.8 Qualità dell'aria – Fase 2

La sola differenza rispetto alla fase è consistita nell'aggiunta di un secondo deposimetro totale, ferme restando le metodologie e la configurazione di monitoraggio e le soglie assunte.

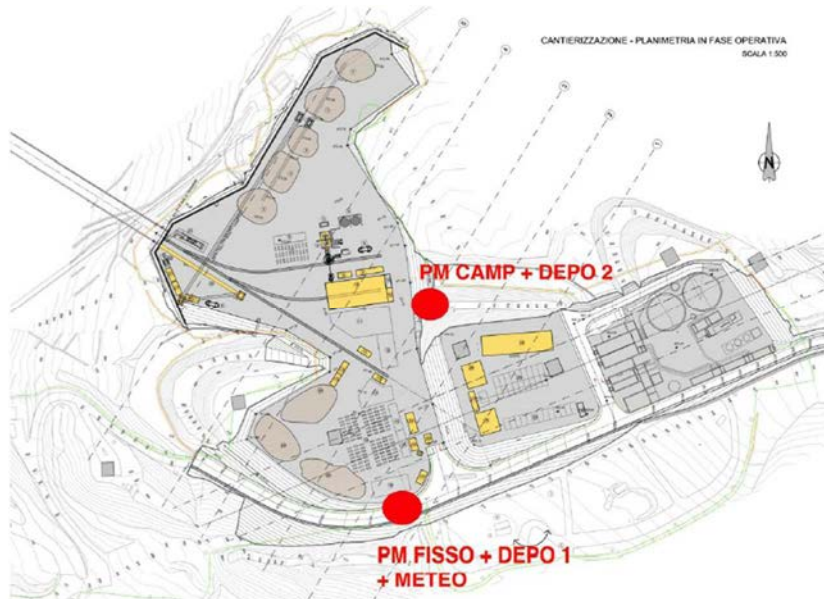


Figura 15 – Siti di monitoraggio per la fase 2

**4.11.9 Amianto aerodisperso – Fase 2**

Il controllo dell’amianto aerodisperso in situazioni ordinarie è stato effettuato nella sola postazione ASB-1, la quale è stata spostata nell’intorno dell’imbocco del cunicolo in posizione tale da garantire sia le esigenze operative del cantiere che la rappresentatività del campione prelevato.

La postazione ASB-2, invece, è stata mantenuta per essere attivata solo in caso di necessità nelle modalità descritte dal documento relativo alle linee guida di intervento in caso di ritrovamento di pietre verdi al fronte, mentre la postazione ASB-3 è stata eliminata. Sono rimasti invece invariati i livelli di soglia e le tempistiche di restituzione.

La situazione ordinaria è riportata nel seguente schema:

sigla stazione	parametri misurati	metodi analitici	frequenza di misura	tempistica restituzione dati (da termine campagna misura)	formato di restituzione dati (*)
postazione ASB-1	fibre di amianto aerodisperso	DM 6/9/94 GU nr 288 10/12/1994 All. 2B	3 gg ogni 7 gg (1° giorno 24 h e poi 8h)	48 ore	rapporto di prova cartaceo o .pdf

(\*) oltre al formato indicato i dati sono forniti anche in formato elettronico per ottemperare alle esigenze operative di una gestione complessiva di monitoraggio per le diverse componenti ambientali e temporali (vedere cap.4).

**Tabella 32 – Monitoraggio qualità dell’aria per fibre aerodisperse**

Di seguito è riportata l’ubicazione delle postazioni ASB 1-2.

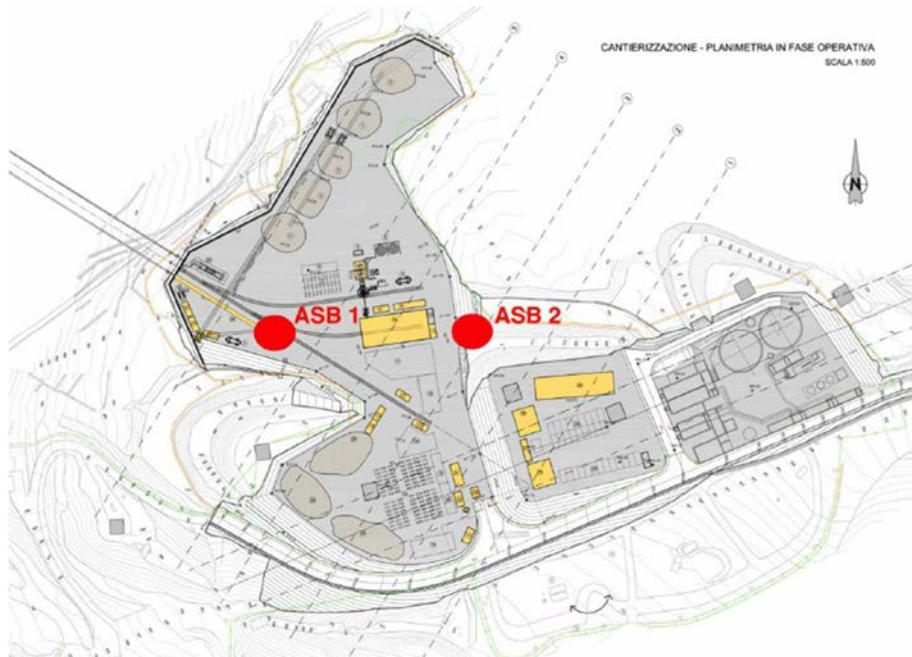


Figura 16 – Postazioni per il monitoraggio delle fibre di asbesto

#### 4.11.10 Rumore – Fase 2

Il monitoraggio nel corso della FASE 2 è stato effettuato con identiche modalità della precedente FASE 1. Le metodologie di misura, controllo ed analisi del segnale rilevato sono quindi le stesse, ma cambiando i macchinari e le condizioni operative delle attività di lavoro, sia internamente al cunicolo, sia esternamente ad esso, si sono modificate anche le condizioni di propagazione del rumore all'interno delle aree di cantiere ed all'esterno, verso i ricettori.

Sono rimasti cioè invariati i limiti di riferimento acustico, mentre sono cambiate le “soglie” di riferimento del rumore in funzione del coefficiente “K” (calcolato mediante software di simulazione) definito come il fattore di correlazione tra i livelli sonori rilevabili nel punto RUM-CF e i punti ricettori esterni al cantiere. In relazione a detto fattore di correlazione e tenendo conto del rumore di fondo comunque presente anche in assenza di lavorazioni, è stato possibile individuare quel valore massimo misurabile giornalmente alla centralina RUMCF affinché non si verificasse un esubero dei limiti normativi presso i ricettori prossimi al cantiere.

Sintetizzando, il controllo giornaliero dei livelli di rumore rilevati presso la centralina RUM-CF ha consentito di verificare il superamento dell'assetto operativo di “sorveglianza” e, quindi, il raggiungimento dell'assetto operativo di “attenzione”, laddove si prevedesse che in condizioni “standard” di lavoro fossero superate, presso la stazione fissa di misura, le soglie massime di 65,0 dB(A) nel periodo diurno e di 57,5 dB(A) nel periodo notturno.

Nell'eventualità che si rendessero necessari degli interventi atti a minimizzare il rumore all'esterno sui ricettori, mediante il software di simulazione sono stati dimensionati degli schermi acustici sulle sorgenti di rumore più significative. Detta configurazione ha definito un nuovo valore di “K” tale che le soglie massime presso la postazione di misura fissa RUM-CF in riferimento alla situazione con interventi antirumore, risultassero di 71,0 dB(A) nel periodo diurno e di 60,0 dB(A) nel periodo notturno.

#### **4.11.11      *Vibrazioni – Fase 2***

Data la tecnica di scavo con TBM, il rilievo delle vibrazioni in prossimità delle pile del viadotto autostradale non è stato realizzato.

#### **4.11.12      *Qualità dell'acqua – Fase 2***

Anche per questo ambito non vi sono modifiche rispetto alla Fase 1 né a livello di frequenze di prelievo né a livello di tipologia di analisi.

#### **4.11.13      *Protezione del suolo e del sottosuolo – Fase 2***

Anche in questo caso l'assetto, in termini di indagini analitiche da eseguire sulle terre e rocce da scavo, non ha subito modifiche rispetto a quanto riportato nel Capitolo 4.11.6. Le metodologie di riferimento per la gestione delle terre e rocce da scavo sono sempre quelle riportate nel documento MAD\_EXE\_VEN\_0094.

La sola differenza è legata alla presenza, in loco, di un laboratorio mobile con cui, tramite analisi stereomicroscopica, si sono potute avere tempestive valutazioni in merito all'eventuale presenza di componente fibrosa all'interno del materiale di cutting proveniente dai sondaggi a distruzione in avanzamento. Qualora fosse stata riscontrata la presenza di fibre, si sarebbe potuta eseguire in sito un'analisi in MOCF con la tecnica della dispersione cromatica al fine di identificare la natura delle fibre stesse.

Tali indagini sono state condotte sistematicamente in cantiere e sono state confermate dalle analisi svolte successivamente sulle aliquote degli stessi campioni che sono stati inviati al laboratorio accreditato. In aggiunta alle analisi sopradescritte, per ogni sondaggio si sono realizzate analisi sul fluido di perforazione.

I campionamenti del materiale di cutting si sono effettuati secondo le modalità previste dal D.Lgs. 152/06.

#### **4.11.14      *Radiazioni ionizzanti – Fase 2***

Per la componente in oggetto, nella fase di scavo meccanizzato è stato attivato il monitoraggio in continuo dei raggi gamma e del radon in prossimità del fronte di scavo.

Di seguito le attività di monitoraggio realizzate all'esterno del cunicolo.



Sigla stazione	Parametri misurati	Metodi analitici	Frequenza/luogo di misura	Tempistica e formato di restituzione dati
RAD-SMA	Gamma	Misura con sonda a scintillazione	Giornaliera sul cumulo di smarino in fase di riempimento	Giornaliera in formato elettronico (.pdf o .xls). Validazione dati mensile con Report Misure
RAD-PTS	Alfa, beta	Misure di radioattività alfa-beta gamma su filtri contenenti PTS campionate con pompe ad alto volume	Campionamento continuo con flusso di circa 6 l/min.  Prelievo del filtro per misure alfa/beta con periodicità settimanale	Rapporti in formato elettronico (.pdf) entro 15 gg dalla data di prelievo
RAD-PTS	Gamma	Misure di radioattività alfa-beta gamma su pacchetto mensile di filtri contenenti PTS mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione (catena di rivelazione a HPGe)	Campionamento continuo con flusso di circa 6 l/min.  Misure gamma con periodicità mensile.	Rapporti in formato elettronico (.pdf) entro 15 gg dalla data di prelievo
CAMP-RAD	Gamma	Misure su campioni di smarino di circa 1 Kg mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione con rivelatore a Ge iperpuro	Campionamento semestrale	Rapporti in formato elettronico (.pdf) entro 15 gg dalla misura

**Tabella 33 – Attività di monitoraggio sull’area di cantiere esterna al cunicolo**

Le attività di monitoraggio all’interno del cunicolo, invece, sono descritte di seguito:

Sigla stazione	Parametri misurati	Metodi analitici	Frequenza/luogo di misura	Tempistica e formato di restituzione dati
TBM-GAMMA	Gamma	Misura in continuo con sensore installato sulla testa della TBM	Misura in continuo con sensore installato sulla testa della TBM	Giornaliera in formato elettronico (.pdf o .xls). Validazione dati mensile con Report Misure
TBM-RAD	Concentrazione Gas Radon	Misura in continuo con sensore installato sulla testa della TBM	Misura in continuo con sensore installato sulla testa della TBM	Giornaliera in formato elettronico (.pdf o .xls). Validazione dati mensile con Report Misure

**Tabella 34 – Attività di monitoraggio all’interno del cunicolo**

All’interno del cunicolo, quindi, le misure di concentrazione volumica di radon e le misure di esposizione gamma sono state effettuate in continuo con sensori posti sulla TBM in prossimità del fronte di scavo. Le misure di concentrazione di radon sono state effettuate con strumentazione “Pylon CRM1” o alternativamente “MIAM MR01”, mentre per le misure gamma si è utilizzato un contatore geiger “GuardianRay GRAY712-FO”.

Nelle tabelle seguenti si riportano i limiti relativi ai monitoraggi in cunicolo e sui cumuli di smarino.

Parametro	Soglia A o limite di sorveglianza	Soglia AA o limite di attenzione	Soglia AAA o limite di intervento	Note
TBM-RAD Radon	200 Bq/m3	300 Bq/m3	400 Bq/m3	Delibera CIPE N. 15
TBM-GAMMA Gamma	0.25 µGy/h	0.5 µGy/h	1.0µGy/h	Fissato in base ai limiti di dose annuale per la popolazione
RAD-SMA Gamma	0.25 µGy/h	0.5 µGy/h	1.0µGy/h	Fissato in base ai limiti di dose annuale per la popolazione
CAMP-RAD Gamma (concentrazione di radionuclidi gamma-emittenti, uranio/torio)	100 Bq/Kg	200 Bq/Kg	400 Bq/Kg	Nota ARPA Prot. n. 106866 del 22/12/2014

**Tabella 35 – Valori di soglia – Fase 2**

Per quanto riguarda i limiti applicati al monitoraggio dell'attività Alfa, Beta e Gamma sulle PTS, in accordo con gli Enti di Controllo, si è operato come di seguito.

I valori dei singoli limiti considerati sono i seguenti:

Parametro	A Limite di Sorveglianza (mBq/mc)	AA Limite di Attenzione (mBq/mc)	AAA Limite di Intervento (mBq/mc)
ALFA	0.4	0.6	0.8
BETA	1.5	4	5
GAMMA	1.5	4	5

**Tabella 36 – Valori di soglia postazione RAD-PTS – Fase 2**

Per le componenti alfa e beta, tali limiti sono stati applicati secondo la procedura seguente:

- attività Alfa (Beta) totale > A: verifica interna e segnalazione superamento ad Arpa (Ambiente e Natura);
- attività Alfa (Beta) totale > AA: segnalazione superamento ad Arpa, apertura scheda di anomalia, riduzione della polverosità attraverso bagnatura della zona, analisi di spettrometria gamma su campione di smarino relativo al cumulo in formazione nel periodo di campionamento del filtro, confronto dati con i valori di radioattività rilevati su altre componenti ambientali;
- attività Alfa (Beta) totale > valore limite AAA: segnalazione superamento ad Arpa, apertura scheda anomalia, riduzione della polverosità attraverso bagnatura della zona e verifica livelli di attività beta totale; se anche l'attività Beta (Alfa) totale > valore limite AAA: ufficializzazione stato di Intervento (AAA), segnalazione ad Arpa e attivazione procedure indicate nel documento MAD\_EXE\_VEN\_0853\_Piano di Lavoro Tipologico in caso di Radiazioni Ionizzanti.

L'ufficializzazione dello stato di intervento (AAA) per Alfa totale e Beta totale si è stabilito avvenisse solo a seguito del superamento contemporaneo della soglia (AAA) per entrambe le componenti, in caso contrario sarebbe stato formalizzato come superamento della soglia di Attenzione (AA).

Per approfondire l'eventuale correlazione tra le oscillazioni dei valori di attività misurati sui filtri PTS e l'andamento della polverosità dell'aria, a partire dal mese di maggio 2016 nella

postazione RAD-PTS sono stati utilizzati filtri precedentemente tarati, condizionati e pesati. In questo modo, in caso di richiesta dell'E.Q., sarebbe stato possibile fornire per ogni filtro anche il valore della concentrazione di PTS in modo da poter differenziare effettivi incrementi di attività da semplici aumenti della sola polverosità.

Per quanto riguarda invece la componente Gamma, si è stabilito fosse formalizzato il superamento della soglia di intervento (AAA) a seguito del confronto fra il valore misurato e il limite, a prescindere dai valori misurati per l'attività Alfa e Beta. Per tale componente, inoltre, si è stabilito si effettuasse il confronto dei valori misurati con i limiti solo per alcuni radionuclidi significativi, dei quali per alcuni sono stati considerati i limiti indicati, mentre per altri si è fatto riferimento ad un limite unico di Attenzione. Di seguito il dettaglio.

Radionuclidi	Energia	(A) Sorveglianza (mBq/mc)	(AA) Attenzione (mBq/mc)	(AAA) Intervento (mBq/mc)
144Ce	133,52	-	-	-
141Ce	145,44	-	-	-
212Pb	238,63	-	5	-
214Pb	295,22	1,5	4	5
140La	328,76	-	-	-
228Ac	338,40	-	-	-
214Pb	351,99	1,5	4	5
131I	364,49	-	-	-
125Sb	427,87	-	-	-
7Be	477,60	-	-	-
140La	487,02	-	-	-
140Ba	537,26	-	-	-
208Tl	583,10	-	5	-
134Cs	589,33	-	-	-
125Sb	600,60	-	-	-
134Cs	604,72	-	-	-
214Bi	609,32	1,5	4	5
131I	636,99	-	-	-
137Cs	661,66	-	-	-
95Zr	724,19	-	-	-
99Mo	739,50	-	-	-
95Nb	765,80	-	-	-
134Cs	795,86	-	-	-
140La	815,77	-	-	-
228Ac	911,07	-	5	-
228Ac	968,90	-	-	-
214Bi	1120,28	-	-	-
40K	1480,80	-	5	-
140La	1596,21	-	-	-
214Bi	1764,51	-	-	-

La configurazione del sistema di rilevamento per la fase 2 è risultata quindi la seguente:

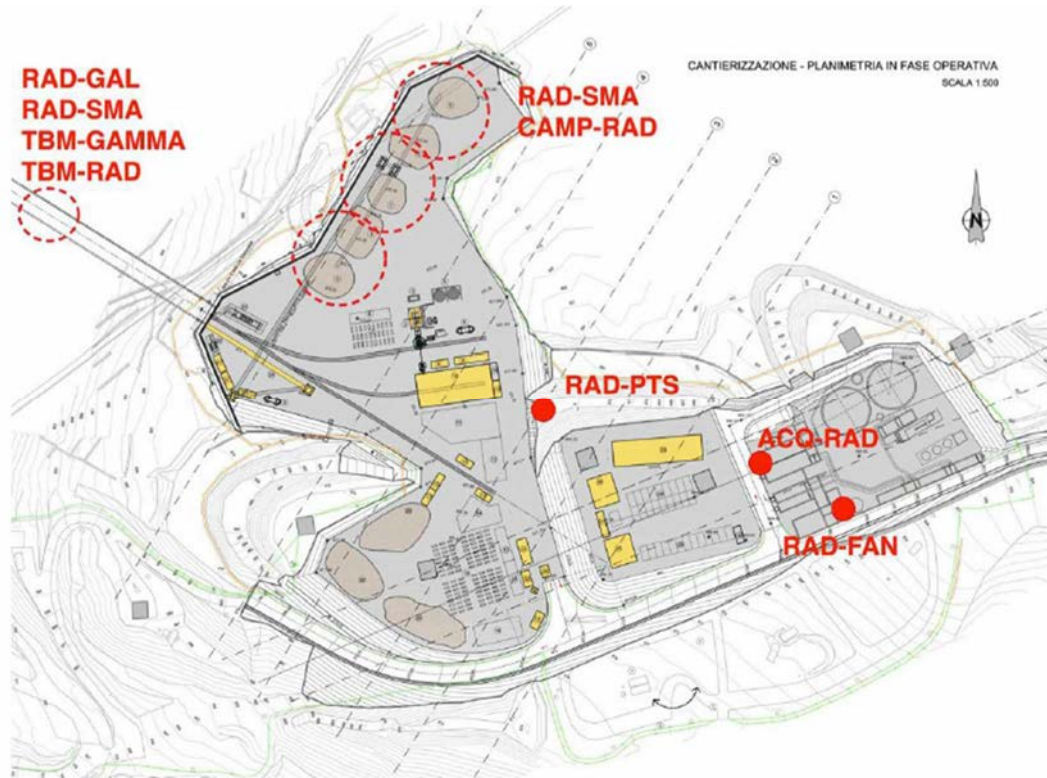


Figura 17 – Configurazione del sistema di rilevamento per la fase 2

### Monitoraggio dell'attività delle acque

Con l'intercettazione delle acque di venuta di galleria nel corso delle attività di scavo e con l'inizio dello scarico delle acque trattate nel recettore finale, sono stati attivati i monitoraggi della componente in oggetto relativi alle acque come indicato nell'autorizzazione allo scarico precedentemente citata (Provincia di Torino n. 422-26047/2013 del 25/6/2013).

Il monitoraggio è avvenuto quindi sulle acque in ingresso all'impianto di depurazione (ACQ-RAD) che contengono le acque di venuta della galleria e sui fanghi disidratati (RAD-FAN) prodotti dallo stesso impianto nel corso delle operazioni di depurazione.

Si è trattato di un monitoraggio che ha riguardato essenzialmente la possibilità o meno di scaricare le acque medesime dopo il trattamento, in quanto il controllo dell'attività gamma e della concentrazione di radon in testa alla TBM avrebbe costituito di per sé un controllo sufficiente.

Per quanto riguarda il monitoraggio RAD-FAN, su richiesta degli Enti di controllo si è sostituita la misura sistematica della sola radiazione gamma con sonda a scintillazione in campo con la misura semestrale di concentrazione di radionuclidi con le stesse modalità e gli stessi limiti del monitoraggio CAMP-RAD.

Si riportano comunque le tabelle seguenti in analogia con le tabelle di cui sopra.

Sigla stazione	Parametri misurati	Metodi analitici	Frequenza/luogo di misura	Formato di restituzione dati
ACQ-RAD	Alfa/beta totale	Scintillazione liquida Tricarb	Settimanale	Rapporti in formato elettronico (.pdf) entro 10 gg dalla misura
RAD-FAN	Gamma	Misure su campioni di fanghi disidratati di circa 1 Kg mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione con rivelatore a Ge iperpuro	Campionamento semestrale	Rapporti in formato elettronico (.pdf) entro 15 gg dalla misura

**Tabella 37 – Monitoraggio delle acque di venuta e di trattamento e dei fanghi disidratati**

### Valori di soglia per la concentrazione alfa/beta totale nelle acque

La concentrazione alfa/beta totale nelle acque viene è stata determinata mediante scintillazione liquida su campioni da 10 ml (vials da 20 ml con scintillatore) ottenuti per evaporazione lenta dai campioni prelevati in campo. I limiti o soglie di sorveglianza, attenzione e intervento sono riportati nella tabella seguente e sono stati variati in base alle indicazioni dell'Ente di Controllo competente riportate nel verbale del Tavolo Tecnico del 12/02/2016.

Parametro	Soglia a o limite di sorveglianza (Bq/lt)	Soglia AA o limite di attenzione (Bq/lt)	Soglia AAA o limite di intervento (Bq/lt)	Note
Alfa totale	0,25	0,5	5	(*)
Beta totale	0,5	1	10	(*)

(\*) Il limite di intervento si riferisce essenzialmente al limite di smaltimento all'esterno del cantiere o di immagazzinamento all'interno del cantiere stesso (art. 30, D.Lgs. 230/95 e s.m.i.). Se sarà necessario verrà avanzata richiesta di autorizzazione per smaltimenti o immagazzinamenti di fanghi con attività di maggiore concentrazione (art. 33, D.Lgs. 230/95 e s.m.i.).

**Tabella 38 –Valori di soglia per la concentrazione alfa/beta totale nelle acque**

## 4.12 Il sistema mitigativo

### 4.12.1 Modalità applicative in relazione al Sistema di Gestione Ambientale

In funzione della categoria/sottocategoria di attività esercitata, le azioni mitigative previste, sono distinte in due categorie principali:

- azioni proattive, quando riferite alla fase di pianificazione del monitoraggio;
- azioni reattive, se individuate e poi applicate in fase di realizzazione del monitoraggio, a seguito dell'analisi dei dati campionati per i diversi parametri e dal confronto con le diverse soglie fissate.

#### 4.12.2 Misure adottate

Le principali misure, descritte nelle singole componenti cui si riferiscono, fanno riferimento ai seguenti interventi:

- Bagnatura viabilità di cantiere;
- Uso di cannoni a bassa pressione per l'area di stoccaggio temporaneo degli inerti;
- Cofanatura del nastro trasportatore;
- Impianto lavar ruote;
- Impermeabilizzazione di tutte le superfici di cantiere;
- Barriere acustiche per gli impianti presenti all'imbocco del cantiere;
- Impianto di trattamento delle acque.

#### 4.13 La sicurezza dei lavoratori in fase di esecuzione

##### 4.13.1 Interferenze e vincoli, rischi

###### 4.13.1.1 Interferenze e vincoli

L'autostrada A32 è la principale interferenza del cantiere essendo posizionata al di sopra del medesimo (viadotto Clarea). In particolare insistono nel cantiere Spalle, pile e fondazioni del viadotto Clarea.

L'autostrada è dotata di protezioni laterali atte ad impedire che oggetti lanciati dagli automobilisti in transito o comunque provenienti dalla sede autostradale possano cadere nel cantiere.

Una seconda significativa interferenza è la linea aerea di alimentazione elettrica M.T. a cavi nudi che si trova lungo il margine nord del cantiere in corrispondenza della berlinese di imbocco cunicolo.



**Figura 18 – Strada di accesso all'imbocco del cunicolo: si noti la presenza delle pile viadotto Clarea**

I più importanti vincoli per il cantiere sono:

- La presenza dell'accesso di sicurezza all'A32 a partire dalla spalla Ovest viadotto Clarea (varco autostradale in direzione Torino), compreso all'interno dell'area di cantiere;

- La garanzia di transito ai mezzi diretti al museo archeologico che si trova al confine con l'area di cantiere;
- La presenza di un percorso turistico ciclo pedonale (strada delle Gallie);
- La vicinanza del cantiere ad un'area sottoposta a vincolo archeologico;
- La vicinanza del cantiere all'area a cavallo dell'asta fluviale del torrente Clarea, sottoposta a vincolo paesaggistico ambientale;
- Il rischio di fenomeni gravitativi lungo il versante a monte dell'imbocco cunicolo, evidenziati dalla presenza di barriere a protezione delle pile viadotto "Clarea";
- Il vincolo paesaggistico-ambientale ai sensi dell'art. 136 d.lgs. 42/2004 - ex dm 01/08/85 ("Galassino"), in tutta l'area interessata dall'intervento.

#### **4.13.1.2      *Instabilità degli scavi***

Le configurazioni delle pareti di scavo a giorno e gli scavi in sotterraneo sono stati eseguiti secondo quanto previsto in progetto.

Alla data del presente rapporto tutti gli scavi in esterno sono stati completati senza incidenti, e quelli in sotterraneo sono completati per oltre il 95% (resta da realizzare la nicchia per l'alloggiamento delle vasche e sistema di pompaggio acque di galleria alla Pk 4+090). Le condizioni dell'ammasso roccioso in sotterraneo sono sottoposte ad un rigoroso monitoraggio durante i lavori che comprende controlli e misure geotecniche, rilievi geomeccanici, misure idrologiche. In funzione di detto monitoraggio le sezioni tipo di supporto agli scavi possono essere modificate rispetto alle previsioni di PE.

#### **4.13.1.3      *Caduta dall'alto***

Il lavoro in posizione sopraelevata comporta inevitabilmente il pericolo di caduta con conseguenze se il dislivello è uguale o maggiore di 2.0 m dal piano di atterraggio.

Nei casi dove non è stato possibile prevenire o impedire la caduta, i lavoratori hanno operato assicurati a punti fissi impiegando imbracature di sicurezza.

#### **4.13.1.4      *Rumore***

Il rumore è per sua natura un agente fisico che determina effetti interferenti tra le varie lavorazioni. L'esposizione quotidiana personale dei lavoratori al rischio rumore è stata calcolata in fase preventiva facendo riferimento ai tempi di esposizione ed ai livelli di rumore standard individuati da studi e misurazioni la cui validità è riconosciuta dalla commissione prevenzione infortuni.

La valutazione del rumore a cui sono sottoposti i lavoratori è riportata nel Piano Operativo di Sicurezza di ciascuna Impresa Esecutrice. Sulla base dell'appartenenza alla specifica classe di esposizione al rischio rumore sono state attuate le conseguenti misure preventive (formazione ed informazione, visite mediche, messa a disposizione o imposizione di DPI che consentano di eliminare il rischio per l'udito o di ridurlo al minimo). Durante il procedere dei lavori sono stati effettuati rilievi sugli operatori:

- in cunicolo durante tutte le fasi di lavoro;
- all'esterno, durante la realizzazione delle opere di contenimento scavi imbocco cunicolo.

#### 4.13.1.5 Polveri

I principali rischi relativi alle polveri derivano essenzialmente dalla natura del materiale attraversato nel corso dello scavo in cunicolo; in merito nella tabella seguente si elencano le sorgenti per tali rischi.

Macro area		Rischi	
		Sorgenti o agenti di emissione primari	Sorgenti o agenti di emissione secondari
A	Interno cunicolo per scavo eseguito con TBM	utensile di taglio in testa fresa; frantoio; tramoggia di carico; nastro trasportatore.	tubo di ventilazione.
B	Interno cunicolo per scavo eseguito con DBM (tecnica tradizionale)	utensili di perforazione; volate con esplosivo; disgaggio e profilatura del fronte e del contorno; applicazione calcestruzzo proiettato.	transito dei mezzi d'opera; tubo di ventilazione;
C	Area di cantiere esterna	nastri trasportatori; scarico dei nastri trasportatori nel deposito temporaneo; carico su mezzi gommati; scarico e stesa a deposito definitivo.	transito dei mezzi d'opera; vento.

Tabella 39 – Sorgenti di rischio polveri all'interno del cantiere

Negli ammassi rocciosi scavati (prevalenti micascisti e gneiss) è presente in quantità variabili da 25 al 30%, la silice cristallina (SiO<sub>2</sub>), agente inquinante inserito dallo IARC tra i cancerogeni di gruppo 1.

All'interno della galleria, durante alcune fasi di lavoro sulla TBM, i valori di SiO<sub>2</sub> hanno superato il valore di soglia nonostante tutte le misure tecniche adottate ed elencate nella tabella seguente. Per questa ragione, in quelle fasi, sono stati resi obbligatori per tutti i lavoratori all'interno della galleria apparecchi di protezione delle vie respiratorie APVR.

A Interno cunicolo - Scavo con TBM		
	Misure tecniche e di controllo impiantistico	Misure organizzative
1	Perforazione ad umido con impiego di acqua su cutter;	Manutenzione periodica dei sistemi di abbattimento, ad umido e a secco, e sugli impianti di climatizzazione; registro dei controlli.
2	Impianto di depolverazione ad umido presente sulla testa TBM costituito da: <ul style="list-style-type: none"> <li>o ugelli orientabili, installati sul portale di supporto;</li> <li>o ugelli posti sulla testa della fresa e lungo il tracciato del nastro trasportatore;</li> <li>o centralina di miscelazione aria/acqua;</li> <li>o collegamenti linea aria compressa e linea idrica.</li> </ul>	Campionamento con utilizzo di rilevatori portatili per la misurazione delle concentrazioni polveri.
3	schermi d'acqua sulla TBM durante la fase di scavo meccanizzato;	Monitoraggio dei risultati dei campionamenti ed eventuale riesame



		delle dotazioni.
4	Impianto di ventilazione di tipo premente calcolato e regolato in modo da mantenere la velocità dell'aria al di sotto del limite di 5 m/s.	Individuazione dei soggetti responsabili e l'attribuzione dei compiti.
5	Utilizzo di nastri trasportatori al posto di autocarri per il trasporto del marino dal fronte all'esterno.	Minimizzazione della contemporaneità lavorazioni che comportano produzione di polvere.
6	Incapsulamento zona tramoggia di scarico dal nastro trasportatore in TBM al nastro trasportatore in galleria.	Minimizzazione del personale durante le operazioni che comportano produzione di polvere (fase di scavo), accesso alla TBM consentito solo alle persone direttamente coinvolte.
8		Ripetuta attività di informazione riguardo il comportamento da tenere da parte dei lavoratori per la tutela della salute contro il rischio all'esposizione a polveri di silice cristallina;
9		Installazione di segnaletica indicante la presenza di polveri silicotigene.
<b>B Interno cunicolo – Scavo con DBM</b>		
1	Perforazione ad umido.	Manutenzione periodica sui sistemi di abbattimento, ad umido ed a secco, e sugli impianti di climatizzazione - filtrazione anche dei mezzi d'opera; registro dei controlli;
2	Schermi d'acqua.	Campionamento con utilizzo di rilevatori portatili per la misurazione delle concentrazioni delle polveri.
3	Bagnatura area di scarico dai dumper al vagone di carico.	Monitoraggio dei risultati dei campionamenti ed eventuale riesame delle dotazioni.
4	Impianto di ventilazione di tipo premente calcolato e regolato in modo da mantenere la velocità dell'aria al di sotto del limite di 5 metri al secondo.	Bagnatura e pulizia della viabilità di cantiere.
5	Cabine dei mezzi d'opera dotate di impianto atto a mantenere in sovra-pressione (rispetto all'esterno) l'ambiente.	Individuazione dei soggetti responsabili e l'attribuzione dei compiti;
6		Limitazione della contemporaneità delle lavorazioni che comportano produzione di polvere;
7		Limitazione al minimo indispensabile dei lavoratori esposti: durante le operazioni che comportano produzione di polvere è permesso l'avvicinamento al fronte solo alle persone direttamente coinvolte.
8		Formazione ed informazione dei lavoratori e dei preposti;
9		Ripetuta attività di informazione riguardo Il comportamento da tenere da

			parte dei lavoratori per la tutela della salute contro il rischio all'esposizione a polveri di silice cristallina;
	10		installazione di segnaletica indicante la presenza di polveri silicotigene;
<b>D Area di cantiere esterna</b>			
	1	Incapsulamento nastri trasportatori	Campionamento con utilizzo di rilevatori portatili per la misurazione delle concentrazioni delle polveri.
	2	Cannoni nebulizzatori presso le aree di scarico dei nastri esposte al vento	Monitoraggio dei risultati dei campionamenti ed eventuale riesame delle dotazioni.
	3	Impianto lava ruote per i mezzi di cantiere.	Individuazione dei soggetti responsabili e l'attribuzione dei compiti.
	4		Formazione ed informazione dei lavoratori e dei preposti.
	5		Ripetuta attività di informazione riguardo Il comportamento da tenere da parte dei lavoratori per la tutela della salute contro il rischio all'esposizione a polveri di silice cristallina.
	6		Installazione di segnaletica indicante la presenza di polveri silicotigene e della necessità di mantenimento di velocità moderata sulla viabilità di cantiere.
	7		Pavimentazione della viabilità di cantiere.
	8		Bagnatura e pulizia della viabilità di cantiere.
	9		Manutenzione periodica sui sistemi di abbattimento. Registro dei controlli.

**Tabella 40 – Misure di prevenzione del rischio polvere attuate in cantiere**

L'obbligo di utilizzo di Apparecchi di Protezione Vie Respiratorie (APVR) è stato riservato ai seguenti casi:

- temporanea inefficacia dei sistemi di protezione di tipo tecnico, impiantistico ed organizzativo sopra individuati a seguito delle valutazioni effettuate sul monitoraggio (APVR per tutti gli addetti);
- lavorazioni di tipo particolare, occasionali o di pulizia e manutenzione (APVR per gli addetti interessati alle relative attività);
- assistenza alla perforazione, disaggio e profilatura del fronte (APVR per il personale presente, nonché per gli addetti alle operazioni che vengono svolte nelle zone retrostanti il fronte);
- proiezione del calcestruzzo proiettato (APVR per lancista e addetti sorveglianza, nonché per gli addetti alle operazioni che vengono svolte nelle zone retrostanti il fronte).

Il rischio di tipo interferenziale relativo alle polveri, oltre a quanto sopra rappresentato in relazione alle polveri derivanti dallo scavo ed agli inerti sopra esaminati, nel cantiere de la Maddalena è residuale per la tipica casistica dei cantieri.

#### **4.13.1.6 Gas pericolosi**

##### Metano

Anche se la possibilità di venute significative di questo gas appariva remota sin dalla fase progettuale, sia per l'assenza di indizi, sia per considerazioni geologiche e strutturali, all'interno della TBM era presente un sistema per la misurazione del gas metano. Durante i lavori questo gas non è mai stato individuato e pertanto non è stato necessario mettere in atto le misure di sicurezza previste.

##### Radon

Il Radon fa parte delle sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti cui l'uomo è stato esposto fin dalla sua comparsa sulla terra. Come gas disciolto viene veicolato anche a grandi distanze dal luogo di formazione può essere presente nelle falde acquifere. Mentre il Radon, essendo un gas nobile, non si lega chimicamente e viene inspirato ed esalato senza interagire con i tessuti umani, i discendenti radioattivi del Radon si attaccano al pulviscolo atmosferico (polvere, vapore, fumo), vengono così inalati e, a causa della loro breve vita, decadono nel tratto respiratorio irradiando soprattutto i bronchi.

Le attività in galleria di cui al presente documento sono da ritenersi compresi nei luoghi di lavoro di cui al Capo III-bis 10.bis, comma 1, lettere a) e b) del D. Lgs. 17 marzo 1995 n° 230 e s.m.i.; per questi luoghi di lavoro il livello di azione è fissato in termini di 500 Bq/m<sup>3</sup> di concentrazione di attività di radon media in un anno. Un secondo livello di azione è fissato in termini di dose efficace ed è pari a 3 mSv.

Il sistema di prevenzione contro il rischio derivante dal radon messo in atto è stato il potenziamento della ventilazione forzata all'interno del cunicolo miscelando l'aria con le particelle di radon che si potrebbero trovare all'interno del cunicolo con l'aria priva di radon che si trova all'esterno.

Per verificare l'efficienza del sistema sono state effettuate misure di screening (attività volumica) del livello di esposizione nel tunnel, mediante prelievo passivo ed analisi differita, misure che non hanno mai superato i valori limite, pertanto non è stato necessario mettere in atto le misure correttive previste.

##### Minerali radioattivi

Le mineralizzazioni uranifere segnalate in letteratura per la Valle Susa, sono rinvenute all'interno di livelli di quarziti micacee riferibili al complesso gneissico Permo-carbonifero degli scisti di Ambin.

Il monitoraggio delle radiazioni (uranio), così come definito dalle prescrizioni CIPE, è stato messo in atto all'interno del cantiere, nel tunnel e sul personale. Le misure, le frequenze e i punti di monitoraggio previsti sono riportati nel Progetto di Monitoraggio Ambientale.

Le misure effettuate in cantiere non hanno evidenziato la presenza di mineralizzazioni radioattive.

#### 4.13.1.7 *Fibre di amianto*

Il cunicolo esplorativo, ha attraversato formazioni rocciose in cui era stata ipotizzata la remota presenza di minerali asbestiformi. Sebbene il ritrovamento di tali presenze fosse molto improbabile, è stata comunque posta l'attenzione del caso a questo problema, monitorando e adottando tutti gli accorgimenti e le misure necessarie.

In linea con la prescrizione CIPE n. 79, l'Impresa Appaltatrice dei lavori di scavo cunicolo ha predisposto il documento: "Linee Guida in Caso di Ritrovamento Pietre Verdi al Fronte" nel quale sono definite le modalità operative e le azioni da intraprendere nel caso in cui si verificasse la presenza di materiali contenenti fibre asbestiformi. Per tale caso sono state previste procedure supplementari a quelle già in atto nel cantiere, per monitorare e controllare la dispersione di tali fibre sia per il personale operativo presente in cantiere (ambiente di lavoro) sia a livello ambientale in senso lato.

Le misure effettuate in cantiere non hanno evidenziato la presenza di fibre di amianto.

#### 4.13.1.8 *Rischio chimico*

L'utilizzo in cantiere di prodotti contenenti sostanze che presentano potenziale rischio chimico (Tabella seguente) è sempre stato accompagnato dalle relative schede di sicurezza, fornite dal produttore.

Adesivo epossidico bicomponente	Malta anti ritiro	Idrofugo liquido per malte cementizie
Diluyente Nitro	Resina per tasselli chimici	Vernice epossidica
Solvente organico	Fumi da saldatura ossiacetilenica	Accelerante di presa senza alcali
Antiruggine sintetico	Fumi da uso di elettrodi	Additivo per boiacche cementizie da iniezione
Vernice nitro	Polveri metalliche aereo disperse	Cemento
Acetilene	Ossigeno	Acido solforico

**Tabella 41 – Prodotti utilizzabili in cantiere che presentano potenziali rischi chimici**

Per ognuna di dette sostanze è stata condotta una valutazione del rischio.

Trattandosi di esposizione non diretta, stimata cautelativamente (in relazione a quantità di emissione, tempi e distanze), nel range dei valori denominato dal metodo "Intervallo di incertezza" si è ritenuto il rischio per la salute "irrilevante".

#### 4.13.1.9 *Vibrazioni*

Le attività lavorative che presentano questo rischio sono state quelle in cui si sono impiegati utensili ad asse vibrante o ad aria compressa (es. martelli perforatori, vibratorii per c.a., fioretti per fori da mine, etc.) o dove l'operatore era in contatto con una fonte di vibrazioni (es. casseforme vibranti, macchine operatrici, etc.).

Tali attività sono state oggetto di specifica valutazione del rischio considerando:

- il livello, il tipo e la durata dell'esposizione, ivi inclusa ogni esposizione a vibrazioni intermittenti o a urti ripetuti;
- i valori limite di esposizione e i valori d'azione individuati dalla normativa vigente;

- gli eventuali effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio;
- gli eventuali effetti indiretti sulla sicurezza e salute dei lavoratori risultanti da interazioni tra le vibrazioni meccaniche, il rumore e l'ambiente di lavoro o altre attrezzature;
- le informazioni fornite dal costruttore dell'attrezzatura di lavoro;
- l'esistenza di attrezzature alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle vibrazioni meccaniche;
- condizioni di lavoro particolari, come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità o il sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e del rachide;
- informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria, comprese, per quanto possibile, quelle reperibili nella letteratura scientifica.

Nel caso di superamento dei valori limite sono state applicate le seguenti misure:

- altri metodi di lavoro che richiedono una minore esposizione a vibrazioni meccaniche;
- la scelta di attrezzature di lavoro adeguate concepite nel rispetto dei principi ergonomici e che producono, tenuto conto del lavoro da svolgere, il minor livello possibile di vibrazioni;
- la fornitura di attrezzature accessorie per ridurre i rischi di lesioni provocate dalle vibrazioni, quali sedili che attenuano efficacemente le vibrazioni trasmesse al corpo intero e maniglie o guanti che attenuano la vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio;
- adeguati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, del luogo di lavoro, dei sistemi sul luogo di lavoro e dei DPI;
- l'organizzazione dei luoghi e dei posti di lavoro;
- l'adeguata informazione e formazione dei lavoratori sull'uso corretto e sicuro delle attrezzature di lavoro e dei DPI, in modo da ridurre al minimo la loro esposizione a vibrazioni meccaniche;
- la limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- l'organizzazione di orari di lavoro appropriati, con adeguati periodi di riposo;
- la fornitura, ai lavoratori esposti, di indumenti per la protezione dal freddo e dall'umidità.

#### **4.13.1.10 Microclima**

##### Elevata temperatura all'interno del cunicolo

La temperatura della roccia e quella dell'aria, aumentano via via che ci si allontana dall'esterno; quando si superano i 25°C soprattutto se in aria satura di umidità come di norma si riscontra in galleria, occorrono particolari mezzi di ventilazione perché sia garantito il benessere fisico dei lavoratori e non ne sia ridotta l'efficienza fisica, in particolare per chi esegue lavori pesanti. In aggiunta le venute d'acqua (normalmente in equilibrio termico con la roccia) creano zone di lavoro ulteriormente disagiate e surriscaldate.

Per mantenere la temperatura dell'ambiente di lavoro in cunicolo al disotto dei 25°, oltre alla ventilazione forzata, è stato adottato uno specifico sistema di climatizzazione che ha compreso macchine frigorifere posizionate sul back-up TBM.

I parametri della temperatura sono stati monitorati in continuo, sia in ambiente che sulla parete rocciosa, sono stati anche previsti:

- livello di attenzione quando la temperatura raggiunge i 30° a termometro asciutto;

- livello di allarme quando la temperatura registrata è tra i 30° ed i 35° a termometro asciutto;
- interruzione delle lavorazioni (salvo quelle urgenti) quando la temperatura raggiunge i 35° a termometro asciutto.

Durante il procedere dei lavori, conseguentemente all'aumento della temperatura in galleria (derivante dall'incrementata lunghezza del cunicolo e copertura rocciosa al fronte) sono stati eseguiti interventi sulla ventilazione e sul sistema di raffrescamento dell'aria per migliorare ulteriormente le condizioni microclimatiche in galleria, in particolare:

- installazione nuovi gruppi frigo su TBM per migliorare il raffrescamento;
- miglioramento dell'efficienza della ventilazione grazie al potenziamento dei motori esterni;
- installazione di condizionatori a bordo dei convogli porta persone;
- esecuzione monitoraggi con misure puntuali in varie postazioni sulla TBM e conseguente rappresentazione grafica (i grafici vengono poi analizzati in riunioni periodiche con il RLS);
- esecuzione monitoraggi con misure puntuali all'interno dei convogli
- aggiornamento della valutazione del rischio microclimatico nell'area TBM, vagone porta persone e locomotore.

Oltre alle misurazioni microclimatiche periodiche, i parametri di temperatura sono stati monitorati in continuo tramite una sonda installata a bordo TBM ed eseguite misurazioni periodiche dei parametri di temperatura della roccia.

Sono state anche introdotte alcune migliorie tecniche ed organizzative per mitigare il discomfort termico presente in galleria:

- allestimento di un container di riposo in zona L2 della TBM con climatizzatore interno ed un frigo a disposizione dei lavoratori;
- installazione di un nuovo dispensar refrigerato per l'erogazione di acqua potabile a disposizione dei lavoratori;
- somministrazione di sali minerali in accordo con le prescrizioni del Medico Competente.

In caso di superamento del valore di attenzione della temperatura sono state previste le seguenti misure correttive:

- variazione dei turni di lavoro e di riposo in accordo con la procedura condivisa con i lavoratori tramite la formazione sul campo Toolbox 11 denominata "Formazione Microclima" con le istruzioni organizzative che prevedono la variazione dei turni di lavoro e di riposo, cosa fare in caso di colpo di calore, consigli sull'alimentazione, ecc...;
- possibilità di riposo dei lavoratori nel container di riposo sopra descritto.

#### Bassa temperatura all'esterno del cunicolo

Il rischio in esame deriva dall'esposizione dei lavoratori ad un ambiente termico critico dovuto al clima freddo durante il periodo invernale. La situazione di pericolo corrisponde ad un rischio per la salute quando si verifica un abbassamento della temperatura del nucleo corporeo al di sotto dei 35°C.

Per la riduzione del rischio di esposizione alle basse temperature si adottano i seguenti provvedimenti:

- se la temperatura nel luogo di lavoro è inferiore ai 4° C è necessario fornire ai lavoratori indumenti idonei a mantenere la temperatura interna a valori superiori ai 36° C;

- tanto più la temperatura è bassa e quanto più è elevata la velocità del vento, tanto maggiore deve essere l'isolamento fornito dai vestiti;
- porre particolare attenzione ai lavoratori anziani e a quelli con problemi di circolazione.

Per tutte le attività in esterno sono comunque a disposizione dei lavoratori box di cantiere ed è stato fornito il vestiario idoneo per la protezione dal freddo.

Va inoltre segnalato il rischio derivante dagli sbalzi di temperatura e umidità cui, durante il periodo invernale sono sottoposti i lavoratori in galleria. Nelle zone di lavoro in sotterraneo temperatura e umidità risultano assai maggiori che in esterno; da una parte la ventilazione e dall'altra il percorso (via treno) che i lavoratori debbono seguire per uscire dal cunicolo contribuiscono a mitigare gli sbalzi di temperatura e umidità, ma in aggiunta sul treno o in prossimità della zona d'imbarco sono previsti gli indumenti pesanti necessari alla protezione dei lavoratori all'esterno in modo che possano essere indossati durante il tragitto in funzione delle sensazioni personali di ciascun addetto.

#### **4.13.1.11 Ulteriori rischi**

Tra gli ulteriori rischi che sono stati considerati nell'ambito del Piano Operativo di Sicurezza e del POS delle Imprese Esecutrici ma che non si sono manifestati durante i lavori si citano la movimentazione manuale dei carichi e i lavori in vicinanza di linee elettriche.

#### **4.13.2 Il coordinamento della sicurezza**

Trattando del Coordinamento della Sicurezza, le attività istituzionali sono state quelle normate dal D. Lgs. 81/08, aggiornato dal DLgs 106/2009, titolo IV, articolo 92; quanto previsto dalla norma è stato adeguato all'importanza e al contesto dell'opera, per complessità, visibilità e impatto con le attività circostanti.

Sul modello di un sistema di gestione quale l'OHSAS 18001:2007, per questo progetto si è promosso e sviluppato un ambiente di lavoro sicuro e rispettoso della salute, in modo da poter identificare e gestire i rischi e ridurre la probabilità degli infortuni; in questo fondamentale è stata l'interfaccia con Committente ed Imprese Esecutrici. Conseguentemente le azioni di coordinamento della sicurezza si sono orientate a:

- o controllare il rispetto delle normative vigenti e l'applicazione di regole, norme e raccomandazioni che possano far raggiungere gli obiettivi prefissati;
- o cooperare costantemente con il Committente assicurando completa trasparenza di informazione e comunicazione;
- o relazionarsi con gli operatori dei cantieri interferenti, quali SITAF relativamente alle problematiche di manutenzione del viadotto autostradale "Clarea" e futura realizzazione dello svincolo per Chiomonte;
- o interfacciarsi in modo continuo con le Imprese Esecutrici ed i loro RSPP / ASPP in co-partecipazione alla gestione della sicurezza e della salute del lavoro;
- o promuovere verso tutti i lavoratori, ciascuno nell'ambito del proprio ruolo e delle proprie responsabilità, la cura della propria e altrui salute e sicurezza.

Tutte le persone operanti in cantiere hanno ricevuto una formazione in relazione alla sicurezza e sono state dotate di adeguato equipaggiamento il personale di sorveglianza e la direzione delle Imprese Appaltatrici si sono impegnate per minimizzare l'esposizione dei lavoratori ai rischi, utilizzando le attrezzature e le tecniche che il progresso tecnologico offre.



**Figura 19 – Lo spogliatoio del cantiere**

Gli obiettivi di sicurezza del cantiere sono stati:

- migliorare gli indici di frequenza e gravità registrati in cantieri analoghi;
- in generale minimizzare gli infortuni e in particolare non avere alcun infortunio mortale nel corso della costruzione dell'opera.

Secondo quanto stabilito dall'Art. 100 del D. Lgs. 81/08 Il Coordinatore della Sicurezza in Progetto (CSP) ha predisposto il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) sia per l'Appalto relativo al Cunicolo de La Maddalena che per l'Appalto relativo al deposito Maddalena. Entrambi i PSC sono stati aggiornati nel corso dei lavori in funzione delle variazioni intercorse.

Il lavoro del Coordinatore per la Sicurezza in Esecuzione (CSE) si è sviluppata in modo del tutto parallelo alla realizzazione dei lavori, e hanno compreso le seguenti attività:

- preliminari: sono quelle che precedono la consegna dei lavori e comunque l'ingresso delle imprese in cantiere. A titolo di esempio nelle riunioni preliminari di coordinamento si è discusso:
  - la struttura ed il contenuto del PSC;
  - le procedure di verifica, di adeguamento e integrazione del PSC;
  - la struttura che deve avere il POS e le sue modalità di verifica;
  - le procedure di ammissione in cantiere dei subappaltatori;
  - il ruolo e le responsabilità del CSE.
- periodiche: si svolgono sistematicamente per tutta la durata dei lavori e comprendono:
  - riunioni di coordinamento (in merito si evidenzia la particolare collocazione del cantiere, al di sotto del viadotto A32 "Clarea" che, come normale, richiede manutenzioni ordinarie e straordinarie, con conseguente indispensabile coordinamento tra DL/CSE e Imprese sia esecutrici degli interventi di manutenzione che coinvolte nel lavoro oggetto del presente documento);
  - sopralluoghi di sicurezza (nel cantiere, in cunicolo e al sito si deposito definitivo);
  - verifica applicazione del PSC (anche con riferimento a quanto previsto dai POS delle Imprese Appaltatrice e delle Imprese Esecutrici);
  - aggiornamento e integrazione del PSC per adeguarlo alle eventuali variazioni avvenute nel corso dei lavori;
  - verifica della documentazione predisposta dalle Imprese Appaltatrice e dalle Imprese Esecutrici (POS, POLS, Procedure Operative, Piani di Emergenza, ecc.);



- aggiornamento del Fascicolo Informativo.
- straordinarie: contestazioni scritte, segnalazioni a TELT, corrispondenza con gli Enti di vigilanza (ad esempio ASL TO3 e ARPA Piemonte) e altri organi ispettivi di controllo.

Il CSE si è occupato di coordinare:

- l'adozione dei principi generali di prevenzione e protezione in fase di pianificazione di dettaglio dei lavori, in modo da predisporre la successione e la durata delle fasi di lavoro e le necessità di sfasamento o organizzazione delle stesse: pianificazione a breve termine delle singole operazioni sito per sito di lavoro;
- la verifica delle attrezzature e/o installazioni speciali in modo da garantire la sicurezza dei lavoratori con particolare riferimento ai seguenti requisiti:
  - mantenimento dei cantieri in ordine e pulizia;
  - approvazione dei layout di cantiere in relazione alla particolare disposizione dell'accesso;
  - corrette modalità di movimentazione dei carichi in relazione alla loro dimensione e destinazione;
  - verifica delle operazioni di manutenzione impianti (con particolare riferimento all'impianto di ventilazione, elettrico e di smaltimento delle acque per il cunicolo) e servizi prevedendo forme di controllo mediante check list in modo da prevenire difetti e malfunzionamenti;
  - verifica dei requisiti delle macchine operatrici e delle attrezzature;
  - la recinzione e la segnalazione delle aree di deposito, specie per i materiali pericolosi e infiammabili;
  - le modalità di rimozione di materiali pericolosi rinvenuti o derivati dalle attività di cantiere;
  - l'individuazione delle zone di deposito rifiuti e residui di lavorazione;
  - le modalità di cooperazione tra personale dipendente e lavoratori autonomi;
- l'aggiornamento del PSC a seguito dei cambiamenti della pianificazione e dell'avanzamento del lavoro;
- la cooperazione tra gli eventuali datori di lavoro di imprese differenti operanti nel medesimo sito, con l'ottica di proteggere i lavoratori nel loro insieme e prevenire infortuni o incidenti, con l'informazione reciproca dei rispettivi rischi prodotti e trasmessi;



**Figura 20 - Elmetto con indicazione numeri di emergenza in uso al cantiere de La Maddalena**

- o date le particolari caratteristiche del sito e la storia ambientale che lo ha contraddistinto, la collaborazione con le Forze dell'Ordine nel controllo degli accessi al cantiere in modo da impedire intrusioni di estranei e la presenza indebita di lavoratori in aree di non propria competenza operativa.

### 4.13.3 Gli infortuni occorsi

La figura sottostante illustra l'andamento temporale degli eventi infortunistici verificatisi durante la realizzazione del cunicolo dall'aprile 2012 a fine 2016.

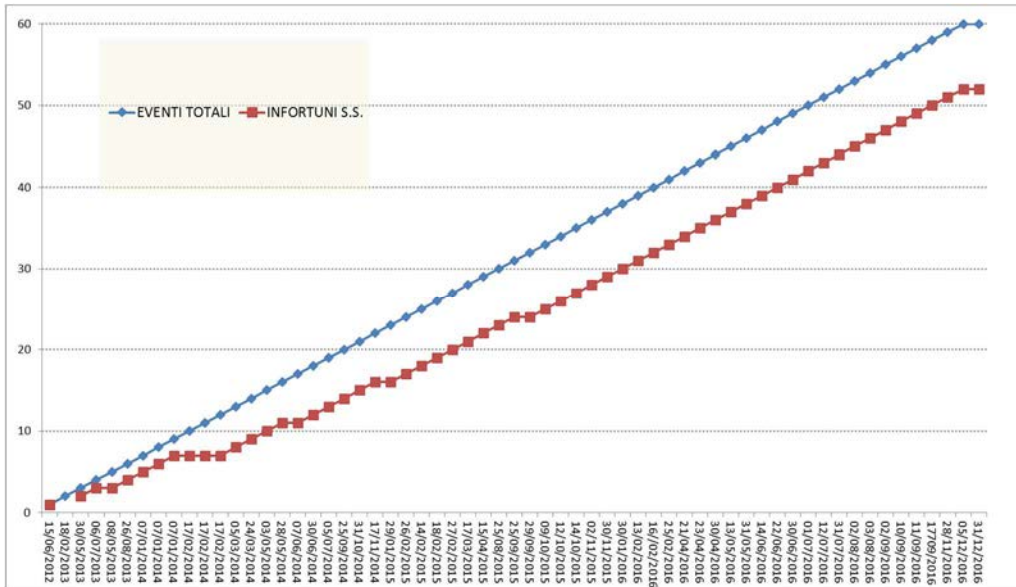


Figura 21 - Distribuzione di infortuni da inizio cantiere a fine 2016

Nella figura seguente si riporta il grafico di distribuzione degli infortuni in funzione della gravità dell'evento, che sinteticamente vede:

- o 2 infortuni per la fascia di eventi al di sotto dei 3gg di p.p
- o 32 eventi per la fascia di eventi con prognosi tra 3 e 10 gg;
- o 21 eventi per la fascia di eventi con prognosi tra 10 e 40gg.
- o 0 evento per la fascia di eventi con prognosi maggiore di 40gg.
- o 6 infortuni in itinere.

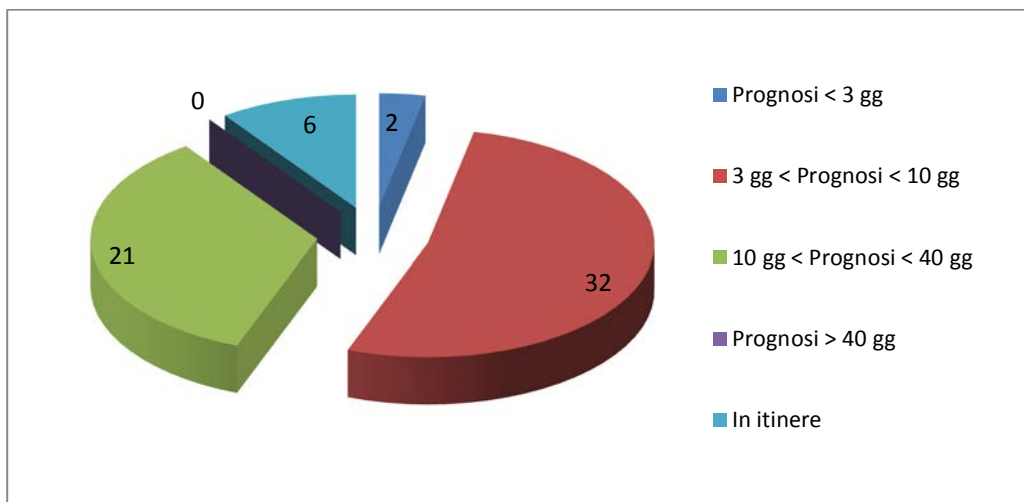


Figura 22 - Distribuzione degli infortuni in funzione della gravità dell'evento espresso in giorni di prognosi

Riassumendo, quindi, in totale sono avvenuti **61** eventi infortunistici (37 al 31/12/2015), di cui **8** sul piazzale (8 al 31/12/2015), **6** in itinere (5 al 31/12/2015) e **47** in galleria (24 al 31/12/2015).

Nelle figure seguenti si riporta sia l'istogramma che descrive la distribuzione delle lesioni di tutti gli eventi, sia quella legata unicamente agli infortuni s.s.

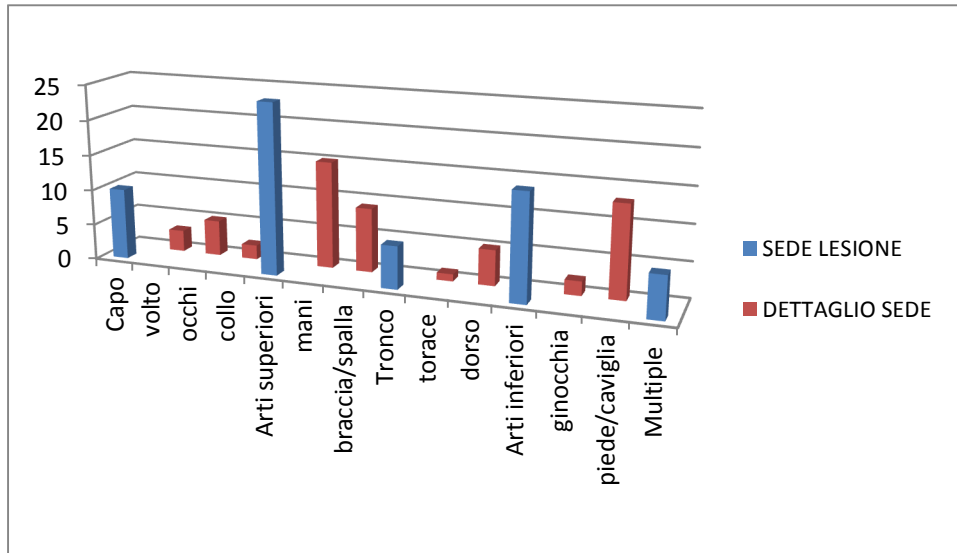


Figura 23 - Grafico degli infortuni con ubicazione fisica dell'infortunio

Nella figura seguente si riporta la distribuzione degli infortuni per causa con esclusione degli infortuni in itinere.

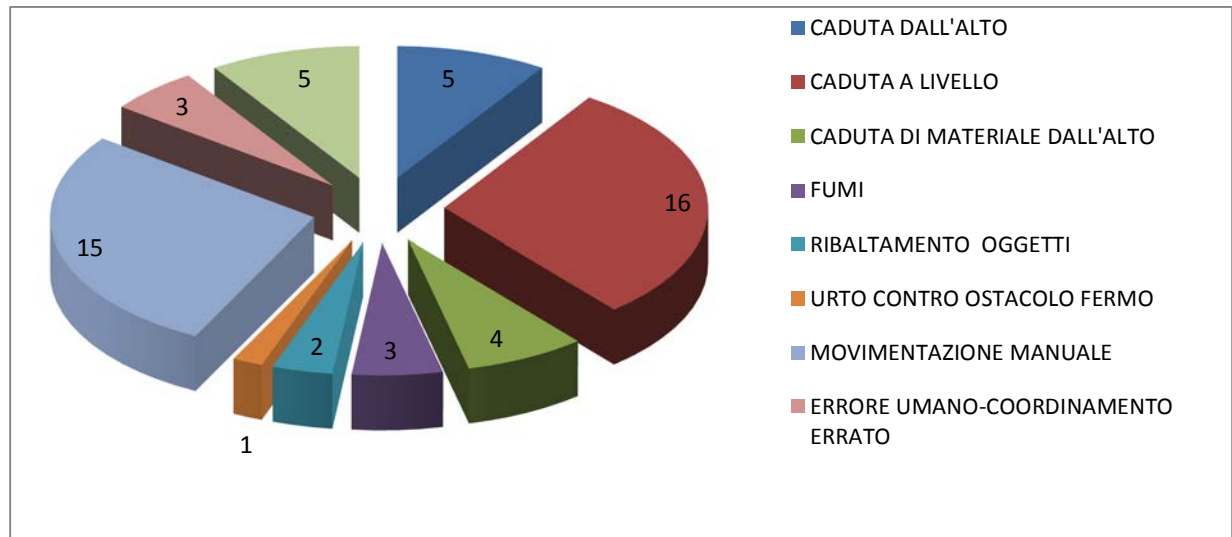


Figura 24 - Grafico degli infortuni in funzione della causa

Come si può osservare dal grafico della figura sopra riportata, la movimentazione manuale e le cadute a livello sono state la causa più frequente d'infortunio durante la realizzazione del cunicolo, inoltre si evidenzia che gli infortuni più gravi occorsi sono riferiti proprio a queste cause (danni permanenti per amputazioni: riferimento particolare alla movimentazione delle tubazioni, impiantistica aggiuntiva dovuta alle prescrizioni di separare le acque in galleria su 4 linee, con quadruplicamento delle condotte necessarie allo scavo e alla movimentazione dei bulloni swellex e delle aste di perforazione nelle postazioni L1 e L2 in TBM).

Nelle tabelle seguenti si riporta la sintesi complessiva degli infortuni occorsi dal 01/01/2014 al 31/12/2016.

<b>Numero totale di infortuni</b>	<b>61</b>
Di cui	
Minori di 3gg p.p.	2
All'esterno della galleria	8
In galleria	45
In itinere o non riconosciuti	6
Giorni persi totali	1795

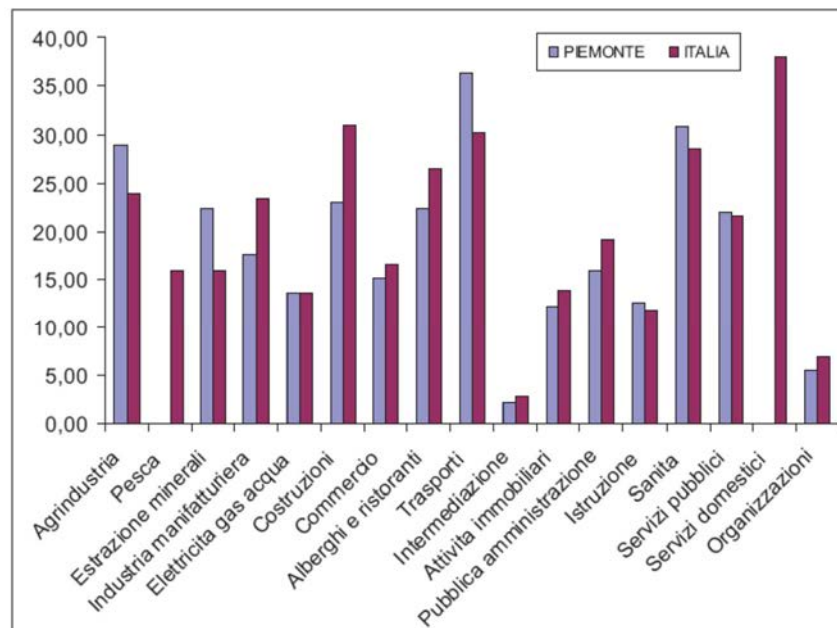
**Tabella 42 – Sintesi degli infortuni totali dal 01/01/2014 al 31/12/2016**

<b>Numero di infortuni s.s.</b>	<b>53</b>
Di cui	
All'esterno del cantiere	8
In galleria	45
Giorni persi totali	1550

**Tabella 43 – Sintesi degli infortuni s.s. dal 01/01/2014 al 31/12/2016**

Gli indici di frequenza degli infortuni per gli anni 2014, 2015 e 2016 sono quelli tipici di un cantiere a rischio elevato (lavoro in sotterraneo con TBM aperta) di rilevanza medio piccola e privo di lavorazioni complementari (che sono a basso rischio e alto numero di ore lavorate).

Il raffronto con i dati regionali e nazionali del settore costruzioni per il triennio 2009-2011 (si veda la figura seguente) non è indicativo, perché il dato non è disaggregato per categorie e rappresenta l'intero comparto.



**Figura 25 - Tassi grezzi di infortunio (per mille addetti) accaduti nel triennio 2009 – 2011 in Piemonte ed in Italia suddivisi per attività economica del settore artigianato – industria (fonte: Indicatori Flussi Inail Regionali)**

Il raffronto è quindi riportato a casi analoghi di cui esistano dati indicativi correlabili: facendo riferimento ai dati raccolti sul cantiere della TAV Bologna Firenze, seppure alla presenza di scavi in galleria eseguiti con metodi tradizionali e numerose opere d'arte e impianti, si riportava la tabella successiva. Per un confronto sono stati ricalcolati l'indice di frequenza e di gravità allo stesso modo per il cantiere della Maddalena per l'anno 2014:

- Indice di Frequenza = numero di infortuni/milioni ore lavorate = 123
- Indice di Gravità = numero di giorni persi totali / milioni ore lavorate = 4,2

Frequency rate — accidents with more than three days out of work excluding commuting accidents				
	1998	1999	Sem. 1, 2000	Total
No of accidents	352	476	225	1 053
Worked hours	2 252 753	2 952 237	1 568 217	6 773 207
Frequency rate	156	161	143	155

Severity rate — accidents with more than three days out of work excluding commuting accidents				
	1998	1999	Sem. 1, 2000	Total
Days — temporary incapacity	11 458	14 294	5 959	31 711
Worked hours	2 252 753	2 952 237	1 568 217	6 773 207
Severity rate	5.1	4.8	3.8	4.7

**Figura 26 - Riepilogo indici di frequenza e gravità, cantieri TAV Bologna Firenze (fonte European Agency for Safety and Health at work, Bilbao 2002)**

L'esame dei dati raccolti a tutto il 2016 evidenzia:

- l'attenzione degli addetti al tema OSH non deve focalizzarsi sulle attività in galleria (evidentemente rischiose specie per il contesto operativo): circa la metà degli eventi relativi al 2014 è accaduta fuori dalla galleria sul piazzale o in officina;
- la movimentazione manuale di oggetti pesanti deve essere minimizzata perché importante causa di infortuni: in merito sono stati fatti interventi ma è necessario verificare la possibilità di farne altri ancora per ridurre ancora l'incidenza di questa causa;
- Il raffronto statistico eseguito sul 2014, sul 2015 e sul 2016 con i dati disponibili da grandi cantieri di opere in sotterraneo (AV Bologna-Firenze) indica che il cantiere della Maddalena presenta una buona prestazione complessiva (si deve però ricordare che per un cantiere "piccolo" un solo infortunio pesa molto sugli indicatori);
- il 2014 è stato l'anno di organizzazione dello scavo con TBM e di raggiungimento di una configurazione a regime. Nel 2015 si è constatato un miglioramento degli indici infortunistici, considerata la maggiore standardizzazione delle operazioni e la maggiore esperienza complessiva di tutto il team di lavoro. Nel 2016 la frequenza degli infortuni è tornata sul livello del 2014;
- nel 2016 si è riscontrato un incremento del numero degli infortuni in galleria. A fronte di questo incremento, nel novembre 2016 è stato organizzato uno specifico incontro

con CSE Committente e Appaltatore del cunicolo per analizzare gli incidenti fino a quel momento occorsi e all'individuazione delle possibili azioni finalizzate alla riduzione / annullamento dei medesimi;

- i primi dati disponibili per i mesi successivi all'incontro sopra menzionato, pur non essendo statisticamente significativi, hanno segnalato un calo degli incidenti.

#### **4.13.4 Pubblicazioni scientifiche**

Nell'ambito della Convenzione di Ricerca tra TELT – Tunnel Euralpin Lyon Turin – e DIATI Politecnico di Torino dal titolo “Ricerche finalizzate alla messa a punto - con approccio in Prevention through Design- di metodologie e criteri specifici di Valutazione e Gestione dei Rischi Occupazionali per la definizione, la selezione e l'impiego ottimale in sicurezza delle tecniche e tecnologie di cantiere nel contesto d'uso previsto, e degli associati impianti di servizio” DIATI Politecnico di Torino tra il 2013 e il 2016 ha predisposto 18 Rapporti che compendiano i temi di seguito riportati.

Tutti gli studi e le sperimentazioni effettuate costituiscono un laboratorio di esperienze per i futuri lavori di scavo del tunnel di base.

Nel R01 - Analisi dei disposti normativi in materia di sicurezza macchine e loro applicazione nel caso della macchina da scavo a piena sezione Robbins modello mb1812-299-2, analisi delle procedure di marcatura utilizzabili nel caso in esame e creazione di liste di controllo dedicate.

Nel R02 - Analisi dei disposti normativi relativi alla redazione del manuale di uso e manutenzione di una macchina e analisi puntuale del manuale di manutenzione in lingua inglese e della sua traduzione in lingua italiana della macchina da scavo a piena sezione Robbins modello mb1812-299-2.

Nel R03 - Analisi dei criteri di impostazione dello scavo in caso inquinanti cancerogeni di formazione e dei piani di monitoraggio. Revisione concettuale e puntuale dei documenti “Guida in caso di pietre verdi al fronte” e “Tutela dell'igiene e della sicurezza - piano dei monitoraggi sul personale”.

Nel R04 - Analisi generale e puntuale della revisione numero 1 del manuale di manutenzione della macchina da scavo Robbins modello mb1812-299-2 e della documentazione integrativa datata gennaio 2014 (nuove sezioni da 16 a 20 del manuale).

Nel R05 - Analisi generale e puntuale dei documenti “Linea guida in caso di pietre verdi al fronte” nella versione datata 31/01/2014 e “Piano dei monitoraggi sul personale” nella versione datata 31/01/2014.

Organizzazione del seminario “Valutazione e gestione dei rischi per la salute dei lavoratori nello scavo meccanico di gallerie” svolto al Politecnico di Torino in data 25 febbraio 2014 e partecipazione in qualità di relatore da parte del Prof. Patrucco. Risultati compendati nella pubblicazione scientifica: “Valutazione e gestione dei rischi per la salute dei lavoratori nello scavo meccanico di gallerie”, autori De Cillis, Labagnara, Maida e Masucci, pubblicato sulla rivista GEOINGEGNERIA AMBIENTALE E MINERARIA, Vol. 143, ISSN 1121-9041.

Nel R06 - Analisi generale e puntuale del documento “Allegato tecnico – Rimozione amianto”

Nel R07 - Interessamento alla questione inerente alla creazione del documento di Valutazione di Impatto sulla Salute, analisi della documentazione fornitaci e studio bibliografico, attività di collegamento tra i diversi Enti coinvolti. Analisi della criticità nella gestione delle

condizioni di salute occupazionale nel caso di scavo in formazioni con possibile presenza di minerali di amianto, studio su come ad oggi viene affrontato il problema e analisi di possibili soluzioni atte a contribuire ad un ulteriore miglioramento della situazione (come l'utilizzo del misuratore di fibre in tempo reale M7400AD del produttore MSP Corporation).

Nel R08 - Stesura di considerazioni normative e tecniche riguardanti i Dispositivi di Protezione Individuale delle vie respiratorie che sarebbe opportuno utilizzare al fine di garantire una adeguata tutela della salute dei lavoratori in sotterraneo nel caso di non accertata assenza di minerali amiantiferi e di rocce che potenzialmente li contengono, e analisi comparata tra i diversi modelli ad oggi sul mercato di Dispositivi di Protezione Individuale delle vie respiratorie dotati di elettrorespiratore.

Nel R09 - Stesura di considerazioni normative e tecniche sul tema della sicurezza elettrica, e impostazione di una analisi di dettaglio dell'impianto elettrico di cantiere e di bordo macchina da scavo.

Nel R10 - Analisi normativa e tecnica con riferimento alla progettazione ed all'esecuzione di campionamenti personali, analisi e commento del campionamento personale eseguito in cantiere di poveri aerodisperse respirabili per la determinazione della concentrazione delle stesse e della percentuale di silice libera cristallina e per la determinazione della concentrazione di fibre di amianto.

Nel R10 - Predisposizione di scheda di valutazione di DPI delle vie respiratorie con elettrorespiratore ed elmetto integrato (v. R08) e analisi ulteriori sulla utilizzabilità in sotterraneo del misuratore di fibre in tempo reale M7400AD del produttore MSP Corporation.

Nel R11 - Analisi degli obblighi normativi riferiti all'impiantistica elettrica di macchine per scavo di gallerie a piena sezione, utilizzo di tecniche di Hazard Identification sulle utenze elettriche caratteristiche delle macchine da scavo al fine di classificarne la priorità in termini securistici ed impostarne una corretta gestione delle stesse, analisi degli aspetti di protezione contro i contatti accidentali (diretti e indiretti) dei lavoratori con parti in tensione dell'impianto elettrico e valutazione, come caso di specie, della macchina Robbins modello mb1812-299-2. In questo ambito è anche stato effettuato un sopralluogo presso la sede del costruttore Herrenknecht al fine di raccogliere documentazione e di confrontarsi con progettisti.

Risultati compendati anche nella tesi di laurea specialistica in ingegneria elettrica dell'ing. Jain dal titolo: "Impiantistica elettrica di macchine per scavo di gallerie a piena sezione".

Nel R12 - Estesa analisi generale e puntuale dei documenti: "Piano di sicurezza e coordinamento" versione datata 11/02/15, "Sistemazione di ventilazione e raffreddamento galleria tratta TBM – relazione tecnica" versione datata 29/07/13, "Piano operativo di sicurezza" versione datata 27/03/15, allegato al POS "Valutazione dei rischi da agenti chimici" versione datata 21/03/15, allegato al POS "Piano dei monitoraggi sul personale" versione datata 27/03/15, allegato al POS "Organigramma nominativo - generale" versione datata 05/03/2015, allegato al POS "Piano di emergenza esterno per l'intervento dei sistemi di emergenza territoriale VVF e 118" versione datata 23/09/14, allegato al POS "Procedura operativa 011 – realizzazione nicchie di natura geognostica a paramento" versione datata 09/03/2015, allegato al POS "Procedura operativa 020 – modalità di accesso alla testa fresante ed al fronte di scavo per manutenzione" versione datata 08/07/2014 e dei rapporti di prova SGS sui campionamenti personali polveri respirabili e silice libera cristallina.

Nel R13 - Analisi di compiti e responsabilità concernenti la valutazione del rischio chimico e raccolta ragionata di suggerimenti utilizzabili per l'aggiornamento della documentazione

tecnica di sicurezza relativamente alla gestione della esposizione dei lavoratori, con particolare riferimento agli inquinanti aerodispersi di formazione.

Nel R14 e R14bis - Analisi del documento “Piano di aggiornamento/integrazione della documentazione tecnica relativa alla gestione dell’esposizione dei lavoratori al rischio chimico”, individuazione di criticità di principio e specifiche che il documento presenta e ricerca di possibili soluzioni.

Nel R15 - Analisi dei documenti realizzati dal Gruppo Marazzato relativi alle procedure per la gestione e la bonifica di rocce amiantifere nel caso possibile di ritrovamento, individuazione di criticità di principio e specifiche che i documenti presentano, e esame di possibili integrazioni.

Analisi degli obblighi normativi riferiti all’organizzazione di un cantiere, delle diverse tecniche di ottimizzazione della organizzazione di cantieri e studio, come caso di specie, del cantiere di Chiomonte. Metodologia utilizzata: studio dei volumi funzionali.

Risultati compendati nella tesi di laurea in tecniche della prevenzione nell’ambiente e nei luoghi di lavoro del Dott. Faranda dal titolo: “Criteri di ottimizzazione della gestione dei volumi funzionali in un cantiere per scavo di una galleria”

Determinazione di criteri metodologici per la previsione del grado di inquinamento da particolati aerodispersi in galleria e studio della minimizzazione del carico di lavoro derivante dall’utilizzo di Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) delle vie respiratorie in sotterraneo, tramite analisi dell’aumento della resistenza alla respirazione dei filtri delle maschere tradizionali all’aumentare del tempo di utilizzo e del conseguente grado di intasamento.

Risultati compendati nella tesi di laurea in tecniche della prevenzione nell’ambiente e nei luoghi di lavoro del Dott Agnese dal titolo: “Criteri metodologici e di gestione degli accertamenti di inquinamento da particolati aerodispersi in cantieri di galleria (valutazioni preliminari di impiegabilità di differenti tipologie di DPI)”

Conclusione dello studio sulle metodiche di accertamento della eventuale presenza di minerali ad elevata criticità (silice cristalla e amianto) nelle formazioni da scavare, con particolare riferimento alla possibilità ed alle tempistiche di giudizio definitivo circa l’eventuale criticità della situazione.

Risultati compendati all’interno della pubblicazione scientifica; “Occupational Safety and Health in Tunnelling in Rocks Formations Potentially Containing Asbestos: Good Practices for Risk Assessment and Management” autori Labagnara, Patrucco e Sorlini, rivista American Journal of Applied Sciences, Vol. 13, Parte 5.

Nel R17 - Predisposizione di scheda di valutazione di DPI delle vie respiratorie con elettrorespiratore ed elmetto integrato ed esecuzione di una campagna di test di utilizzabilità e “gradibilità” di detti DPI.

Nel R18 - Analisi critica delle risultanze delle campagne di rilevamento di particolati aerodispersi con particolare riferimento alla rappresentatività dei campioni, tenuto conto della incertezza strumentale e analitica associata, e discussione finalizzata ad identificare gli eventuali gruppi omogenei di lavoratori operanti in sotterraneo tramite analisi di dettaglio delle varie operazioni che la conduzione del cantiere richiede in funzione di parametri interni ed esterni e delle caratteristiche funzionali-prestazionali della macchina. Confronto di dette risultanze con dati bibliografici aggiornati nazionali ed internazionali di realtà assimilabili a quella in esame.



Risultati compendati anche all'interno della pubblicazione scientifica: "Ipotesi di correlazione tra l'esposizione a particolato aerodisperso e silice libera cristallina di addetti allo scavo meccanico di una galleria e dati microclimatici, geologico-geomeccanici e prestazionali di una TBM, ai fini della riduzione del rischio", autori Padovese, Berti, Pavan, Pavan, Fiori, Belotti, Nava, Sorlini, Patrucco, Labagnara, Agnese, presentato al 33° Congresso nazionale di igiene industriale e ambientale, 16 - 17 Giugno 2016, Lucca.

Risultati compendati anche all'interno del documento "Considerazioni integrative sugli aspetti di salute sul lavoro cui fa riferimento il verbale ASL del giorno 21/03/2016 n. Protocollo 30071" autori Gilli, Sorlini, Patrucco, Labagnara, Mondardini, Padovese, Fiori, Pavan, segnatamente per i Capitoli 3 "Correlazione fra la esposizione dei lavoratori in sotterraneo e le differenti condizioni operative", 4 "Realizzazione di un modello espositivo rappresentativo dei lavoratori in sotterraneo" e 5 "Confronto tra l'esposizione dei lavoratori in sotterraneo e dati bibliografici aggiornati".

#### 4.14 Valutazione Impatto sulla Salute

A seguito di convenzione stipulata nel 2012 fra l'Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche, e la Società LTF (ora TELT) è stato definito il progetto di collaborazione: "Valutazione di Impatto sulla Salute (VIS): galleria geognostica della Maddalena" i cui risultati sono stati recentemente esposti nel corso di uno specifico convegno organizzato da TELT (giovedì 4 maggio 2017, sede dell'Ordine dei medici di Torino).

L'attività condotta dagli esperti della sezione di Medicina del Lavoro del Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche ha riguardato sia l'esame dei dati relativi alle componenti ambientali monitorate secondo quanto previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), nelle aree di potenziale impatto del cantiere al fine di individuare eventuali modificazioni delle condizioni preesistenti in grado di determinare un'alterazione dello stato di salute della popolazione, sia la raccolta di dati su eventi sanitari al fine di definire lo stato di salute ante-operam della popolazione residente nei Comuni limitrofi al cantiere.

I dati di monitoraggio hanno compreso le principali componenti ambientali con i rispettivi indicatori di qualità, individuati sulla base dei dati di letteratura e oggetto di campagne di misura condotte dalla Società Proponente il progetto con il controllo e verifica in parallelo degli Enti di Controllo.

In sintesi le valutazioni hanno comportato un'importante serie di misure, così riassumibili per le principali componenti e relativi indicatori:

	2012	2013	2014	2015	2016	Tot.
AMIANTO	675	198	450	491	476	2290
PM10- PM2.5	231	1113	1723	1784	1808	6659
PM10 in continuo	/	6926	7580	8607	8683	31796
RUMORE						
cantiere	52	64	89	97	98	400
traffico	49	35	42	42	43	211
VIBRAZIONI	16	19	19	25	18	97
Radioattività						
$\alpha$	240	62	93	104	105	604
$\beta$	240	62	93	104	105	604
$\gamma$	32	18	23	24	24	121
Gas Radon	256	446	686			1388
Totale						<b>44.170</b>

Tabella 44: Principali serie di misure del Monitoraggio Ambientale

Il complesso dei dati esaminati è stato rappresentativo di una situazione (per quanto riguarda i potenziali effetti sulla salute della popolazione) invariata per quanto riguarda i livelli di qualità delle componenti ambientali monitorate, le quali risultano non modificate rispetto alla fase ante-operam, con dati relativi a tali componenti e agli indicatori di qualità che risultano nella maggioranza dei casi contenuti entro i limiti proposti dalla Comunità Scientifica e verificati dagli Enti di Controllo preposti.

Parallelamente alla valutazione dei dati relativi agli indicatori di qualità per le differenti componenti ambientali, è stata condotta una raccolta dei dati sanitari per la definizione dello stato di salute ante-operam della popolazione potenzialmente coinvolta. In particolare l'attività ha riguardato ad una identificazione dei dati anagrafici e sanitari necessari a definire il contesto generale (Regione Piemonte, Provincia di Torino, Distretto di Susa) in cui l'opera si inserisce, come i dati di mortalità e di ricovero pubblicati dall'Osservatorio Epidemiologico Regionale, nonché i dati di mortalità (per i periodi 2000-2003, 2008-2011 e 2012-2013, ultimi dati completi disponibili) e di ricovero (per i periodi 2001-2005, 2008-2012 e 2013-2014, ultimi dati completi disponibili) a livello comunale messi a disposizione dalla ASL e dal Centro DoRS.

Dall'analisi di tali dati si ricava come nel contesto Regionale, l'area di interesse riguardante i Comuni potenzialmente coinvolti dall'opera (Susa, Gravere, Giaglione, Chiomonte) presenti una variazione degli indicatori di rischio di mortalità che rientra all'interno di quella che può essere definita come la naturale variabilità statistica del panorama di rischio regionale, e i tassi

di ricovero nella fase ante-operam non appaiono aumentati rispetto al tasso di riferimento regionale.

Per quanto riguarda i dati a livello comunale, la presenza di qualche caso di patologia può essere sufficiente a generare indicatori di rischio relativo elevati (o per converso, assenza di rischi) che possono risultare anche statisticamente significativi, ma l'interpretazione di questi risultati, in senso positivo o negativo, risente della piccola numerosità campionaria dovuta al limitato numero di cittadini residenti nei comuni maggiormente interessati dall'opera. La mancanza di consistenza e ricorrenza di tali eccessi (o difetti) di rischio per Comune, per periodo, per sesso, oltre che per patologia, rende difficile una interpretazione dei dati in correlazione con le variabili ambientali rilevate, ma non è indicativa, al momento, di una situazione che richieda una particolare attenzione per il periodo esaminato, sia per quanto riguarda la situazione di partenza ante-operam, sia per la fase di corso d'opera.

In questo contesto di variabilità assai elevata (per periodo, sesso, territorio, patologia) non sono proponibili interpretazioni basate su criteri di certezza, anche per il breve periodo di osservazione dell'opera in corso (un solo anno per la mortalità e due soli anni per i ricoveri), quindi l'attività di valutazione continuerà nei successivi bienni attraverso il monitoraggio dei dati sanitari.

I dati raccolti relativi agli eventi sanitari per effetti sia a breve sia a lungo termine costituiscono poi la base per il confronto con i dati che saranno progressivamente acquisiti dalle stesse fonti informative istituzionali a seguito della realizzazione dell'opera.

## 5. Ritorno d'esperienza delle attività geognostiche

### 5.1 Introduzione

Il ritorno di esperienza dello scavo del Cunicolo della Maddalena costituisce la principale fonte di dati di nuova acquisizione attraverso i quali è stato possibile eseguire l'integrazione del Modello Geologico di Riferimento.

Lo scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena è terminato in febbraio 2017 alla Pk 7+020, il cunicolo è stato scavato in tradizionale nei primi 198 m (inizio scavo il 22/01/2013), la restante parte è stata scavata con una TBM Robbins aperta con diametro di scavo di circa 6,3 m (inizio scavo il 14/11/2013).

Le osservazioni eseguite nel corso dello scavo hanno permesso di migliorare il quadro delle conoscenze geologiche relativamente al Massiccio d'Ambin, con particolare riguardo al Complesso di Ambin e al Complesso di Clarea. Le informazioni acquisite hanno permesso allo stesso tempo di verificare, e successivamente aggiornare, l'affidabilità del Modello Geologico di Riferimento ad oggi proposto e la risposta dell'ammasso roccioso allo scavo meccanizzato.

Tutti i dati presentati di seguito derivano dai documenti relativi al progetto del Cunicolo esplorativo della Maddalena e costituiscono i dati *as built* raccolti nel corso del suo scavo. Buona parte delle analisi derivano anche dagli elaborati PRV\_C3B\_7200\_26-48-01\_10-01 e PRV C3B 7206 26-48-01 40-01 relativi al ritorno di esperienza della Maddalena e prodotti nel corso del Progetto di Riferimento in Variante, ulteriormente aggiornati fino alla progressiva di fine scavo (Pk 7+020) (cfr doc. MAD\_MS5\_GIA\_0002\_A\_AP\_PLA).

### 5.2 Inquadramento dell'area di studio

Il Cunicolo esplorativo della Maddalena interessa il settore compreso tra la zona della Maddalena di Chiomonte e la media e alta Val Clarea, per buona parte sul suo versante sinistro (Figura 27).

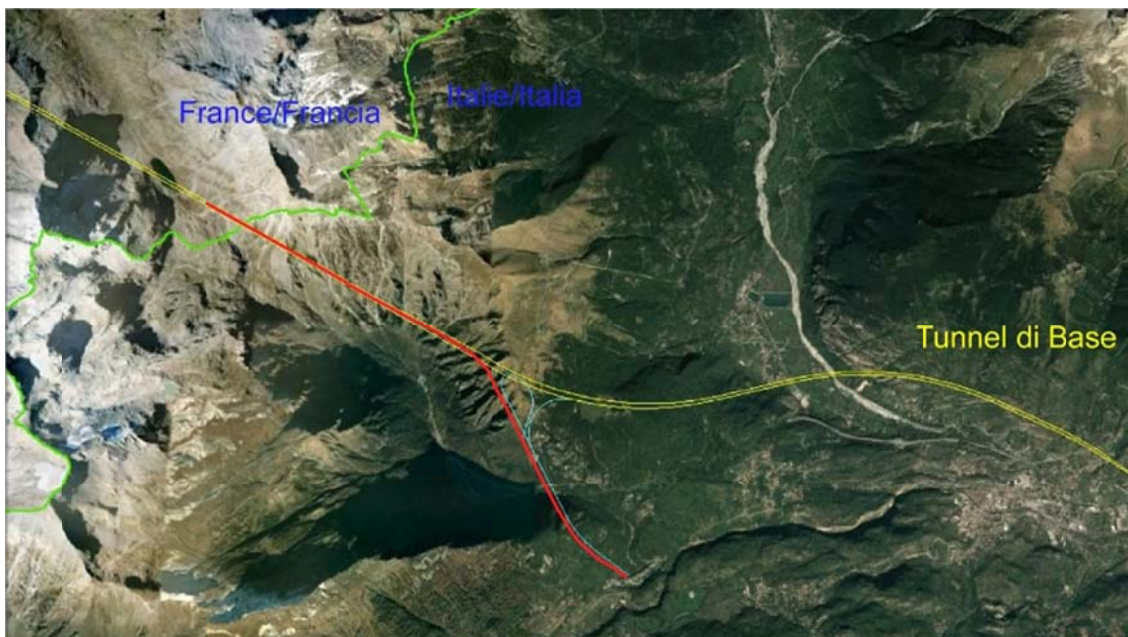


Figura 27 - Tracciato (in rosso) del Cunicolo esplorativo della Maddalena.

Il tracciato del Cunicolo esplorativo della Maddalena attraversa, per la maggioranza del suo sviluppo, il basamento cristallino del Massiccio d'Ambin. Solo per una limitata estensione in prossimità dell'imbocco, approssimativamente per una lunghezza di circa 200 metri, ha attraversato le coperture quaternarie (depositi fluvioglaciali e depositi glaciali indifferenziati), le breccie tettoniche carbonatiche appartenenti agli orizzonti di scollamento, e litotipi quali i marmi dolomitici e gli scisti/micascisti.

Il Massiccio d'Ambin affiora diffusamente sul versante sinistro della media e alta Val di Susa, al di sotto delle Unità Oceaniche di pertinenza della Zona Piemontese. All'interno di questa unità si distingue un basamento cristallino, costituito da due complessi polimetamorfici distinti e sovrapposti in una tipica struttura a "cipolla" (Complesso di Clarea e Complesso di Ambin), e una copertura mesozoica conservata in lembi.

- Il Complesso di Ambin è costituito da rocce metamorfiche quali gneiss leucocrati massicci a giadeite ("Gneiss aplitici" (auct.)) e gneiss occhiadini ad albite e clorite (paragneiss e micascisti albitico-cloritici con livelli di micascisti quarzoso-conglomeratici).
- Il Complesso di Clarea affiora geometricamente in posizione inferiore rispetto al Complesso di Ambin ed è costituito da micascisti e gneiss minuti albitizzati pervasivamente riequilibrati in facies scisti blu e micascisti con tessiture e paragenesi in facies anfibolitica di età pre-alpina preservate. Del Complesso di Clarea fanno anche parte corpi e livelli di metabasiti budinate con relitti di associazioni metamorfiche pre-alpine.
- La copertura mesozoica invece, affiora limitatamente nella parte bassa della Val Clarea e lungo il confine di stato. Essa comprende una successione "autoctona" costituita principalmente da micascisti foliati e crenulati e livelli di carbonati e una successione "alloctona" i cui termini prevalenti sono rappresentati da due formazioni: le quarziti del rio Seguret e i Calcescisti della Beaume (mi).

Le Quarziti del Rio Seguret sono rocce a grana fine di colore bianco-verdastro, caratterizzate da un fabric massiccio ed una composizione prevalentemente quarzosa. Esse comprendono quarziti massicce, listate di colore bianco-verdastro, con locali livelli di quarzo-micascisti a cloritoide. I Calcescisti della Beaume sono rocce compatte, biancastre, con grana grossolana, costituite da calcescisti albitici a rara mica bianca e quarzo con intercalazioni di breccie e clasti centimetrici di marmi, dolomie triassiche e micascisti.

I dati di superficie evidenziano come la tettonica fragile, post-metamorfica, sviluppa famiglie di fratture a persistenza variabile, generalmente ettometrica, con estensione e ricorrenza seguibile anche per alcuni chilometri; tali strutture esercitano un marcato controllo sull'assetto strutturale dell'area. Le principali famiglie di fratture sono orientate lungo direttrici N60-70E e N120E e secondariamente N20E e N160E.

Il sistema di fratturazione più persistente, con la maggiore distribuzione areale e con le maggiori evidenze morfologiche, risulta essere quello orientato N60-70E. Tale sistema interessa non solo la media-alta Valle di Susa, ma coinvolge i versanti rocciosi fino all'alto vallone d'Ambin, dove origina trincee, sdoppiamenti di cresta e piccole depressioni allungate sommitali legate a fenomeni di Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV). Le fratture appartenenti a questo sistema sono caratterizzate da immersione prevalente a SE con valori d'inclinazione maggiori di 60° fino a subverticali.

Il sistema di fratture N60-70E è generalmente associato a piani di taglio con analoga orientazione, caratterizzati da persistenze prevalentemente ettometriche e spaziatura variabile

tra i 200 m ed i 1000 m. Si tratta in maggioranza di strutture relativamente poco mature, generalmente segmentate, la cui proiezione in profondità non è generalmente così diretta. L'insieme dei diversi segmenti di persistenza ettometrica può in taluni casi suggerire la presenza di strutture con sviluppo chilometrico. Si tratterebbe tuttavia di strutture che, anche in base alle evidenze di terreno, risulterebbero comunque formate da un insieme di piani con estensione laterale limitata più che da un piano discreto continuo di estensione laterale elevata.

La cinematica di queste faglie testimonia più episodi di riattivazione, ma nel complesso sembra essere caratterizzata prevalentemente da movimenti normali con componente di trascorrenza destra, associati a fasi estensionali tardive che hanno coinvolto la catena.

A scala regionale l'insieme di queste discontinuità appartiene ad un'ampia zona di deformazione che coinvolge principalmente il basamento e le coperture dell'unità d'Ambin, dalla zona M. Seguret fino alla Val Cenischia e all'alta Val Clarea (Col Clapier- Lago di Savine), nota come "zona di deformazione Seguret-Col Clapier" (ZSC), caratterizzata dalla presenza di sistemi di Master Joints. Nella ZSC i versanti rocciosi sono tagliati da discontinuità persistenti sub parallele alle principali incisioni vallive.

### **5.3 Tratto scavato con metodo in tradizionale**

Il primo tratto del Cunicolo della Maddalena, dall'imbocco fino alla pk 0+198, è stato scavato con metodologia tradizionale a mezzo di escavatore attrezzato a martellone.

#### **5.3.1 Sintesi Geologia attraversata**

Lungo questo tratto, nei primi 120 m, si sono intercettati i depositi sciolti, rappresentati da depositi glaciali e fluvio glaciali; successivamente si sono incontrati litotipi di diversa natura rappresentati dalle carnirole, afferenti agli orizzonti tettonici di scollamento, dolomie e marmi dolomitici, verosimilmente afferenti all'Unità tettonica del Gad e micascisti e scisti carbonatici, verosimilmente riconducibili a un lembo di copertura mesozoica dell'Ambin (Figura 28).

L'attribuzione degli scisti/micascisti carbonatici alle coperture dell'Ambin non è tuttavia certa, non si può infatti escludere che tali litotipi possano anche far riferimento ai calcescisti dell'Unità Puy-Venaus (GCC).

In generale lo scavo di questo settore non ha comportato particolari problemi sia in termini geotecnici/geomeccanici che idrogeologici.

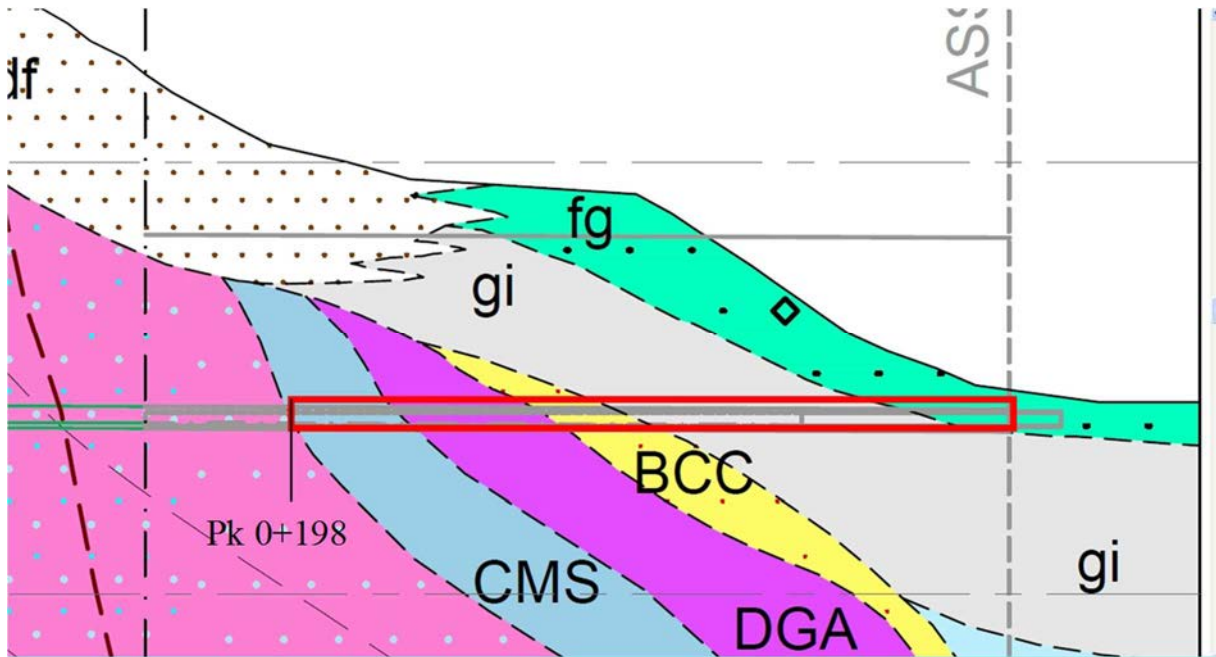


Figura 28 – Profilo geologico as built in asse al Cunicolo della Maddalena (in rosso il tratto scavato con metodo tradizionale).

### 5.3.2 Sintesi condizioni geomeccaniche in avanzamento

Nel grafico di Figura 29 è riportata la distribuzione delle classi RMR di Bieniawski (1989) lungo il tratto di ammasso roccioso scavato in tradizionale. Nel tratto in roccia, entro le dolomie e gli scisti (per una lunghezza di 93 m), l’ammasso è stato classificato come classe III di Bieniawski.

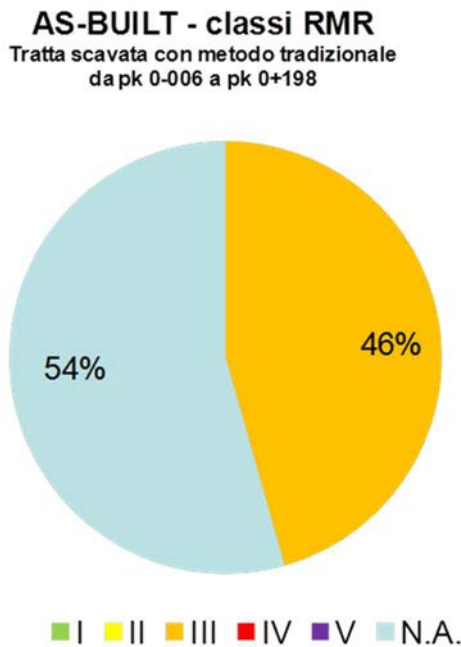


Figura 29 – Distribuzione delle classi di RMR di Bieniawski (1989) lungo il tratto del Cunicolo della Maddalena scavato in tradizionale (i settori indicati con N.A. si riferiscono al tratto all’interno dei depositi quaternari)

### **5.3.3 Monitoraggi: deformazioni registrate**

Nel tratto scavato in tradizionale sono state predisposte n. 2 sezioni strumentate, per il controllo sia del rivestimento provvisorio che del rivestimento definitivo, mediante l'installazione di barrette estensimetriche per metallo (provvisorio) e barrette estensimetriche per calcestruzzo (calotta e arco rovescio).

Le deformazioni registrate sul rivestimento provvisorio (su centina ) a pk 0+190 sono state da un massimo di 188 mE (registrati in corrispondenza del rene sx) a 84 mE (registrati in corrispondenza del piedritto sx) in compressione. La deformazione registrata su tutte le barrette estensimetriche si è stabilizzata dopo circa 4 mesi.

Le deformazioni sul rivestimento definitivo, a pk 0+115, in calotta sono state registrate deformazioni da un massimo di 77 mE (registrati in corrispondenza del piedritto dx) a 20 mE (registrati in calotta) in compressione. La deformazione registrata sul piedritto destro si è stabilizzata dopo circa 8 mesi. Alla pk 0+181, su arco rovescio deformazioni da un massimo di 88 mE in trazione a 30 mE in compressione. La deformazione registrata su tutte le barrette estensimetriche si è stabilizzata dopo circa 5 mesi.

Le misure di convergenza hanno messo in evidenza come i valori di convergenza maggiori (circa 4 mm) sono stati registrati nel tratto in corrispondenza dei depositi sciolti, primi 120 m di galleria, mentre nel settore in roccia si sono avute convergenze del cavo di minore entità (circa 2mm).

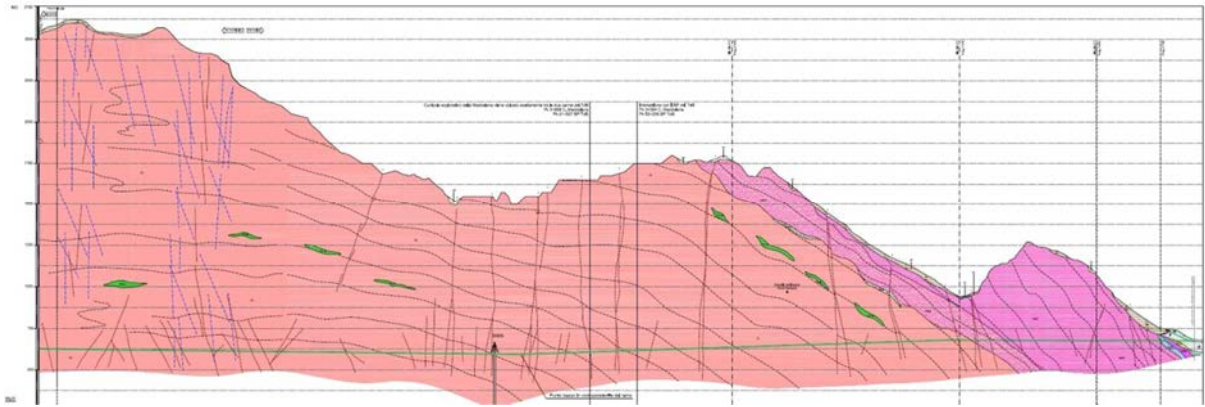
## **5.4 Tratto scavato con TBM**

Come precedentemente accennato, ad esclusione del limitato primo tratto in tradizionale, la quasi totalità del Cunicolo è stato scavato con metodo meccanizzato, attraverso l'impiego di una TBM Robbins aperta. A differenza del tratto in tradizionale, nel tratto scavato con TBM non è stato messo in opera il rivestimento definitivo, che sarà realizzato a Cunicolo ultimato. La roccia era pertanto a vista e, ove necessario, sono stati messi in opera i soli sostegni provvisori. L'assetto strutturale, le condizioni geomeccaniche, idrogeologiche e la geologia in generale sono state ricostruite attraverso i rilievi geologici in avanzamento eseguiti sui paramenti del Cunicolo e delle diverse osservazioni e indagini riassunte nei documenti interpretativi delle evidenze allo scavo (cfr. doc. MAD\_EXE\_VEN\_2001÷2026) e dai profili as built di dettaglio alla scala 1:200 (cfr. doc. RPSX\_01\_198-1200÷ RPSX\_09\_6765-7020).

### **5.4.1 Sintesi della geologia attraversata**

Dal punto di vista geologico il tratto compreso tra le pk 0+198 e 7+020 ha interessato, come da previsioni, la struttura a duomo, costituita in successione: nella parte più esterna dai litotipi del Complesso di Ambin e nella parte centrale dalle rocce corrispondenti al Complesso di Clarea (Figura 30).





**Figura 30 – Profilo geologico as built in asse al Cunicolo della Maddalena nel tratto scavato in TBM (linea verde).**

*Pk 0+198 – 1+148 Complesso d’Ambin (AMC):*

In questo primo tratto sono stati attraversati gli gneiss aplitici, di colore da grigio scuro a grigio chiaro, fino a verde chiaro per presenza di clorite. Queste rocce di origine metamorfica presentano grana medio fine, struttura eteroblastica e tessitura da isotropa a debolmente foliata, per effetto dell’alternanza di livelli sialici di quarzo e subordinatamente feldspati e livelli lepidoblastici di mica bianca. Le principali famiglie di giunti e faglie risultano orientate circa sub-parallele ai piani di scistosità. Lungo il settore compreso tra le pk 0+950 e 1+050 è presente un tratto, di circa 100 m, caratterizzato da alternanze tra gneiss albitici minuti e micascisti quarzosi. Nel settore compreso tra pk 1+050 e 1+148 la fratturazione risulta essere più marcata.

Si segnala che nei test di controllo eseguiti sui materiali di smarino (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 0+198 e Pk 0+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. Il materiale pertanto non è stato pertanto messo a deposito nel sito di deposito della Maddalena ma è stato portato in specifiche discariche e trattato come rifiuto.

*Pk 1+148 – 1+350 Complesso d’Ambin (AMD):*

In questo settore sono stati incontrati i litotipi rappresentati dagli gneiss albitici minuti (granofels ad albite, quarzo e fengite) passanti a micascisti quarzosi. In generale la roccia è di colore scuro, a grana medio fine, tessitura in genere foliata dovuta all’alternanza di livelli di scisti nerastri intensamente laminati con gneiss minuti, micascisti e vene di quarzo. Il contatto con i precedenti gneiss aplitici è risultato essere di tipo tettonico duttile.

*Pk 1+350 – 7+020 Complesso di Clarea (CLR):*

A partire dalla pk 1+350 il Cunicolo esplorativo ha intercettato micascisti grigio scuri, i micascisti quarzosi e gli gneiss minuti (a glaucofane più o meno albitizzati) del Complesso di Clarea. Il passaggio tra il Complesso di Ambin e quello di Clarea è caratterizzato da una zona con intensa fratturazione.

Si segnala inoltre che, durante lo scavo del Cunicolo, non sono state incontrate o attraversate le lenti di metabasiti segnalate in letteratura e in taluni casi rinvenute in affioramento in superficie entro i litotipi del Complesso di Clarea..

#### 5.4.2 Sintesi assetto strutturale del massiccio

Dal punto di vista strutturale lo scavo ha messo in evidenza una sostanziale omogeneità.

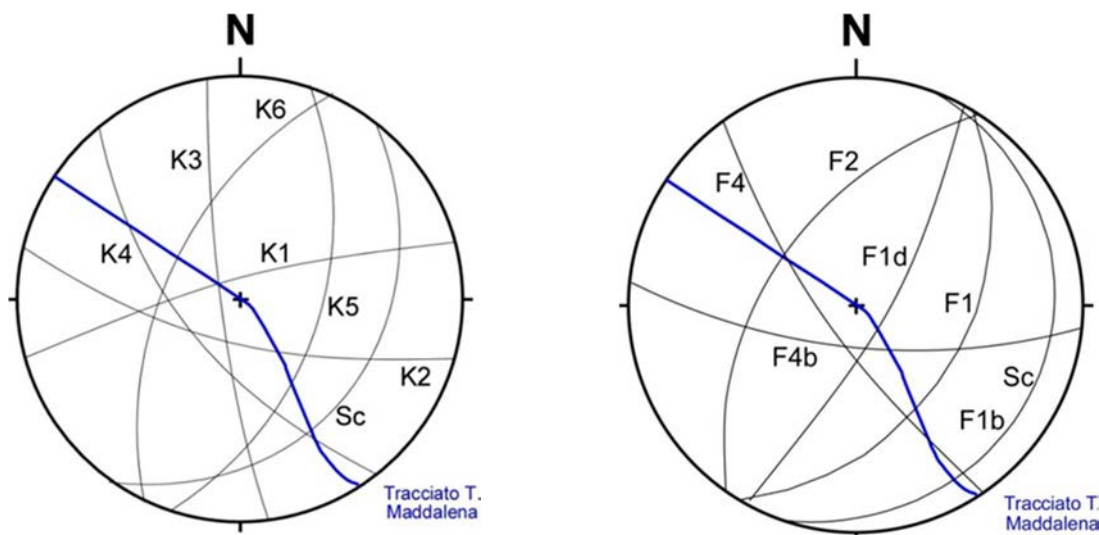
La scistosità principale è orientata con direzione media NE-SW, con locali deviazioni N-S, valori dell'immersione variabili da verso 90 a 140, l'inclinazione della scistosità presenta angoli variabili da bassi a medi (da 10 a 50°). All'interno del Complesso di Ambin la scistosità presenta un'inclinazione più accentuata mentre verso l'interno del massiccio, nel Complesso di Clarea, tende a orientarsi con angoli prossimi all'orizzontale. Per un confronto con le orientazioni delle faglie misurate in superficie si rimanda allo specifico capitolo 5.5.1.

Per quanto riguarda i sistemi di discontinuità (giunti e fratture) ricorrono con una certa frequenza un numero medio di 5-6 famiglie, in taluni casi tra loro coniugate, in genere disposte secondo sistemi NE-SW e NW-SE e in taluni casi N-S. Le famiglie più pervasive sono quelle indicate F1, F1b e F2 e F4b, tra queste le F1 e F1b sono quasi sempre impostate sulla scistosità preesistente.

Nel dettaglio le orientazioni medie sono:

- F1 120-145/38-70
- F1b 85-135/5-30
- F1d 120/75
- F2 305-350/43-60
- F4b 185-190/70

Nella Figura 31 è presentato il confronto tra le proiezioni stereografiche dei sistemi di giunti misurati in superficie nei rilievi strutturali di Progetto Esecutivo (sigla **K**) con quelli effettivamente misurati all'interno del cunicolo (sigla **F**).



**Figura 31 – Confronto tra i plot diagram (emisfero inferiore diagramma di Schmidt) dei sistemi di giunti e la scistosità misurati in superficie e descritti in sede di Progetto Esecutivo (a sinistra) e quelli rilevati nel corso dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena (a destra).**

Relativamente le misure eseguite nel cunicolo il sistema F2 e F4b si presenta più pervasivo nel Complesso di Clarea e meno ricorrente nel Complesso di Ambin dove invece prevalgono

soprattutto i sistemi F1 e F1b. I sistemi F4b e F1d risultano più pervasivi e ricorrenti rispettivamente a partire da circa Pk 4+200 e Pk 5+200.

Per quanto riguarda i sistemi di faglie anch'essi, in taluni casi, come per i sistemi di giunti, sembrano impostarsi sulla scistosità preesistente, in particolar modo nel Complesso di Ambin ove risultano orientate con giaciture medie 120/45. Per un confronto con le orientazioni delle faglie misurate in superficie si rimanda allo specifico capitolo.

Oltre alle precedenti sono anche presenti sistemi di faglie ad alto angolo, orientate sempre in prevalenza lungo direzioni medie NE-SW e più limitatamente ENE-WSW.

Nel dettaglio i sistemi di faglia principali sono orientati con direzioni medie NE-SW, in taluni casi con deviazioni NNE-SSW e ENE-WSW, meno ricorrenti, seppur presenti, sono anche i sistemi N-S e E-W. Questi sistemi risultano in accordo con l'assetto strutturale fragile presente in superficie.

In generale tutte le faglie attraversate sono classificabili in faglie minori, di spessori massimi decimetrici (ad esclusione della struttura tettonica di spessore metrico di Pk 1+150 al contatto tra gli AMC e gli AMD). Generalmente queste strutture sembrano sviluppare principalmente roccia di faglia costituita da cataclasite e solo limitatamente gouge argilloso.

Sono state attraversate sia faglie discrete, definite da una singola struttura fragile, sia zone di faglia caratterizzate da geometrie anastomosate, formate da più piani di faglie, singolarmente sempre di limitato spessore, che tuttavia hanno interessato porzioni più estese di galleria.

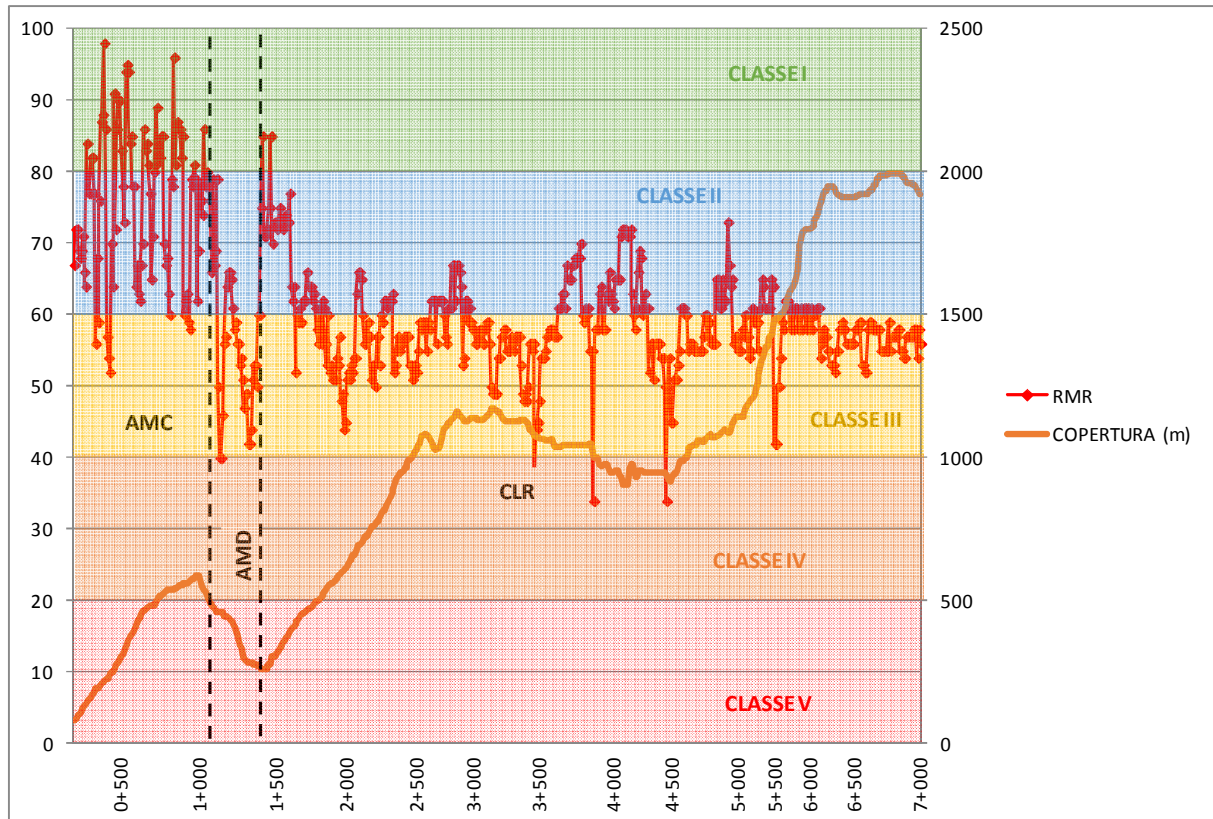
#### ***5.4.3 Sintesi condizioni geomeccaniche in avanzamento***

Dal punto di vista geomeccanico il settore di galleria scavato in TBM ha evidenziato una qualità dell'ammasso roccioso variabile tra discreto e ottimo.

Di seguito è presentata una sintesi dei principali parametri geomeccanici di ammasso, stimati lungo il Cunicolo, in accordo con i dati presenti sulle schede dei rilievi geologici dei paramenti.

#### ***Classi di RMR (Bieniawski, 1989):***

- Complesso di Ambin:
  - litotipi AMC:  $52 \leq \mathbf{RMR} \leq 98$ , classe geomeccanica da **I** a **III** (**II** prevalente).
  - litotipi AMD:  $40 \leq \mathbf{RMR} \leq 66$ , classe geomeccanica da **II** a **IV** (**III** prevalente).
- Complesso di Clarea:
  - litotipi CLR:  $34 \leq \mathbf{RMR} \leq 85$ , classe geomeccanica da **I** a **IV** (**III** prevalente).



**Figura 32 – Distribuzione dei valori di RMR di Bieniawski (1989) e delle classi di qualità valutati lungo il Cunicolo della Maddalena.**

Nel grafico di Figura 32 è presentato il dettaglio della distribuzione, lungo le diverse tratte del Cunicolo, delle classi di RMR di Bieniawski (1989). I valori di RMR più elevati sono chiaramente associati agli gneiss aplitici (AMC), i quali in generale presentano struttura massiva ed elevata resistenza.

In corrispondenza degli gneiss minuti e dei micascisti quarzosi (AMD) si registra invece una diminuzione dell'indice di qualità della roccia, così come nei micascisti di Clarea (CLR). Tali diminuzioni in queste due unità sono verosimilmente legate al maggiore carattere scistoso e micaceo delle rocce unitamente a un generale maggior grado di fratturazione dell'ammasso con sistemi di discontinuità sovente impostati lungo la foliazione.

Nel grafico di Figura 33 sono rappresentate le distribuzioni percentuali delle classi geomeccaniche per il tratto di Cunicolo scavato in TBM; le stesse nel grafico di Figura 34 sono dettagliate secondo le tre principali unità geologiche attraversate.

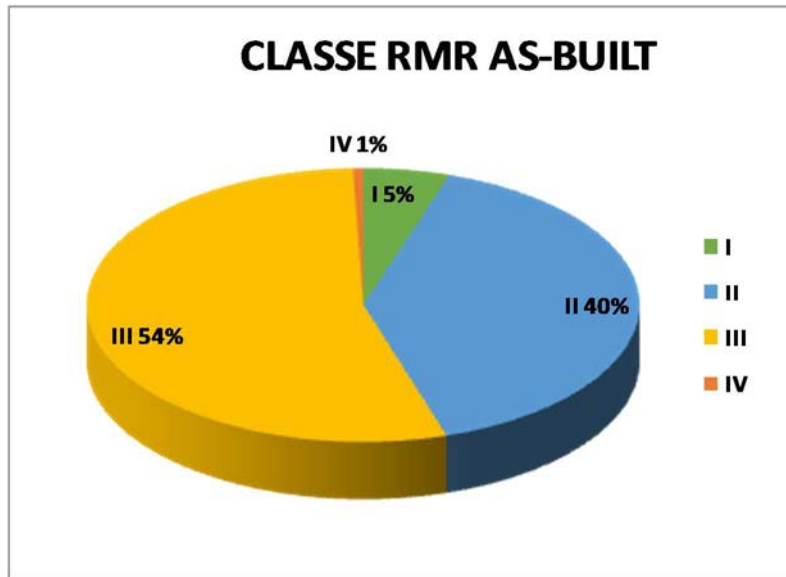


Figura 33 – Distribuzione delle classi di RMR di Bieniawski (1989) lungo il tratto del Cunicolo della Maddalena scavato in TBM.

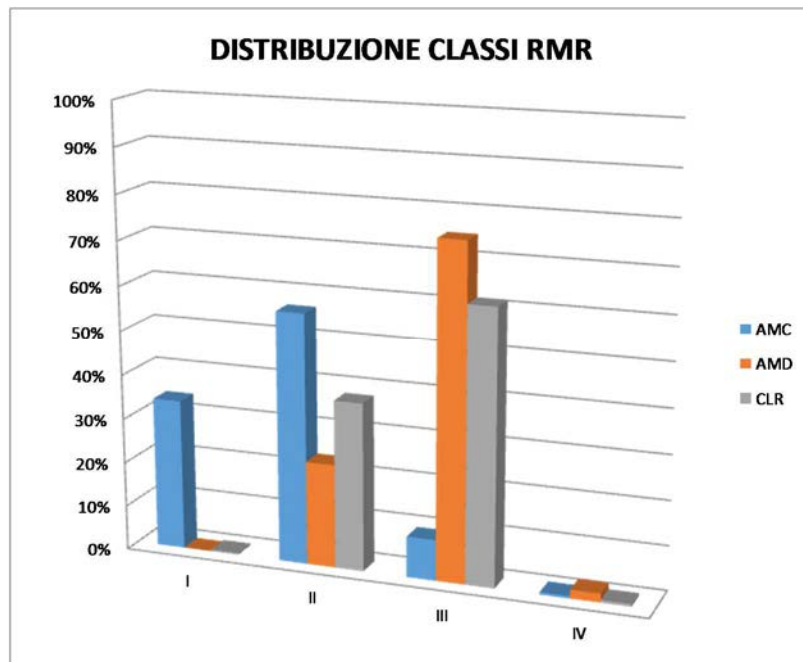


Figura 34 – Distribuzione delle classi di RMR di Bieniawski (1989) per i diversi litotipi lungo il tratto del Cunicolo della Maddalena scavato in TBM.

Come è possibile constatare le classi geomeccaniche prevalenti sono rispettivamente la III e la II di Bieniawski e subordinatamente I (99% del totale), indicatrici di un ammasso generalmente di qualità da discreta a ottima, al contrario solo in modo molto limitato (1% del totale) è stato riscontrato un ammasso di qualità geomeccanica scadente (classe IV di Bieniawski).

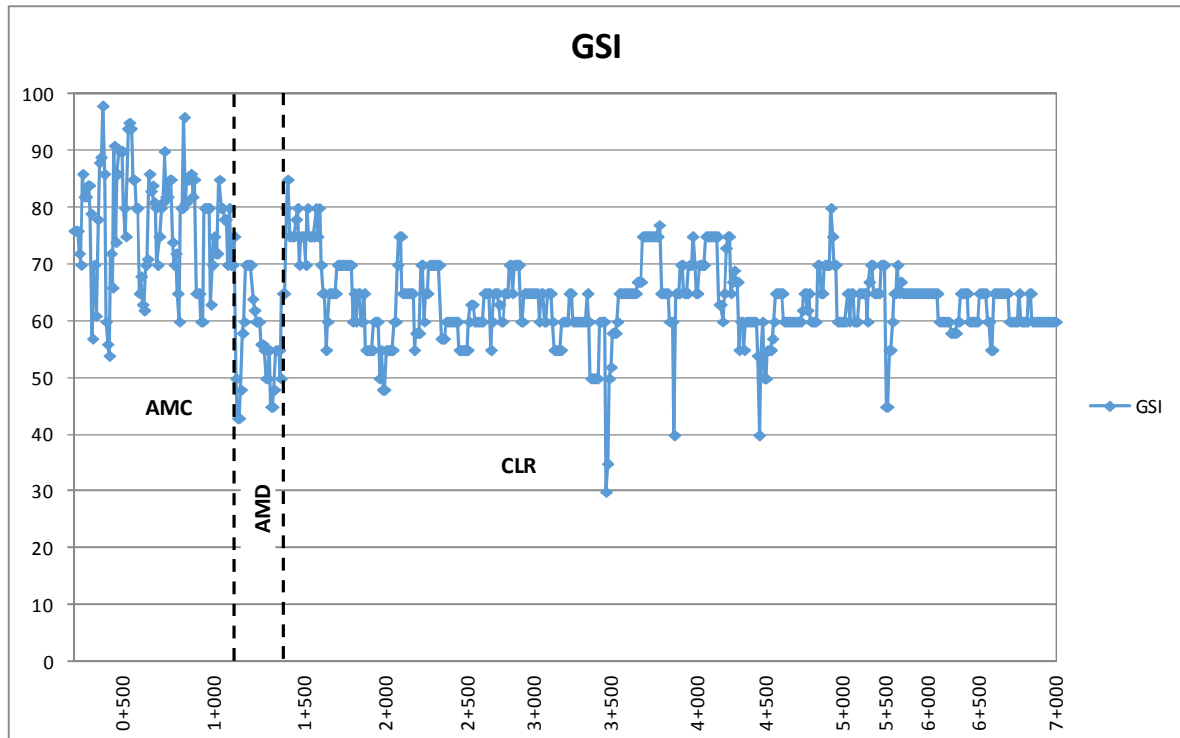
Distribuzione valori di GSI:

Nei rilievi geologici in avanzamento eseguiti lungo i paramenti, oltre alle diverse caratteristiche strutturali che hanno permesso di calcolare il valore dell'indice RMR di Bieniawski, sono anche stati stimati i valori di GSI (*Geological Strength Index*):

- Complesso di Ambin:

- litotipi AMC:  $54 \leq \text{GSI} \leq 98$ , valore medio **76,5**.
- litotipi AMD:  $43 \leq \text{GSI} \leq 70$ , valore medio **53,5**.
- Complesso di Clarea:
  - litotipi CLR:  $30 \leq \text{GSI} \leq 85$ , valore medio **63,4**.

La distribuzione dei diversi valori di GSI stimati lungo il Cunicolo sono dettagliati nel grafico di Figura 35.



**Figura 35 – Distribuzione dei valori di GSI rilevati lungo il tratto del Cunicolo della Maddalena scavato in TBM.**

Confrontando la distribuzione degli indici di RMR con i valori di GSI (Figura 36) si evidenzia un'ottima sovrapposizione dei due parametri.

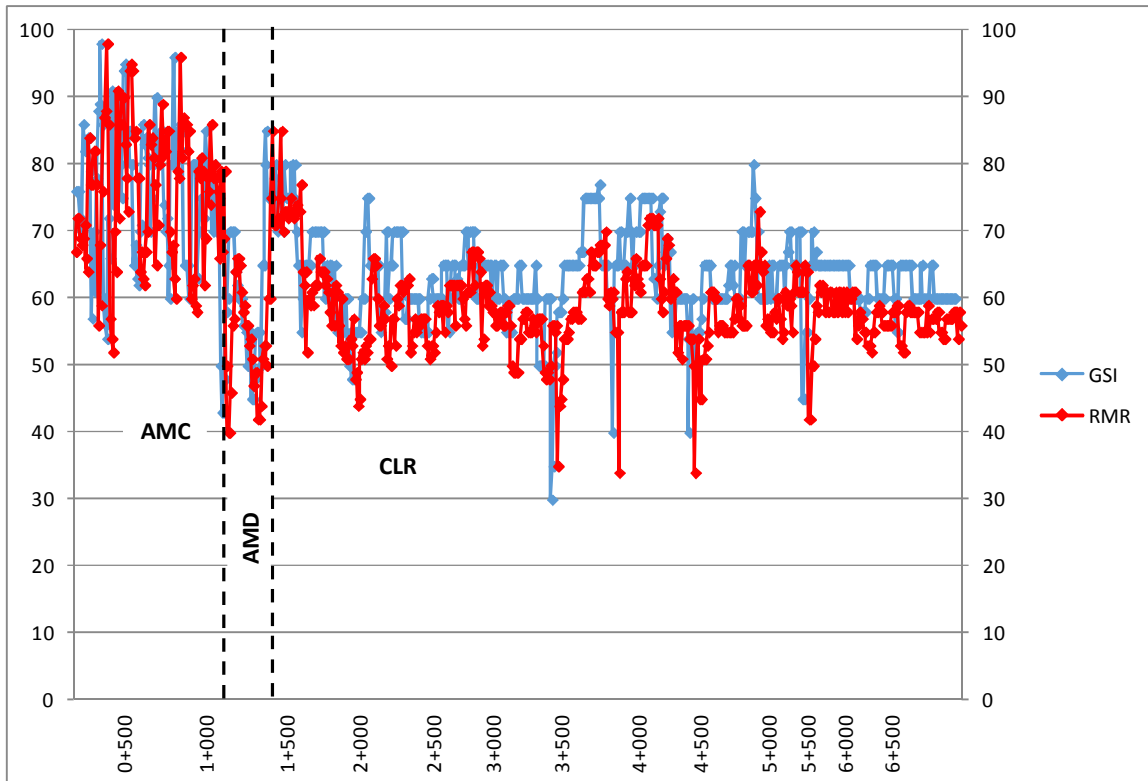


Figura 36 – Confronto tra le distribuzioni dell’RMR di Bieniawski e i valori di GSI rilevati lungo il tratto del Cunicolo della Maddalena scavato in TBM.

Distribuzione valori di  $\sigma_c$ :

In avanzamento allo scavo sono stati eseguiti una serie di prove di PLT (Point Load Test) su diversi provini di roccia, eseguite sia in direzione parallela che ortogonale alla scistosità principale. Dai diversi valori di PLT sono stati successivamente ricavati i valori di  $\sigma_c$  medio, parallelo e ortogonale alla scistosità.

- Complesso di Ambin:
  - litotipi AMC:  $68 \leq \sigma_c \text{ medio (MPa)} \leq 251$
  - litotipi AMD:  $70 \leq \sigma_c \text{ medio (MPa)} \leq 149$ ;  $31 \leq \sigma_c \text{ parallelo (MPa)} \leq 74$ ;  
 $106 \leq \sigma_c \text{ ortogonale (MPa)} \leq 186$
- Complesso di Clarea:
  - litotipi CLR:  $60 \leq \sigma_c \text{ medio (MPa)} \leq 255$ , valore medio **150 MPa**;  
 $31 \leq \sigma_c \text{ parallelo (MPa)} \leq 239$ , valore medio **88 MPa**;  
 $73 \leq \sigma_c \text{ ortogonale (MPa)} \leq 388$ , valore medio **212 MPa**.

Per i litotipi AMC, e in parte gli AMD, non sono definiti valori di  $\sigma_c$  orientato (parallelo e ortogonale) a causa della foliazione mal definita e della sostanziale isotropia dei litotipi. La distribuzione dei valori di  $\sigma_c$  è riportata nel grafico di Figura 37 correlati alla copertura topografica.

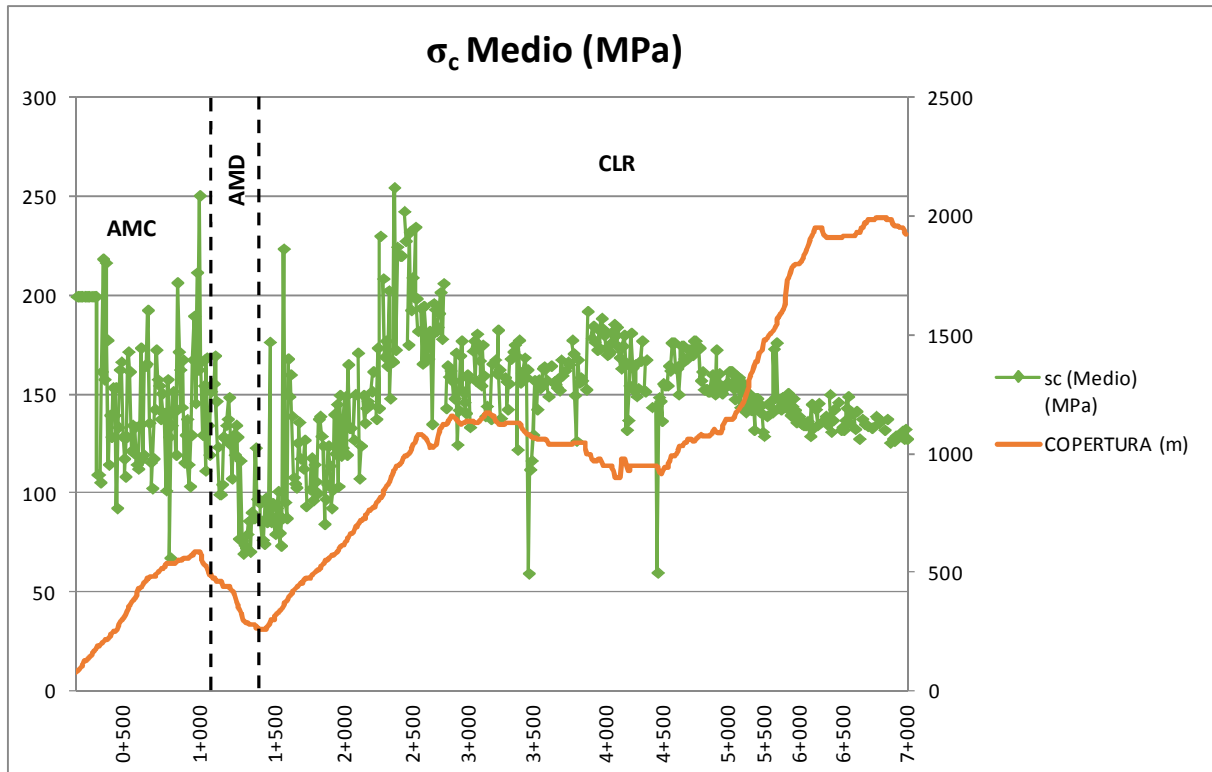


Figura 37 – Distribuzione dei valori di  $\sigma_c$  medio ricavato dalle prove di PLT (Point Load Test) eseguiti in avanzamento lungo il Cunicolo per il tratto scavato in TBM.

Nel grafico di Figura 38 sono presentati i diversi valori di compressione monoassiale ricavati dalle prove di PLT confrontati con quelle delle prove di compressione uniaxiale di laboratorio.

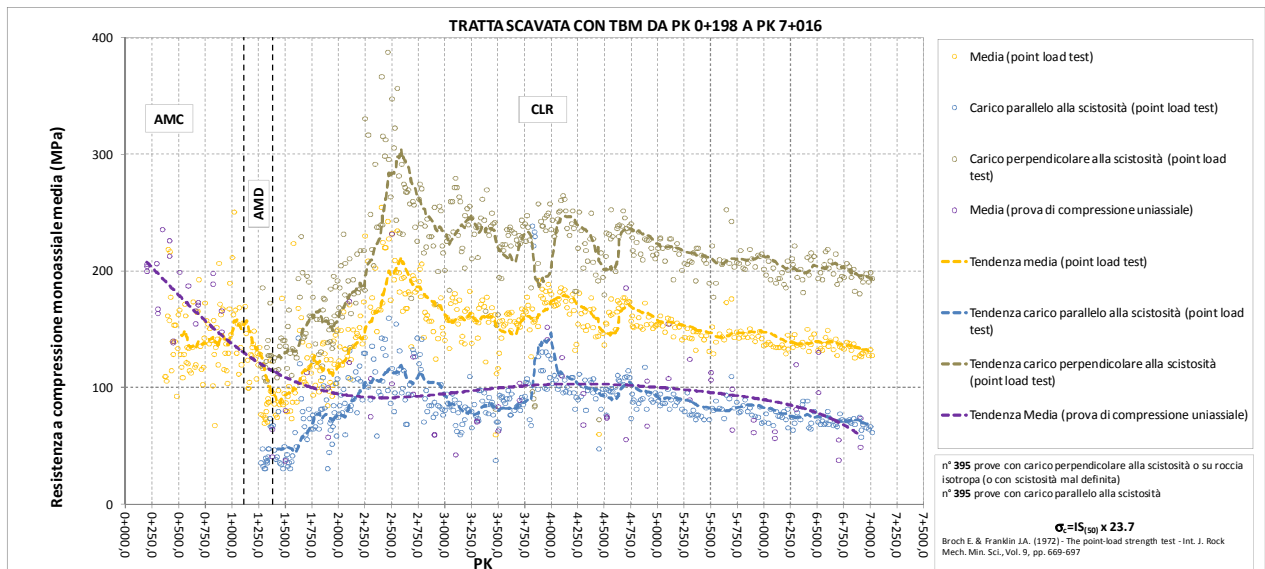
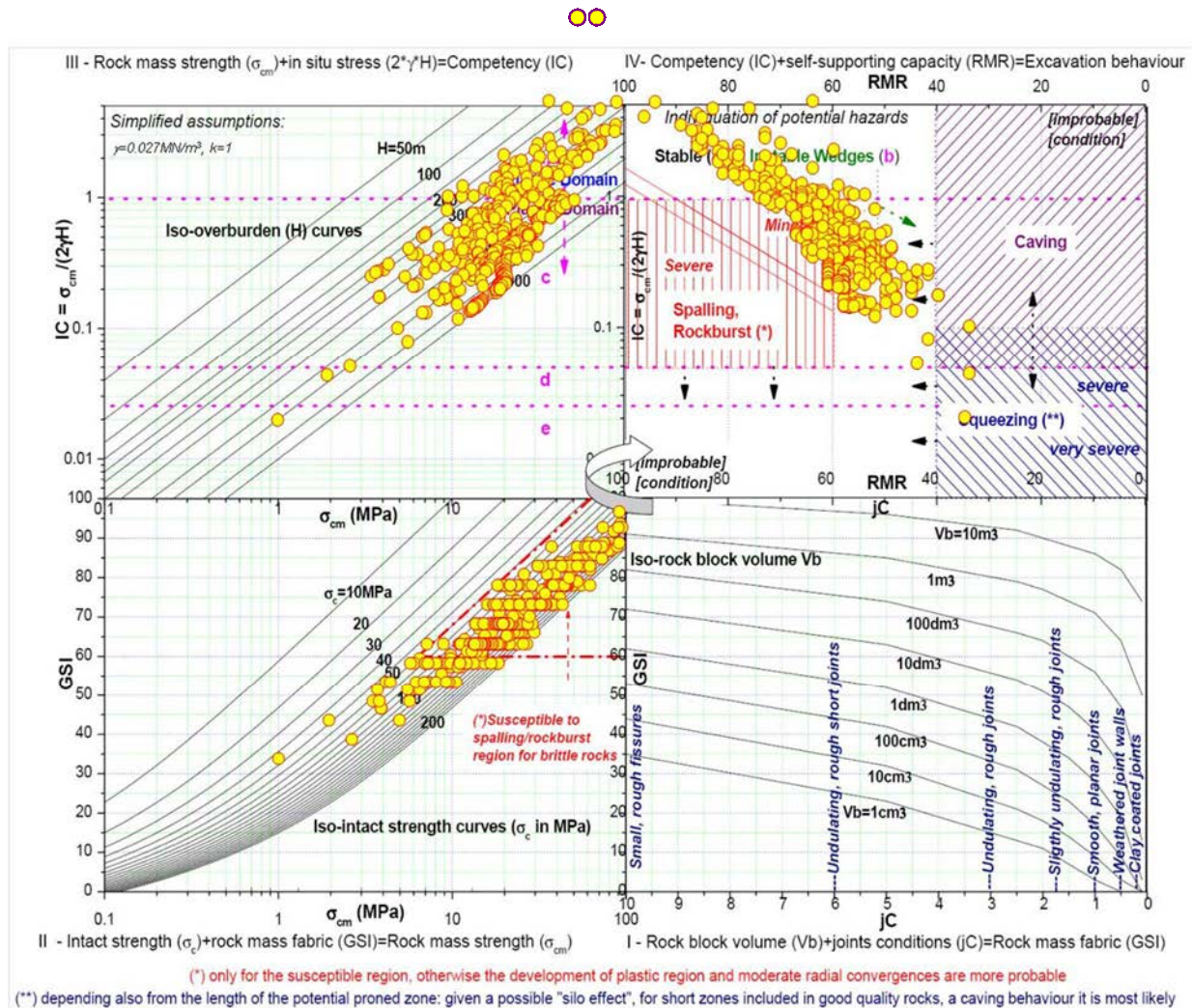


Figura 38– Distribuzione dei valori di  $\sigma_c$  ricavati dalle prove di PLT eseguite lungo il Cunicolo nelle diverse orientazioni confrontati con i valori di compressione uniaxiale ricavati da prove di laboratorio (puntini e linea tratteggiata viola).



### 5.4.4 Comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo

Sulla base dei precedenti parametri di ammasso roccioso è possibile definire il comportamento allo scavo lungo il Cunicolo, l'analisi è stata eseguita attraverso il grafico di G. Russo (2014) ( Figura 39).



**Figura 39 – Comportamento allo scavo dell'ammasso roccioso lungo Cunicolo esplorativo della Maddalena fino alla pk 7+020, analisi eseguita secondo il sistema proposto da G. Russo (2014).**

Dal grafico di Russo (2014) riportato nella figura si evince (IV quadrante in alto a destra) che il settore di ammasso analizzato mostra comportamento teorico, in assenza di interventi di stabilizzazione, compreso tra la generale stabilità in condizioni elastiche al rilascio gravitativo caratterizzate di cunei/blocchi rocciosi, con locale potenziale sviluppo di fenomeni minori di rottura fragile (spalling/rockburst).

#### Fenomeni di rilascio gravitativo:

I principali fenomeni di rilascio gravitativo, rappresentati per lo più da distacchi di cunei/blocchi rocciosi, si sono verificati principalmente a partire da circa Pk 3+500 coinvolgendo buona parte della calotta ed in alcuni casi il settore superiore dei paramenti (Figura 40).

Nel settore compreso tra circa pk 3+500 e 7+020, nonostante valori di RMR>50 e GSI>55, si sono verificati rilasci gravitativi di una certa entità. Tali fenomeni di instabilità hanno comportato la necessità della messa in opera di sostegni per mezzo di centinature sia leggere (sezioni tipo F3C\_1 e FMV) che pesanti (F4 e F5) al posto delle previste bullonature.

Dal punto di vista strutturale i fenomeni di rilasci gravitativi sono correlati alla presenza e intersezione di alcune ricorrenti famiglie di discontinuità. In particolare, nei tratti caratterizzati da instabilità, l'ammasso roccioso è risultato interessato dalle discontinuità F4b, mediamente immergenti verso Sud con angoli elevati e dalla scistosità principale a basso angolo con direzione sub parallela all'andamento del Cunicolo, immergente verso lo scavo.



**Figura 40 – Settore interessato da fenomeni di rilascio in calotta in cui è stato necessario mettere in opera centine e rete.**

*Fenomeni di rottura fragile:*

Relativamente ai fenomeni di rottura fragile si segnala principalmente un evento di maggiore intensità manifestatosi intorno a pk 4+200 che ha interessato circa 10-12m di scavo.

Nel dettaglio la porzione di ammasso roccioso interessato era stato classificato con valori di  $RMR=61\div72$  (quindi in classe II di Bieniawski) e  $GSI=62\div75$ , a livello strutturale l'ammasso era caratterizzato dalla presenza di scistosità sub-orizzontale e da discontinuità inclinate spesso con riempimenti carbonatici, la copertura topografica era di circa 1000m.

Nella tratta in cui si è verificato il fenomeno era applicata la sezione F3c\_1 composta da rete metallica elettrosaldata e archi di centine UPN120 con passo 0,9m, ancorati con bulloni tipo Swellex L=3m.

Nella notte del 21/12/2015 le maestranze hanno indicato di aver udito un improvviso boato a cui ha fatto seguito una immediata forte deformazione del sostegno applicato (spostamenti radiali pluridecimetrici del sostegno superficiale tra i bulloni).

La frammentazione della roccia e le caratteristiche dell'evento hanno permesso di evidenziare un meccanismo di danno classificabile secondo CRRP (1996) in "Bulking without ejection": l'energia accumulata si è consumata nel processo di fratturazione, con conseguente importante aumento di volume per dilatanza (Figura 41).

Di conseguenza non si sono determinate condizioni per un significativo rilascio di energia cinetica, associato ad elevate velocità di proiezione di blocchi rocciosi.

Nel prosieguo dello scavo i fenomeni di rottura fragile sono risultati meno intensi.

A seguito delle evidenze allo scavo e dei fenomeni di rottura fragile avvenuti sono stati modificati i supporti da mettere in opera per ovviare ai problemi di instabilità (cfr. doc. MAD\_EXE\_VEN\_2119\_H, MAD\_EXE\_VEN\_2122 e MAD\_EXE\_VEN\_4008).

Allo stesso tempo anche il monitoraggio microsismico a seguito del verificarsi dei fenomeni di rottura fragile ha subito una serie di modifiche rispetto al primo periodo di prova (cfr. doc. MRB\_01\_2017-2450÷MRB\_24\_6915-7020,8).

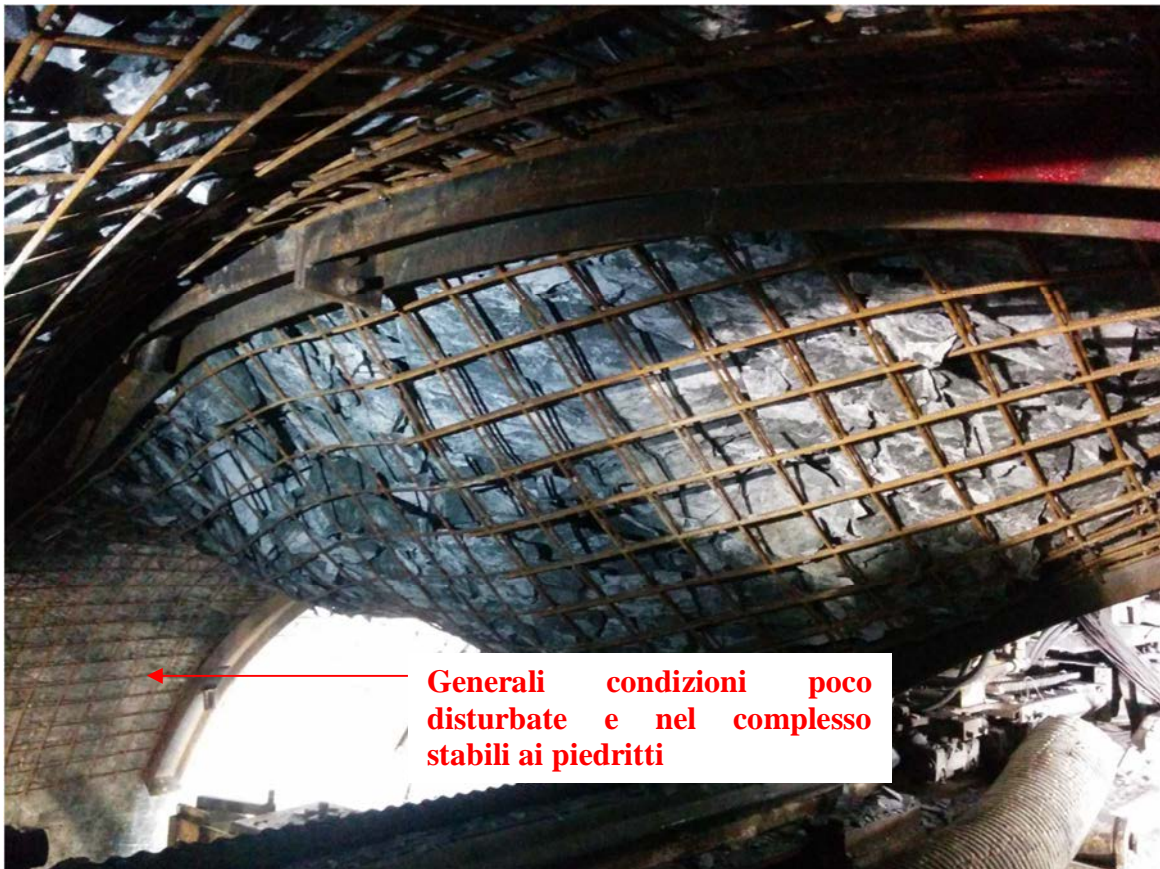
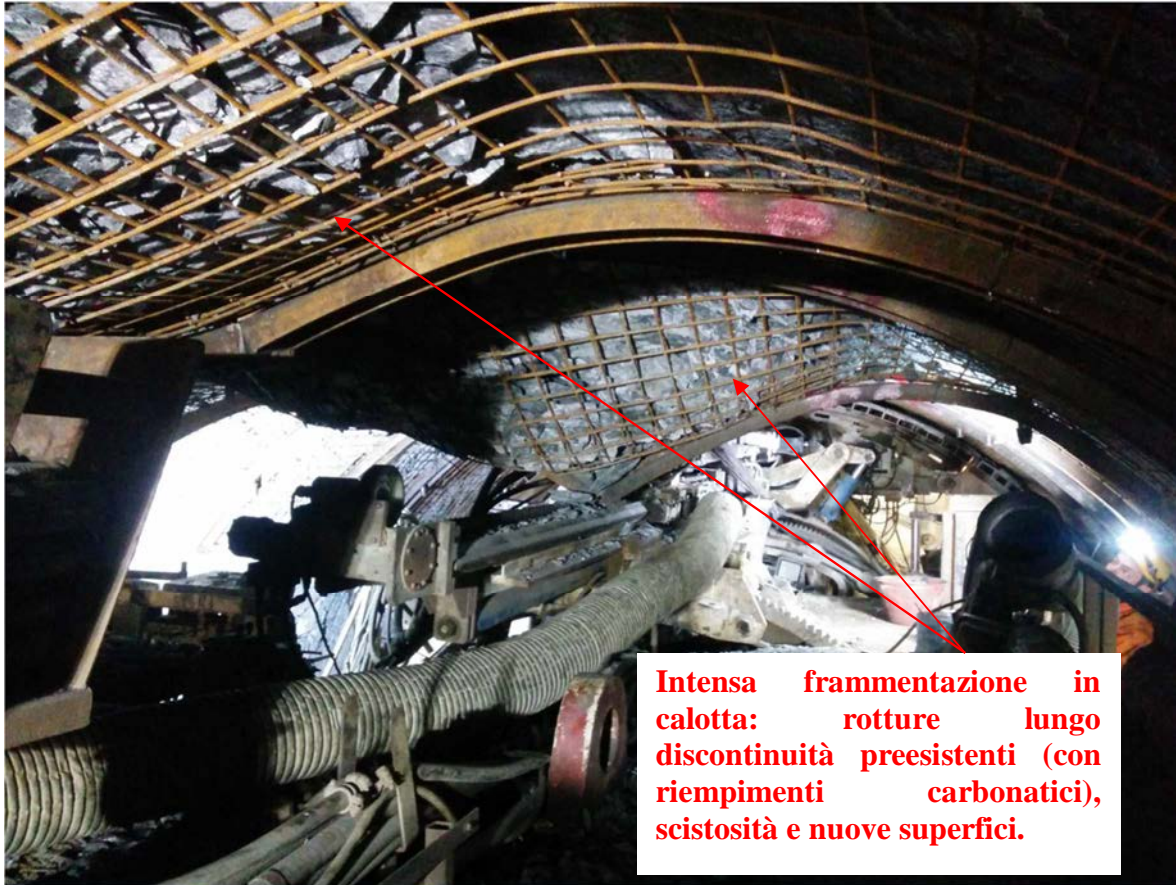


Figura 41 e Figura 42 – Fenomeno legato a rottura fragile verificatosi alla pk 4+200 circa del Cunicolo esplorativo della Maddalena.

Dal punto di vista tensionale, il settore di Pk 4+200 si trova in un tratto ove il Cunicolo subisce sia un cambio di orientazione dello scavo, passando dal precedente tratto in curva di direzione NW-SE al tratto in rettilineo di direzione WNW-ESE, sia un cambio morfologico, ponendosi più internamente e parallelamente al versante. Come indicato in precedenza, con il proseguo dello scavo nella nuova direzione i fenomeni di rottura fragile sono risultati meno intensi.

Successivamente all'avvenuto fenomeno di rottura fragile è stato eseguito a Pk 4+250 un sondaggio carotato con lo scopo di investigare l'ammasso nel settore in cui si è verificato il fenomeno (cfr. doc. SM\_05\_4250\_300316\_300,6). L'ammasso è stato indagato sia dal punto di vista strutturale (persistenza dello stato di fratturazione riscontrato al fronte e delle discontinuità con riempimento carbonatico) che tensionale, eseguendo specifiche misure in situ (es. prove dilatometriche, prove di fratturazione idraulica, ecc.).

Il sondaggio SM05 è stato terebrato fino a 300,6 m di profondità a partire dall'arco rovescio del Cunicolo, in direzione verticale orientato verso il basso; il Cunicolo in quel tratto presenta una copertura di 965 m.

Dal punto di vista geologico il sondaggio ha attraversato per l'intera lunghezza il Complesso di Clarea, in particolare per la maggioranza i micascisti nei quali sono presenti locali alternanze di scisti e gneiss di colore verde ad albite, talora listati, all'interno di uno di questi livelli, verso la parte terminale del sondaggio, sono presenti limitati orizzonti di quarziti listate e quarzomicascisti con rari livelli di marmi al nucleo.

Dal punto di vista strutturale e geomeccanico la roccia risulta di buona qualità, poco fratturata, con elevati valori di RQD, solo localmente sono presenti limitate porzioni più fratturate, di spessore variabile da decimetrici a metrici, verosimilmente associabili a faglie minori. In alcune porzioni la roccia si presenta affettata e con fissilità pronunciata lungo i piani di scistosità principale.

Lungo il sondaggio SM05 sono state eseguite n. 3 prove di permeabilità Lugeon alle profondità di 18,7 m, 195,5 m e 300,8 m, le quali hanno evidenziato valori di permeabilità compresi tra  $1,54E-06$ , e  $2,6E-07$  (cfr grafico seguente). In ogni caso il sondaggio ha evidenziato che non sono state attraversate strutture acquifere estese ad elevata permeabilità.

#### ***5.4.5 Indagini eseguite***

Come anticipato in precedenza, oltre alle diverse indagini propedeutiche all'avanzamento e alla caratterizzazione dei settori di ammasso davanti la testa fresante, in considerazione dello scopo geognostico del cunicolo, sono state eseguite indagini sull'ammasso roccioso lungo tutta la galleria comprese le specifiche nicchie).

Insieme alle indagini sull'ammasso roccioso sono state eseguite una serie di prove geotecniche di laboratorio su campioni prelevati lungo l'intero sviluppo della galleria e rappresentativi delle diverse litologie attraversate.

Di seguito sono descritte le diverse indagini eseguite e i risultati ottenuti, per la loro analisi e descrizione, insieme ai documenti specifici delle singole indagini, sono stati consultati anche le diverse note tecniche interpretative sistematicamente redatte (cfr. doc. MAD\_EXE\_VEN\_2202÷MAD\_EXE\_VEN\_2237).

#### ***Prove Lugeon***

Lungo il Cunicolo sono state eseguite n. 10 prove Lugeon con lo scopo di determinare il grado di permeabilità dell'ammasso. Nel grafico di Figura 43 sono presentati i risultati ottenuti e i valori di permeabilità compresi tra  $10^{-7}$  entro i litotipi del Complesso di Ambin e  $10^{-10}$  nel Complesso di Clarea (cfr. doc. LUG\_01\_290÷LUG\_08\_6812).

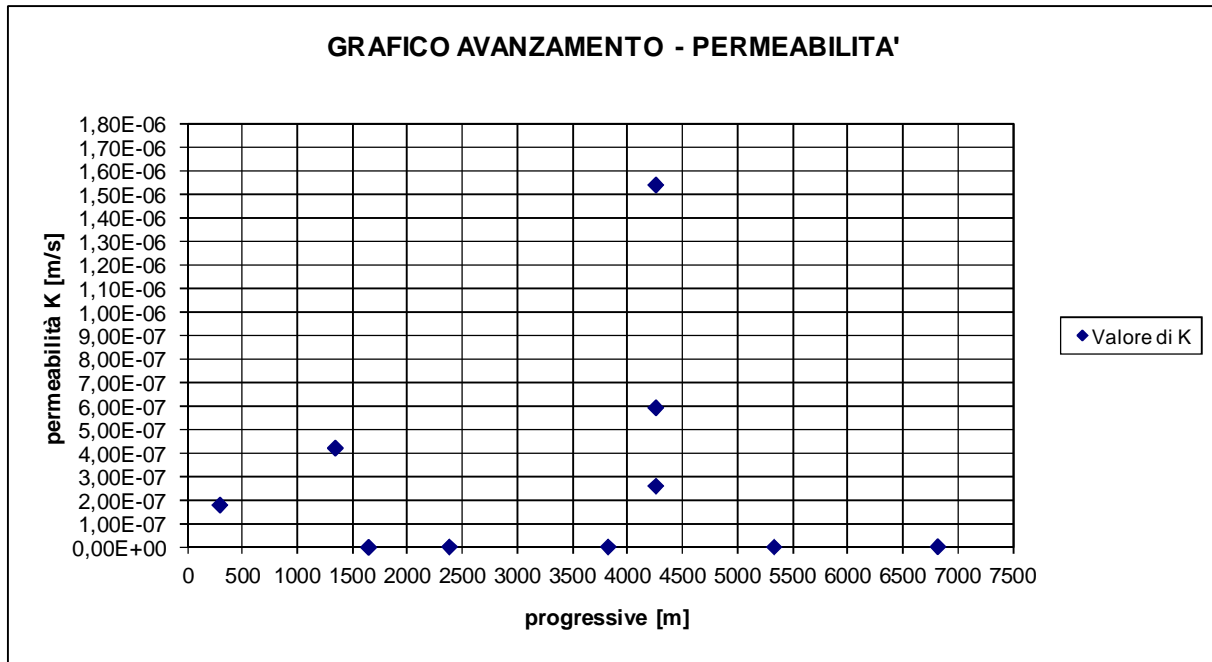


Figura 43 – Risultati delle prove di permeabilità Lugeon eseguite lungo il Cunicolo esplorativo della Maddalena

**Prove di Martinetto Piatto**

Lungo il Cunicolo sono state eseguite 7 prove geomeccaniche con martinetto piatto per la misura del modulo di deformabilità (cfr. doc. MPT\_01\_288\_260615÷ MPTdoppio\_10\_6810). Nel grafico di Figura 44 i risultati ottenuti con i valori dei moduli di deformabilità e delle pressioni di ripristino confrontati con la copertura topografica. Dai risultati si evince che per gli gneiss aplitici “AMC”, sotto coperture inferiori a 600 m si hanno moduli di deformabilità compresi tra 14 e 38 GPa; nei micascisti della Serie di Clarea “CLR”, con coperture tra 400 e 2000 m, valori compresi tra 27 e 58 GPa.

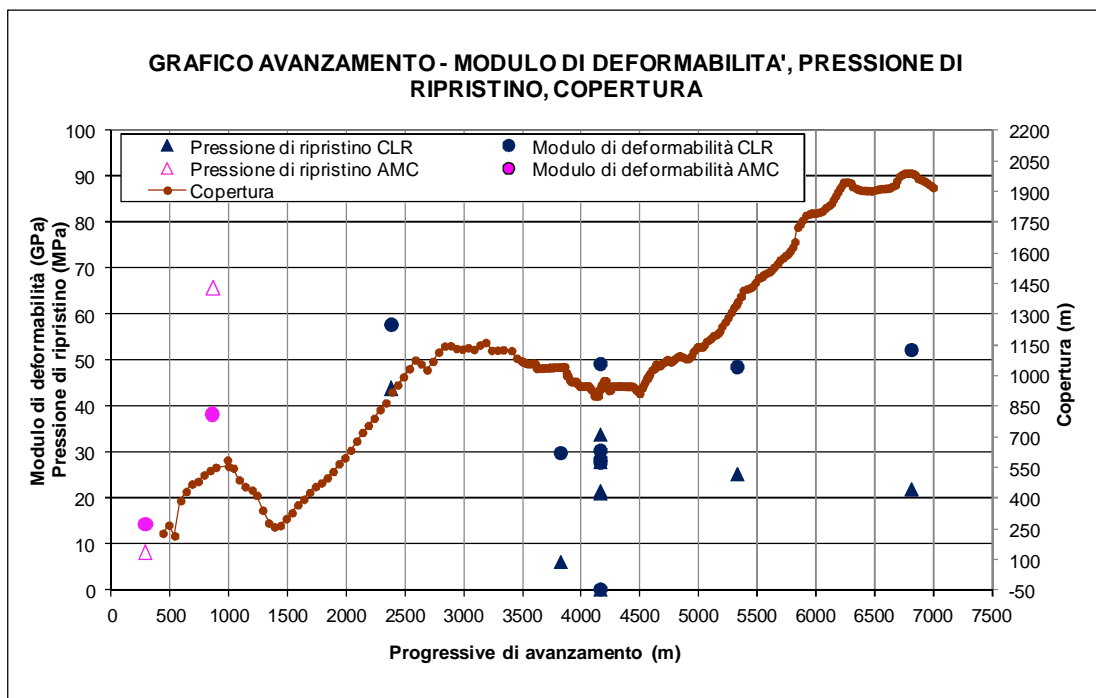


Figura 44 – Misure di martinetto piatto eseguite lungo il Cunicolo esplorativo della Maddalena.

**Prove dilatometriche**

Lungo il Cunicolo sono state eseguite 5 prove dilatometriche in foro, di cui 3 nei litotipi del Complesso di Ambin e 2 nella Serie di Clarea. I risultati ottenuti evidenziano Moduli dilatometrici compresi tra 5266 e 44599 MPa nel Complesso di Ambin e 9489 e 59694 MPa nella Serie di Clarea (cfr. doc. DIL\_01\_285÷ DIL\_06\_4250).

**Misure dello stato tensionale in situ**

Le misure dello stato tensionale lungo il Cunicolo sono state eseguite sia attraverso prove di sovra-carotaggio CSIRO che con prove HTPF (Hydraulic Testing on Preexisting Fractures). Le suddette prove sono state eseguite entro sondaggi terebrati in nicchia o direttamente nel Cunicolo (cfr. doc. CSI\_01\_587÷ CSI\_05\_6540 e HYF\_01\_587÷ HYF\_05\_6540).

In base alle risultanze delle diverse misure possono essere fornite le seguenti considerazioni:

- Alla pk 0+587 della Maddalena si osserva che la tensione verticale misurata nella prova CSIRO è confrontabile con il carico litostatico corrispondente alla copertura in quel settore. Le direzioni principali di tensione sono in buon accordo con la morfologia di quel tratto del versante.

$$\sigma_{LIT} = 27\text{kN/m}^3 * 389\text{m} = 10.5\text{MPa tensione litostatica}$$

$$\sigma_V = 10.6 \pm 0.4 \text{ MPa componente di tensione verticale misurata}$$

Le stesse misure della prova HF, eseguite nel medesimo settore, sono in generale in buon accordo con quelle delle prove CSIRO.

- Alla pk 1+420 della Maddalena si osserva che la tensione verticale misurata nella prova CSIRO è confrontabile con il carico litostatico corrispondente alla copertura in quel settore. La direzione di massima compressione orizzontale è ENE-WSW. La tensione massima ( $\sigma$  massima) ha un valore sorprendentemente elevato in relazione alla copertura (38 MPa).

$$\sigma_{LIT} = 27\text{kN/m}^3 * 260\text{m} = 7.02 \text{ MPa tensione litostatica}$$

$$\sigma_V = 8.68 \pm 6.16 \text{ MPa componente di tensione verticale misurata}$$

Nella prova HF eseguita nel medesimo settore la tensione verticale misurata è confrontabile con il carico corrispondente alla copertura nel punto di prova:

Le stesse misure della prova HF, eseguite nel medesimo settore, sono in generale in buon accordo con quelle delle prove CSIRO; l'unica differenza significativa è il valore della  $\sigma$  massima, che nella prova CSIRO è sorprendentemente elevato per la modesta copertura, mentre nella fratturazione idraulica è decisamente inferiore (23 MPa contro 38 MPa).

- Alla pk 2+805 della Maddalena si osserva che la tensione verticale misurata nella prova CSIRO, sebbene sia un po' bassa, in prima approssimazione è confrontabile con il carico corrispondente alla copertura nel punto di prova. La direzione di massima compressione orizzontale è NNE-SSW.

$$\sigma_{LIT} = 27\text{kN/m}^3 * 1130\text{m} = 30.51 \text{ MPa tensione litostatica}$$

$$\sigma_V = 22.24 \pm 1.26 \text{ MPa componente di tensione verticale misurata}$$

Per quanto riguarda la prova HF il risultato non sembra essere del tutto convincente. Le direzioni principali sono in ottimo accordo con quelle della prova CSIRO, tuttavia, la tensione verticale misurata non è confrontabile con il carico corrispondente alla

copertura nel punto di prova, il valore calcolato per la tensione minima non è statisticamente attendibile.

- Alla pk 4+260, nel sondaggio verticale SM05 sono state eseguite 2 prove HF.

La prova HF1 ha prodotto i seguenti risultati relativamente la stima del tensore piano orizzontale:

Tensione orizzontale massima :  $SH = 3Ps - Pr - Po = 45.4 \text{ MPa}$  direzione  $\alpha_H = 12^\circ - 192^\circ$

Tensione orizzontale minima :  $Sh = Ps = 25.0 \text{ MPa}$  direzione  $\alpha_h = 102^\circ - 282^\circ$

La prova HF2, a causa di una discontinuità inclinata preesistente, non è adatta ad essere interpretata con la teoria classica usata per la prova HF1.

- Alla pk 4+900 della Maddalena si osserva che la tensione verticale misurata nella prova CSIRO è poco maggiore del carico litostatico corrispondente alla copertura nel punto di prova. La direzione di massima compressione orizzontale è NNE-SSW.

$\sigma_{LIT} = 27 \text{ kN/m}^3 * 1090 \text{ m} = 29.43 \text{ MPa}$  tensione litostatica

$\sigma_V = 32.76 \pm 1.59 \text{ MPa}$  componente di tensione verticale misurata

La prova HF, eseguita nello stesso settore, presenta una buona confrontabilità con le risultanze della prova CSIRO.

#### **Rilievi sismici cross-hole Vp-Vs**

L'indagine sismica eseguita sull'ammasso roccioso ha avuto come analisi il dato di velocità da modello lungo il cavo. Come risultato dell'indagine si è evidenziato, in prima analisi, che il valore di decremento di velocità intorno al cavo conferma le risultanze della sismica eseguita a paramento. Le osservazioni eseguite per le indagini in tomografia a rifrazione a paramento corrispondono alle indagini in tomografia con onde dirette, nel dettaglio:

- nelle zone con ammasso fratturato le velocità risultano mediamente più basse con spessore della zona a minor velocità pressoché costante lungo il cavo;
- nelle zone con ammasso scarsamente o per nulla fratturato la zona di diminuzione di velocità presenta oscillazioni di spessore lungo il cavo da 0 a 2m.

L'analisi del dato cross-hole Vp/Vs ha mostrato valori del coefficiente di Poisson con un punto di flesso intorno ai 4-5m (di poco inferiore a un diametro del cavo) (cfr. doc. CHVPVS\_990-995÷ CHVPVS\_13\_6830-6835,2).

#### **Indagini sull'ammasso eseguite in Nicchia**

Nel Cunicolo esplorativo della Maddalena sono state eseguite una serie di prove geomeccaniche entro nicchie adibite a veri e propri laboratori geotecnici.

Tra le diverse prove, all'interno di n.3 nicchie di Pk 0+587; 1+420 e 2+805 sono state eseguite delle prove di carico su piastra eseguite in direzione verticale e orizzontale rispetto alla nicchia e delle prove di compressione monoassiale (cfr. doc. CXS\_01\_587÷ CXS\_03\_1420).

Dalle diverse prove si sono ricavati i seguenti valori di modulo elastico:

	PROGRESSIVA - COPERTURA	CSIRO	CARICO SU PIASTRA	MONOASSIALE	GOODMAN JACK
NICCHIA 1	pk 0+587 - 389 m	19225	H-A 72872 H-B 80270 V-A 33677 V-B 28249	23126	
NICCHIA 2	pk 1+420 - 260 m	42842	H-A 95905 H-B 30883 V-A 120000 V-B 79103	50783	
NICCHIA 3	pk 2+805 - 1130 m	70838	H-A 38349 H-B 99179 V-A 26488 V-B 38510	15506	

**Tabella 45 – Valori del modulo elastico “E” misurato nelle differenti prove eseguite sia in nicchia i valori dei moduli sono espressi in MPa.**

#### **Prove geotecniche di laboratorio sui campioni**

Nel corso dello scavo del Cunicolo della Maddalena, allo scopo di caratterizzare in modo completo i litotipi attraversati, insieme alle diverse prove eseguite lungo il Cunicolo e nelle nicchie geotecniche, sono stati prelevati campioni di roccia sui quali sono state eseguite una serie di prove geotecniche di laboratorio.

Di seguito vengono elencate le principali prove realizzate fino alla Pk 7+020:

- n. 35 Prove per la determinazione della massa volumica apparente
- n. 34 Misure della velocità sonica onde P
- n. 44 Prove di abrasività
- n. 44 Prove di durezza
- n. 114 Prove di point load
- n.64 Prove di compressione uniassiale
- n. 157 Prove di compressione triassiale
- n. 31 Prove di trazione indiretta
- n. 4 Prove di taglio diretto su giunto

I risultati delle diverse tipologie di prove eseguite sono in linea con la natura dei litotipi attraversati.

Le prove di abrasività eseguite su n. 44 campioni di roccia sottolineano per gli gneiss aplitici (AMC) indici di Abrasività sostanzialmente più elevati rispetto ai micascisti di Clarea (CLR). In particolare i campioni AMC ricadono maggiormente nel campo delle rocce “estremamente abrasive”; i litotipi CLR sono invece ricadenti sia nel campo delle rocce “molto abrasive” che in quelle “estremamente abrasive”.



Dal punto di vista delle caratteristiche di durezza i litotipi AMC risultano essere rocce estremamente dure, i litotipi CLR sono invece classificabili come rocce variabili da mediamente dure a estremamente dure. Tale aspetto è anche confermato dai valori di penetrazione e produzione media che nella tratta degli AMC sono stati decisamente minori a causa della natura compatta e resistente delle rocce.

Per quanto riguarda la resistenza alla compressione uniassiale e il modulo elastico “E” i risultati ottenuti in laboratorio indicano per i litotipi AMC valori di resistenza alla compressione uniassiale compresi tra 140 ÷ 235 MPa mentre per i litotipi della Serie di Clarea valori tra 38 ÷ 232 MPa. Relativamente al modulo elastico secante il range di valori sono rispettivamente compresi tra 33 ÷ 51 MPa per gli AMC e 17 ÷ 76 MPa per i CLR.

Per quanto riguarda le prove di compressione triassiale i valori ottenuti su 157 campioni sottoposti a prove hanno evidenziato valori di resistenza alla compressione di picco compresi tra 270 ÷ 428 MPa per i litotipi AMC e 61 ÷ 300 MPa per quelli CLR. Per quanto riguarda la resistenza alla compressione residua i litotipi AMC presentano un range di valori compresi tra 75 ÷ 104 MPa e i CLR 25 ÷ 132 MPa.

#### ***5.4.6 Monitoraggi eseguiti***

Oltre alle indagini lungo il cunicolo sono stati eseguiti anche una serie di monitoraggi realizzati sia sull’ammasso roccioso che sui sostegni messi in opera.

Di seguito sono descritti i monitoraggi eseguiti e i risultati *ottenuti, per la loro analisi e* descrizione, insieme ai documenti specifici dei singoli monitoraggi, sono stati consultati anche le diverse note tecniche interpretative sistematicamente redatte (cfr. doc. MAD\_EXE\_VEN\_2202 ÷ MAD\_EXE\_VEN\_2237).

##### **Monitoraggio delle convergenze del cavo**

L’andamento delle convergenze sono state misurate attraverso l’installazione di 4 mire ottiche installate ogni 50 m, a circa 10 m da fronte di scavo.

In generale le misure mostrano che non vi è convergenza significativa nel tratto di cunicolo monitorato, le convergenze misurate dopo il passaggio della testa TBM sono sempre state trascurabili e di riflesso molto contenuta è anche la convergenza totale, le misure eseguite hanno rilevato valori di convergenza diametrale inferiori a 4 cm, tenendo cioè conto della quota persa prima della lettura di zero, realizzata appena consentito dalla struttura della macchina di scavo.

Il passaggio dagli gneiss aplitici ai micascisti e gneiss minuti ha determinato un aumento delle convergenze registrate, che sono rimaste comunque dell’ordine di qualche centimetro.

Va tuttavia precisato che l’installazione delle mire ottiche e le misure, a causa di problemi operativi, si sono potute eseguire solo a una distanza minima di 8-10 m dal fronte di scavo, mediamente più di 24 ore dopo lo scavo. Questo fatto ha senz’altro determinato una significativa mancanza di informazioni nelle misure, infatti, vi è l’assenza della misura della prima parte della deformazione, quella che normalmente si registra immediatamente dopo l’apertura dello scavo (cfr. doc. CF\_23\_424 ÷ CF\_124\_6737).

##### **Monitoraggio delle deformazioni dell’ammasso**

Per la misura delle deformazioni dell’ammasso roccioso sono state installate n. 3 sezioni di misura tipo “B-F”, costituita da n. 3 estensimetri multibase e da n. 1 piezometro elettrico, con lo scopo di rilevare gli spostamenti dell’ammasso roccioso e il carico idraulico nell’intorno

della galleria. Le due sezioni sono state installate alle Pk 1+639, 2+421 e 6+505 di cui le ultime due senza piezometro.

In base alle misure eseguite le deformazioni massime registrate sono sempre state contenute, in particolare si sono attestate sempre su valori inferiori ai 6 mm (cfr. doc. BF\_01\_1639÷BF\_03\_6505).

#### **Monitoraggio interazione ammasso-sostegni**

Le misure di interazione ammasso-sostegni sono state eseguite attraverso la sezione di monitoraggio tipo “A1-F”: costituita da n. 2 estensimetri multibase installati nell’intorno di altrettanti bulloni tipo Swellex. Lo scopo è stato quello di determinare le deformazioni della porzione di ammasso roccioso sottoposto a interventi di bullonatura radiale e, indirettamente, di stimare il grado di deformazione dei bulloni stessi.

Le misurate eseguite hanno evidenziato deformazioni massime sempre inferiori a 3,5 mm.

#### **Monitoraggio deformazioni dei sostegni**

Il monitoraggio della deformazioni dei sostegni è stato eseguito attraverso la sezione di monitoraggio tipo “A2-F”, costituita da n. 8 barrette estensimetriche a corda vibrante disposte a coppie, in intradosso e in estradosso, sull’anima del profilato, a ridosso delle ali. Lo scopo di questa tipologia di sezione strumentata è stato quella di verificare lo stato di sollecitazione del pre-rivestimento del Cunicolo, attraverso la misura delle deformazioni e dei carichi assiali nelle pannellature metalliche.

I valori delle massime deformazioni misurate nelle diverse sezioni di monitoraggio sono compresi tra 150mE nella sezione di Pk 1+291 e 800 mE nella sezione di Pk 3+144.

#### **Monitoraggio plasticizzazione del cavo tramite tomografia sismica a rifrazione a paramento**

Lungo il Cunicolo, tra i diversi monitoraggi eseguiti, vi è quello della plasticizzazione del cavo tramite tomografia sismica a rifrazione a paramento.

Questo tipo di monitoraggio prevede l’esecuzione di profili sismici a rifrazione in modalità tomografica su paramento destro e sinistro, un interdistanza geofonica di 2m e sezioni da 48 geofoni.

Il risultato del monitoraggio ha messo in evidenza che nelle zone con ammasso fratturato le velocità sono mediamente più basse con spessore della zona a minor velocità pressoché costante lungo il cavo. Nelle zone con ammasso scarsamente o per nulla fratturato la zona di diminuzione di velocità presenta oscillazioni di spessore lungo il cavo da 0 a 2m.

#### **Monitoraggio microsismico**

Gli obiettivi di questo monitoraggio sono stati:

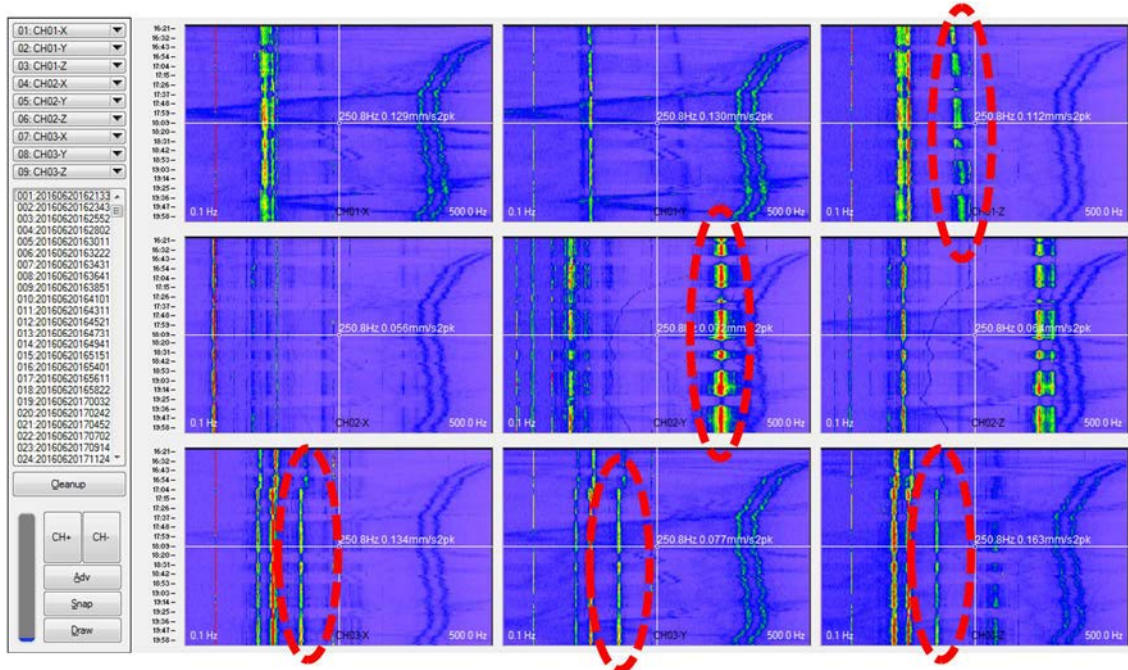
- Analisi delle caratteristiche cinematiche dell’ammasso
- Verifica degli effetti dello scavo
- Misura del rocknoise
- Identificazione delle zone a rischio di rockbursting
- Monitoraggio degli eventi di rockburst

Dopo un primo periodo di prova della metodologia, sono state apportate alcune varianti a metà dell’anno 2016, in particolare:

- Gli accelerometri a paramento vengono installati ogni 25m
- Implementazioni nelle modalità di acquisizione – sampling rate 1 o 2kHz.
- Geometrie – acquisizione di n.2 sezioni da tre terne ciascuna “mobili”
- Processing NRT – software di analisi dedicato

Dal punto di vista dell’acquisizione dei dati le modifiche apportate sono state le seguenti:

- Il sampling rate (velocità di campionamento del dato accelerometrico) è passato a 2kHz.
- Nei mesi di maggio e giugno 2016 le acquisizioni sono state eseguite in continuo su finestre da 2 minuti ciascuna.
- Dal mese di luglio 2016 le acquisizioni sono state eseguite in continuo su finestre da 5 minuti e da metà mese da 10 minuti.



**Figura 45 – Sonogrammi restituiti dal monitoraggio microsismico con indicazione (contorni rossi) di fenomeni secondari all'avanzamento della TBM.**

I risultati forniti da questo tipo di monitoraggio, va prima di tutto precisato che dal punto di vista applicativo si tratta di un metodo sperimentale, pertanto ha necessitato di periodo abbastanza lungo di messa appunto, filtraggio e taratura.

Ciononostante, negli ultimi periodi di monitoraggio, l'affinamento del metodo ha permesso di isolare sonogrammi potenzialmente identificabili come precursori di successivi fenomeni con potenziale rilasci di energia (cfr. doc. MRB\_01\_2017-2450÷ MRB\_24\_6915-7020,8).

### **Monitoraggio acquisizione dati idrogeologici nel Cunicolo della Maddalena**

Durante lo scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena, una serie di misure e monitoraggi di parametri idrogeologici sono stati eseguiti, sia all'interno della galleria, sia all'esterno sui punti d'acqua dell'area di inserimento dell'opera.

#### **Portate in galleria**

Il monitoraggio delle portate drenate dal massiccio attraversato dallo scavo del Cunicolo della Maddalena è realizzato dal consorzio di scavo in due modalità distinte:

- a) misurazione dei dati di portata cumulata al portale (ingresso impianto di depurazione);
- b) misurazione dei dati di portata in specifiche sezioni lungo il Cunicolo; tale dato è correlato anche dalla temperatura e conducibilità dell'acqua di infiltrazione e anche da analisi di laboratorio sulle venute d'acqua più significative.

I dati cumulati al portale sono forniti con cadenza plurigiornaliera (in media da 12 a 15 letture/mese) insieme all'avanzamento dello scavo. Nel dato di portata sono quindi comprese informazioni di venute al fronte (di solito di entità maggiore e ancora da stabilizzare) unite a

valori di portata di tratte di galleria oramai stabilizzate. Inoltre, il dato registrato al portale risente, inevitabilmente, degli eventi meteorici più rilevanti che s'infiltrano nella tratta iniziale a bassa copertura.

Il monitoraggio lungo sezioni specifiche con cadenza bimestrale permette di comprendere il valore di portata stabilizzata di singole sezioni e/o tratte in galleria. Inoltre, il dato della conducibilità e della temperatura sono macro-indicatori della possibile tipologia di acqua e del meccanismo d'infiltrazione.

Analisi chimiche delle acque drenate

Prelievi di acqua per analisi chimiche sono realizzati lungo la galleria esplorativa secondo n.4 tipologie:

- analisi chimiche complete: (anioni e cationi maggiori e minori) secondo D. Lgs. N°152/2006, all. 5 Tab. 2);
- contenuto di silice  $\text{SiO}_2$ ;
- analisi potabilità per consumo urbano: secondo D. Lgs. n. 31/2001;
- analisi isotopiche:  $\text{O}^{18}$  – deuterio.

La tabella seguente indica la tipologia e la progressiva del campionamento dell'analisi.

Codice analisi	PK di riferimento	Tipologia
ACQ 1	0+318	chimica completa
ACQ 2	0+403	chimica completa
ACQ 3	1+135	chimica completa + isotopica
ACQ 4	1+160	chimica completa + isotopica
ACQ 5	1+121	chimica completa
ACQ 6	1+168	chimica completa
ACQ 7	1+420	chimica completa + isotopica
ACQ 8	1+626	chimica completa + isotopica
ACQ 9	1+420	contenuto in silice $\text{SiO}_2$
ACQ 10	1+626	contenuto in silice $\text{SiO}_2$
ACQ 11	1+982	chimica completa
ACQ 12	3+244	chimica completa
ACQ 13	3+461	chimica completa + isotopica
ACQ 14	3+953	chimica completa
ACQ 15	4+285	chimica completa
ACQ 16	4+285	potabilità per consumo urbano
ACQ 17	4+250	chimica completa (sondaggio SM05)
ACQ 18	4+845	chimica completa
ACQ 19	5+152	chimica completa
ACQ 20	5+152	potabilità per consumo urbano
ACQ 21	4+250	chimica completa + isotopica
ACQ 22	6+964	chimica completa + isotopica

**Tabella 46 – Tabella riassuntiva delle analisi chimiche, isotopiche e di potabilità realizzate lungo il cunicolo esplorativo**

Monitoraggio dei punti acqua in superficie

Il monitoraggio dei dati idrogeologici raccolti all'interno del Cunicolo esplorativo è integrato dal monitoraggio della rete del PMA dei punti d'acqua superficiali presenti nell'area. I punti d'acqua superficiali, suddivisi in ASP (corsi d'acqua) e AST (sorgenti, pozzi e piezometri), sono stati monitorati con cadenza mensile, considerando i seguenti parametri:

- portata

- soggiacenza (pozzi e piezometri)
- temperatura acqua
- conducibilità elettrica
- pH
- potenziale redox
- ossigeno disciolto

Inoltre, sui punti d'acqua della rete di monitoraggio, sono state eseguite le analisi chimiche/isotopiche/microbiologiche secondo le esigenze previste dal PMA, individuate sulla base del metodo PSR (Pressione–Stato–Risposta) e con frequenza variabile in rapporto alla posizione del punto e al tipo di parametro analizzato.

La serie storica di misure mensili a disposizione copre un arco temporale che va da 2012 al 2016, mentre le attività di scavo del cantiere della Maddalena sono iniziate a fine gennaio 2013 (inizio scavo in tradizionale).

L'analisi dei dati ha permesso di definire con chiarezza l'impatto e/o l'interferenza tra lo scavo in sotterraneo e il regime di variazione naturale delle risorse idriche superficiali.

L'analisi dei dati del monitoraggio sui punti d'acqua in superficie è fornita nel capitolo di analisi della componente "Ambiente Idrico Sotterraneo" (§ 6.3).

#### **Monitoraggio gradiente geotermico e temperatura delle acque di infiltrazione**

Il monitoraggio del gradiente geotermico è stato realizzato tramite la misura della temperatura della roccia in foro (lunghezza 3m) eseguito sul paramento della galleria.

Le stazioni di misura sono state realizzate a partire dalla progressiva 0+435 ogni 50m, fino alla PK 7+000.

Oltre al dato relativo alla temperatura dell'ammasso roccioso, sono inoltre disponibili i dati di temperatura dell'acqua registrati nel monitoraggio delle venute con cadenza bimensile, come illustrato al punto precedente.

### **5.5 Interpretazione dei dati acquisiti e confronto con quanto previsto in Progetto Esecutivo**

#### ***5.5.1 Geologia e geomeccanica***

La fine degli scavi del Cunicolo esplorativo della Maddalena, avvenuto a febbraio 2017 consente di eseguire un primo confronto, in termini di dati geologici, geomeccanici e idrogeologici, tra quanto effettivamente riscontrato in corso d'opera e quanto inizialmente ipotizzato a livello previsionale nel Progetto Esecutivo del 2013.

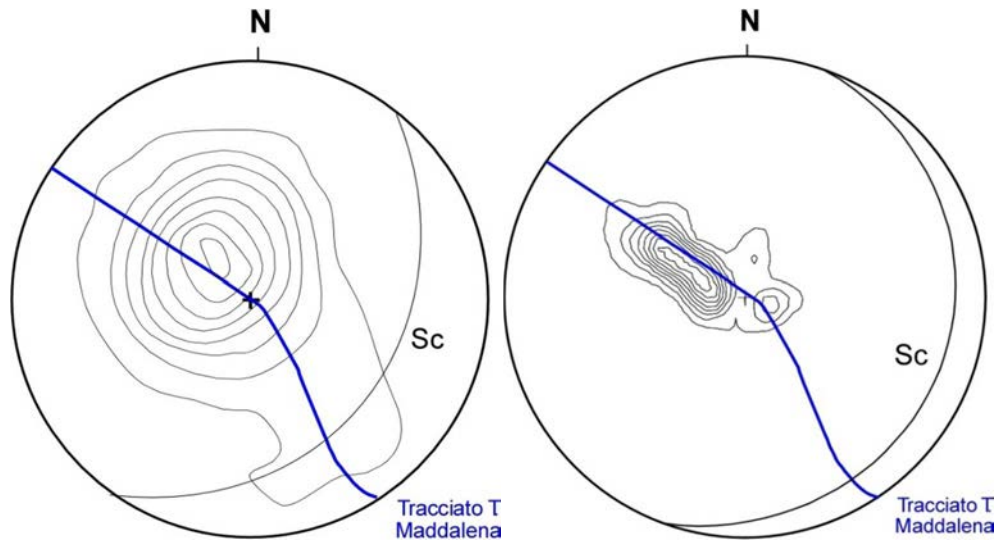
Dal punto di vista geologico e strutturale si conferma una buona attendibilità tra quanto presente in superficie e il sottosuolo, allo stesso tempo è confermata la generale struttura a duomo del massiccio e l'andamento della scistosità principale.

Una modesta differenza tra il previsionale e il realizzato è stata riscontrata nella posizione del contatto geologico tra il Complesso di Ambin e la Serie di Clarea, tale contatto è risultato infatti essere meno inclinato del previsto e conseguentemente ubicato circa 300-350 m più ad est di quanto inizialmente ipotizzato nel Progetto Esecutivo.

Come precedentemente accennato, lo scavo del cunicolo conferma il generale dominio strutturale fragile ben identificabile anche in superficie, con dominanza di strutture con direzione NE-SW.

Nella maggioranza dei casi i sistemi di giunti definiti nel Progetto Esecutivo trovano buon riscontro con quelli misurati all'interno del cunicolo.

Relativamente alla scistosità principale le misure di superficie sono state confermate dall'andamento rilevato in profondità, la cui orientazione media è di direzione NE-SW, con maggiore inclinazione nel Complesso di Ambin e più a basso angolo nei litotipi della Serie di Clarea, nella parte più interna del massiccio (cfr figura seguente).

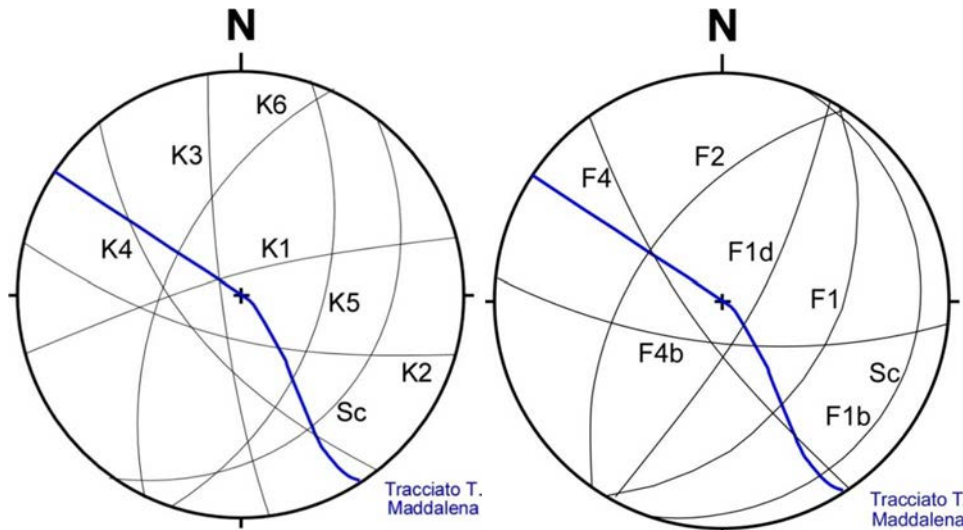


**Figura 46 – Confronto tra i plot diagram (emisfero inferiore diagramma di Schmidt) dei piani di scistosità principale descritti in sede di PE (a sinistra) e quelli rilevati nel corso dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena (a destra).**

Nella Figura 47 è presentato il confronto tra le proiezioni stereografiche dei sistemi di giunti misurati in superficie nei rilievi strutturali di Progetto Esecutivo (sigla **K**) con quelli effettivamente misurati all'interno del cunicolo (sigla **F**).

In dettaglio:

- Sistema **ENE-WSW**: **K1** confrontabile con **F4b**
- Sistema **WNW-ESE**: **K2** confrontabile con **F4b**
- Sistema **NW-SE**: **K4** confrontabile con **F4**
- Sistema **NE-SW**: **K5** confrontabile con **F1**
- Sistema **NE-SW**: **K6** confrontabile con **F2**

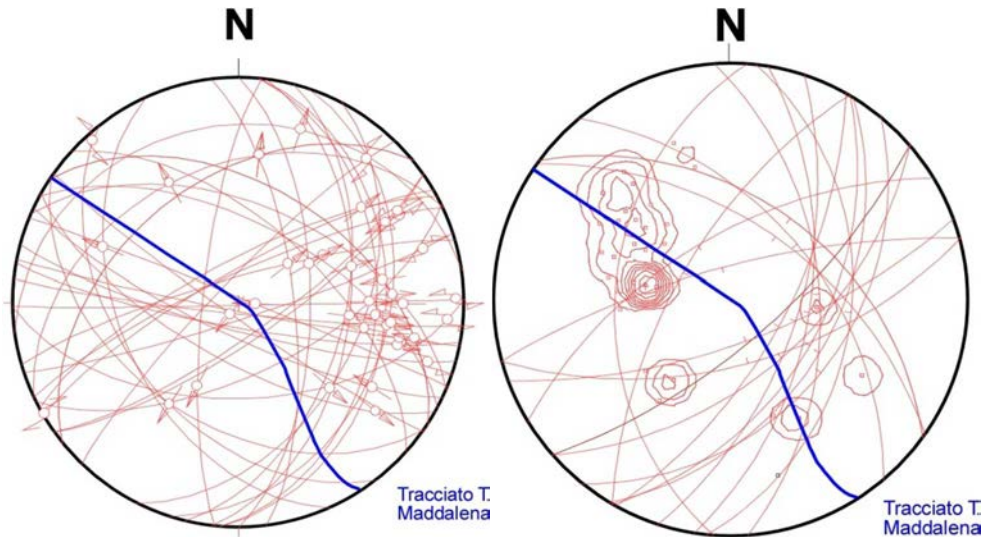


**Figura 47 – Confronto tra i plot diagram (emisfero inferiore diagramma di Schmidt) dei sistemi di giunti e la scistosità descritti in sede di PE (a sinistra) e quelli rilevati nel corso dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena (a destra).**

In Figura 47 si nota bene come i sistemi F1 e in particolare F1b, misurati nel cunicolo esplorativo, si impostino nella maggioranza dei casi lungo la scistosità principale SC.

Per ciò che concerne i fasci di fratturazione a elevata persistenza del Col Clapier, la loro presenza in profondità è stata identificata solo limitatamente e in generale con carattere meno pervasivo del previsto. In particolare il sistema principale N60-70E, ben riconoscibile in superficie, in profondità sembra essere poco rappresentato. Al contrario all'interno del cunicolo è presente un sistema N30E più ricorrente a partire da circa pk 5+200; un altro sistema con direzione N100E, sebbene meno subverticale del previsto, sembra confermare il secondo sistema principale di direzione N100-110E presente in superficie. Bisogna tuttavia tener presente che queste strutture molto ben sviluppate in superficie e con persistenze chilometriche sono presenti nel settore in cui il cunicolo raggiunge coperture di 2000 m e già in fase di Progetto Esecutivo l'affidabilità della loro proiezione a quota galleria risentiva della notevole copertura topografica, molti dei piani ben strutturati in superficie possono quindi chiudersi prima di raggiungere la quota del cunicolo.

Per quanto riguarda i sistemi di faglie, le strutture presenti in superficie con andamento NNE-SSW e NE-SW sono state confermate dai rilievi in profondità. Meno ricorrente, seppure presente, è invece il sistema NW-SE, più frequente invece in superficie anche con deviazioni E-W (Figura 48). In generale, come già descritto in precedenza, nello scavo non sono state incontrate faglie principali ma esclusivamente strutture fragili di minore importanza con modesto sviluppo di roccia di faglia.



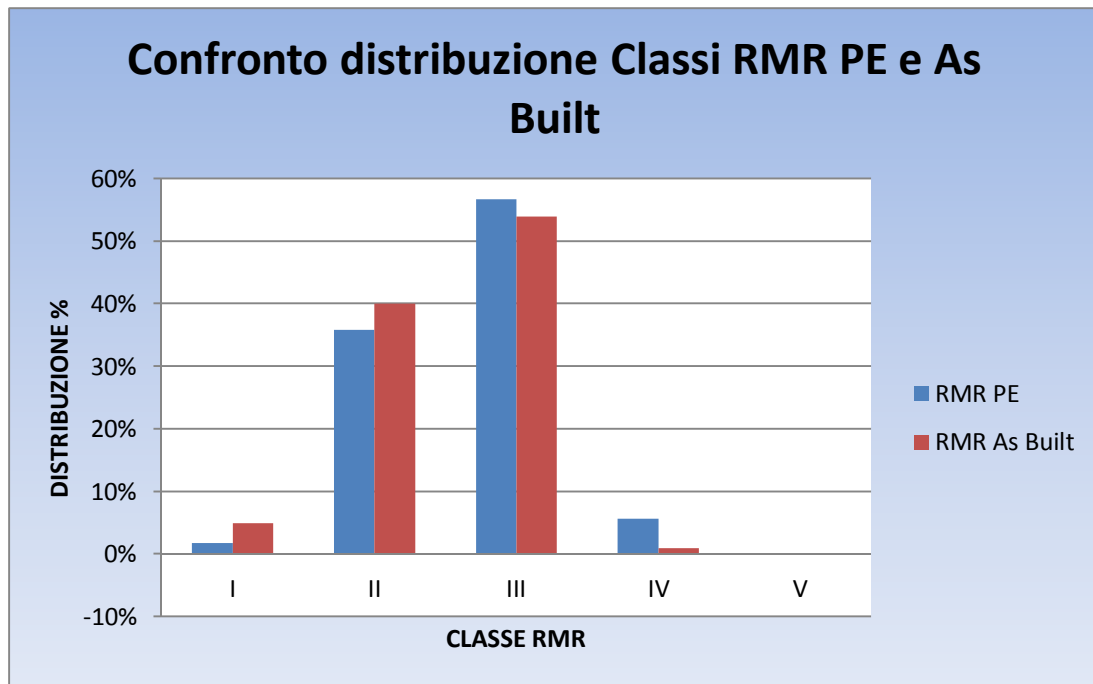
**Figura 48 – Confronto tra i plot diagram (emisfero inferiore diagramma di Schmidt) dei piani di faglie descritti in sede di PE (a sinistra) e quelli rilevati nel corso dello scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena (a destra).**

Anche relativamente l'assetto strutturale duttile lo scavo del cunicolo ha confermato la presenza di pieghe a scala metrico-ettometrica, il cui sviluppo è legato ad almeno due fasi deformative.

Un ulteriore confronto può essere eseguito relativamente alla geomeccanica, ad esempio i parametri geomeccanici  $\sigma_c$ ,  $E_m$  ottenuti dai dati rilevati in corso d'opera sono risultati in generale sempre compatibili con gli intervalli previsti in Progetto Esecutivo e nel dettaglio i litotipi del Complesso di Ambin hanno presentato parametri geomeccanici anche superiori alle attese.

Ugualmente, per ciò che concerne la qualità geomeccanica dell'ammasso roccioso, confrontando quanto previsto nel Progetto Esecutivo e quanto realmente rilevato nel corso dello scavo si nota un'ottima sovrapposizione della distribuzione delle classi geomeccaniche di Bieniawski (Figura 49), le piccole differenze mettono in risalto come la qualità dell'ammasso è risultata essere leggermente migliore delle previsioni.





**Figura 49 – Confronto tra le distribuzioni percentuali delle classi geomeccaniche di Bieniawski (1989) previste nel Progetto Esecutivo della Maddalena del 2013 e rilevate nel corso dello scavo del cunicolo esplorativo 2014-2017.**

Infine anche i dati relativi al controllo degli spostamenti pianoaltimetrici e delle convergenze del cavo, misurate nel corso dello scavo del cunicolo, hanno evidenziato lungo tutta la tratta spostamenti sempre trascurabili e per lo più in linea con le previsioni del Progetto Esecutivo.

Come già accennato in precedenza sono stati riscontrati in fase di scavo fenomeni di rottura fragile dell'ammasso scavato, generalmente in calotta ed in arco rovescio e talvolta anche al fronte, dovuto a rilasci tensionali a partire da coperture dell'ordine dei 400 m, giungendo a fenomeni di "rockburst" con fratturazione della roccia che ha determinato un aumento di volume per dilatanza, senza tuttavia significativo rilascio di energia cinetica e quindi senza importanti proiezioni di blocchi ("bulking without ejection"). Sebbene nel Progetto Esecutivo il rischio di potenziale rockburst non fosse quantificato ma solo ipotizzato lungo i settori con coperture superiori a 1000 m, si può affermare che lo sviluppo di rockburst è stato più limitato rispetto alle attese, limitando i fenomeni ad aumenti di volume senza veri colpi di montagna con rilascio violento di energia anche sotto carichi superiori a 2000 m di copertura.

### **5.5.2 Idrogeologia e geotermia**

#### Portata nel Cunicolo esplorativo

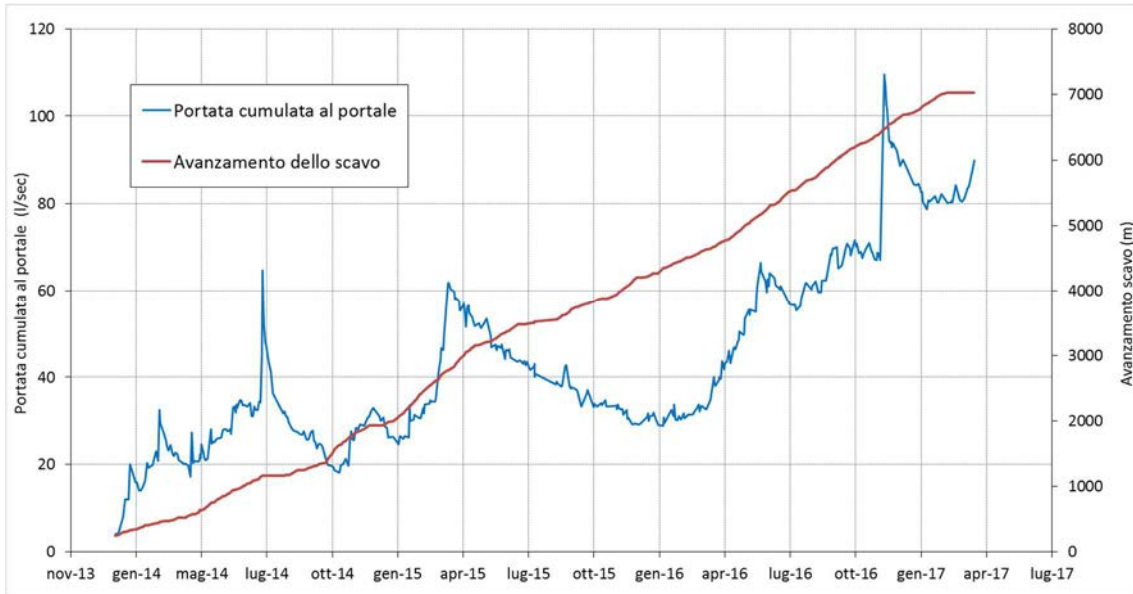
Il 20 febbraio 2017 il cunicolo esplorativo ha raggiunto la progressiva di scavo pk 7+020. Alla data di fine marzo 2017 il totale delle portate registrate al portale è di 89 l/s.

La Figura 50 riporta l'andamento delle portate totali (al portale) nel corso dello scavo, il cui avanzamento è indicato con la linea rossa (asse verticale destro).

Come si può osservare dal grafico, le portate mostrano una variazione, nel tempo, caratterizzata da aumenti e decrementi più o meno bruschi per poi raggiungere il valore finale di 89 l/s. Occorre evidenziare che, nel corso dello scavo del cunicolo, la portata misurata al portale è variata in relazione a tre fattori, che nelle diverse porzioni di galleria agiscono in maniera concorrente:

- 1) aumento delle infiltrazioni per avanzamento dello scavo;

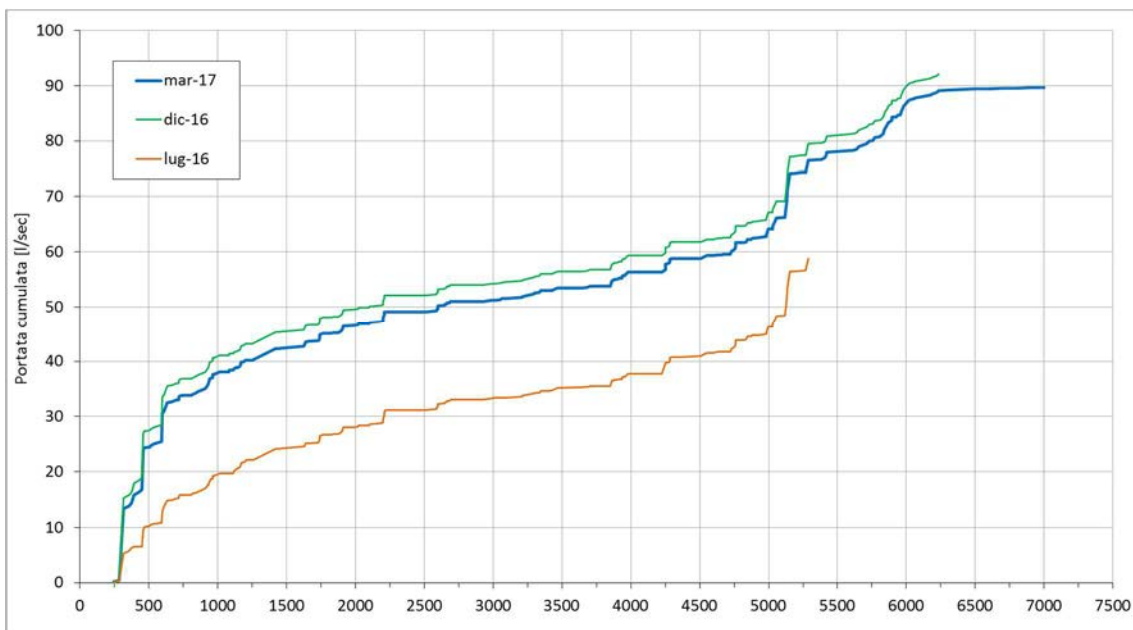
- 2) aumento delle infiltrazioni per ricarica da parte delle precipitazioni meteoriche che si infiltrano nei settori a bassa copertura (prossimi all'imbocco);
- 3) decremento delle portate per stabilizzazione o esaurimento dei contributi 1) e 2) sopra elencati.



**Figura 50 – Portate totali registrate al portale e avanzamento dello scavo**

Per comprendere il comportamento idrogeologico delle varie porzioni di galleria, è molto più utile esaminare il dato della portata cumulata, costituita dalla somma dei contributi monitorati con cadenza bimestrale in specifiche sezioni lungo il cunicolo.

Nel grafico della Figura 51 sono riportati i dati relativi a tre momenti; da luglio 2016 a marzo 2017. Le curve delle portate cumulate hanno lunghezze diverse perché relative al tratto scavato a quella data.



**Figura 51 – Andamento della portata cumulata lungo il cunicolo (dati monitoraggio luglio 2016-marzo 2017)**

Analizzando le curve cumulate della figura si evidenzia che:

- il trend di crescita è simile per le tre serie di dati (luglio 2016-marzo 2017), fatta eccezione per i primi 750 metri dove si discostano per valori di 15-20 l/s; i dati di dicembre 2016 sono superiori (traslati) rispetto ai precedenti a causa delle forti precipitazioni occorse in quel periodo;
- i primi 750m risentono in maniera diretta e piuttosto rapida dell'incremento delle precipitazioni a causa delle condizioni di bassa copertura e di allentamento dell'ammasso roccioso, che permettono una rapida infiltrazione delle acque meteoriche, determinando dunque una variabilità legata alle condizioni di piovosità;
- oltre tale progressiva nell'arco degli ultimi nove mesi, le infiltrazioni hanno evidenziato una stabilizzazione; è ragionevole aspettarsi che questa condizione non subisca più variazioni rilevanti nel lungo termine;
- il maggior incremento è registrato alla pK 5+120÷5+140, circa con circa 5-6 l/s;
- fatta eccezione per la tratta sopra evidenziata, le manifestazioni idriche (stabilizzate) sono per la maggior parte riconducibili a stillicidi più o meno diffusi, che localmente aumentano fino a venute di pochi litri al secondo in coincidenza delle fasce maggiormente fratturate;
- è probabile che nell'arco del periodo estivo (diminuzione delle precipitazioni) il contributo dei primi 750 metri diminuisca e che dunque si registri un totale inferiore ai 89 l/s misurati a fine marzo, con una distribuzione dei contributi intermedia tra quella attuale e quella misurata nel periodo estivo 2016.

Di seguito si confrontano i dati delle portate misurate nel cunicolo con le previsioni fatte nel Progetto Esecutivo a base del SIA.

Le previsioni fatte in fase di PE disegnavano uno scenario idrogeologico dove il totale delle portate drenate dalla galleria Maddalena era costituito da ampie tratte con infiltrazione diffusa a cui si sommavano tratte localizzate di faglia o elevata fratturazione, con venute puntuali variabili da 25 a 50 l/s (min-max).

Dal confronto con i dati registrati nel cunicolo (Figura 52), aggiornati a fine marzo 2017, si evidenzia:

- il totale attualmente registrato nel cunicolo (circa 90 l/s) è inferiore del 40% rispetto al minimo previsto (150 l/s);
- il contributo delle portate diffuse previsto in PE è sostanzialmente stato rispettato; l'inclinazione delle portate cumulate è simile o poco superiore alle condizioni minime previste in PE;
- i contributi puntuali previsti in PE, con portate variabili da 25-50 l/s (min-max) non sono stati osservati; il valore massimo relativo a portata puntuale (stabilizzata) è intorno alla pK 5+120÷5+140 con circa 5-6 l/s. La sua posizione era prevista, seppur con diversa magnitudine in PE;
- il tratto di sottoattraversamento del torrente Clarea (pk 1+400÷1+440, copertura di 245m) non ha evidenziato venute o infiltrazioni di acqua;
- circa il 40% del totale cumulato delle venute è riconducibile ai primi 750m di galleria dove le condizioni di bassa copertura e di allentamento dell'ammasso roccioso permettono una

rapida infiltrazione delle acque meteoriche, determinando una variabilità legata alle condizioni di piovosità.

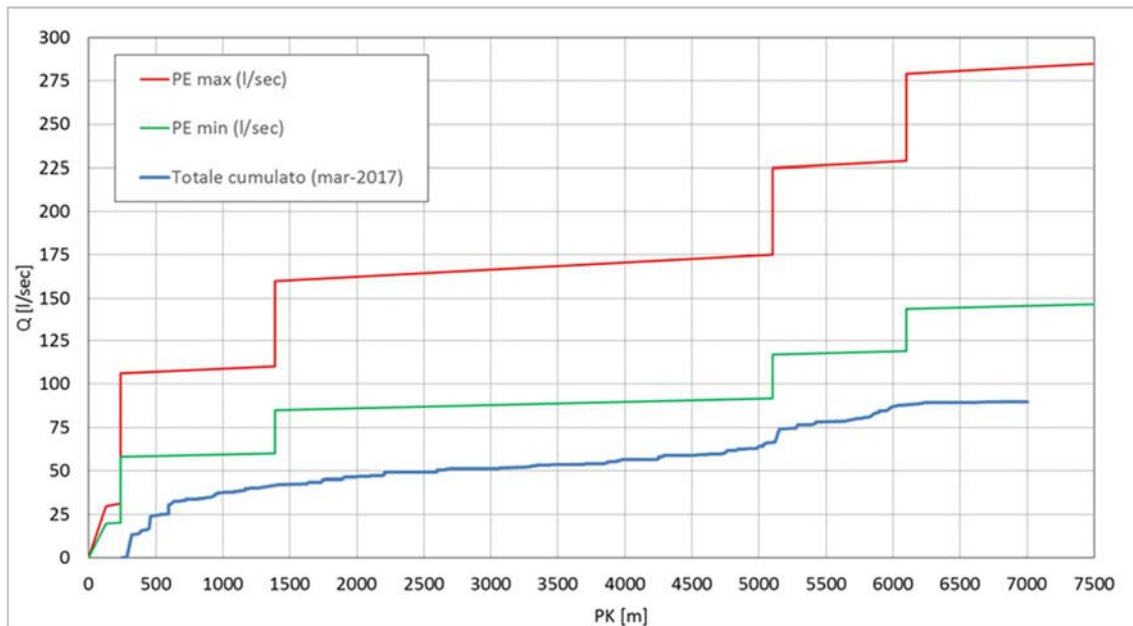


Figura 52 – Confronto tra portate (cumulate) previste in PE e portate registrate dal monitoraggio

Il grafico della Figura 53 riporta i dati delle temperature dell'ammasso roccioso e delle acque di infiltrazione.

Dall'esame dei dati lungo lo sviluppo del cunicolo si evidenzia che:

- la temperatura dell'ammasso roccioso cresce con regolarità e i dati di temperatura del massiccio non sono correlati, se non linea generale, con le variazioni di copertura. L'effetto della morfologia è dunque limitato e il gradiente geotermico è maggiormente influenzato dalla morfologia dell'area vasta del massiccio d'Ambin;
- si evidenzia una anomalia termica positiva tra la pk 3+400 e 4+050;
- fatta eccezione per la tratta di anomalia positiva, il gradiente medio nel cunicolo sembra prossimo a  $1.2\div 1.3$  °C/100m. Questo dato è più chiaro a partire dalla pk 4+000.

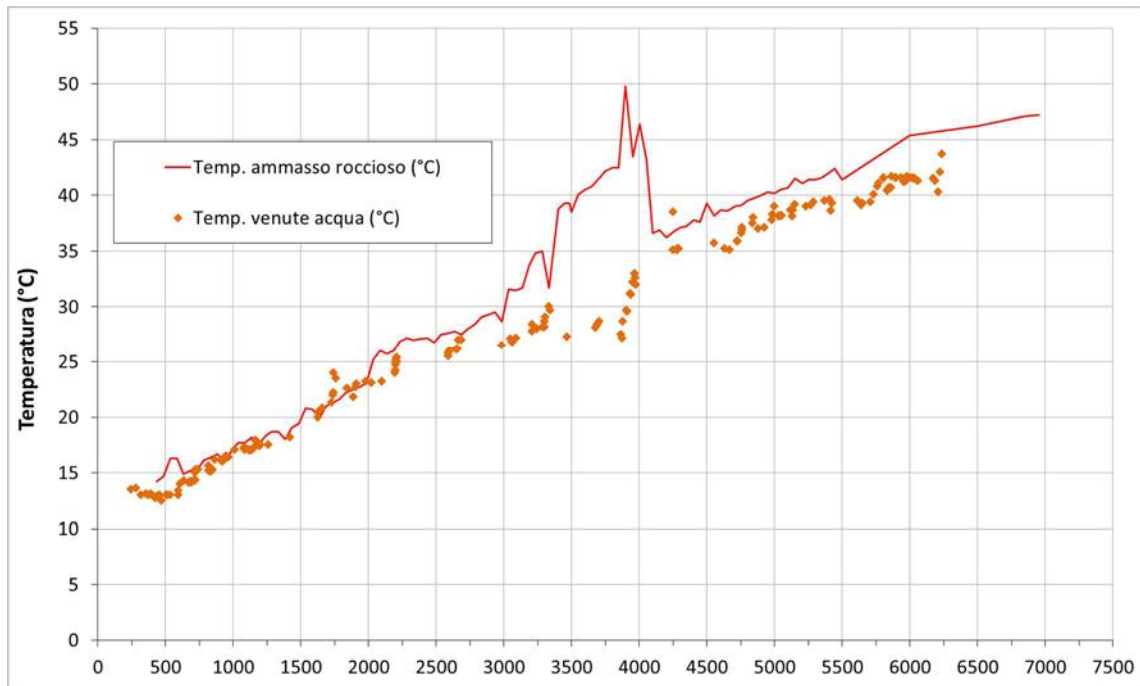


Figura 53 – Temperatura dell'ammasso roccioso e dell'acqua di infiltrazione lungo il cunicolo (dati monitoraggio dicembre 2016)

Per ultimo si riporta, nel grafico della Figura 54, il dato della conducibilità dell'acqua che riassume come macro-indicatore la composizione ionica delle acque di infiltrazione.

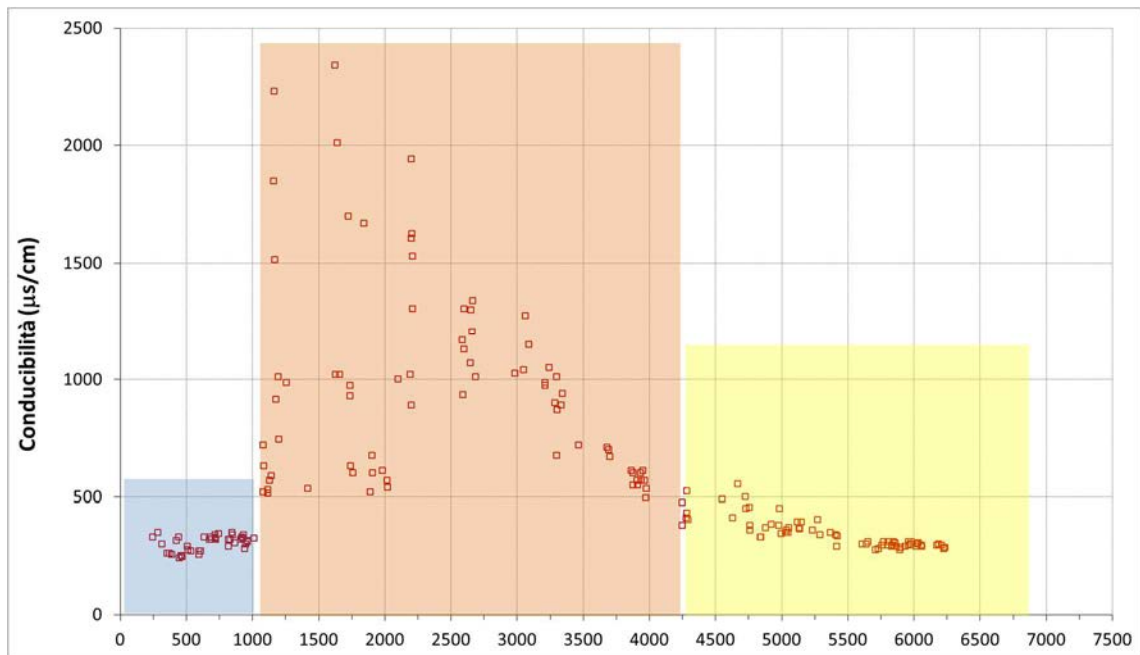


Figura 54 – Valori di conducibilità delle acque (dati monitoraggio bimestrale). In colori diversi la suddivisione in tre macrosettori

Si possono distinguere tre settori:

- blu: portale ÷ pk 1+1100; conducibilità costante e inferiore a 500 µs/cm;
- arancione: pk 1+100 ÷ 3+200; conducibilità molto variabile con valori massimi superiori a 2000 µs/cm;

- giallo: pk 3+200 ÷ 5+400; conducibilità in costante diminuzione con l'avanzamento nel massiccio, verso valori < 500 µs/cm.

Il dato della conducibilità riassume in forma aggregata e generica il carico ionico dell'acqua. Le analisi chimiche realizzate (vedi Tabella 46) hanno permesso di associare a questi settori tre chimismi tipici di acque:

- pk 0+000 – pk 1+160: acque a predominanza bicarbonato-calcico magnesiacca, bassa salinità e tipica di circolazioni superficiali (minimo contenuto in nitrati) con brevi tempi di residenza;
- pk 1+160 – pk 3+200: acque di natura sodico-cloruro-bicarbonatiche che mostrano un contenuto salino più elevato (fino a 85 meq/l) con uno spiccato contenuto in sodio e cloruri. Il contenuto in cloruri è solitamente associato a lente circolazioni e tempi di residenza elevati nel massiccio roccioso;
- pk 3+200 – pK 6+500: acque sodico-bicarbonatico con un contenuto in cloruri decisamente inferiore al gruppo precedente (intorno a 0.5 meq/l). L'associazione sodio-bicarbonato è tipica delle acque che interagiscono a lungo con contenenti fillosilicati e feldspati sodici mentre il basso tenore di cloruri potrebbe essere dovuto a un maggior miscelamento tra acque profonde, a lenta circolazione, e acque fresche di ricarica diretta, nonostante l'elevata copertura (circa 1000m).

In definitiva, il dato geochimico evidenzia una situazione di complessità solo nella parte centrale dello sviluppo del cunicolo, dovuto a condizioni di miscelamento. Procedendo verso il cuore del massiccio d'Ambin, le condizioni di circolazione idrica profonda, fotografate dalle analisi geochimiche tendono ad uniformarsi.

### **5.5.3 Conclusioni**

Lo scavo del cunicolo esplorativo della Maddalena aveva come fine quello di migliorare la conoscenza del modello geologico, geomeccanico e idrogeologico di un settore ad elevata copertura che sarà successivamente attraversato dallo scavo delle gallerie del tunnel di Base e dalle opere a lui connesse.

I temi geologici principali erano legati alla conferma della struttura a duomo del massiccio, alla natura del contatto tra il Complesso di Ambin e la Serie di Clarea, all'andamento della scistosità principale e alla presenza e natura in profondità delle strutture ben sviluppate in superficie e con persistenze chilometriche presenti nel settore in cui il cunicolo raggiunge coperture di 2000 m. Ulteriore tema di pertinenza geologica era la reale presenza delle lenti di metabasiti segnalate in letteratura e in taluni casi rinvenute in affioramento in superficie entro i litotipi del Complesso di Clarea.

Il tema geomeccanico di maggior rilevanza era legato alle condizioni del comportamento allo scavo del massiccio, in generale, e con particolare attenzione al settore di attraversamento sotto elevate coperture.

Il tema idrogeologico era legato alle condizioni idriche delle tratte a minor copertura (zona del portale e sotto il torrente Clarea) e alla possibile presenza di strutture acquifere in coincidenza delle fasce di fratturazione. Inoltre, occorreva confermare le valutazioni di interferenza tra i punti d'acqua in superficie e lo scavo dell'opera lungo la direttrice del futuro tunnel di base per confermare le previsioni fatte in sede di progetto.

Alla luce dei dati osservati, si può pertanto concludere che le informazioni acquisite nel corso dello scavo del cunicolo hanno permesso di approfondire il quadro delle conoscenze di tutti gli aspetti geologici, geologico-strutturali, geomeccanici e idrogeologici che il cunicolo esplorativo si prefiggeva di indagare.

Pertanto, si può ragionevolmente osservare che è confermato in linea generale, ad esclusione di limitate situazioni locali, quanto previsto nel Progetto Esecutivo, e con particolare riguardo gli aspetti geomeccanici e idrogeologici, le reali condizioni sono risultate essere migliori delle previsioni.

## **5.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra la pk 7+020 e 7+592**

### **5.6.1 Geologia e geomeccanica**

I dati geologici, idrogeologici, geotermici, geomeccanici, di monitoraggio comportamentale, di prove di laboratorio ed in sito raccolti sistematicamente durante lo scavo sono stati regolarmente condivisi tra la Direzione dei Lavori del Cunicolo de La Maddalena e i Progettisti del Tunnel di Base, consentendo l'elaborazione di informazioni fondamentali per una corretta revisione finale del progetto.

Tra i risultati più interessanti vi è il comportamento dello scavo sotto le alte coperture, che ha portato ad osservare fenomeni sistematici di rottura fragile per effetto dei rilasci tensionali, con aumento di volume per dilatanza, ma senza significativo rilascio di energia cinetica e quindi senza importanti proiezioni di blocchi ("bulking without ejection"): si verificano quindi fenomeni di rockburst senza significativo rilascio di energia cinetica. Altro comportamento significativo sono le modeste convergenze dell'ammasso dopo lo scavo. Le alte temperature raggiunte sono in linea con le attese sotto le alte coperture. Le venute d'acqua sono di modesta entità.

A febbraio 2017 lo scavo del cunicolo esplorativo è terminato, superando la lunghezza di 7,0 km, dopo aver raggiunto la copertura massima di 2012 m alla pK 6+800 e aver superato il confine italo francese.

In considerazione della generale omogeneità strutturale del massiccio, ulteriormente confermata dai dati acquisiti nei primi 7 km di scavo, è ragionevole attendersi anche fino a pk 7+592 un assetto geologico strutturale confrontabile con quello già incontrato nel corso dello scavo.

Dal punto di vista litologico sono da escludersi significative differenze rispetto a quanto già indagato, pertanto anche fino alla pk 7+592 saranno ragionevolmente presenti i litotipi della Serie di Clarea con caratteristiche litologiche e geomeccaniche confrontabili sia in termini di parametri che verosimilmente di qualità geomeccanica.

Relativamente alle faglie, sebbene non si possa escluderne la presenza anche nel tratto 7+020 - 7+592, relativamente è poco probabile che possano presentare caratteristiche diverse rispetto a quelle già attraversate.

Per quanto riguarda i fasci di fratturazione presenti in superficie nel settore del confine di stato, lo scavo dell'ultima parte del cunicolo ha permesso di stabilire che tali strutture, molto ben definite e ricorrenti nel settore del Col Clapier, alla profondità di 2000 m sono poco rappresentate e comunque con caratteristiche diverse rispetto a quelle in superficie.

Per i motivi sopra esposti, relativamente gli aspetti di carattere geologici e geomeccanici, si ritiene in linea generale che il cunicolo ha raggiunto il suo scopo geognostico con la progressiva di 7+020 e che l'ultimo tratto compreso tra pk 7+020 e 7+592 non abbia da aggiungere particolari nuove informazioni rispetto a quelle già acquisite nei 7 km già scavati.

### **5.6.2 Idrogeologia e geotermia**

Per quanto riguarda il quadro delle circolazioni idriche profonde, fotografate dall'analisi dei dati quantitativi (portate) e qualitativi (analisi geochimiche), si può affermare che lo scenario di riferimento del massiccio d'Ambin è ben caratterizzato e sostanzialmente stabilizzato.

L'entità delle venute, riconducibili a una percolazione diffusa, che solo in alcune tratte raggiunge qualche litro al secondo, non dovrebbe modificarsi procedendo ancora di più nel centro del massiccio d'Ambin con coperture che hanno già raggiunto 2000m. Come evidenziato nel paragrafo precedente, i fasci di fratturazione presenti in superficie nel settore del confine di stato, che nel modello concettuale del progetto PE erano associati a un aumento delle portate puntuali, hanno, a questa profondità, un ruolo idrogeologico meno rilevante e hanno fatto registrare solo lievi manifestazioni idriche.

La facies chimica, che rispecchia l'interazione tra litotipo e circolazione sotterranea, evidenzia già dalla pk 4+000 una sostanziale stabilizzazione dei caratteri salienti, evidenziando un miscelamento tra acque profonde, a lenta circolazione, e acque fresche di ricarica diretta.

In definitiva, per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici si ritiene che nel tratto 7+020 – 7+592 le condizioni si mantengano identiche a quelle dell'ultima parte del cunicolo, con una generale modesta entità delle venute d'acqua in galleria.



## 6. La compatibilità ambientale dell'opera

Nel seguito, per ogni componente di riferimento già esaminata nello Studio di Impatto Ambientale e oggetto di monitoraggio, è riportato un quadro analitico organizzato secondo il seguente schema metodologico:

- Le previsioni degli studi pregressi: in cui viene richiamato il profilo valutativo espresso nello Studio di Impatto Ambientale o negli studi di approfondimento fatti in fase di progetto esecutivo;
- Analisi delle prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/2010 in cui per ogni componente sono associate le prescrizioni di riferimento, suddividendo quelle di fase esecutiva o di fase realizzativa, le modalità di ottemperanza e il rimando agli elaborati di riferimento predisposti nel corso dell'iter procedurale di verifica di ottemperanza;
- Illustrazione delle misure mitigative adottate per ciascuna componente con evidenza dei presidi realizzati;
- Illustrazione degli esiti del monitoraggio, con l'illustrazione delle correlazioni, se esistenti, tra le attività di cantiere e gli esiti del monitoraggio;
- Illustrazione del quadro di compatibilità dell'opera rispetto alla componente mediante la verifica del rispetto delle valutazioni fatte in fase previsionale, la valutazione dell'efficacia degli interventi mitigativi adottati e l'individuazione circa l'eventuale presenza di impatti residui;
- L'illustrazione circa la possibilità di acquisire ulteriori conoscenze circa le interazioni opera/componente qualora lo scavo proseguisse sino alla pK 7+592 e non si arrestasse alla pK 7+020.

Si sottolinea come le correlazioni fra le attività di cantiere ed i dati del monitoraggio ambientale siano state effettuate sulla base delle effettive lavorazioni attive in corso d'opera, riportate in dettaglio nel documento MAD\_CUN\_GDE\_0001\_*Descrizione delle principali Attività di Cantiere\_2012-2017\_Ø*.

### 6.1 Atmosfera

Nel presente paragrafo saranno analizzate le tematiche relative all'atmosfera, con particolare riferimento al particolato, rimandando la trattazione relativa alle eventuali conseguenze di intercettazione di materiali pericolosi, quali l'amianto, al capitolo specifico.

#### 6.1.1 Le previsioni degli studi pregressi

In fase previsionale, lo Studio di Impatto Ambientale, aveva identificato le seguenti pressioni ambientali:

- Diffusione e sedimentazione di polveri per le attività di scavo, costruzione e specialmente di movimentazione e stoccaggio temporaneo e definitivo del marino a Maddalena;
- Emissioni inquinanti dovute ai mezzi di cantiere;

Nello specifico nello Studio di Impatto Ambientale si era quindi prevista una alterazione dello stato della qualità dell'aria, che essendo solo legata alla fase di costruzione, risultava **temporanea e reversibile**. Il livello di impatto era previsto complessivamente basso in ragione dei seguenti elementi:

- la scarsa presenza di ricettori all'interno del bacino che contiene imbocco galleria e area di cantiere, anche per il fatto che il sito di stoccaggio del marino era localizzato in prossimità delle due aree operative;
- l'entità contenuta del funzionamento dei mezzi di trasporto utilizzati per la gestione del cantiere con specifico riferimento al trasporto del marino nel sito di deposito.

In ottemperanza alla prescrizione n.4 della Delibera Cipe 86/2010 è stato approfondito il tema della dispersione degli inquinanti con apposita simulazione i cui risultati sono confluiti in uno studio specifico (cfr MS1\_0228\_02-00-00\_10\_28 e connessi elaborati cartografici).

Nello stralcio planimetrico che segue sono evidenziati con cerchi rossi i punti specifici in cui sono state calcolate le concentrazioni degli inquinanti.

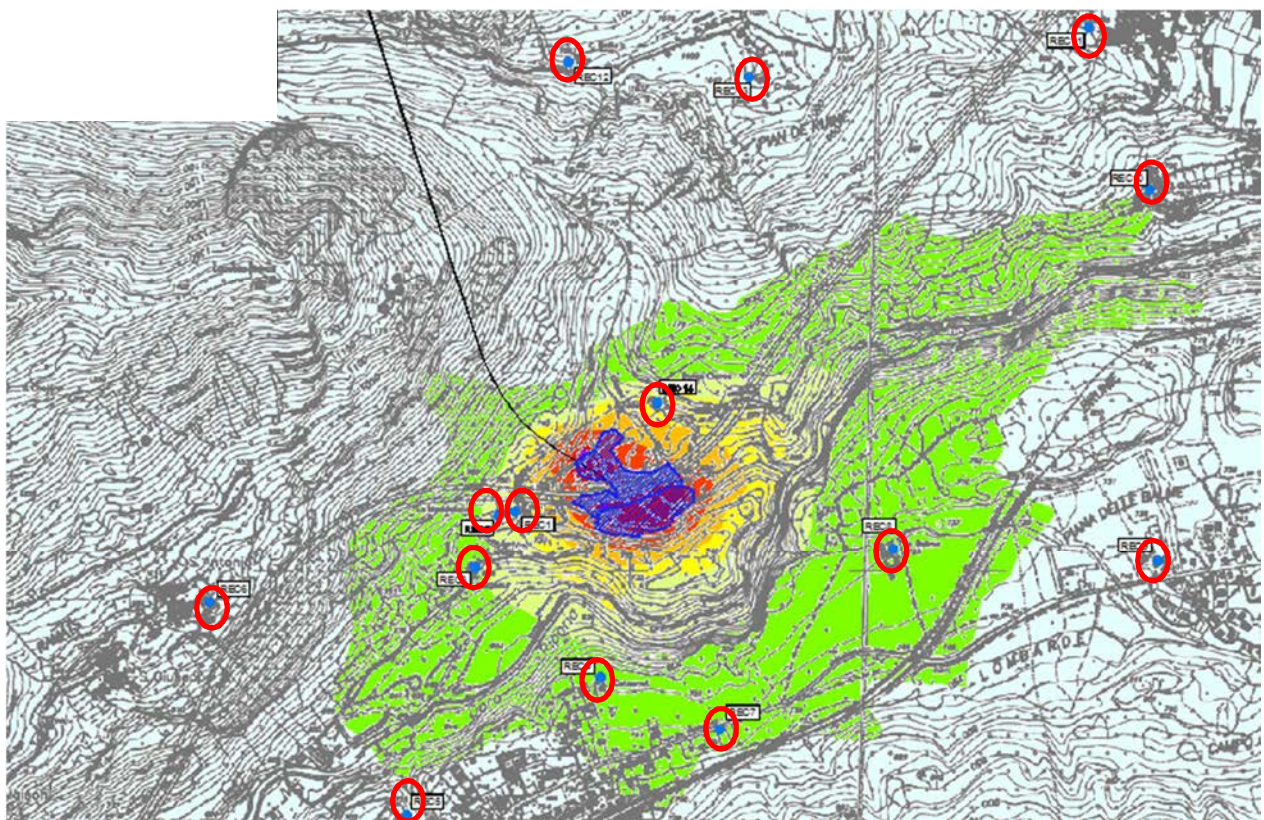


Figura 55 – Localizzazione dei punti di calcolo per le simulazioni degli inquinanti

Nel dettaglio i ricettori inseriti nel modello di dispersione sono riportati nella tabella seguente.

<b>COD.</b>	<b>COORD X</b>	<b>COORD Y</b>	<b>QUOTA (m)</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>REC1</b>	163359	43868	724.0	Museo archeologico "La Maddalena"
<b>REC2</b>	163316	43863	723.38	Azienda agricola
<b>REC3</b>	163249	43708	691.1	Chiomonte - Regione Seigneur
<b>REC4</b>	163598	43402	720.4	Chiomonte – Fraz. Cotsonet
<b>REC5</b>	163059	43020	733	Chiomonte
<b>REC6</b>	162509	43612	991.2	Chiomonte – S. Antonio
<b>REC7</b>	163929	43258	736.9	Chiomonte – SS24
<b>REC8</b>	164413	43761	723.2	Chiomonte – Fraz. Le Balme
<b>REC9</b>	165150	43727	739.9	Gravere
<b>REC10</b>	165126	44762	696.8	Giaglione – Fraz. S. Giovanni
<b>REC11</b>	164957	45210	826.6	Giaglione – Fraz. S. Antonio
<b>REC12</b>	163508	45114	1062.2	Giaglione – C. Boliu
<b>REC13</b>	164011	45073	1052.0	Giaglione – Fraz. Cresto
<b>REC14</b>	163757	44156	617.06	Borgo Clarea

Tabella 47 – Ricettori discreti inseriti nel modello di dispersione

Nel suddetto studio è stata simulata la dispersione, per la fase in scavo tradizionale e in scavo con TBM, di:

- PM 10;
- PM 2,5;
- NO<sub>2</sub>;
- SO<sub>2</sub>;
- Benzene.

Le conclusioni dello studio, avevano portato a stimare che l'impatto generato dalla ricaduta al suolo degli inquinanti emessi in aria si potesse ritenere conforme alla legislazione vigente e tale da non alterare significativamente lo stato attuale dell'ambiente.

### **6.1.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10**

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente atmosfera con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>4</b>	Studio anemologico di dettaglio al fine di definire ulteriori specifiche misure mitigative per evitare superamenti, imputabili alle emissioni di polveri e degli altri principali inquinanti	RAPPORTO FINALE SULLO STUDIO ANEMOLOGICO E SIMULAZIONI ATMOSFERICHE	Allegato 2	Ottemperato
	<b>17</b>	<p>Dettagliare la cantierizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- specificando la quantità e la qualità delle immissioni in atmosfera degli inquinanti e delle polveri e le misure per evitare superamenti, imputabili alle attività di cantiere, dei valori previsti dalla normativa vigente, anche adottando la stabilizzazione delle piste di cantiere con leganti;</li> </ul>	Per limitare l'immissione di polveri in atmosfera, il progetto prevede che l'intera area di cantiere sia pavimentata. Le soglie di riferimento e le relative eventuali azioni correttive che verranno intraprese sono riportate in dettaglio nei capitoli sulla qualità dell'aria (cap. 2.1 e 3.1) del Piano di Gestione Ambientale.	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) MAD_EXE_VEN_001 9_Cantierizzazione - Relazione illustrativa</li> <li>2) MAD_EXE_VEN_003 0_Cantierizzazione - Planimetria fase operativa</li> <li>3) MAD_EXE_VEN_009 6_Piano di Gestione Ambientale</li> <li>4) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale</li> </ul>	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	87	<p>Il piano di monitoraggio atmosferico dovrà essere integrato con le seguenti informazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aggiungere alla lista dei metalli pesanti da misurare nel PM10 anche l'arsenico e il mercurio così come previsto dalle norme vigenti;</li> <li>- aggiungere alla lista dei composti da misurare nel PM10 anche il benzo(a)pirene così come previsto dalle norme vigenti;</li> <li>- sostituire la misura del PTS con il PM 2,5 (Direttiva Europea 50/2008);</li> <li>- eseguire misure di deposizioni totali per i principali metalli tossici e IPA;</li> <li>- ampliare la durata delle singole campagne di misura tramite il mezzo mobile al fine di incrementare la rappresentatività temporale;</li> <li>- prevedere campagne di campionamento direzionale/alta risoluzione temporale del particolato finalizzate alla misura delle concentrazioni dei metalli / IPA in prossimità delle sorgenti di cantiere;</li> <li>- individuare e quantificare nei campioni di particolato i traccianti chimici dei materiali di risulta;</li> <li>- prevedere campagne di conteggio delle particelle per classi dimensionali sia presso le sorgenti sia presso i recettori;</li> </ul>	<p>1) La prescrizione viene ottemperata ad eccezione del piano sulle acque sotterranee e superficiali, non di competenza dell'Appaltatore. Il monitoraggio della radioattività in campioni di smarino viene effettuato con le modalità descritte nell'apposito documento e ai cap. 2.7 e 3.7 del Piano di Gestione Ambientale.</p> <p>2) recepito piano monitoraggio ambientale</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_009 4_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo</p> <p>2) MAD_EXE_VEN_009 6_Piano di Gestione Ambientale</p> <p>3) PP2MA3FEN01012AP NOT</p>	Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
		- prevedere campagne di misura delle deposizioni totali e quantificazione dei principali elementi o composti in esse presenti.			
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>98</b>	Vengano attivati programmi di manutenzione dei mezzi finalizzati al mantenimento di livelli ottimali delle prestazioni emissive delle apparecchiature utilizzate e l'attivazione di misure mitigative per limitare la dispersione di materiale particolato.	In ottemperanza alla prescrizione verranno effettuati controlli periodici dei mezzi finalizzati al mantenimento di livelli ottimali delle prestazioni emissive sia di particolato che acustiche.	Registro macchine	Ottemperato
	<b>107</b>	Prevedere punti di rilevazione polveri e vibrazioni nell'area archeologica della Maddalena		recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	118	Dovrà essere effettuata la bagnatura periodica delle aree di cantiere e dei mezzi.	All'occorrenza si procederà alla bagnatura dei mezzi e delle piste di cantiere, come riportato fra le possibili azioni di mitigazione per salvaguardare la qualità dell'aria negli appositi capitoli (2.1 e 3.1) del PGA. Viene predisposto un apposito registro della bagnature conservato presso gli uffici di cantiere dell'Appaltatore.	1) MAD_EXE_VEN_009 6_Piano di Gestione Ambientale 2) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale 3) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Otteperato
	119	Tutti i macchinari di servizio dovranno essere a norma CE e soggetti a manutenzione.	I macchinari di servizio saranno a norma CE e soggetti a manutenzione e verifica periodica. Ove non possibile la marcatura CE sarà sstituita da perizia asseverata validata dalla Direzione Lavori.	1) REGISTRO MACCHINE 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Otteperato
	122	I mezzi dovranno essere omologati rispetto ai limiti di emissione stabiliti dalle più recenti norme nazionali e comunitarie.	Nella stipulazione dei contratti con i fornitori dei mezzi e delle attrezzature sarà inserita una clausola che vincoli all'utilizzo di mezzi che rispettino le più recenti norme nazionali e comunitarie.	1) REGISTRO MACCHINE 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Otteperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
	<b>123</b>	Le macchine operatrici "off road" saranno dotate di motore a combustione a ciclo diesel e devono essere dotate di specifici sistemi di contenimento del particolato ad alta efficienza.	Nella stipulazione dei contratti con i fornitori dei mezzi e delle attrezzature sarà inserita una clausola che vincoli all'utilizzo di mezzi che rispettino le più recenti norme nazionali e comunitarie.	1) REGISTRO MACCHINE 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>124</b>	I gruppi elettrogeni utilizzati dovranno essere dotati di specifici sistemi di contenimento delle emissioni di particolato.	Nella stipulazione dei contratti con i fornitori dei mezzi e delle attrezzature sarà inserita una clausola che vincoli all'utilizzo di mezzi che rispettino le più recenti norme nazionali e comunitarie.	1) REGISTRO MACCHINE 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>125</b>	I programmi di manutenzione dovranno prevedere interventi specificatamente finalizzati a mantenere a livelli ottimali le prestazioni emissive delle apparecchiature utilizzate.	In ottemperanza alla prescrizione verranno effettuati controlli periodici dei mezzi finalizzati al mantenimento di livelli ottimali delle prestazioni emissive sia di particolato che acustiche.	1) REGISTRO MACCHINE 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>126</b>	Saranno previsti i teli protettivi a chiusura dei cassoni degli autocarri.	Saranno previsti teli protettivi a chiusura dei cassoni degli autocarri.	1) REGISTRO MACCHINE 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>127</b>	Gli eventuali impianti di betonaggio, di frantumazione-vagliatura e recupero di inerti devono essere autorizzati per le emissioni in	1) Non sono previsti impianti di betonaggio, di frantumazione-vagliatura e recupero di inerti	recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato



Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
		atmosfera ai sensi della normativa vigente.	all'interno delle aree di cantiere.  2) Qualora detti impianti venissero allestiti secondo la normativa vigente.		

**Tabella 48 - Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente atmosfera**

### 6.1.3 Le misure mitigative adottate

Volendo descrivere le misure mitigative adottate per la componente occorre, sulla base delle caratteristiche del progetto e di come si sono realizzate le opere, distinguere ed evidenziare due diversi livelli:

1. Il livello delle scelte di base effettuate in sede di elaborazione di progetto sin dalla sua fase preliminare;
2. Il livello delle scelte e misure specifiche messe in atto in fase di gestione del cantiere.

Con riferimento al primo punto, occorre evidenziare che la scelta di localizzazione del cantiere, lontano dai ricettori e in un contesto territoriale morfologicamente isolato, e, ancor di più quella di individuare come sito di deposito un'area adiacente al cantiere operativo per la realizzazione del cunicolo, sono state indubbiamente fondamentali. In particolare si evidenzia che la movimentazione del marino, dal punto di estrazione dell'imbocco al sito di deposito definitivo è stata minimizzata il più possibile. Infatti il marino dall'uscita della galleria su nastro, veniva trasferito, sempre su nastro trasportatore chiuso per limitare la dispersione di polvere, nei cumuli temporanei per la caratterizzazione.



Figura 56 – Cumuli temporanei in cui il marino viene trasferito tramite nastri trasportatori chiusi

Dai cumuli temporanei, a valle della caratterizzazione, veniva caricato su mezzo il trasporto al sito di deposito adiacente (cfr figura seguente). Si tenga presente che questa attività di trasporto dal cumulo temporaneo al sito di deposito ha previsto **non più di due mezzi** contemporanei in funzione (1 dumper e 1 autocarro) limitando quindi le emissioni legate al trasporto.



**Figura 57 – Localizzazione dei cumuli temporanei (freccia rossa) rispetto al sito di deposito definitivo (freccia verde)**

Si osservi, dall’immagine di cui sopra, la ridottissima distanza tra il cumulo temporaneo e il sito di deposito definitivo.

Con riferimento al secondo punto, vale a dire le misure specifiche previste, queste sono state attuate secondo le modalità operative individuate dal Piano di Gestione Ambientale, concordato con l’ente di controllo (Arpa Piemonte).

Anzitutto si segnala la pavimentazione delle viabilità interne e dei piazzali come da immagini seguenti.



**Figura 58 – Pavimentazione di viabilità e piazzali**

Inoltre si è dotato il cantiere di impianto lavar ruote per i mezzi che uscivano dall’area operativa.



**Figura 59 – Impianto lavar ruote per i mezzi**

E' stata prevista inoltre la bagnatura delle viabilità (con impianto), dei piazzali e all'uso, ove necessario, di cannone d'acqua a bassa pressione per i cumuli temporanei, oltre che, come già ricordato, alla copertura dei nastri trasportatori.



**Figura 60 – Impianto automatico di bagnatura della viabilità**



**Figura 61 – Bagnatura dei piazzali**



**Figura 62 – Cannone a bassa pressione**



**Figura 63 – Nastro trasportatore coperto**

### 6.1.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale

Con riferimento agli esiti del monitoraggio ambientale, a sintesi dei risultati ottenuti, nelle immagini che seguono sono riportati i grafici relativi alle concentrazioni di PM10 delle stazioni oggetto di monitoraggio esterno e le produzioni mensili del Cantiere suddivise negli anni e nei mesi di attività.

Di seguito di riporta l'elenco delle stazioni oggetto di monitoraggio e la relativa ubicazione sul territorio:

#### A3 – Comune di SUSÀ

A3.1b – Scuole Medie

#### A5 – Comuni di CHIOMONTE - GRAVERE

A5.1b – Scuole elementari

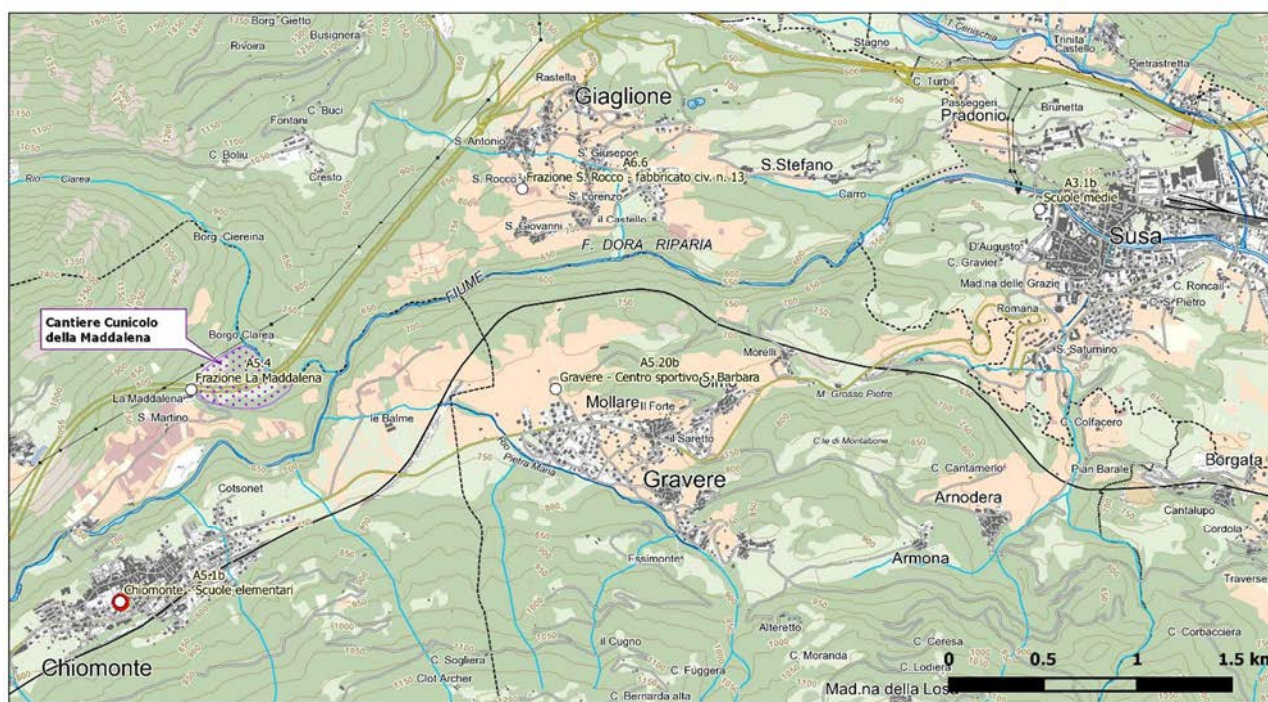
A5.4 – Frazione La Maddalena

A5.20b – Gravere – Centro Sportivo S. Barbara

#### A6 – Comune di GIAGLIONE

A6.6 – Frazione San Rocco

## Punti monitoraggio atmosfera



#### Punti monitoraggio LTF - Staz. di sorveglianza

- Polveri
- Cantiere La Maddalena

#### Punti monitoraggio ARPA

- Qualità aria, Polveri

Figura 64 - Planimetria stazioni di monitoraggio Atmosfera (Fonte ARPA Piemonte)

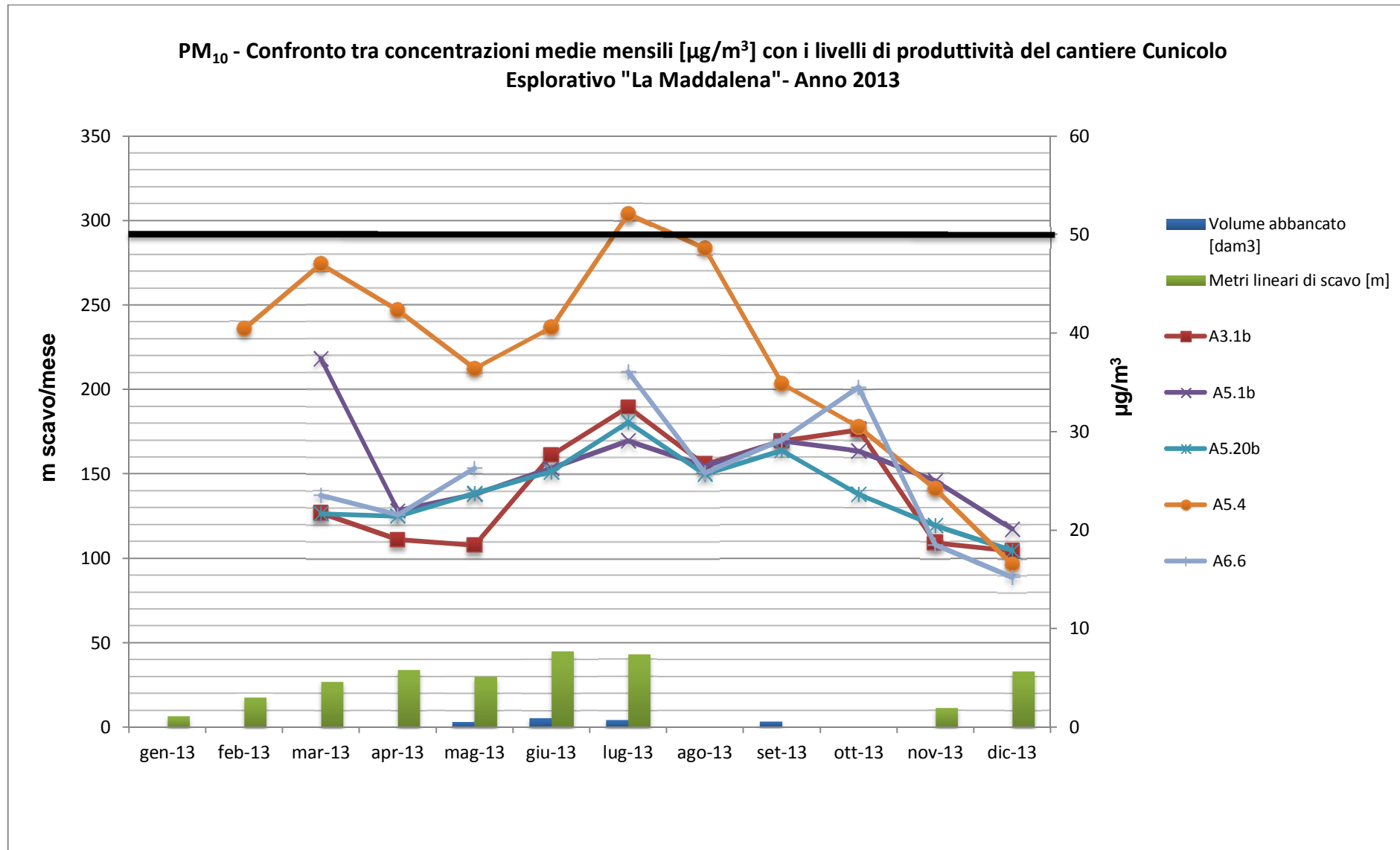


Figura 65 – Anno 2013 – PM<sub>10</sub> – Postazioni di monitoraggio esterne al cantiere

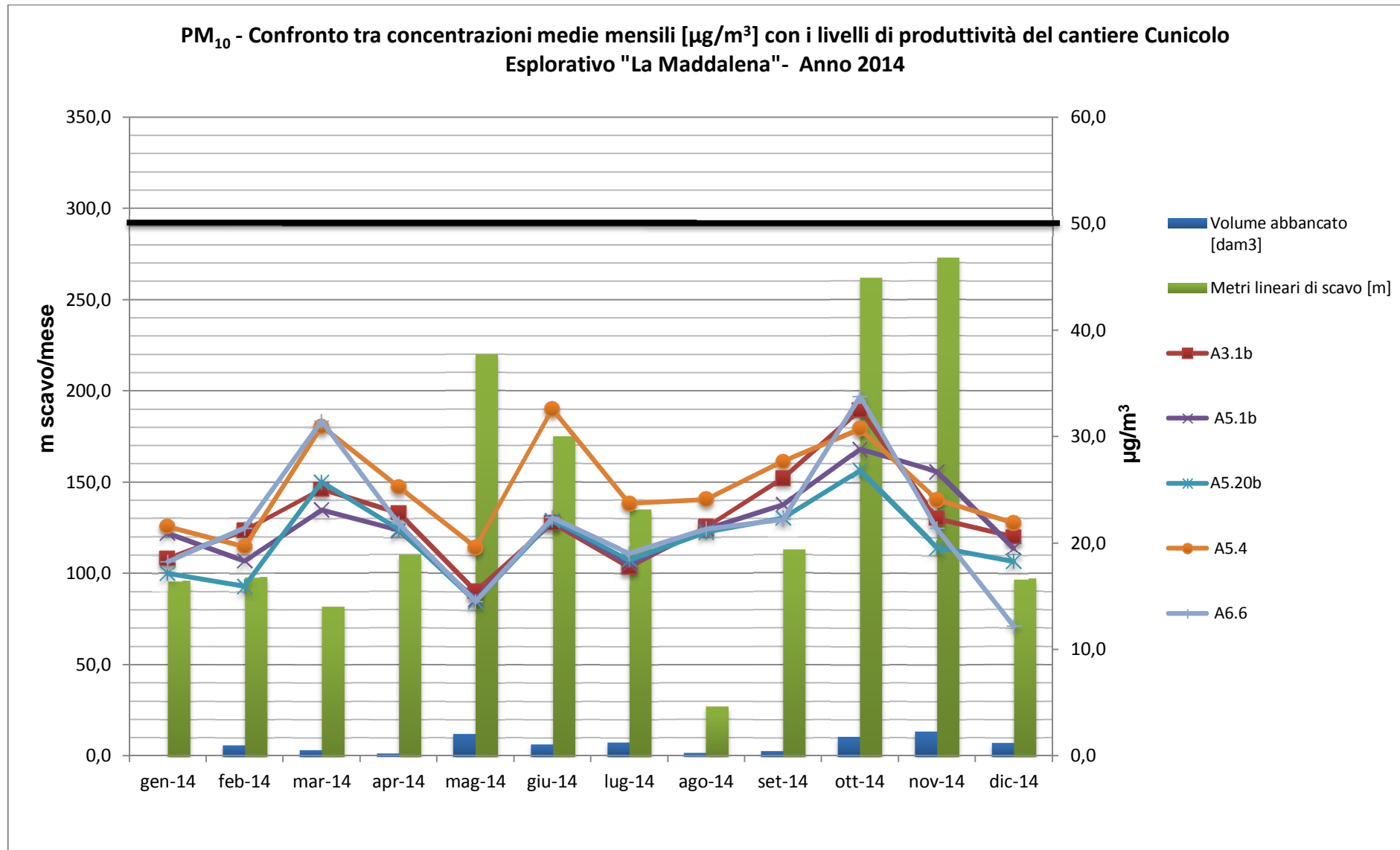


Figura 66 – Anno 2014 – PM<sub>10</sub> – Postazioni di monitoraggio esterne al cantiere

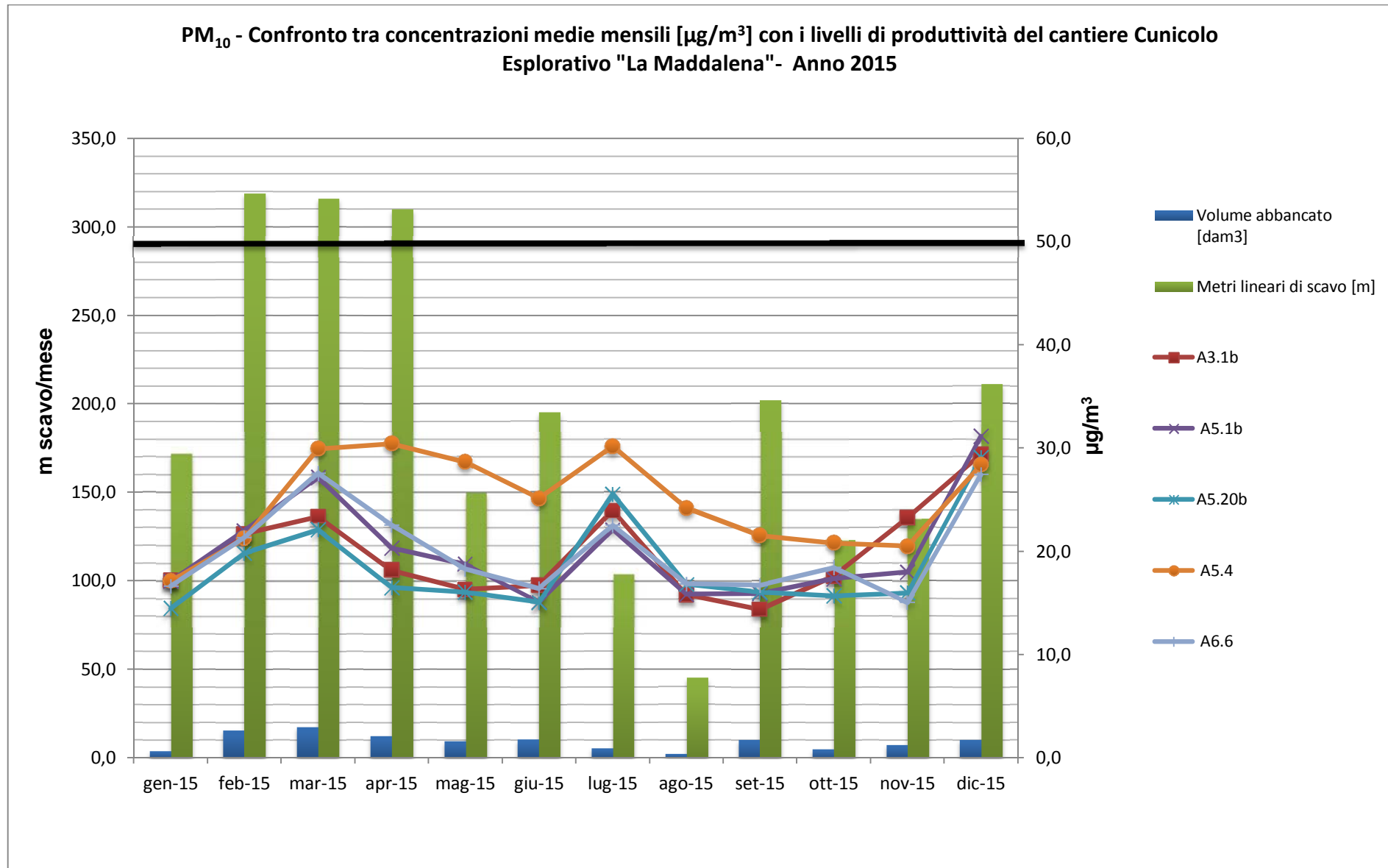


Figura 67 – Anno 2015 – PM<sub>10</sub> – Postazioni di monitoraggio esterne al cantiere



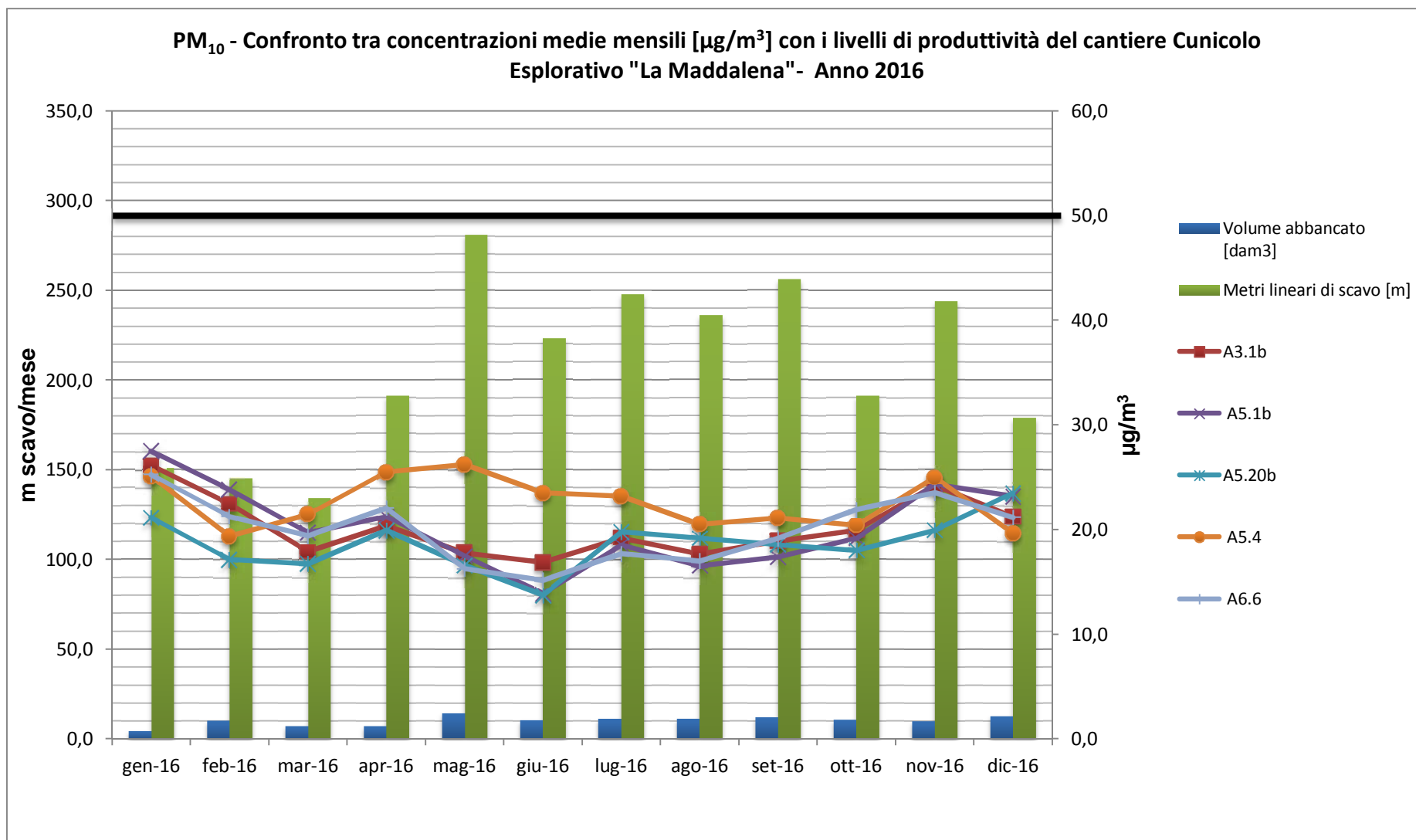
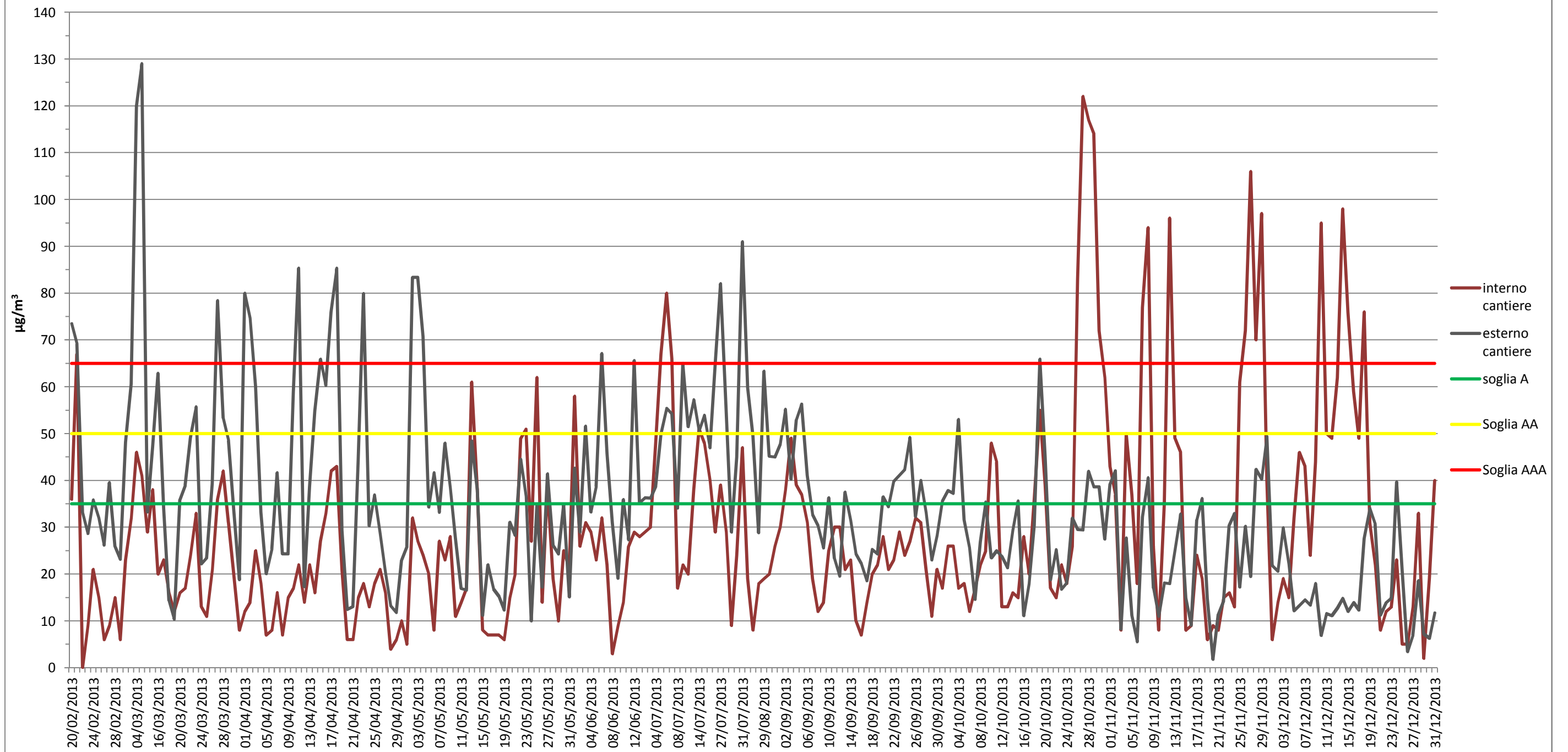


Figura 68 – Anno 2016 – PM<sub>10</sub> – Postazioni di monitoraggio esterne al cantiere

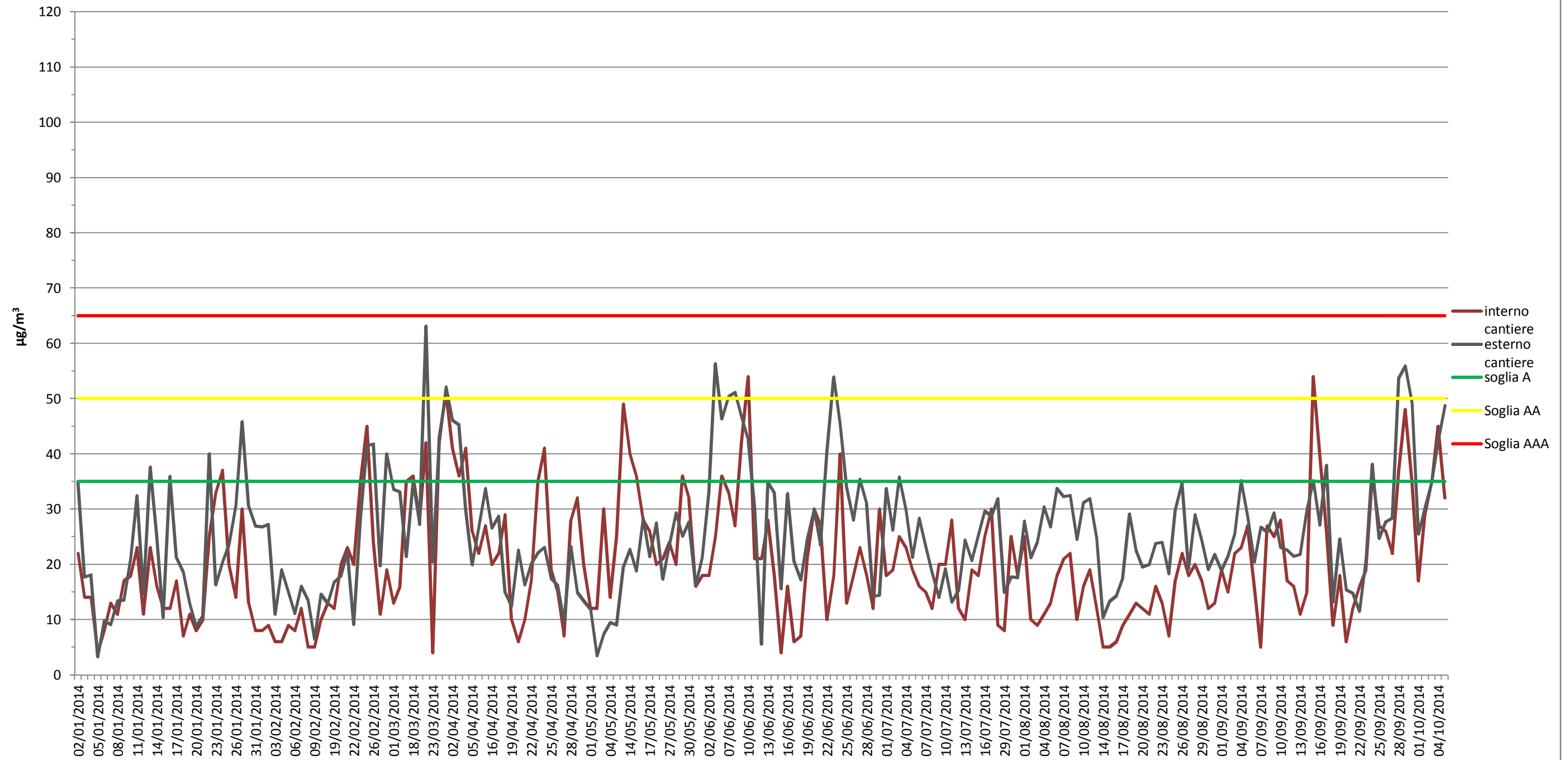
Dai grafici sopra riportati si evince che non sussistono relazioni dirette tra le concentrazioni di PM10 e le produzioni del cantiere e che i valori di concentrazione rientrano nella variabilità naturale del parametro. L'unico anno in cui si è mostrato un superamento della soglia di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , rappresentata in figura dalla retta di colore nero, è stato il 2013 in cui l'assetto del cantiere non aveva ancora assunto la sua configurazione definitiva.

Vale la pena anche sintetizzare, rispetto alle PM10, i dati derivanti dal monitoraggio interno cantiere che, per loro natura, non sono riferibili al contesto ambientale esterno, in quanto riferiti all'area di cantiere nella quale non sono applicabili i limiti ambientali previsti dalla normativa. Nei grafici seguenti sono riportati gli andamenti, anno per anno, dei superamenti dei livelli di soglia, identificati sulla base del Piano di Gestione Ambientale come (A)=  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , (AA)=  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e (AAA) =  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , misurati nel monitoraggio in continuo delle PM10. Il confronto è effettuato in relazione al monitoraggio effettuato in corrispondenza del Museo Archeologico della Maddalena. Si evidenzia anzitutto un andamento dei valori tra esterno e interno cantiere equivalente. A conferma di quanto sopra richiamato si sottolinea come i valori del 2013 siano tendenzialmente più elevati rispetto a quelli degli anni successivi.

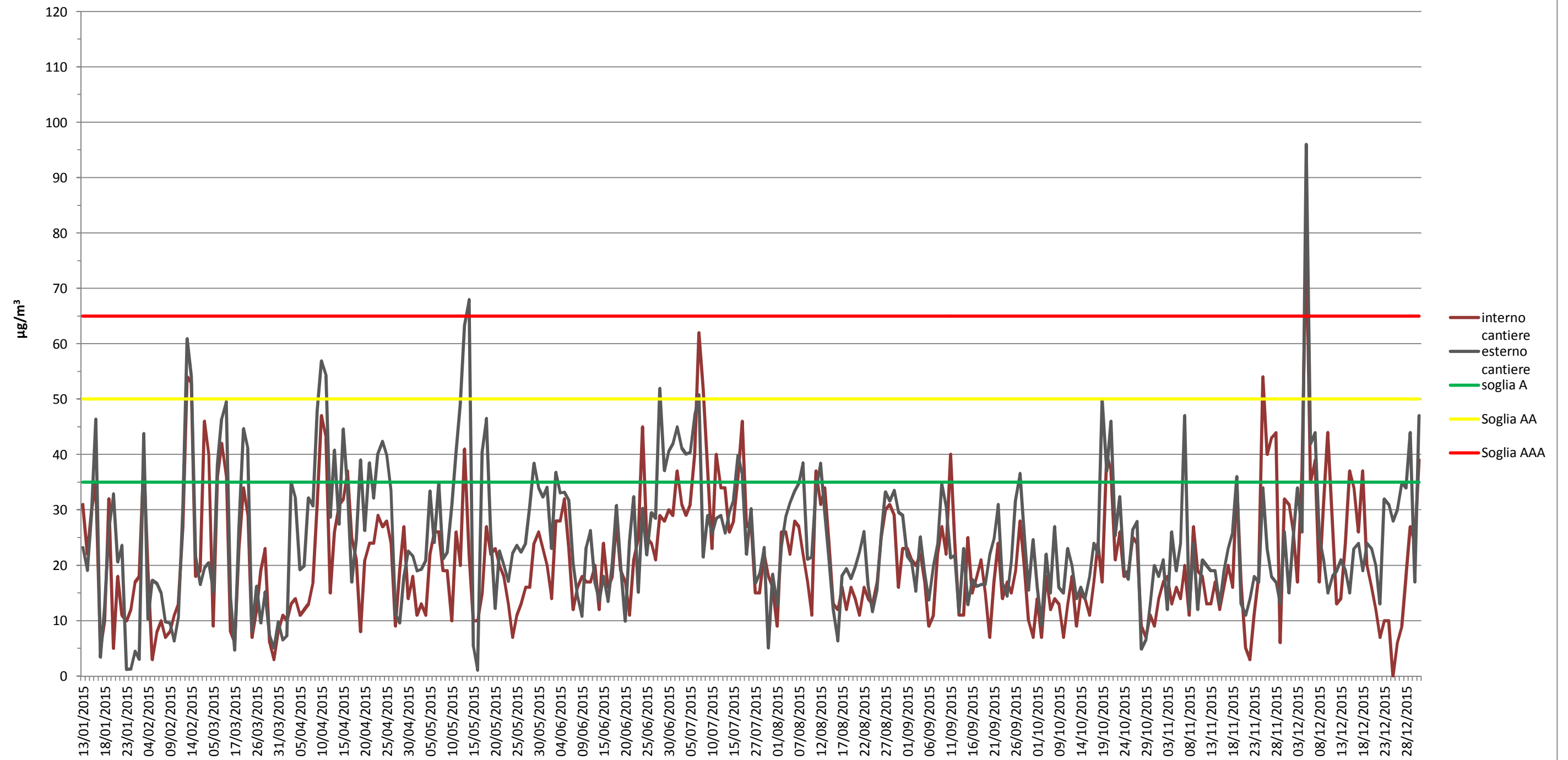
PM<sub>10</sub> - Concentrazioni misurate all'interno e all'esterno del Cantiere - Anno 2013



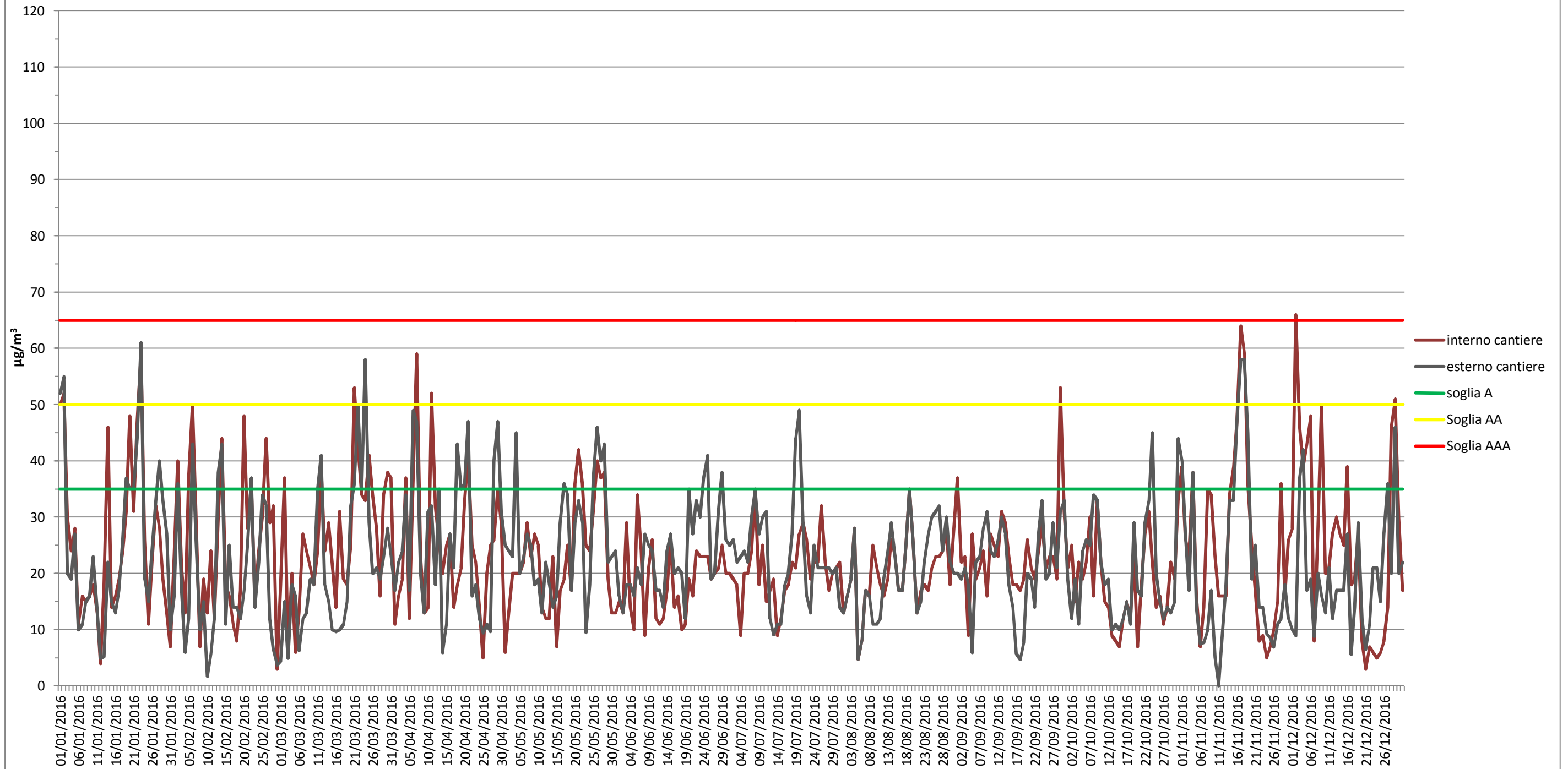
PM<sub>10</sub> - Concentrazioni misurate all'interno e all'esterno del Cantiere - Anno 2014



PM<sub>10</sub> - Concentrazioni misurate all'interno e all'esterno del Cantiere - Anno 2015



PM<sub>10</sub> - Concentrazioni misurate all'interno e all'esterno del Cantiere - Anno 2016



### 6.1.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente

I dati di monitoraggio ambientale delle stazioni esterne al cantiere nel corso degli anni, hanno confermato le valutazioni degli studi previsionali, mettendo in luce un aumento moderato delle concentrazioni di inquinanti e PM10 nelle stazioni più prossime al cantiere (museo archeologico della Maddalena) che però si è mantenuto entro i limiti di legge. Per altro tutte le stazioni di monitoraggio hanno mostrato andamenti ben correlati con le stazioni di riferimento ARPA.

Per i PM10 e gli altri inquinanti non è identificabile una stretta correlazione tra produzione dello scavo e volumi abbancati con i valori misurati. Questa assenza di correlazione consente di poter affermare che, rispetto alle condizioni stazionali specifiche (localizzazione, morfologia, dati meteorologici e livelli di qualità esistenti), il contesto ambientale è stato in grado di tollerare senza ricadute negative le pressioni, di carattere temporaneo, reversibili e di basso livello, indotte dall'opera così come è stata concepita nelle sue soluzioni funzionali di base e successivamente realizzata.

Il monitoraggio del particolato, inteso come PM<sub>10</sub>, è stato condotto, nell'ambito dell'area di cantiere, sia nel periodo ante operam, antecedente all'inizio delle attività di cantiere, sia durante il corso d'opera, in concomitanza con le lavorazioni previste dalla realizzazione del Cunicolo Esplorativo. In particolare per la fase di ante operam si fa riferimento al monitoraggio del 2012 in corrispondenza del Museo Archeologico della Maddalena (Staz. A5.4), mentre per la fase di corso d'opera sono stati presi in conto sia i dati relativi al monitoraggio interno al cantiere sia quelli in corrispondenza del Museo Archeologico della Maddalena per il quale, come richiamato da ARPA, non è applicabile il limite normativo previsto dal D.Lgs 155/10 in quanto, essendo nelle immediate vicinanze del cantiere, per lo stesso decreto i valori ivi misurati sono riconducibili ad un particolare microambiente e non possono quindi essere rappresentativi della esposizione della popolazione.

Il monitoraggio ante operam è stato realizzato durante l'anno 2012, nel periodo aprile-ottobre. Nella tabella seguente sono riportati i dati di concentrazione medie misurati nell'ante operam, sia per la centralina A5.4 che è localizzata sul perimetro del cantiere (e in questa sede, in linea con quanto valutato da ARPA, considerata di pertinenza del cantiere), sia per le centraline esterne, situate sul territorio circostante.

La concentrazione media di PM<sub>10</sub> misurata in ante operam alla centralina A5.4 (considerata connessa al cantiere) è pari a 34,5 µg/m<sup>3</sup>. Nelle centraline esterne al cantiere, in ante operam, la concentrazione media misurata è pari a 21,8 µg/m<sup>3</sup>.

A partire dal 2013 è iniziata la campagna di monitoraggio delle polveri in fase di corso d'opera. I dati medi annuale misurati in ciascun anno e nell'arco di tempo totale (2013-2016) sono riportati nella tabella e nel grafico seguenti. La media dei dati giornalieri di concentrazione di polveri misurate nelle due centraline afferenti al cantiere, nell'arco temporale 2013-2016 è pari a 25 µg/m<sup>3</sup>. La media delle concentrazioni misurate nello stesso arco temporale in tutte le centraline esterne è pari a 21,4 µg/m<sup>3</sup>.

Fase di progetto	Anno	Concentrazione media di PM <sub>10</sub> all'interno del cantiere (Centraline A5.4 e Interna PM fisso)	Concentrazione media di PM <sub>10</sub> nelle centraline esterne al cantiere				
			A3.1b	A5.1b	A5.20b	A6.6	Tutte le centraline esterne
Ante operam	2012	34.5	25.6	23.8	23.9	13.6	21.8
Corso d'opera	2013	32.0	25.0	27.0	24.7	26.0	26.1
	2014	22.8	22.2	21.6	20.3	21.8	21.5
	2015	23.1	19.8	20.2	18.6	20.0	19.6
	2016	22.9	20.2	20.3	18.7	20.0	19.8
	2013-2016	25.0	21.5	21.8	20.1	21.4	21.4

Tabella 49 – Valori di concentrazione di PM<sub>10</sub> misurati nelle centraline interne ed esterne al cantiere in AO e in CO

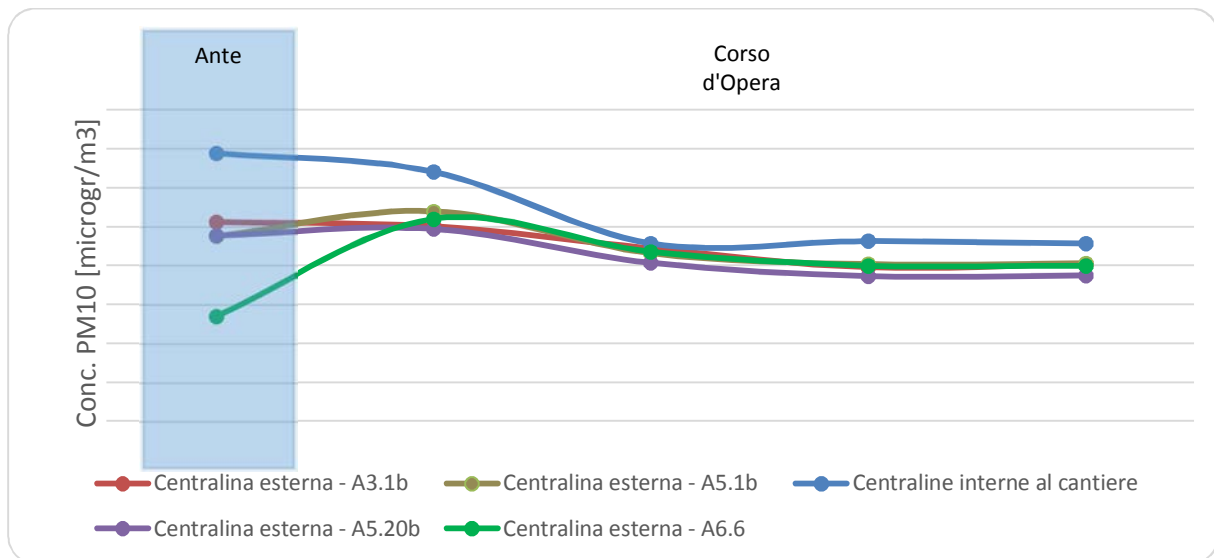


Figura 69 – Valori di concentrazioni di PM<sub>10</sub> nelle postazioni di monitoraggio di AO e di CO

Dai dati riportati in tabella e dal grafico si può notare che le centraline esterne, a partire dal 2013, presentano una situazione generalmente uniforme tra loro. Le centraline afferenti al cantiere presentano una concentrazione lievemente più elevata rispetto a queste (con un incremento dell'ordine di 3 µg/m<sup>3</sup>), che può essere correlato alle lavorazioni del cantiere. Quindi, all'interno e al perimetro del cantiere si potrebbe assumere un aumento valutabile in circa 3 µg/m<sup>3</sup> della concentrazione media di PM<sub>10</sub> per effetto delle attività di cantiere. Detta ipotesi risulta comunque cautelativa se si analizzano i dati di monitoraggio ante operam, dove si osserva, per le misure condotte presso l'area di cantiere, una riduzione dei livelli di concentrazione.

Sempre in tema di confronto con le condizioni di qualità dell'aria ante operam, si può lo stesso verificare un andamento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> non influenzato dalle attività di cantiere. Come si osserva nella tabella e grafici sopra riportati, le stazioni di misura esterne, infatti, mostrano nel complesso livelli di concentrazioni sostanzialmente non modificati rispetto alla condizione preesistente ai lavori.



In particolare si vuole evidenziare che l'impianto mitigativo adottato all'interno di cantiere, ha consentito di determinare, all'interno delle aree di lavoro esterne, livelli qualitativi conformi anche ai limiti normativi ambientali anche se non applicabili.

Le tipologie di impatti riscontrati e il loro livello, sono di carattere temporaneo e reversibile in quanto unicamente legati alla fase di cantiere, e non determinano nessun tipo di ricaduta residuale nel tempo di riferimento del post operam.

In ultimo si evidenzia che, sulla base dell'analisi dei dati relativi al monitoraggio interno al cantiere, l'anno in cui si sono manifestati un maggior numero di raggiungimenti della soglia di intervento è stato il 2013. Anno in cui l'attività prevalente è stato lo scavo della prima parte in tradizionale e si sono completati gli allestimenti di cantiere e predisposte le strutture per l'utilizzo della TBM che ha iniziato a scavare solo negli ultimi due mesi dell'anno. Si tratta per tanto di un anno in cui il cantiere non è stato caratterizzato dalle attività ordinarie (scavo con TBM) ma da lavorazioni particolari e preparatorie.

#### ***6.1.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592***

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non determinerebbe ulteriori lavorazioni di natura preparatoria (come quelle del 2013) e quindi più sensibili dal punto di vista ambientale;
- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 avverrebbe con tecniche e modalità esecutive identiche a quelle utilizzate per lo scavo sino alla pK 7+020; pertanto non si configura la possibilità di generare fattori di impatto diversi da quelli sino ad ora prodotti;
- In ragione di quanto sopra e in relazione ai dati di monitoraggio ambientale, che non rilevano criticità né a scala locale né a scala territoriale, si ritiene che la prosecuzione dello scavo non contribuirebbe ad approfondire il livello conoscitivo dei fenomeni diffusivi ampiamente analizzati in tutti gli anni di lavoro sino ad oggi monitorati.

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando, per altro, la compatibilità dell'opera e delle tipologie di lavorazione rispetto alle esigenze di tutela e salvaguardia della qualità dell'aria a scala locale e territoriale.

## **6.2 Ambiente idrico superficiale**

### ***6.2.1 Le previsioni degli studi pregressi***

Lo Studio di Impatto Ambientale aveva identificato le seguenti pressioni:

- Rischio, in caso di evento meteorico eccezionale, di esondazione del Clarea sull'area di cantiere;
- Rischio di prelievo eccessivo dal Clarea stesso per l'approvvigionamento idrico del cantiere (usi civili ed industriali);
- Per le acque superficiali: rischio di intorbidamento o sversamento di inquinanti nelle acque del torrente Clarea durante la fase di cantiere.

Per quanto attiene i temi legati al rischio idraulico, già le verifiche fatte in moto uniforme in sede di progettazione definitiva, avevano evidenziato, che le aree impegnate dal cantiere e dal deposito erano da considerarsi in zone sicure.

Sempre in fase di progettazione definitiva era stato appurato che il prelievo dal Clarea, avrebbe consentito di rispettare il DMV (deflusso minimo vitale) che garantisce la capacità auto depurativa di un corso d'acqua e la conservazione degli habitat acquatici.

Per quanto riguardava i rischi di intorbidamento ed inquinamento delle acque del torrente Clarea, questi erano legati all'attività di cantiere, riconducibili ad inquinamenti dovuti a materiali cementizi e derivati, oli ed idrocarburi, metalli pesanti e altre sostanze pericolose usate nei cantieri. Il rischio di tali accadimenti era stato giudicato di bassa entità, di carattere temporaneo, reversibile e mitigabile.

Un ulteriore tema oggetto di attenzione nella progettazione è stato quello del rischio di venute in galleria nel tratto di sottoattraversamento del Torrente Clarea, in relazione allo spessore della copertura di 245 m nel tratto corrispondente al tracciato della galleria.

In ottemperanza alle prescrizioni 7 e 61 della Delibera CIPE 86/2010, in fase di progettazione esecutiva, è stata predisposta una verifica idraulica in moto vario bi-dimensionale, ossia con un grado di approfondimento maggiore rispetto all'ipotesi di moto uniforme effettuata in fase di progettazione definitiva. La modellazione ha permesso di verificare la sicurezza del cantiere rispetto allo scenario di durata temporale del cantiere del Cunicolo.

### ***6.2.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10***

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente ambiente idrico superficiale con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
<b>ESECUTIVA</b>	<b>7</b>	Approfondire lo studio idraulico, sottoponendole a specifico parere dell'Adb del Po, soprattutto per la verifica metodologica delle ipotesi di moto uniforme in taluni casi non ammesse dalla Autorità di Bacino stessa negli studi di compatibilità idraulica	E' stata effettuata una verifica idraulica implementando un modello in moto vario bidimensionale con tempo di ritorno 10 anni	PP2MS1GIA06010PANOT PP2MS1GIA06020PAPLA PP2MS1GIA0603 PAPLA PP2MS1GIA06040PAPLA PP2MS1GIA06050PAPLA	Ottemperato
	<b>8</b>	Garantire l'approvvigionamento idrico delle aree interessate approntando un piano di approvvigionamento idrico alternativo	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	<b>8</b>	Garantire l'approvvigionamento idrico delle aree interessate approntando un piano di approvvigionamento idrico alternativo		-Convenzione con SMAT- predisposto piano emergenza	Ottemperato
	<b>12</b>	Prevedere, per quanto riguarda le vasche di raccolta degli sversamenti accidentali, che il sistema vasche-bacini filtro sia dimensionato in modo da stoccare un volume idrico pari a quello drenato dalla superficie di competenza della vasca di raccolta corrispondente alla portata del giorno più piovoso con TR=100 anni; qualora si verificasse insufficienza di spazio adeguato si potrà ridurre la superficie massimizzandone comunque il volume.	Il sistema è stato dimensionato in maniera idonea.	MAD_EXE_VEN_0071_Rel azione tecnico illustrativa impianto di depurazione	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	17	<p>Dettagliare la cantierizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- individuando gli approvvigionamenti idrici e garantendo gli scarichi in fase di cantiere nel rispetto del DMV, nonché la qualità delle acque del torrente Clarea a causa del fatto che il ricettore è rappresentato da un corso d'acqua a portata residua. Gli impianti di depurazione dovranno essere dimensionati in modo che le acque immesse nel reticolo idrografico garantiscano il rispetto dei valori limite più restrittivi previsti dal decreto legislativo n. 152/2006 e sue s.m.i., e dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte prevedendo, se necessario, ulteriori misure di sicurezza;</li> </ul>	<p>Gli scarichi del cantiere avverranno nel fiume Dora Riparia, previa autorizzazione, attraverso un microtunnel rivestito con tubazioni metalliche. Il DMV del Torrente Clarea pertanto sarà garantito. Per le acque in uscita dall'impianto di trattamento verranno effettuati campionamenti sistematici al pozzetto finale con le modalità descritte nel PGA ai cap. 2.5 e 3.5. Il trattamento delle acque è specificato nel documento MAD_EXE_VEN_0071_Impianto di depurazione - Relazione tecnica generale.</p>	<p>MAD_EXE_VEN_0091_Opera di restituzione - Relazione illustrativa ed idraulica  MAD_EXE_VEN_0092_Opera di restituzione - Planimetria e sezioni  MAD_EXE_VEN_0093_Opera di restituzione - Particolari  MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale  MAD_EXE_VEN_0071_Impianto di depurazione - Relazione tecnica generale.</p>	Ottemperato
ESECUTIVA	17	<p>Dettagliare la cantierizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dovranno essere previsti per tutti i cantieri impianti con riciclo d'acqua completo per la lavorazione del materiale proveniente dallo scavo e per la produzione di calcestruzzo;</li> </ul>	<p>Non è stato previsto il ricircolo dell'acqua per le lavorazioni di lavaggio inerti, in quanto non sono previsti impianti di betonaggio. Le acque saranno riciclate per altri usi industriale come descritto nei documenti di riferimento.</p>	<p>MAD_EXE_VEN_0071_Impianto di depurazione - Relazione tecnica generale  MAD_EXE_VEN_0233_Impianto di depurazione - Relazione tecnica e schema flusso cicloproduttivo</p>	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	17	<p>Dettagliare la cantierizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- valutando il fabbisogno d'acqua ad uso industriale dei cantieri (lavaggio inerti - produzione di calcestruzzo e altro), privilegiando, nei limiti del possibile, l'utilizzo dell'acqua presente in galleria;</li> </ul>	<p>E' stato valutato il fabbisogno dell'acqua ad uso industriale del cantiere privilegiando l'uso dell'acqua proveniente dalla galleria che verrà riciclata per usi industriali come descritto nei documenti di riferimento.</p>	<p>MAD_EXE_VEN_0071_Im pianto di depurazione - Relazione tecnica generale MAD_EXE_VEN_0233_Im pianto di depurazione - Relazione tecnica e schema flusso cicloproduttivo</p>	Ottemperato
	17	<p>Dettagliare la cantierizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- specificando la quantità e qualità degli scarichi idrici di tutte le acque di lavorazione, delle acque di lavaggio piazzali, delle acque di prima pioggia per ciascuna delle aree di cantiere;</li> </ul>	<p>Gli scarichi idrici e delle acque di prima pioggia per ogni area di cantiere sono stati specificati nel progetto. In sede di progettazione esecutiva sono state dettagliate le quantità e la qualità di tutti gli scarichi idrici di cantiere.</p>	<p>MAD_EXE_VEN_0071_Im pianto di depurazione - Relazione tecnica generale MAD_EXE_VEN_0035_Ca ntierizzazione - Relazione idraulica smaltimento acque meteoriche MAD_EXE_VEN_0228_Im pianto di depurazione - Planimetria reti idriche di cantiere MAD_EXE_VEN_0233_Im pianto di depurazione - Relazione tecnica e schema flusso cicloproduttivo</p>	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	17	<p>Dettagliare la cantierizzazione:                      - progettando un sistema di collettamento finalizzato ad allontanare le acque inquinate da oli, carburanti e altri inquinanti dal cantiere ed il loro convogliamento nei siti di trattamento, con le necessarie volumetrie di accumulo, al fine di non inquinare le falde e la rete idrica superficiale al momento della loro restituzione;</p>	<p>Il progetto prevede un sistema di collettamento finalizzato all'allontanamento e alla depurazione delle acque contaminate.</p>	<p>MAD_EXE_VEN_0071_Im                      pianto di depurazione -                      Relazione tecnica generale                      MAD_EXE_VEN_0036_Ca                      ntierizzazione - Planimetria                      di sistemazione idraulica                      MAD_EXE_VEN_0228_Im                      pianto di depurazione -                      Planimetria reti idriche di                      cantiere</p>	<p>Ottemperato</p>
	30	<p>Dettagliare e dimensionare il bilancio complessivo delle acque utilizzate e restituite e i processi di trattamento previsti.</p>	<p>1) Il dimensionamento ed il bilancio complessivo delle acque utilizzate e restituite e i processi di trattamento previsti sono descritti nel documento di riferimento.                       2) Il bilancio previsto è riportato nella nota indicata</p>	<p>1)                      MAD_EXE_VEN_0233_Rel                      azione tecnica e schema                      flusso cicloproduttivo                       2) Vedi nota Appaltatore                      prot. 67/13 del 04/07/2013</p>	<p>Ottemperato</p>

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>32</b>	La progettazione e la gestione del ciclo delle acque in modo da mantenere la funzionalità dell'ambiente idrico.	<p>1) Le aree di cantiere verranno pavimentate e l'acqua convogliata all'impianto di depurazione. Lo scarico al recettore finale (fiume Dora Riparia) verrà effettuato, previa autorizzazione, attraverso un microtunnel e le acque di scarico saranno campionate con frequenza quindicinale con le modalità descritte nel PGA ai cap. 2.5 e 3.5.</p> <p>2) Il ciclo delle acque è un ciclo chiuso e senza emissione di acque di lavorazione. L'acqua nel cantiere in oggetto viene utilizzata fondamentalmente per la realizzazione delle colonne jet grouting e, in minima parte, per inumidire le terre del sito di deponia. I reflui vengono convogliati ad una filtropressa che li tratta, recupera le acque che vengono reimpiegate senza acque di scarto. Nelle operazioni di aggiustamento</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale</p> <p>2) MAD_EXE_VEN_0071_Impianto di depurazione - Relazione tecnica generale</p> <p>3) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale</p> <p>4) DEP_BOR_0076_Regimazione delle acque - Planimetria opere tipo nelle fasi di cantierizzazione</p>	Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
			della quantità d'acqua nelle terre vengono impiegate limitate quantità d'acqua che non rilasciano rifiuti (necessarie solamente qualora l'umidità delle terre da mettere in opera sia troppo bassa)		



Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	33	La progettazione e la gestione del ciclo delle acque dovrà essere realizzata in modo da mantenere la funzionalità dell'ambiente idrico durante l'intero periodo di realizzazione e di utilizzo del cunicolo geognostico, assicurando il rilascio del DMV ed il rispetto dei parametri di qualità delle acque del torrente Clarea e garantendo in ogni situazione, l'approvvigionamento idrico a scopo idropotabile, con particolare riferimento al potenziale rischio di impatto sulle sorgenti che alimentano l'abitato di Giaglione nonché il fabbisogno idrico delle utenze irrigue locali.	Gli scarichi del cantiere avverranno nel fiume Dora e non nel torrente Clarea. Il DMV e il rispetto dei parametri di qualità di tale corso d'acqua saranno garantiti.	MAD_EXE_VEN_0091_04-01-00_-00_Opera di restituzione - Relazione illustrativa ed idraulica MAD_EXE_VEN_0092_04-01-00_-00_Opera di restituzione - Planimetria e sezioni MAD_EXE_VEN_0093_04-01-00_-00_Opera di restituzione - Particolari	Ottemperato
	34	Progettazione ed esecuzione di manufatti e/o interventi che interferiscono direttamente con l'alveo nel rispetto della "Disciplina delle modalità e procedure per la realizzazione di lavori in alveo, programmi, opere e interventi sugli ambienti acquatici ai sensi dell'art. 12 della legge regionale n. 37/2006", approvata con D.G.R. n. 72-13725 del 29 marzo 2010.	La progettazione di eventuali interventi che interferiscono con l'alveo sarà predisposta in accordo con la normativa indicata.	MAD_EXE_VEN_0091_04-01-00_-00_Opera di restituzione - Relazione illustrativa ed idraulica MAD_EXE_VEN_0092_04-01-00_-00_Opera di restituzione - Planimetria e sezioni	Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
				MAD_EXE_VEN_0093_04-01-00_-00_Opera di restituzione - Particolari	
<b>ESECUTIVA</b>	<b>35</b>	Qualora per le operazioni di cantiere, il raffreddamento macchinari o gli usi igienici, e più in genere per qualunque uso connesso alla realizzazione dell'intervento in questione risulterà necessario l'utilizzo di acqua sia superficiale che sotterranea, dovrà essere preventivamente richiesta la relativa concessione ai sensi del D.P.G.R. 29.7.2003 n. 10/R.10.	L'utilizzo all'utilizzo di acqua sotterranea e superficiale è stato richiesto ed autorizzato dall'Ente Competente secondo quanto stabilito dalle normative.	Vedi nota Appaltatore prot. 67/13 del 04/07/2013	Ottemperato
	<b>36</b>	Per le acque provenienti dalla lavorazione e, qualora ne ricorrano le condizioni, le acque meteoriche di prima pioggia che vengono originate dall'intervento in questione e che necessitano di smaltimento è necessaria l'autorizzazione della Provincia di Torino sensi del decreto legislativo n. 152/06.	1) L'autorizzazione allo scarico è stata richiesta alla Provincia di Torino secondo quanto stabilito dalle normative vigenti in materia. 2) Le lavorazioni relative al sito di deponia non producono acque provenienti dalla lavorazione da scaricare (ciclo chiuso delle acque)	Vedi nota Appaltatore prot. 67/13 del 04/07/2013	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	41	Dovranno essere fornite indicazioni di dettaglio rispetto alla necessità idriche civili e fognarie per le installazioni di cantiere, in particolare: - relativamente al servizio di acquedotto, dove si intenda realizzare l'allacciamento alla rete acquedottistica del servizio d'ambito, devono essere precisate le forniture idriche necessarie al fine di una verifica delle disponibilità e adeguatezza delle infrastrutture esistenti alle nuove esigenze. Nel caso si preveda di ricorrere a fonti di approvvigionamento autonome, dovranno essere valutate le interferenze delle fonti idriche che si intendono utilizzare con il regime delle attuali fonti di approvvigionamento idropotabile;	L'autorizzazione all'allaccio alla rete acquedottistica esistente è stata richiesta secondo quanto stabilito dalle normative vigenti in materia.	Vedi nota Appaltatore prot. 67/13 del 04/07/2013	Ottemperato
	41	Dovranno essere fornite indicazioni di dettaglio rispetto alla necessità idriche civili e fognarie per le installazioni di cantiere, in particolare: - con riferimento al servizio di fognatura-depurazione, nel caso in cui si preveda di allacciare le fognature per le installazioni di cantiere alla rete fognaria del servizio d'ambito, dovranno essere effettuate le necessarie verifiche atte ad accertare l'adeguatezza delle infrastrutture fognarie e depurative esistenti al convogliamento e	Non è previsto alcun allacciamento alla rete fognaria pubblica.		Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
		trattamento dei nuovi reflui.			
	<b>42</b>	Deve essere sottoscritta, prima dell'inizio di qualunque tipo di opera, apposita Convenzione, a coronamento e garanzia di quanto sopra, tra il soggetto proponente l'opera, il gestore d'ambito SMAT S.p.a. e l'Autorità d'ambito.	Convenzione con SMAT	Convenzione con SMAT	Ottemperato
<b>ESECUTIVA</b>	<b>61</b>	La sicurezza idraulica del sito di cantiere rispetto ai corsi d'acqua superficiali deve essere affrontata con adeguato studio idraulico	E' stata effettuata una verifica idraulica implementando un modello in moto vario bidimensionale con tempo di ritorno 10 anni	PP2MS1GIA06010PANOT PP2MS1GIA06020PAPLA PP2MS1GIA0603 PAPLA PP2MS1GIA06040PAPLA PP2MS1GIA06050PAPLA	Ottemperato
	<b>84</b>	Caratterizzazione delle acque: valutazione del fondo e condivisione di un piano di controllo delle acque superficiali e sotterranee	1) Le modalità relative alle acque sotterranee sono riportate nei documenti di progetto, relativamente alle acque superficiali il cantiere del sito di deponia non ha interazioni con le stesse (ciclo chiuso di gestione della acque di cantiere).	1) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale 2) PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
			2) recepito piano monitoraggio ambientale		
	<b>85</b>	Piano di controllo degli effluenti provenienti dall'impianto di trattamento delle acque, a fronte anche di un eventuale riutilizzo.	Tutte le acque ad eccezione delle acque di versante saranno trattate dall'impianto di depurazione previsto e come descritto nel documenti di riferimento. Le acque depurate saranno riciclate per usi industriali. Ai fini dello scarico la frequenza e la tipologia di analisi delle acque è riportata nel documento di riferimento.	MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale MAD_EXE_VEN_0071_Impianto di depurazione - Relazione tecnica generale	Ottemperato
	<b>88</b>	Ambiente idrico monitoraggio: adeguamento del piano (un anno)	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>95</b>	Verificare che le opere provvisoriale e le attività di cantiere non alterino in maniera significativa e permanente l'ecosistema fluviale; gli eventuali fenomeni transitori di alterazione delle condizioni idrobiologiche dovranno essere oggetto di monitoraggio e dovranno essere mitigate nel corso della realizzazione dell'opera. Le eventuali alterazioni dovranno essere mitigate in corso d'opera.	La prescrizione viene ottemperata relativamente al monitoraggio degli scarichi idrici nella Dora Riparia. Il monitoraggio dell'ecosistema fluviale fa parte del sistema di monitoraggio esterno al cantiere. I dettagli sono contenuti nei cap. 2.5 e 3.5 del Piano di Gestione Ambientale.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale  2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>120</b>	Le operazioni di manutenzione, rabbocco e rifornimento dei mezzi di cantiere dovranno essere effettuate in luogo dedicato.	E' stata predisposta un'apposita area dedicata alle operazioni di manutenzione, rabbocco e rifornimento dei mezzi di cantiere. I dettagli e il posizionamento di tale area sono riportati nei documenti di riferimento. L'area è indicata nei documenti di riferimento.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale  2) MAD_EXE_VEN_0030_Cantierizzazione - Planimetria fase operativa  3) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013  4) DEP_BOR_0047_Piano di sicurezza e coordinamento	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>121</b>	Nell'area di cantiere e nelle zone di deposito temporaneo non dovranno essere stoccate sostanze pericolose per l'ambiente, se non in condizioni di sicurezza.	E' stata predisposta un'apposita area dedicata allo stoccaggio delle sostanze pericolose, secondo le norme vigenti e le procedure operative dell'Appaltatore. I dettagli e il posizionamento di tale area sono riportati nei documenti di riferimento.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) MAD_EXE_VEN_0030_Cantierizzazione - Planimetria fase operativa 3) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013 4) DEP_BOR_0047_Piano di sicurezza e coordinamento	Ottemperato

**Tabella 50 - Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente ambiente idrico superficiale**

### 6.2.3 Le misure mitigative adottate

In tema di acque superficiali, l'impianto mitigativo si è articolato su due differenti strategie di intervento:

- L'impianto di depurazione delle acque, già previsto nel Progetto Definitivo;
- La previsione, in ottemperanza alla Delibera CIPE 86/2010, di scaricare le acque in uscita dall'impianto di depurazione non nel Torrente Clarea (come previsto nel Progetto Definitivo) ma direttamente nella Dora Riparia previa realizzazione di un microtunnel. Questo a maggior garanzia di tutela delle acque del Torrente Clarea.

Di seguito sono riportati lo stralcio planimetrico e la ripresa fotografica dell'impianto di depurazione realizzato sulla porzione est del cantiere.

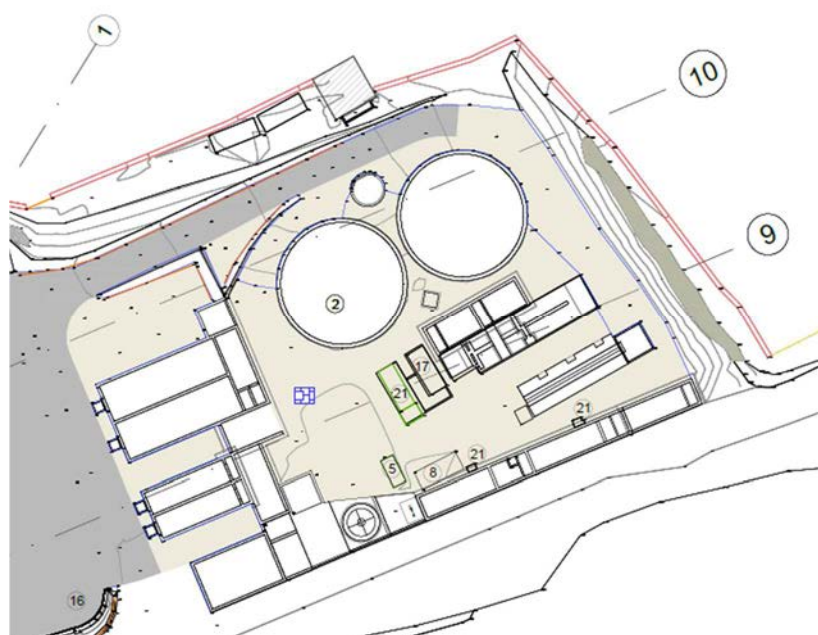


Figura 70 – Planimetria impianto di depurazione

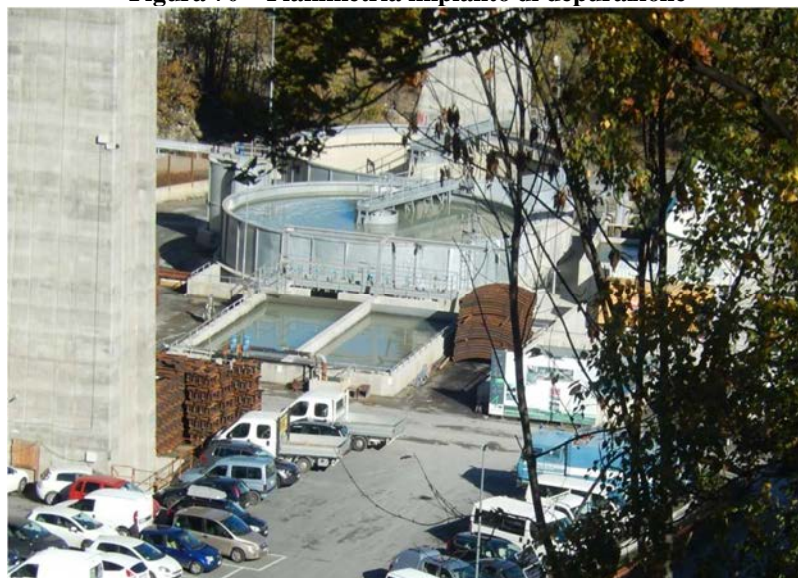


Figura 71 – Ripresa fotografica dell'impianto di depurazione del cantiere



L'impianto è stato progettato per trattare:

5. acque dalla galleria;
6. acque industriali (lavaggi di piazzali e automezzi, abbattimento polveri, raffreddamento fresa e galleria, ecc..), inviate tutte all'impianto di depurazione;
7. acque meteoriche da piazzali sporchi, inviate tutte a depurazione;
8. acque meteoriche del piazzale uffici e servizi localizzato a quota 664,00 m circa delle quali si invasa la massima pioggia oraria con ricorrenza centenaria, inviata a depurazione con i criteri della prima pioggia.

Il trattamento delle acque della galleria è stato concepito per rispondere all'esigenza di separare le diverse tipologie di acque. L'obiettivo è stato quello di separare le acque pulite da quelle sporche, le calde dalle fredde, e potabilizzabili e dalle non potabilizzabili ed infine trattarle tutte adeguatamente durante i lavori e dopo la dismissione del cantiere. Nell'impostazione del progetto della depurazione si è tenuto presente anche della necessità di rendere compatibile lo scarico con le acque del corso d'acqua in cui avviene (Dora Riparia) particolarmente per i parametri temperatura e pH.

Ai fini degli obiettivi del risparmio della risorsa, di seguito si riportano i consumi del cantiere e la quota delle volumetrie riciclate (riferite essenzialmente a quelle industriali):

- servizi del campo base (WC, lavandini), da acquedotto: mc/anno 1.300;
- servizi industriali, raffreddamento fresa e galleria, riciclata: mc/anno 940.000;

Tutte le volumetrie, dopo l'utilizzo, ritornano all'impianto di depurazione per il trattamento.

Il secondo presidio mitigativo è stato, a tutela della acque del Torrente Clarea e in ottemperanza alle prescrizioni della Delibera CIPE 86/2010, lo scarico delle acque in uscita dall'impianto di depurazione nella Dora Riparia tramite realizzazione di microtunnel (cfr figura seguente).

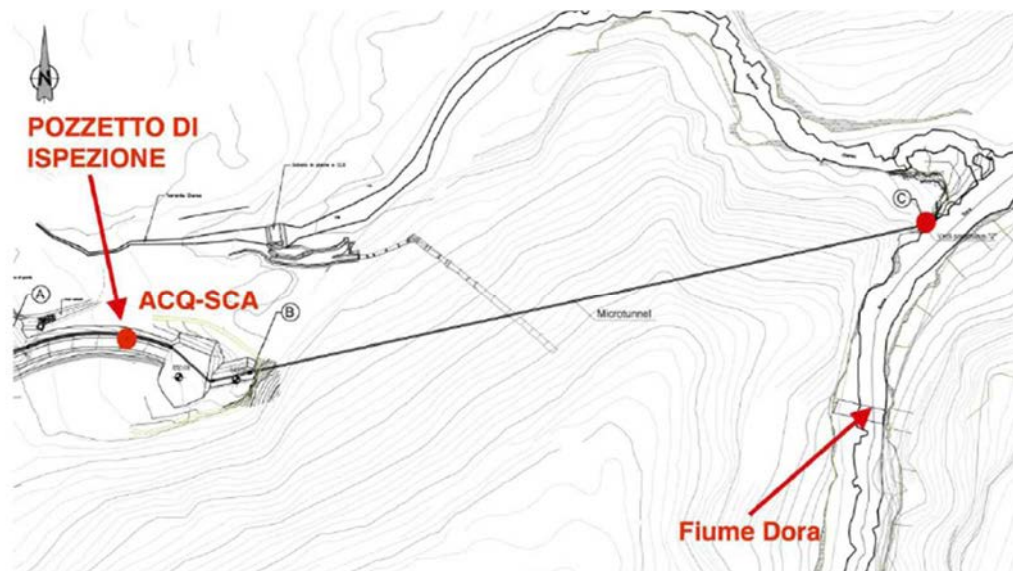


Figura 72 – Tracciato microtunnel

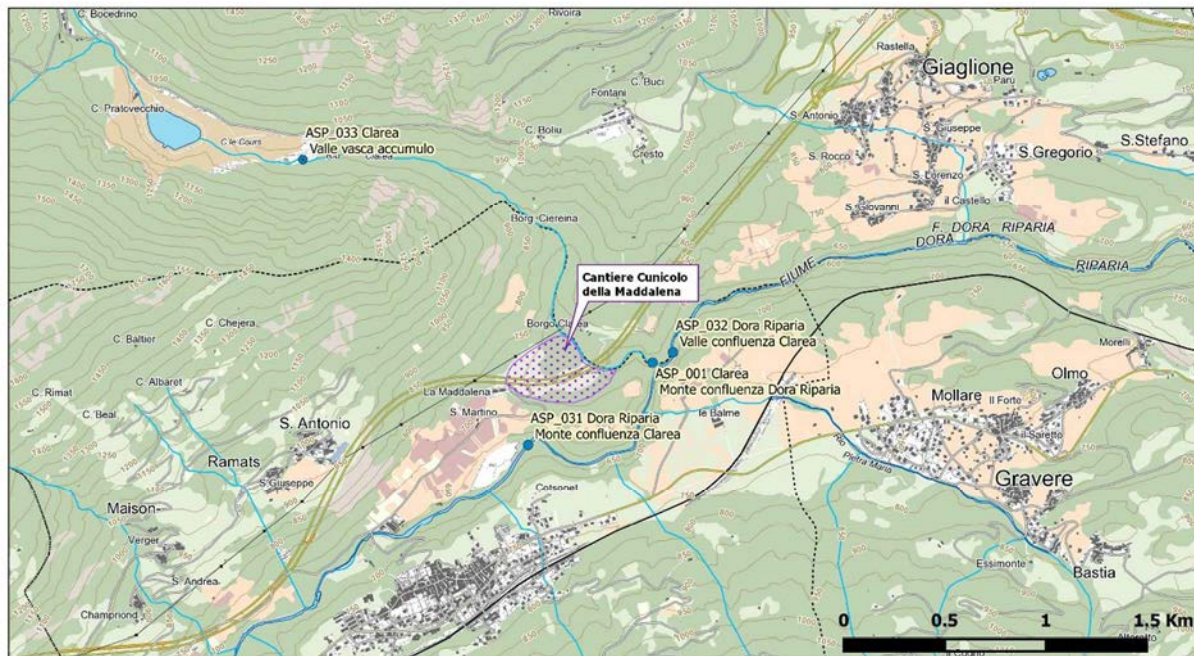
### 6.2.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale

Di seguito l'elenco delle stazioni oggetto di monitoraggio e la relativa ubicazione sul territorio:

- **A5 – Comune di CHIOMONTE:**
  - ASP-001 – Clarea, monte confluenza Dora Riparia
  - ASP-033 – Clarea, valle vasca accumulo Pont Ventoux
  - ASP-031 – Dora Riparia, valle discarica Colombera
  - ASP-032 - Dora Riparia, valle confluenza Clarea

I punti sono localizzati in maniera tale da monitorare, per i due corpi idrici, il monte e il valle del cantiere in relazione all'ubicazione (Torrente Clarea) e allo scarico delle acque del depuratore che avviene sulla Dora Riparia.

## Punti monitoraggio acque superficiali



### Punti monitoraggio LTF

- Parametri biologici, chimici, in situ e tossicologici - Stazioni di sorveglianza
- Parametri biologici, chimici, in situ e tossicologici - Altre stazioni

■ Cantiere La Maddalena

Figura 73 - Planimetria stazioni di monitoraggio acque superficiali (Fonte ARPA Piemonte)

Gli esiti del monitoraggio interno al cantiere, effettuato sulla base del Piano di Gestione Ambientale che prevedeva misure del set analitico delle acque provenienti dalla galleria e fibre di amianto e le acque di scarico dell'impianto di depurazione, non hanno evidenziato problematiche di nessun tipo.

In particolare, con riferimento alle acque di scarico dell'impianto di depurazione, i parametri misurati non hanno mai superato i valori limite del D.Lgs 152/06 Parte III – All. 5 Tab. 3 (con riferimento ai valori limiti di emissione in acque superficiali).

Parimenti, per le acque di galleria, non sono mai state rinvenute fibre di amianto.

Per quanto attiene il monitoraggio ambientale, su Torrente Clarea e Dora Riparia, a livello generale, per tutti gli anni di corso d'opera dal 2013 al 2016, lo stato di qualità ambientale dei corsi d'acqua, valutati dal punto di vista fisico-chimico e microbiologico, non ha evidenziato particolari scostamenti da quella che era stata la caratterizzazione iniziale in fase di Ante-Operam. Su tutti gli anni di monitoraggio, infatti, i rilievi si mantengono nei range prefissati, non mostrando sostanziali alterazioni.

Sul Fiume Dora Riparia si è rilevato negli anni dal 2013 al 2016 che gli scostamenti di alcuni parametri dalle soglie di riferimento, si sono verificati sia a monte che a valle dell'area di cantiere e quindi non sono attribuibili ai lavori del Cunicolo Esplorativo. Nei casi in cui sulla Dora Riparia si sono verificati scostamenti rispetto ai valori rappresentativi della situazione Ante Operam, questi hanno assunto valori più marcati nella sezione di monte rispetto all'area di cantiere. Unico episodio, relativo a ottobre 2013, è riferibile al superamento dei limiti dell'Arsenico, rilevato nella sezione di valle la cui presenza è correlabile alla qualità e tipologia dei materiali di scavo della galleria.

Si ricorda che l'assetto operativo di sorveglianza previsto nel PMA ha previsto i controlli mensili e trimestrali limitatamente al Fiume Dora Riparia in corrispondenza delle sezioni di monte e di valle della confluenza con il Torrente Clarea.

Per quanto attiene il Torrente Clarea, monitorato solo a partire dal mese di ottobre 2013 per indagare sulle condizioni idriche ambientali a seguito di una moria di pesci segnalata nei pressi dell'area di cantiere, le concentrazioni parametriche rilevate non hanno mostrato alterazioni per quanto riguarda le analisi biotossicologiche e dei parametri in situ. Alcuni metalli (Ferro e Manganese) nella sezione di valle si sono scostati dal range di riferimento senza comunque superare la soglia massima Tipo-Specifica. I monitoraggi sul Clarea sono proseguiti sino al mese di giugno 2014, senza evidenziare alterazioni delle concentrazioni parametriche. Sempre sul Torrente Clarea sono stati eseguiti monitoraggi nei mesi di ottobre, novembre e dicembre 2015 finalizzati a verificare eventuali contributi sulle concentrazioni di nitrati osservati negli acquiferi sotterranei nei punti di controllo all'interno del cantiere, ma i rilievi eseguiti hanno escluso qualsiasi tipo di apporto. A partire dal mese di Agosto 2016 è stato riattivato il monitoraggio sui punti del T. Clarea per poter disporre di una base di dati più consistente per la valutazione degli stati ambientali registrati. Si segnala infine, nei mesi di settembre e dicembre 2016, l'esecuzione di monitoraggi dei parametri chimico – fisici finalizzati a verificare eventuali contributi sulle concentrazioni di nitrati osservati negli acquiferi sotterranei nei punti di controllo all'interno del cantiere. I rilievi eseguiti hanno escluso qualsiasi tipo di apporto, poiché gli scostamenti rispetto ai valori rappresentativi della situazione di Ante-Operam (Cromo Totale, Ferro, Piombo e Zinco) sono stati rilevati nella sezione di monte.

### ***6.2.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente***

A valle della disamina in merito alla sintesi dei dati di monitoraggio, è possibile affermare che l'opera è stata realizzata nel pieno rispetto degli obiettivi di qualità della componente. In tal senso si evidenzia la diffusa coerenza con i dati di Ante Operam.

L'elemento che maggiormente ha contribuito a definire il quadro di compatibilità dell'opera rispetto alla componente è stato indubbiamente l'impianto di depurazione delle acque, che è

stato progettato e realizzato per trattare sia le acque di galleria che quelle dei piazzali. La sua corretta funzionalità è stata costantemente monitorata negli anni dal 2013 al 2016 con risultati prestazionali che non hanno mai fatto attivare le soglie previste dal piano di gestione ambientale del cantiere. Si segnala inoltre, in coerenza con il quadro geologico di riferimento, l'assenza di riscontri in merito alla presenza di fibre di amianto in acqua.

Dal punto di vista più strettamente idraulico si evidenzia, in coerenza con il quadro previsionale, l'assenza di qualsiasi interferenza di natura idraulica e l'inesistenza di problematiche connesse al sottoattraversamento del Torrente Clarea nel tratto iniziale del cunicolo.

In conclusione, hanno trovato piena conferma le valutazioni previsionali dello Studio di Impatto Ambientale sia nella definizione delle pressioni che nell'attribuzione dei livelli di impatto.

#### **6.2.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592**

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non determinerebbe, date le elevate coperture raggiunte, rischi di drenaggi dal reticolo superficiale che, per altro non si sono verificati nemmeno in condizioni di coperture ridotte come nel caso del Torrente Clarea;
- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 avverrebbe con tecniche e modalità esecutive identiche a quelle utilizzate per lo scavo sino alla pK 7+020; pertanto non si configura la possibilità di generare fattori di impatto diversi da quelli sino ad ora prodotti;
- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, in ragione dei dati già acquisiti dal punto di vista geologico e idrogeologico, non determinerebbe venute in galleria con acque di qualità e quantità diverse da quelle sino ad oggi riscontrate. Questo significa che la funzionalità dell'impianto di depurazione, con specifico riferimento alle acque di galleria, si debba intendere già abbondantemente testata e verificata rispetto a tutti i parametri necessari per rispettare i limiti di legge;
- In ragione di quanto sopra e in relazione ai dati di monitoraggio, che hanno rilevato il diffuso mantenimento dei parametri di qualità dell'ante operam, si ritiene che la prosecuzione dello scavo non contribuirebbe ad approfondire il livello conoscitivo delle pressioni sulla componente e relativi potenziali effetti.

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando, per altro, la compatibilità dell'opera e delle tipologie di lavorazione rispetto alle esigenze di tutela e salvaguardia dell'ambiente idrico superficiale di riferimento costituito dal Torrente Clarea e dalla Dora Riparia.

## 6.3 Ambiente idrico sotterraneo

### 6.3.1 Le previsioni degli studi pregressi

In sintesi, gli studi a base del SIA (PE) hanno definito e quantificato le pressioni sull'ambiente idrico sotterraneo secondo due aspetti:

- ✓ portate drenate dallo scavo del cunicolo
- ✓ quantificazione dell'interferenza sui punti d'acqua in superficie

La valutazione delle portate potenzialmente drenate dal cunicolo è stata condotta seguendo lo stesso approccio metodologico applicato nella progettazione delle altre gallerie del progetto della linea ferroviaria ad alta velocità Torino-Lione (Tunnel di Base, lato Italia).

L'approccio adottato, riprendendo quanto già fatto negli studi precedenti, distingue il contributo totale delle portate drenate da una galleria in roccia come composto da:

- le venute nell'ammasso roccioso dovute all'apporto delle porzioni massive o poco fratturate;
- le zone di faglia.

Il risultato della valutazione delle portate drenate ha indicato un intervallo variabile tra 150 l/s e 280 l/s (Figura 74). Come già evidenziato negli studi presi a riferimento, il risultato ottenuto è valutato come potenzialmente sovrastimato, tuttavia costituisce un valido riferimento progettuale, considerando gli ambiti d'incertezza attuali, che, si afferma, potranno essere ridotti solo con l'assunzione di dati diretti.

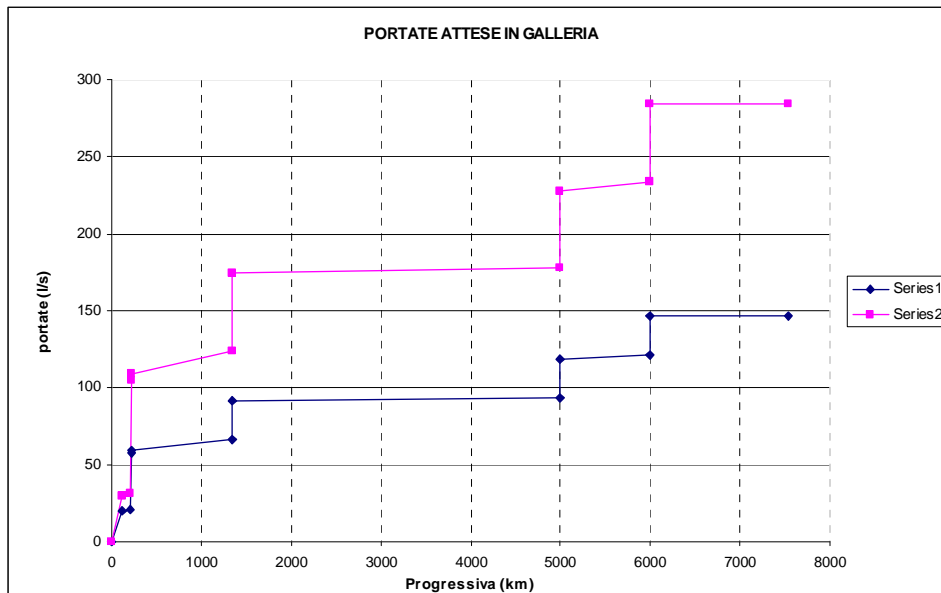


Figura 74 – Grafico delle portate cumulate (min-max) al portale secondo PE (fonte SIA)

La valutazione del rischio d'interferenza tra l'opera in sotterraneo e le sorgenti presenti nell'area è stata effettuata una stima del rischio di isterilimento delle sorgenti causato dallo scavo delle gallerie naturali previste in progetto, valutato secondo l'approccio seguito dal metodo DHI (Drawdown Hazard Index).

Le sorgenti individuate sono state 39, delle quali 9 idropotabili. L'analisi del rischio di captazione ha considerato le seguenti variabili:

- frequenza di fatturazione;
- permeabilità del massiccio;
- spessore della copertura;
- ampiezza della zona plastica;
- distanza dal tunnel;
- intersezione con zone di faglia o carsiche;
- tipo di sorgente;
- effetto topografico

I risultati del calcolo hanno evidenziato che l'impatto del cunicolo sulle sorgenti è, globalmente, minimo. Si segnalano le sorgenti localizzate presso l'alveo del Clarea, in località Boscocedrino, come potenzialmente a rischio di impatto maggiore.

La Figura 75 contiene la localizzazione (fonte SIA) dell'esito dello studio di impatto sulle sorgenti.

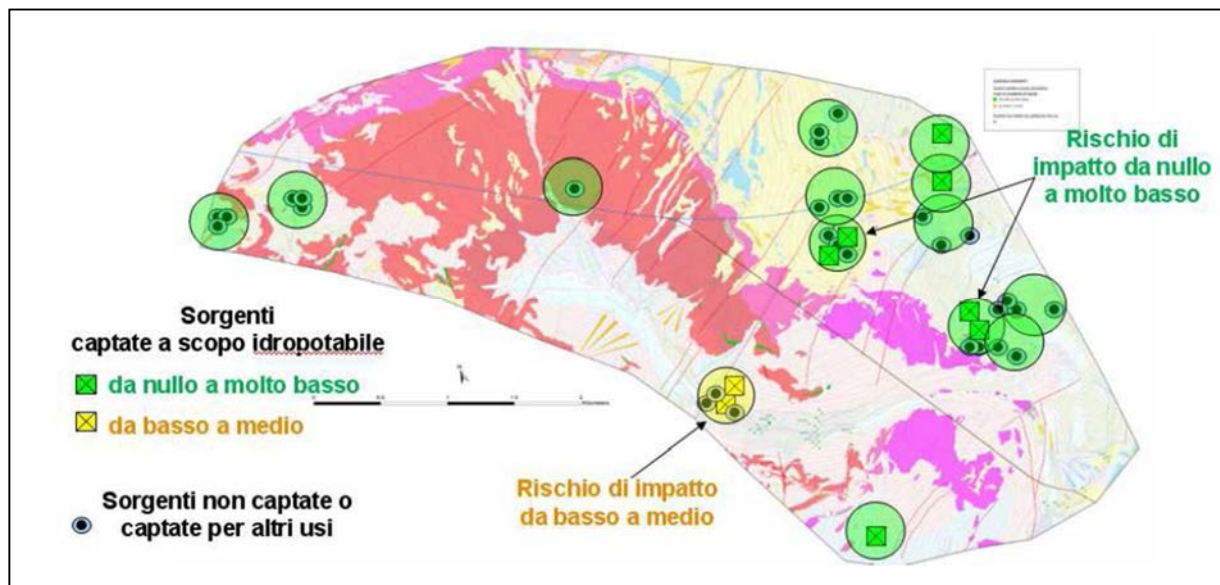


Figura 75 – Quadro dell'analisi del rischio delle sorgenti (fonte SIA)

### 6.3.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10

Si riportano qui di seguito le prescrizioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente suddividendo:

- quelle relative alla fase di progettazione
- quelle relative alla fase realizzativa

In sintesi, i temi di maggior impatto sono identificati:

- per lo scavo del cunicolo: nella possibilità di drenaggio nel tratto di sottoattraversamento del torrente Clarea, posto alla pk 1+400÷1+440 sotto copertura di 245m;
- per i punti d'acqua presenti nell'area vasta: rischio di diminuzione delle portate o alterazione della qualità della risorsa idrica a causa dell'azione drenante dello scavo del cunicolo.

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
ESECUTIVA	5	Approfondire il grado di conoscenza dell'assetto idrogeologico di dettaglio nei settori dove sono le principali situazioni di criticità in particolare dell'area di imbocco galleria, e della zona del sottoattraversamento del Torrente Clarea.	<p>1) Nel progetto sono previste indagini geognostiche nell'area di imbocco (sondaggio orizzontale) e all'interno della galleria, in particolare nel sottoattraversamento del Clarea, per la verifica delle fratturazioni e della permeabilità.</p> <p>2) Sono stati previsti interventi di rinaturalizzazione su tutta la superficie di competenza del sito di deponia.</p> <p>3) Studio integrativo</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_0013_Sondaggio orizzontale da imbocco galleria - Relazione Descrittiva</p> <p>2) MAD_EXE_VEN_0180_Indagini in corso d'opera fino a pk 0+242 - Relazione tecnica e specifiche tecniche</p> <p>3) MAD_EXE_VEN_0143_Relazione tecnica generale cunicolo da pk 0+242 fino a pk 5+765</p> <p>4) MAD_EXE_VEN_0181_Indagini in corso d'opera da pk 0+242 a pk 5+765 - Sezioni tipologiche e schemi</p> <p>5) MAD_EXE_VEN_0182_Indagini in corso d'opera da pk 0+242 a pk 5+765 - Relazione tecnica e specifiche tecniche</p> <p>6) DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva</p> <p>7) allegato 1"</p>	Ottemperato
	6	Verificare la possibilità di utilizzare sezioni di avanzamento con interventi mirati a conseguire la impermeabilizzazione del cunicolo nelle zone di fatturazione in corrispondenza del sottoattraversamento del Clarea.	<p>Nel progetto si prevedono nuove indagini geognostiche all'interno della galleria, in corrispondenza del sottoattraversamento del Clarea, per la verifica delle fratturazioni e della permeabilità</p> <p>Nel progetto sono previste delle sezioni di avanzamento aggiuntive in corrispondenza del sottoattraversamento del Torrente Clarea e delle aree maggiormente fratturate.</p>	<p>MAD_EXE_VEN_0143_Relazione tecnica generale cunicolo da pk 0+242 fino a pk 5+765</p> <p>MAD_EXE_VEN_0181_Indagini in corso d'opera da pk 0+242 a pk 5+765 - Relazione tecnica e specifiche tecniche</p> <p>MAD_EXE_VEN_0146_Profilo longitudinale geologico, di indagini e di monitoraggio da pk 0+242 fino a pk 5+765</p> <p>Relazione attraversamento CLAREA del feb -2015</p> <p>MAD_EXE_VEN_0143_Relazione tecnica generale cunicolo da pk 0+242 fino a pk 5+765</p> <p>MAD_EXE_VEN_0158_Sezioni tipo F5a</p> <p>MAD_EXE_VEN_0159_Sezioni tipo F5b</p>	Ottemperato



Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
ESECUTIVA	20	Estendere il monitoraggio delle risorse idriche a tutte le sorgenti utilizzate per l'approvvigionamento idropotabile	1) Estendere il monitoraggio delle risorse idriche a tutte le sorgenti utilizzate per l'approvvigionamento idropotabile, anche in destra Dora Riparia, all'interno della fascia ove è prevedibile una influenza 2) recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	31	Progettazione di un sistema di separazione e canalizzazione delle venute d'acqua in galleria in ragione della loro qualità e temperatura.	E' stato previsto nel Progetto Esecutivo un sistema di separazione delle acque di venuta in ragione della loro qualità e temperatura	MAD_EXE_VEN_0071_Impianto di depurazione - Relazione tecnica generale MAD_EXE_VEN_0165_Scavo meccanizzato - Pozzi di accumulo e di rilancio acqua - Relazione idraulica MAD_EXE_VEN_0166_Scavo meccanizzato - Pozzi di accumulo e di rilancio acqua - Relazione tecnica e di calcolo	Ottemperato
	37	La soluzione temporanea (approvvigionamento tramite autobotti) per l'impoverimento o la scomparsa della sorgente Boscocedrino non potrà avere durata superiore a 24 ore	Studio integrativo	Allegato 1 nota 673/EO/28/TEI/11 del 28/09/2011 Convenzione con SMAT- predisposto piano emergenza	Ottemperato
	38	La soluzione temporanea per quanto attiene analoghe problematiche alle altre sorgenti che alimentano reti idriche non potrà avere durata maggiore di 20 giorni	Studio integrativo	Allegato 1 nota 673/EO/28/TEI/11 del 28/09/2011 Convenzione con SMAT- predisposto piano emergenza"	Ottemperato
	39	Censimento prima dell'avvio dei lavori tutte le fonti di approvvigionamento idropotabile	recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	40	Sviluppo della progettazione delle soluzioni transitorie e definitive concordate con SMAT S.p.A.; è necessaria la progettazione almeno preliminare di un pozzo in Val Clarea e degli allacciamenti a Bar Cenisio	Studio integrativo	Allegato 1 nota 673/EO/28/TEI/11 del 28/09/2011 Convenzione con SMAT- predisposto piano emergenza	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
ESECUTIVA	89	l'immediato avviamento di un monitoraggio, da protrarsi per almeno tutta la fase di cantiere, delle principali sorgenti situate all'interno di	recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	90	"Le principali venute d'acqua drenate dalla galleria dovranno essere caratterizzate (vedi analisi dei punti A e B) e conseguentemente raccolte in un sistema differenziato che consenta la separazione di tre tipologie:	Le venute d'acque saranno caratterizzate e separate per tipologia come previsto nei documenti di riferimento.	"MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale MAD_EXE_VEN_0071 Impianto di depurazione - Relazione tecnica generale"	Ottemperato
REALIZZATIVA	120	Le operazioni di manutenzione, rabbocco e rifornimento dei mezzi di cantiere dovranno essere effettuate in luogo dedicato.	E' stata predisposta un'apposita area dedicata alle operazioni di manutenzione, rabbocco e rifornimento dei mezzi di cantiere. I dettagli e il posizionamento di tale area sono riportati nei documenti di riferimento. L'area è indicata nei documenti di riferimento.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) MAD_EXE_VEN_0030_Cantierizzazione - Planimetria fase operativa 3) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013 4) DEP_BOR_0047_Piano di sicurezza e coordinamento	Ottemperato
	121	Nell'area di cantiere e nelle zone di deposito temporaneo non dovranno essere stoccate sostanze pericolose per l'ambiente, se non in condizioni di sicurezza.	E' stata predisposta un'apposita area dedicata allo stoccaggio delle sostanze pericolose, secondo le norme vigenti e le procedure operative dell'Appaltatore. I dettagli e il posizionamento di tale area sono riportati nei documenti di riferimento.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) MAD_EXE_VEN_0030_Cantierizzazione - Planimetria fase operativa 3) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013 4) DEP_BOR_0047_Piano di sicurezza e coordinamento	Ottemperato

**Tabella 51 - Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente ambiente idrico sotterraneo**

### **6.3.3 Le misure mitigative adottate**

Le prescrizioni indicate dal documento CIPE 86/10 sono state tutte ottemperate.

Per quanto riguarda i due settori lungo l'asse del cunicolo ritenuti particolarmente sensibili, l'area del portale e il sottoattraversamento dell'asse del torrente Clarea, l'esecuzione sistematica di sondaggi geognostici prima dell'avanzamento del fronte di scavo ha permesso di indagare le condizioni idrogeologiche in anticipo per eventualmente pianificare interventi volti a limitare le eventuali venute in galleria.

In relazione alla potenziale interferenza dell'opera con i punti d'acqua in superficie, gli studi e gli approfondimenti condotti sulle misure di mitigazione o sostituzione delle risorse idriche impattate rimandano a differenti soluzioni progettuali che derivano dalla necessità di avere risposte immediate (interventi d'urgenza), risposte transitorie o risposte di carattere definitivo a problemi che si verificassero sulle sorgenti captate per usi idropotabili.

Esse variano come procedure di progettazione, tempi di attivazione, Enti competenti, costi e così via, da adeguare a seconda delle caratteristiche di diversi casi specifici.

In linea generale sono stati individuati i seguenti 4 tipi di intervento:

- interventi di urgenza, consistenti in
  - rifornimento mediante autobotti
  - utilizzo di acque superficiali da potabilizzare
- interventi di urgenza\definitivi
  - allacciamento di una sorgente idropotabile ad una vasca di carico esistente
- interventi di carattere transitorio
  - trivellazione di un nuovo pozzo in val Clarea (già eseguito, vedi sotto)
  - stazioni di sollevamento a servizio di frazioni alte
  - alimentazione di una frazione mediante collegamento con l'acquedotto esistente
- interventi di carattere definitivo
  - captazione di sorgenti non sfruttate e collegamento alla rete esistente
  - potenziamento del sistema di captazione e nuova condotta di collegamento

In riferimento alla sorgente Boscocedrino, segnalata nel paragrafo precedente (§ 6.3.1) si evidenzia che questa sorgente beneficia già delle misure di mitigazione e di compensazione realizzate in ottemperanza alle prescrizioni del CIPE al PD approvato della Maddalena. Nello specifico è stato realizzato un pozzo di circa 60 m di profondità da ACEA nell'acquifero di fondovalle del Clarea. Il pozzo garantirà la disponibilità della risorsa all'acquedotto comunale, svincolandolo dal solo contributo della sorgente.

### **6.3.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale**

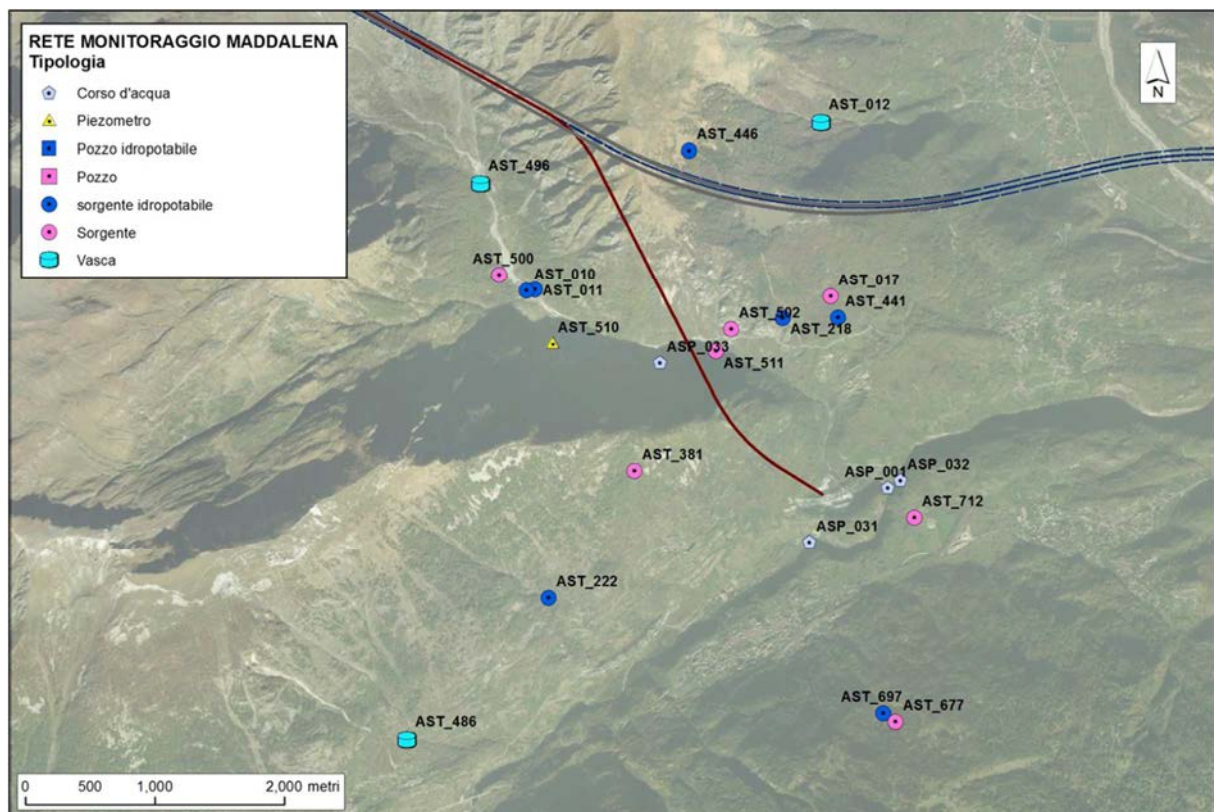
Come specificato nel dettaglio nel paragrafo 4.10.4.1, il PMA della componente corpi idrici sotterranei è articolato sulle attività di monitoraggio degli impatti attesi intesi come:

- **Alterazioni quantitative** dei corpi idrici sotterranei/complessi idrogeologici e superficiali conseguenti allo scavo della galleria ed agli emungimenti autorizzati;

- **Alterazioni qualitative dei corpi idrici sotterranei/complessi idrogeologici** correlate a significative alterazioni quantitative;
- **Alterazioni qualitative dei corpi idrici superficiali** da riferirsi allo scarico degli effluenti dell'impianto di trattamento chimico-fisico.

Le frequenze di monitoraggio legate al controllo delle alterazioni quantitative hanno avuto cadenza mensile, mentre quelle legate alle alterazioni qualitative hanno avuto cadenza trimestrale.

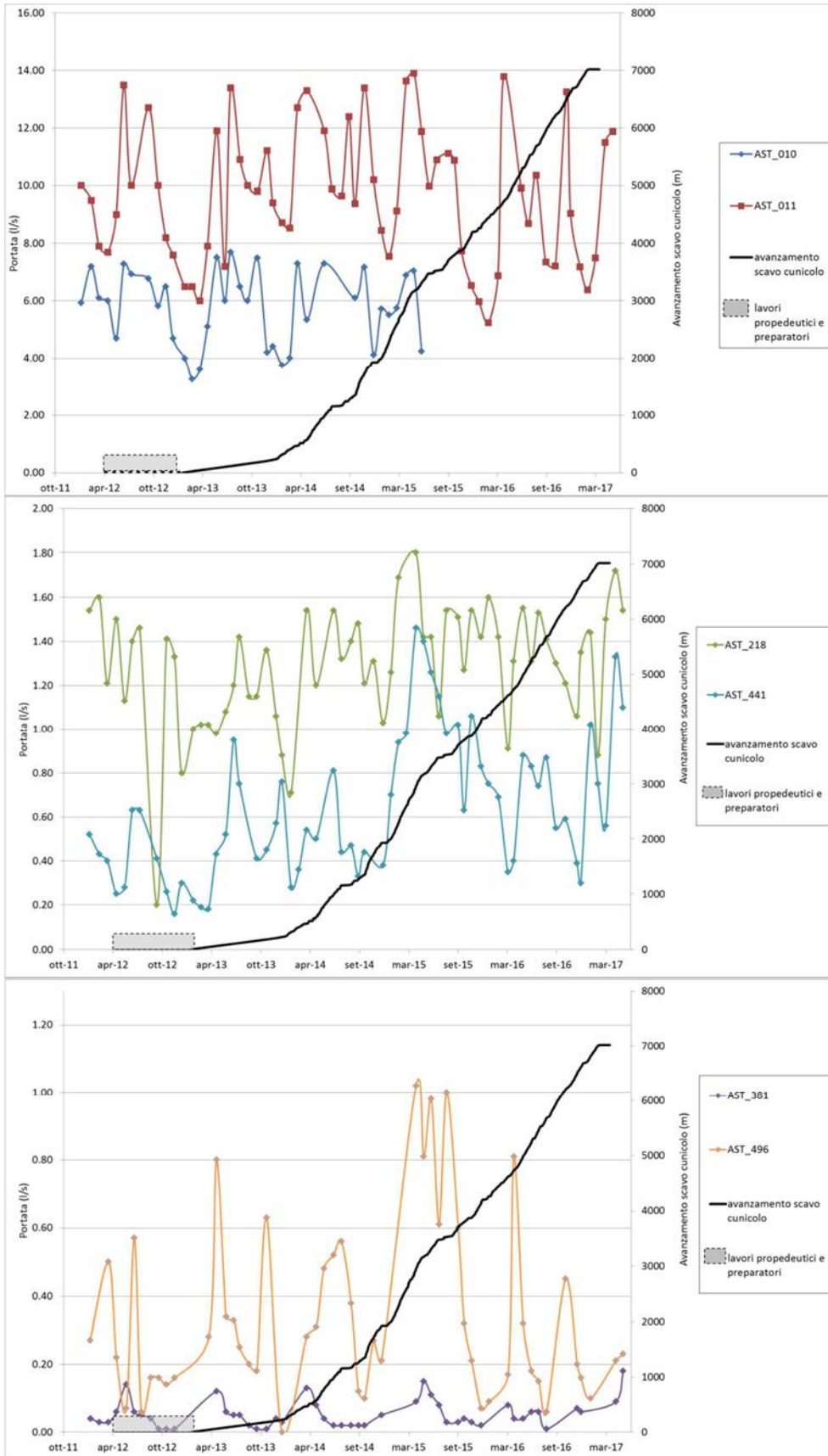
La planimetria riporta l'ubicazione dei punti d'acqua della rete di monitoraggio del PMA, insieme al tracciato del Cunicolo della Maddalena. I punti d'acqua sono suddivisi nelle varie tipologie.



**Figura 76 - Planimetria della Rete monitoraggio della Maddalena – acque sotterranee**

Analizzando innanzitutto i dati da un punto di vista delle alterazioni quantitative, i dati del monitoraggio hanno escluso qualsiasi impatto delle attività di cantiere e di scavo del cunicolo sul regime naturale delle portate dei vari punti d'acqua.

I grafici riportati nelle figure seguenti riportano le portate delle sorgenti più “significative”, identificate da Arpa Piemonte e corrispondenti ai contesti idrogeologici-morfologici del fondovalle e del versante idrografico sinistro e destro del T. Clarea, terrazzi glaciali versante idrografico sinistro del T. Clarea e piede versante destro del T. Clarea. Queste sorgenti hanno codice AST\_010, AST\_011, AST\_218, AST\_381, AST\_441 e AST\_496 (cfr. Figura 76). I grafici dell'andamento delle portate è messo a confronto con l'avanzamento dello scavo.



**Figura 77 - Andamento delle portate delle sorgenti dell'area Maddalena. In grafico sulle ordinate lato destro, l'avanzamento dello scavo del Cunicolo**

Come si evidenzia chiaramente dall'andamento delle portate, lo scavo del Cunicolo non ha interferito con l'andamento del regime stagionale delle sorgenti.

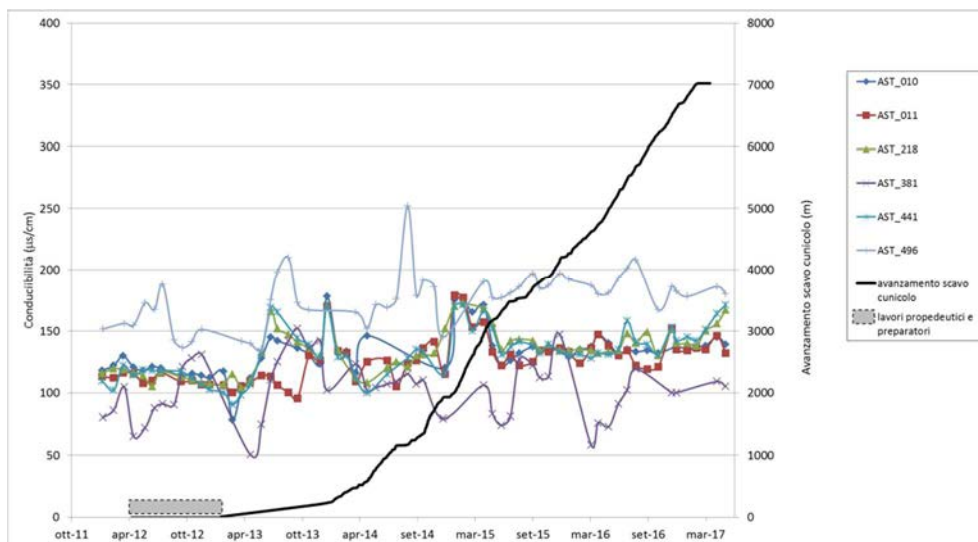
Le portate di tutte le sorgenti si sono sempre mantenute nei range sito-specifici delle rispettive "curve di esaurimento" a seguito delle ricariche annuali (come definiti nel paragrafo 4.10.4.1, come soglia di transizione tra il monitoraggio di "Sorveglianza" e il monitoraggio "di Attenzione").

La portata delle sorgenti evidenzia lo stesso regime di oscillazione tra minimo e massimo, anzi per le sorgenti AST\_441 e AST\_218 si nota un leggero aumento (picchi di max-min) probabilmente legato a una ricarica maggiore (precipitazioni e scioglimento delle masse nevose).

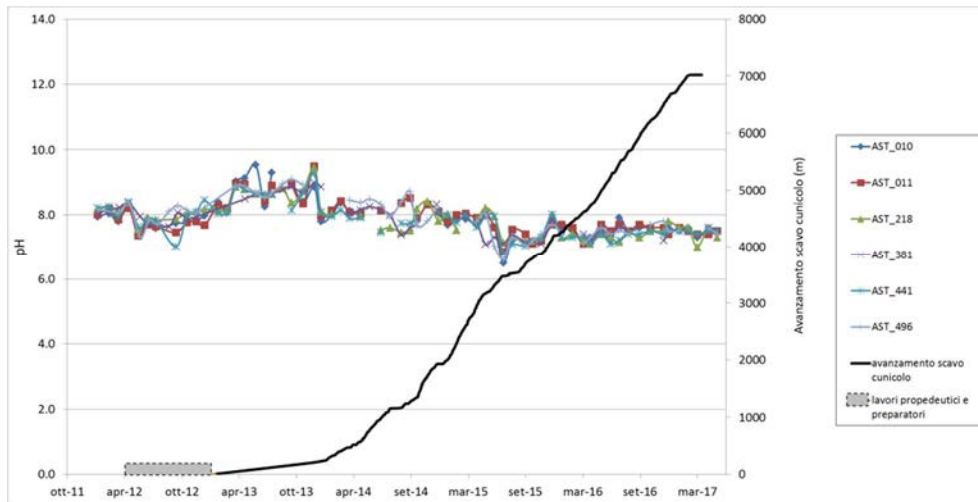
Nella valutazione dell'impatto relativo al Cunicolo della Maddalena, la AST\_011 aveva una probabilità d'isterilimento da bassa a media. Tuttavia, al fine di poter disporre di uno strumento di elevata precisione e vista l'importanza della sorgente, in questo punto è stato installato, prima delle attività di cantiere, uno strumento per il monitoraggio continuo dei parametri di portata e fisico-chimici.

Come per il monitoraggio dei dati quantitativo, anche i parametro chimico-fisici, come conducibilità e pH (macro indicatori del quadro chimico dell'acqua) non hanno evidenziato variazioni anormali e gli andamenti registrati nell'arco dell'intero periodo del corso d'opera presentano variazioni essenzialmente legate alla variabilità naturale del parametro senza evidenziare in assoluto fenomeni di interferenza correlati all'avanzamento dello scavo del cunicolo.

Qui di seguito i grafici dei parametri.



**Figura 78 - Andamento della conducibilità delle sorgenti dell'area Maddalena. In grafico sulle ordinate lato destro, l'avanzamento dello scavo del Cunicolo**

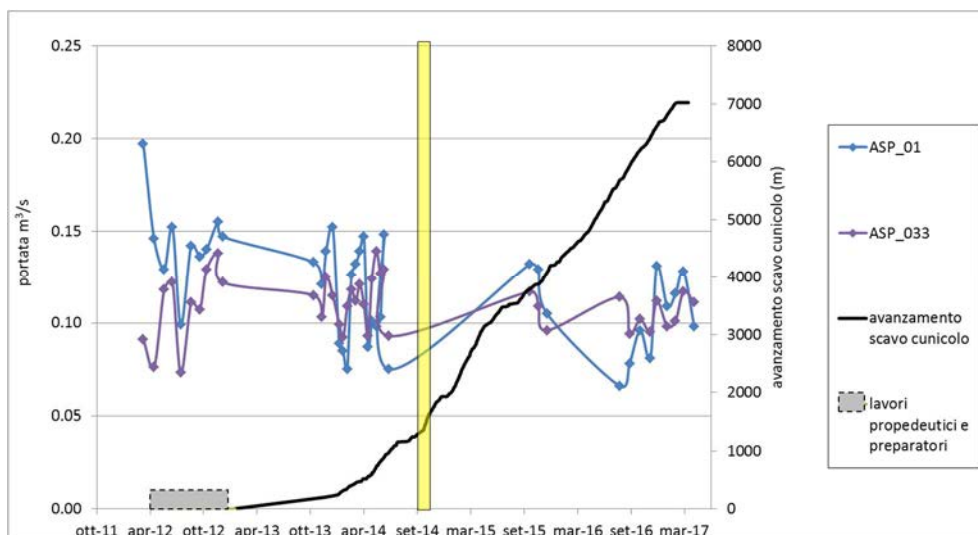


**Figura 79 - Andamento del pH delle sorgenti dell'area Maddalena. In grafico sulle ordinate lato destro, l'avanzamento dello scavo del Cunicolo**

In relazione ai potenziali rischi di interferenza tra lo scavo del cunicolo e il torrente Clarea, sottopassato dallo scavo con una copertura di circa 240m, i risultati del monitoraggio sui corsi d'acqua presenti nell'area della Maddalena confermano la sostanziale non interferenza dello scavo del Cunicolo con le portate del Clarea, come si vede dal grafico della Figura 80.

I punti di monitoraggio del T. Clarea sono denominati ASP\_001 e ASP\_033. Nello specifico, il punto ASP\_033 è prossimo al sottoattraversamento del cunicolo dell'alveo del torrente, avvenuto nel mese di ottobre 2014, mentre ASP\_001 è alla confluenza con la Dora Riparia.

Si evidenzia che il passaggio sotto l'alveo del torrente Clarea, avvenuto nel mese di ottobre 2014 (pk 1+400÷1+440) è avvenuto in condizioni di scavo secche e nessuna infiltrazione di acqua è stata registrata nei sondaggi esplorativi eseguiti preventivamente dal fronte (prescrizione CIPE), per investigare le condizioni idrogeologiche nella tratta interessata.

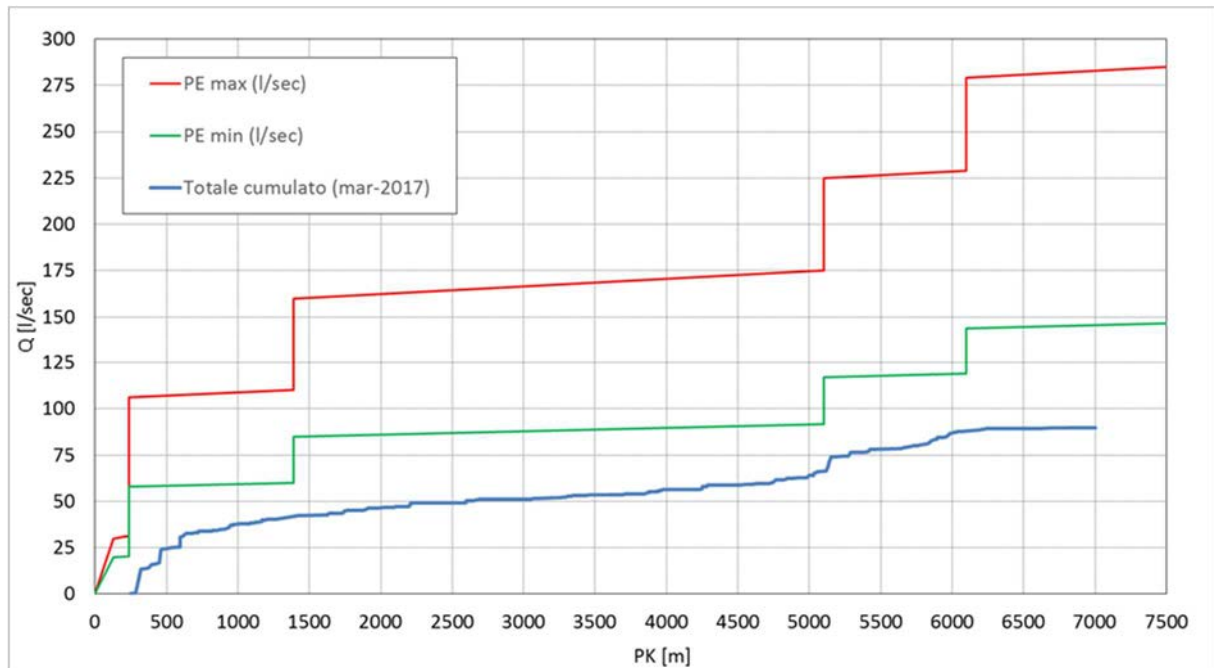


**Figura 80 - Portate del Torrente Clarea, area Maddalena. In giallo il periodo di sottoattraversamento del T. Clarea**

In definitiva, come per le sorgenti, il regime di portata dei corsi d'acqua superficiali è rimasto invariato durante tutto il periodo analizzato, evidenziando che l'attività di cantiere e scavo non ha minimamente influenzato la portata dei corsi d'acqua.

Con riferimento all'esito del monitoraggio delle portate in galleria, indicatore dei fenomeni di drenaggio delle circolazioni idriche profonde, sono riportati i grafici relativi al drenaggio delle acque sotterranee nel cunicolo, che riassumono i dati maggiormente dettagliati nel Paragrafo 5.5 "Interpretazione dei dati acquisiti e confronto con quanto previsto in Progetto Esecutivo".

Il grafico della Figura 81 confronta le portate previste in PE con quelle misurate dal monitoraggio all'interno del cunicolo.



**Figura 81 - Confronto tra portate (cumulate) previste in PE e portate registrate dal monitoraggio al portale**

Dal confronto dei dati alcune considerazioni:

- il totale attualmente registrato nel cunicolo (circa 90 l/s) è inferiore del 40% rispetto al minimo previsto (150 l/s);
- il contributo delle portate diffuse previsto in PE è sostanzialmente stato rispettato; l'inclinazione delle portate cumulate è simile o poco superiore alle condizioni minime previste in PE;
- i contributi puntuali previsti in PE, con portate variabili da 25-50 l/s (min-max) non sono stati osservati; il valore massimo relativo ad portata puntuale (stabilizzata) è intorno alla pK 5+150 con circa 5-6 l/s. La sua posizione era prevista, seppur con diversa magnitudine in PE;
- il tratto di sottoattraversamento del torrente Clarea (pK 1+400÷1+440) non ha evidenziato venute o infiltrazioni di acqua;
- circa il 40% del totale cumulato delle venute è riconducibile a i primi 750m di galleria dove le condizioni di bassa copertura e di allentamento dell'ammasso roccioso permettono una rapida infiltrazione delle acque meteoriche determinando una variabilità legata alle condizioni di piovosità.



Si può ragionevolmente affermare che l'entità totale del drenaggio esercitato dal cunicolo è significativamente inferiore a quanto previsto in progetto a base SIA e che soprattutto, non sono state evidenziate situazioni critiche di venute in fase di scavo lungo tutto lo scavo e, in particolare, nel sottoattraversamento dell'asse del torrente Clarea che potenzialmente poteva essere un elemento di rischio per le risorse idriche superficiali presenti nell'area.

Si evidenzia che le portate incontrate nel corso dello scavo non hanno mai raggiunto entità tale da comportare il passaggio allo stato di ATTENZIONE (intercettazione durante lo scavo di venute pari o superiori a 10 l/s, puntuali o diffuse in un tratto di 10 m).

### ***6.3.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente***

I dati del monitoraggio della rete del PMA costituiscono una serie temporale di osservazioni sulla componente dell'ambiente idrico sotterraneo che spazia dal periodo precedente all'inizio delle attività di cantiere alla fine delle attività di scavo. Tutti i dati raccolti confermano che non c'è interferenza tra le attività di cantiere e lo scavo del cunicolo con la componente ambientale.

Questi dati hanno sostanzialmente confermato le valutazioni degli studi previsionali, evidenziando inoltre una situazione ancora meno critica di quanto era stato previsto in sede di Progetto.

Come anticipato, le osservazioni eseguite nel cunicolo confermano che l'entità del drenaggio esercitato dallo scavo è stato relativamente modesto, inferiore alle previsioni del progetto.

Si evidenzia, inoltre, che il fronte di scavo è ora in una posizione molto lontana dai punti d'acqua monitorate e in un contesto geologico molto profondo caratterizzato da permeabilità globale molto bassa.

### ***6.3.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592***

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente

Dato il contesto idrogeologico degli ultimi 500m, sostanzialmente identico a quanto attraversato nei precedenti 1500-2000m, il completamento dell'opera non potrebbe determinare ricadute ambientali differenti da quelle che si sono già verificate.

## **6.4 Il suolo**

### ***6.4.1 Le previsioni degli studi pregressi***

Lo Studio di Impatto Ambientale, con specifico riferimento alla componente suolo, aveva identificato le seguenti pressioni ambientali:

- sottrazione di suolo e perdita della risorsa pedologica (dovuta all'occupazione di aree ora vegetate con il cantiere ed il sito di deposito);
- possibile immissione per ricaduta o sversamenti di inquinanti nel suolo stesso (sempre riconducibile alla fase di costruzione);
- eventuali instabilità innescate dai lavori di scavo, specie per l'imbocco cunicolo.

La sottrazione di suolo e relativa alterazione della risorsa pedologica, veniva legata alla fase di costruzione, per la parte di cantiere che doveva essere impermeabilizzata e che sarebbe stata smantellata a lavori ultimati.

Lo Studio di Impatto Ambientale individuava inoltre anche le porzioni per le quali era prevedibile un' occupazione permanente: l'imbocco galleria con il piazzale di servizio circostante e l'area ed il versante di imposta del sito di stoccaggio definitivo del marino. L'alterazione di stato del suolo era quindi definito di natura temporanea, in fase di cantiere, e reversibile nelle zone oggetto di successivo recupero. Al contrario la presenza di alcune opere permanenti erano associate ad una alterazione permanente ed irreversibile.

#### ***6.4.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10***

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente suolo con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

Tabella 52 – Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente suolo

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>17</b>	Dettagliare la cantierizzazione: - specificando le aree destinate allo stoccaggio temporaneo del terreno vegetale e le procedure atte a mantenerne nel tempo la vegetabilità.	Le scarpate verranno inerbite tramite idrosemina.		Ottemperato
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>120</b>	Le operazioni di manutenzione, rabbocco e rifornimento dei mezzi di cantiere dovranno essere effettuate in luogo dedicato.	E' stata predisposta un'apposita area dedicata alle operazioni di manutenzione, rabbocco e rifornimento dei mezzi di cantiere. I dettagli e il posizionamento di tale area sono riportati nei documenti di riferimento. L'area è indicata nei documenti di riferimento.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) MAD_EXE_VEN_0030_Cantierizzazione - Planimetria fase operativa 3) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013 4) DEP_BOR_0047_Piano di sicurezza e coordinamento	Ottemperato
	<b>121</b>	Nell'area di cantiere e nelle zone di deposito temporaneo non dovranno essere stoccate sostanze pericolose per l'ambiente, se non in condizioni di sicurezza.	E' stata predisposta un'apposita area dedicata allo stoccaggio delle sostanze pericolose, secondo le norme vigenti e le procedure operative dell'Appaltatore. I dettagli e il posizionamento di tale area sono riportati nei documenti di riferimento.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) MAD_EXE_VEN_0030_Cantierizzazione - Planimetria fase operativa 3) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013 4) DEP_BOR_0047_Piano di sicurezza e coordinamento	Ottemperato

### 6.4.3 Le misure mitigative adottate

Infatti nell'ambito del progetto era previsto il riutilizzo del substrato pedologico presente nelle aree d'intervento, per la realizzazione delle opere di recupero ambientale, costituite in particolare dal sito di deposito.

In fase di ante operam si è provveduto, nell'ambito del Piano di Gestione Ambientale del sito di deposito, a realizzare un monitoraggio puntuale della risorsa pedologica. Nello stralcio planimetrico sono riportati i punti di campionamento.



**Figura 82 – Carta di dettaglio dei suoli sull'area di deposito – I punti verdi localizzano i campionamenti fatti in corso d'opera**

Le evidenze del monitoraggio hanno rilevato che il suolo dominante nell'area d'intervento, appartenente al sottogruppo degli Inceptisuoli eutrici-districti non calcarei, rientra tra i suoli tipici dei versanti montani relativamente uniformi e poco incisi di questo settore del Piemonte caratterizzati da notevoli limitazioni per gli utilizzi agrari dato il clima tipicamente montano, le pendenze elevate e la frequente abbondanza di scheletro.

A causa dell'elevata acclività del versante, della presenza di numerose ceppaie anche di notevoli dimensioni (specie nel settore orientale dell'area) e considerato lo spessore ridotto del topsoil (che si aggira intorno ai 20 cm nel settore occidentale del versante per scendere fino a circa 5 cm nel settore centrale e orientale dell'area dove le acclività aumentano e nel fondovalle) non è stato asportato lo strato fertile superficiale.

Nell'ambito delle indicazioni operative da mettere in atto per far fronte alla perdita di suolo, si è indicata la necessità, in termini compensativi, di riportare, al termine dei lavori di realizzazione del deposito definitivo dello smarino, uno strato di terreno fertile di provenienza esterna che abbia le medesime caratteristiche di quello esistente in origine, documentate con il monitoraggio effettuato. Peraltro si evidenzia che l'apporto di terreno agrario esterno per gli interventi di sistemazione finale e recupero ambientale, sarebbe stato comunque necessario, stante da un lato il ridotto spessore del terreno scoticabile in sito e dall'altro l'entità del quantitativo necessario per il ricoprimento dell'accumulo di inerti di previsto deposito.

Parimenti, in termini di gestione generale del cantiere, sono state adottate tutte le misure atte a minimizzare gli eventuali danni connessi a sversamenti accidentali di sostanze pericolose. In primo luogo tutta l'area di cantiere è stata pavimentata ed in secondo luogo si è provveduto alla corretta gestione di tutte quelle sostanze, come a titolo di esempio, la cisterna di gasolio, che in caso di sversamenti accidentali potessero determinare impatti diretti o indiretti sulla componente.

#### 6.4.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale

Di seguito di riporta la codifica dell'area oggetto di monitoraggio e la relativa ubicazione sul territorio:

##### A5 – Comuni di CHIOMONTE

##### A5.4 – Area ristretta di monitoraggio (area di approfondimento)

Come visibile dallo stralcio planimetrico che segue, il monitoraggio della componente suolo, anche con riferimento agli aspetti geomorfologici, è stato condotto su un'area ristretta di approfondimento rappresentata nell'immagine che segue.



Figura 83 – Area di monitoraggio

Di seguito sono rappresentati i punti di monitoraggio geomorfologico rilevati nel corso degli anni di cantiere.



Figura 84 – Punti di monitoraggio negli anni dal 2013 al 2016

Inoltre, a partire dal 2014 è stato allestito il monitoraggio della componente biologica del suolo con l'obiettivo di valutare lo stato di salute delle comunità edafiche del suolo che rappresentano un indicatore attendibile della qualità del suolo e del relativo stato ecologico.

I punti monitorati, coincidenti con i transetti della vegetazione, sono rappresentati nello stralcio planimetrico che segue.



Figura 85 – Punti di monitoraggio della biodiversità dei suoli

La sintesi degli esiti del monitoraggio sulla componente (ripresa dal documento *MAD-MA3-FEN-0286-A-PA-NOT*) nel corso degli anni (da 2013 a 2016) mette in evidenza, sia per le aree interne al cantiere che per quelle esterne, un quadro di piena compatibilità per tutti i parametri analizzati e ripresi nel seguito.

- Aree di cantiere:
  - Regimazione acque superficiali interne: nessun tipo di criticità in tutti gli anni monitorati;
  - Inerbimento versanti interni: si è riscontrata una situazione in continuo miglioramento ed evoluzione nel corso degli anni, anche legata al progressivo aumento degli inerbimenti lungo i versanti e le massicciate. A chiusura dell'anno 2016 non sono stati riscontrati dissesti e fenomeni erosivi;
  - Ristagni idrici: a fronte di puntuali situazioni riscontrate nei primi 3 anni, il fenomeno ha presentato progressivi miglioramenti grazie al fatto che il deflusso delle acque è ben canalizzato;
  - Stato della copertura del suolo: il fenomeno si è presentato stabile in tutti e 4 gli anni di monitoraggio;
  - Sversamento di materiali non conformi: il fenomeno non si è riscontrato nel quadriennio di monitoraggio;
  - Presenza di degradazione chimica e fisica: non rilevata in nessuno degli anni dal 2013 al 2016;
  - Stato misure di mitigazione: situazione stabile e soddisfacente per tutta la durata del cantiere;
- Aree esterne:
  - Regimazione acque superficiali esterne: a fronte di puntuali situazioni meritevoli di attenzione nel 2013, nei successivi anni si è riscontrato un progressivo miglioramento arrivando a un livello soddisfacente negli anni 2015 e 2016. In particolare nel 2016 è stato possibile constatare la funzionalità del sistema di regimazione della strada Giaglione Chiomonte;
  - Erosione aree esterne: il fenomeno non si è verificato nel corso del quadriennio 2013-2016;
  - Ristagni idrici: la situazione nel corso degli anni è stata oggetto di progressivi miglioramenti arrivando ad una condizione generale di buona canalizzazione del deflusso delle acque;
  - Stato della copertura del suolo: il fenomeno si è presentato stabile in tutti e 4 gli anni di monitoraggio;
  - Sversamento di materiali non conformi: il fenomeno non si è riscontrato nel quadriennio di monitoraggio;
  - Presenza di degradazione chimica e fisica: non rilevata in nessuno degli anni dal 2013 al 2016;
  - Stato misure di mitigazione: situazione stabile e soddisfacente per tutti gli anni di monitoraggio.

#### **6.4.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente**

Come evidenziato dagli esiti del monitoraggio ambientale, nei 40 rilievi eseguiti per l'identificazione delle pietre verdi e negli 83 sondaggi a distruzione eseguiti in avanzamento sui litotipi attraversati lungo tutto il cunicolo esplorativo, non è mai stata riconosciuta la presenza di pietre verdi, materiali amiantiferi o potenzialmente amiantiferi. L'esito del

monitoraggio ambientale relativamente la componente amianto non ha evidenziato in nessun caso la presenza di fibre di amianto aerodisperso in concentrazioni superiori al limite di sorveglianza. Pertanto è possibile affermare la piena compatibilità dell'opera rispetto alla componente in oggetto.

Relativamente la presenza delle concentrazioni elevate di Arsenico misurate nel marino le analisi chimiche sui cumuli del materiale di scavo hanno evidenziato concentrazioni elevate in Arsenico limitatamente al settore compreso tra le pk Pk 0+198 e Pk 0+265, non sono stati riscontrati ulteriori settori interessati da tali concentrazioni anomale. Il materiale contaminato non è stato pertanto messo a deposito nel sito di deposito della Maddalena ma, secondo normativa, è stato portato in discarica autorizzata nella provincia di Torino. Pertanto, anche in questo caso, è possibile affermare la piena compatibilità dell'opera rispetto alla componente in oggetto.

#### **6.4.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592**

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non determinerebbe ulteriori occupazioni di aree, e quindi possibili interferenze aggiuntive rispetto alla risorsa pedologica, rispetto all'attuale configurazione del cantiere;
- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 avverrebbe con tecniche e modalità esecutive identiche a quelle utilizzate per lo scavo sino alla pK 7+020; pertanto non si configura la possibilità di generare fattori di impatto diversi da quelli sino ad ora prodotti;
- In ragione di quanto sopra e in relazione ai dati di monitoraggio, che non rilevano la presenza di fenomeni di degrado dei suoli e dimostrano l'ottimale funzionalità del sistema di regimazione delle acque a tutela dei fenomeni erosivi, si ritiene che la prosecuzione dello scavo non contribuirebbe ad approfondire il livello conoscitivo delle possibili ricadute sulle componenti.

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena, sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando, per altro, la compatibilità dell'opera e delle tipologie di lavorazione e di interventi, rispetto alle esigenze di tutela e salvaguardia della risorsa pedologica e di compatibilità, dal punto di vista geomorfologico, con particolare riferimento al tema dei dissesti e fenomeni di erosione.



## 6.5 Il sottosuolo

### *6.5.1 Le previsioni degli studi pregressi*

Lo Studio di Impatto Ambientale, con specifico riferimento alla componente sottosuolo, non aveva identificato pressioni ambientali nei confronti del sottosuolo inteso come ammasso roccioso scavato dalla galleria, visto che la stessa opera aveva un obiettivo di carattere geognostico.

### *6.5.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10*

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente sottosuolo con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>44</b>	<p>Dettagliato protocollo di gestione dei materiali estratti che specifichi le procedure di movimentazione, lavorazione, deposito temporaneo del materiale estratto nonché le modalità di caratterizzazione dei medesimi.</p>	<p>In fase esecutiva si è predisposto il protocollo prescritto, distinguendo le competenze di Appaltatore (movimentazione, deposito temporaneo e caratterizzazione del materiale estratto che non verrà reimpiegato nell'opera) dalle competenze della Committenza (ritiro del materiale e conferimento ai siti di destinazione finale). Il dettaglio delle procedure a carico Appaltatore è descritto nel documento di riferimento.</p>	<p>1)MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo 2) DEP_BOR_0057_Piano di gestione delle rocce e terre da scavo</p>	Ottemperato
	<b>45</b>	<p>Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo da sottoporre a validazione da parte di Arpa Piemonte qualora siano attesi superamenti dei limiti tabellari attribuiti a valori di fondo naturale o alla presenza di inquinamento diffuso.</p>	<p>La prescrizione è ottemperata in fase esecutiva per le competenze di Appaltatore (movimentazione, deposito temporaneo e caratterizzazione del materiale estratto che non verrà reimpiegato nell'opera). Il dettaglio delle procedure e dei valori limite sono descritti nel documento di riferimento.</p>	<p>MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo</p>	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	46	Implementazione del set di metalli con l'inserimento di Arsenico, Berillio, Cobalto, Nichel, Piombo, Selenio e Zinco, metalli che possono essere contenuti nelle rocce attraversate durante lo scavo della galleria; eliminazione dei fitofarmaci dal set di parametri.	1) Il set è stato implementato come da prescrizione. Il dettaglio delle determinazioni analitiche a cui vengono sottoposti i campioni è descritto nell'apposito documento (cap. 7). 2) recepito piano monitoraggio ambientale	1)MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo 2) PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	47	Implementare il set di analisi anche delle eventuali sostanze impiegate come coadiuvanti nello scavo (es. tensioattivi).	1) Durante lo scavo del cunicolo non saranno utilizzate sostanze coadiuvanti quali tensioattivi. 2) recepito piano monitoraggio ambientale	1)MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo 2) PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	48	Per il sito di destinazione delle terre e rocce da scavo, trattandosi di terreni a destinazione agricola, dovrà essere fatto riferimento alla Colonna A della tabella 1 dell'Allegato V al Titolo V della Parte IV del D. Lgs. 152/06.	Prescrizione recepita nei documenti progettuali.	1) Per il sito di destinazione delle terre e rocce da scavo si dovrà fare riferimento alla Colonna A della tabella 1 ... 2) DEP_BOR_0057_Piano di gestione delle rocce e terre da scavo	Ottemperato
	49	Cadenza di campionamento a ogni 250 m di scavo, anziché 500 m in merito alla caratterizzazione del materiale, nel caso si incontrassero intercalazioni molto ravvicinate di litologie eterogenee.	Le attività di prelievo verranno eseguite nei seguenti casi: - al raggiungimento del quantitativo di 5000 mc; - su volumetrie inferiori se nel frattempo viene evidenziata una variazione di litologia;	MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
			- al cambio di modalità di scavo. Nel caso in esame campionare il materiale ogni 5000 mc significa eseguire un controllo ogni circa 115 m di avanzamento. I dettagli sono riportati al cap. 6 del documento di riferimento.		
	50	Qualora non fossero rispettati tutti i requisiti normativi previsti dall'art. 186 del decreto legislativo n. 152/2006 e s.m.i., la gestione dei materiali dovrà essere sottoposta alla normativa rifiuti.	1) La gestione dei materiali contaminati da sostanze in concentrazioni superiori alle rispettive CSC di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5, alla quarta parte, del Dlgs 152/2006 è descritta nell'apposito documento (cap.8). 2) L'Appaltatore del sito di deponia depositerà nel sito solamente materiali facenti parte della tabella A, gli altri materiali verranno trattati in accordo alle normative vigenti	1)MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo 2) DEP_BOR_0057_Piano di gestione delle rocce e terre da scavo	Ottemperato
	62	Informazioni di dettaglio circa i depositi temporanei in termini di dimensioni geometriche, caratteristiche tecnico-costruttive, analisi di stabilità e protocollo di gestione.	La prescrizione viene ottemperata per i soli cumuli di caratterizzazione. Le caratteristiche delle piazzole di caratterizzazione dello smarino è riportata nei documenti di riferimento.	MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo  MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale	Ottemperato

Tabella 53 – Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente sottosuolo

### **6.5.3 Le misure mitigative adottate**

Nell'ambito del progetto sono state adottate una serie di misure di mitigazione nell'ambito della componente in oggetto attraverso apposito monitoraggio ambientale.

In particolare sono stati eseguiti una serie di sistematici campionamenti sui materiali scavati sui quali sono stati analizzati set di analiti allo scopo di verificare e caratterizzare la qualità del materiale estratto, definirne la natura e la compatibilità dal punto di vista ambientale.

La cadenza di tali campionamenti è stata al massimo ogni circa 115 ml di scavo, risultando di gran lunga più cautelativa della prescrizione CIPE n. 49 che indica almeno 500 ml in condizioni normali e 250 ml in caso di variazioni litologiche.

Sono state inoltre eseguite una serie di indagini in avanzamento attraverso sondaggi a distruzione di nucleo, tra loro sovrapposti e supervisionati dal geologo di cantiere, con lo scopo di esplorare l'ammasso roccioso davanti alla testa fresante per valutare la presenza o meno di litotipi che potessero contenere asbesto nelle sue diverse forme e che potessero originare fibre aerodisperse nelle fasi di movimentazione.

In aggiunta sono stati eseguiti dei campionamenti sul materiale di risulta dalla perforazione (cutting) e sul fluido di perforazione, successivamente sottoposti ad analisi di laboratorio.

### **6.5.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale**

Gli esiti del monitoraggio ambientale per il sottosuolo sono stati i seguenti:

- Relativamente la componente amianto, nel corso della realizzazione dei lavori per lo scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena le indagini e analisi eseguite al fronte di scavo e lungo la galleria, non hanno evidenziato in nessun caso la presenza di fibre di amianto.

Allo stesso tempo non sono mai state rinvenute pietre verdi al fronte di scavo.

Quanto riscontrato in galleria è in accordo con i risultati del monitoraggio eseguito sia nelle restanti aree interne al cantiere che a quello eseguito in esterno (si rimanda anche allo specifico capitolo).

- Per quanto riguarda la Formazione degli Gneiss Aplitici dell'Ambin, nei test di controllo eseguiti sui materiali di smarino del Cunicolo della Maddalena (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 sovrastanti coperture e sono state misurate tra circa le Pk 0+198 e Pk 0+265, per un quantitativo totale 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.

### **6.5.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente**

Come evidenziato dagli esiti del monitoraggio ambientale, nei litotipi attraversati lungo il Cunicolo esplorativo della Maddalena non è mai stata riconosciuta la presenza di pietre verdi, materiali amiantiferi o potenzialmente amiantiferi. L'esito del monitoraggio ambientale relativamente la componente amianto non ha evidenziato in nessun caso la presenza di fibre di

amianto aerodisperso in concentrazioni superiori al limite di sorveglianza. Pertanto è possibile affermare la piena compatibilità dell'opera rispetto alla componente in oggetto.

Relativamente alla presenza delle concentrazioni elevate di Arsenico misurate nel marino, le analisi chimiche sui cumuli del materiale di scavo hanno evidenziato concentrazioni elevate in Arsenico limitatamente al settore compreso tra le pk Pk 0+198 e Pk 0+265; non sono stati riscontrati ulteriori settori interessati da tali concentrazioni anomale. Il materiale contaminato non è stato pertanto messo a deposito nel sito di deposito della Maddalena ma, secondo normativa, è stato portato in discarica autorizzata nella provincia di Torino. Pertanto, anche in questo caso, è possibile affermare la piena compatibilità dell'opera rispetto alla componente in oggetto.

### ***6.5.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592***

Dal punto di vista geologico e strutturale il Cunicolo esplorativo della Maddalena ha interessato, come da previsioni, la struttura a duomo, costituita in successione: nella parte più esterna dai litotipi del Complesso di Ambin e nella parte centrale dalle rocce corrispondenti al Complesso di Clarea.

L'analisi dei dati acquisiti nei 7 km scavati è tale da confermare il Modello Geologico di Riferimento, modello che anche per i successivi 500 m oltre la pk 7+020 non prevede particolari cambiamenti rispetto a quanto ad oggi riscontrato dal punto di vista geologico, pertanto le condizioni dovrebbero mantenersi pressoché analoghe anche nel successivo tratto non investigato. Tale omogeneità è stata confermata dai nuovi dati acquisiti.

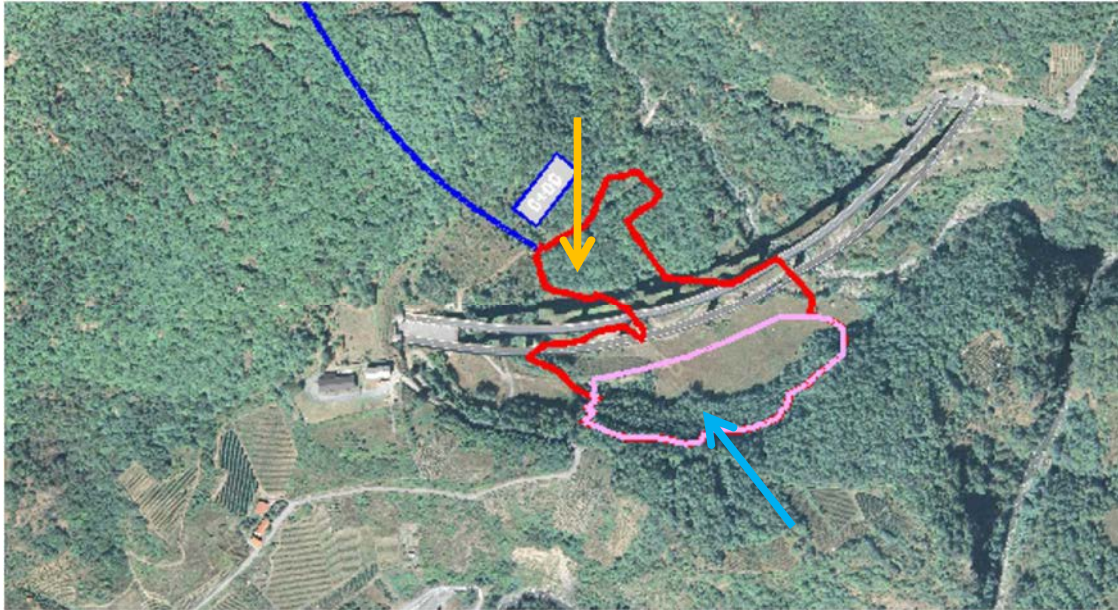
Inoltre, anche dal punto di vista delle tecniche e tipologie di scavo, l'eventuale proseguo dello scavo sino a pk 7+592 non comporterebbe cambiamenti rispetto a quanto eseguito fino alla pk 7+020.

Per i motivi sopra esposti è possibile asserire che l'eventuale ritorno di esperienza in caso di proseguimento dello scavo fino alla pk 7+592 sarebbe molto limitato in quanto attraverserebbe identiche litologie e uguale contesto geologico strutturale, contesto già esplorato e analizzato, per questo il completamento dell'opera non determinerebbe ricadute ambientali differenti da quelle che si sono già verificate.

## **6.6 Vegetazione**

### ***6.6.1 Le previsioni degli studi pregressi***

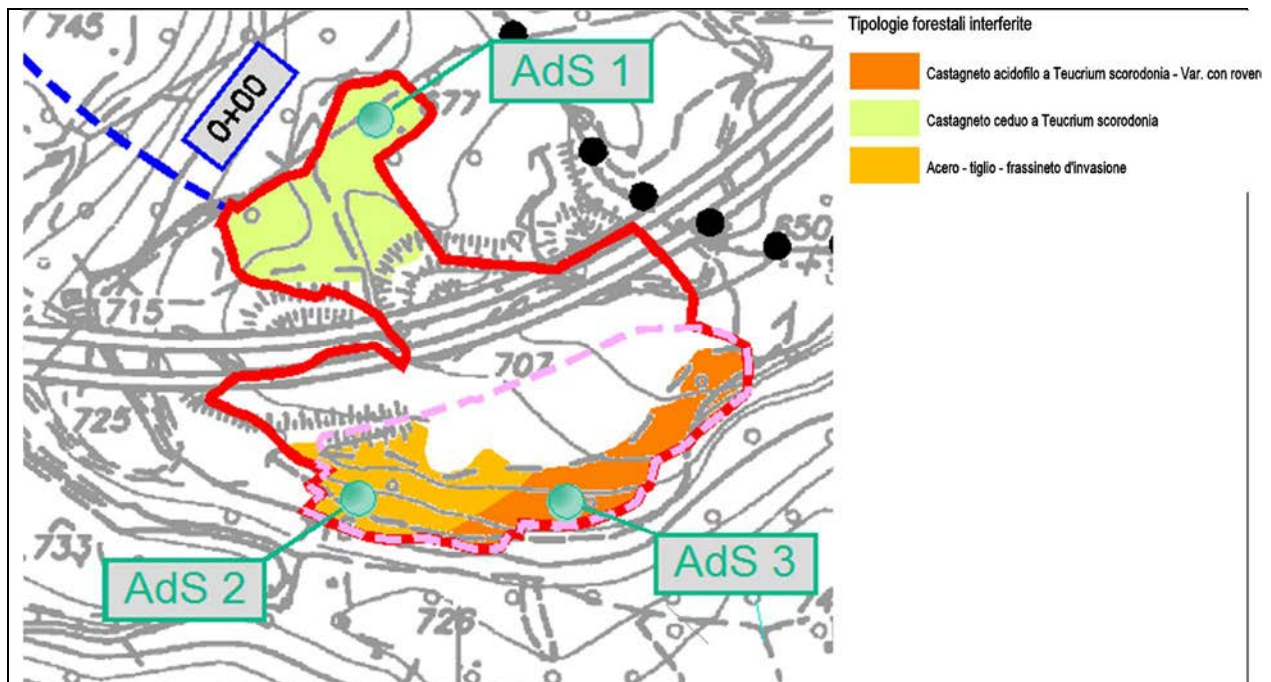
Lo Studio di Impatto Ambientale, per la componente vegetazione aveva identificato in termini di impatto il taglio della vegetazione arborea presente sull'area di cantiere e sul versante al quale si sarebbe addossato il sito di stoccaggio definitivo del marino (cfr figura seguente).



**Figura 86 – Inquadramento su foto aerea dello stato ante opera. La freccia arancione localizza l’interferenza con la superficie arborea nella porzione di imbocco; la freccia azzurra localizza la vegetazione interferita dal sito di deposito**

Lo Studio di Impatto Ambientale attribuiva complessivamente un impatto di livello medio temporaneo e parzialmente reversibile. Caratteri di impatto permanente dell’impatto erano stati identificati per i circoscritti ambiti che, per esigenze di natura tecnico/funzionale, non potevano essere oggetto di recupero finale.

Nell’ambito degli Studi Complementari per il Cunicolo Esplorativo de La Maddalena predisposti in ottemperanza alla Delibera CIPE 86/2010, con particolare riferimento alla Prescrizione 13 (*Doc. MSI\_0301\_03-00-00\_10-01*), erano state maggiormente approfondite le interferenze anche mediante aree di saggio (cfr figura seguente).



**Figura 87 – I punti verdi rappresentano la localizzazione delle aree di saggio previste per ogni tipologia forestale interferita**

Di seguito si riporta la tabella di quantificazione dell'interferenza delle superfici (boscate e non) così come desunta dagli studi citati.

Macro categoria	Categoria	Superficie mq	% rispetto al totale
Bosco	Castagneto ceduo a <i>Teucrium scorodonia</i>	10.927	21,5%
Non bosco	Coltivi abbandonati	227	0,5 %
Non bosco	Praterie non utilizzate	23.755	46,8 %
Bosco	Acero tiglio frassineto d'invasione	8.473	16,7 %
Bosco	Castagneto acidofilo a <i>Teucrium scorodonia</i> – Var con rovere	7.388	14,5 %
<b>TOTALE</b>		<b>50.770</b>	

Tabella 54 - Quantificazione delle superfici interferite da cantiere e impronta del deposito

Nei prospetti che seguono sono riportate le schede di sintesi delle 3 aree di saggio con indicazione delle specie rilevate.

AdS N.		1	
Data	13/07/2011	Località La Maddalena (comune di Chiomonte - TO)	
Superficie (mq)	400	Altitudine (m)	685
Esposizione	S-E	Inclinazione	8°
Tipo di vegetazione:	compresenza di castagneto ceduo e castagneto da frutto		
Morfologia:	versante terrazzato		
Legenda:	A.i. = <i>Alnus incana</i>  A.p. = <i>Acer pseudoplatanus</i> C.s = <i>Castanea sativa</i>	F.e. = <i>Fraxinus excelsior</i> L.a.= <i>Laburnum anagyroides</i> P.a. = <i>Prunus avium</i> Q.p.= <i>Quercus petraea</i>	
Note	- specie arbustive del sottobosco: <i>Frangula alnus</i> , <i>Rosa canina</i> ; - specie erbacee: <i>Teucrium scorodonia</i> , <i>Dianthus seguieri</i> , <i>Luzula nivea</i> , <i>Galeopsis tetrahit</i> , <i>Peucedanum oreoselinum</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> , alcuni cespi di <i>Dactylis glomerata</i>		

Tabella 55 – Area di Saggio n.1



<b>AdS N.</b>		<b>2</b>	
Data	13/07/2011	Località La Maddalena (comune di Chiomonte - TO)	
Superficie (mq)	400	Altitudine (m)	695
Esposizione	N-E	Inclinazione	20°
Tipo di vegetazione: acero-tiglio frassineto di invasione			
Morfologia: versante scosceso			
Legenda:	A.i. = <i>Alnus incana</i> A.p. = <i>Acer pseudoplatanus</i> B.p. = <i>Betula pendula</i> C.s. = <i>Castanea sativa</i> F.e. = <i>Fraxinus excelsior</i> L.d. = <i>Larix decidua</i>	P.a. = <i>Prunus avium</i> P.p. = <i>Pyrus pyraeaster</i> P.s. = <i>Pinus sylvestris</i> Q.p. = <i>Quercus petraea</i> T.c. = <i>Tilia cordata</i>	
Note - specie arbustive del sottobosco: <i>Corylus avellana</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Rubus idaeus</i> ; - specie erbacee: <i>Teucrium scorodonia</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Galeopsis tetrahit</i>			

**Tabella 56 – Area di Saggio n.2**

<b>AdS N.</b>		<b>3</b>	
Data	13/07/2011	Località La Maddalena (comune di Chiomonte - TO)	
Superficie (mq)	400	Altitudine (m)	685
Esposizione	N	Inclinazione	12°
Tipo di vegetazione: castagneto ceduo con numerose matricine invecchiate			
Morfologia: versante terrazzato			
Legenda:	A.i. = <i>Alnus incana</i> A.p. = <i>Acer pseudoplatanus</i> C.s. = <i>Castanea sativa</i>	F.e. = <i>Fraxinus excelsior</i> P.a. = <i>Prunus avium</i> P.s. = <i>Pinus sylvestris</i>	
Note specie arbustive del sottobosco: <i>Corylus avellana</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Rubus idaeus</i> ; - specie erbacee: <i>Teucrium scorodonia</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Galeopsis tetrahit</i> , <i>Pteridium aquilinum</i> ; - rinnovazione di <i>Pinus sylvestris</i> ; - presenza di muschi su tronchi e pietre.			

**Tabella 57 – Area di Saggio n.3**

### ***6.6.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10***

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente vegetazione con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>9</b>	Evitare il disboscamento del sito di deposito attendendo che siano colmate le aree pianeggianti	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	<b>13</b>	Effettuare il bilancio delle superfici boscate, quantificando in dettaglio le aree da disporre e le aree rispettive di rimboscamento compensativo in ottemperanza al decreto legislativo n. 227/2001 art. 4 e Normativa regionale vigente. Realizzare interventi mirati per la rinaturazione di ambiti degradati, per la creazione di nuove aree con vegetazione autoctona in continuità con le macchie boscate esistenti o l'ampliamento delle formazioni vegetali lineari (sieve e filari) in grado di svolgere la funzione di corridoi ecologici.	1) Sono stati previsti interventi di rinaturalizzazione su tutta la superficie di competenza del sito di deponia. 2) Studio integrativo	1) DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva 2) allegato 3	Ottemperato
	<b>16</b>	Verificare, in fase di progettazione esecutiva, ulteriori soluzioni di ripristino del sito di deposito anche non a gradoni del terreno, foto simulazioni prese (per ogni soluzione proposta) da più punti di	Per problematiche legate alla stabilità del sito di deponia ed al dimensionamento delle opere in terra rinforzata, la configurazione con gradoni di dimensioni significative è l'unica in grado di fornire le necessarie condizioni	DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva	Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
		vista.	di sicurezza del sito.		
	<b>66</b>	Prevedere manutenzione obbligatoria di almeno 3 anni per il rimboschimento	Prescrizione recepita nei documenti progettuali.	DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale DEP_BOR_0007_Piano di manutenzione	Ottemperato
	<b>68</b>	Approfondire gli impatti sugli ecosistemi, corridoi ecologici, fauna e vegetazione	Recepito piano monitoraggio ambientale + studi integrativi	PP2MA3FEN01012AP NOT allegato 4	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>69</b>	Rivedere gli impianti di specie autoctoni previsti per il recupero ambientale del cantiere e del sito di deposito considerando l'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica e delle consociazioni di specie che hanno consentito il successo recupero ambientale della discarica di smarino autostradale.	1) Per il recupero ambientale del cantiere saranno utilizzate specie autoctone come indicato nel documento di riferimento 2) recepito piano monitoraggio ambientale	1) MAD_EXE_VEN_0100_Recup eri ambientali e sistemazioni finale area di cantiere - Relazione illustrativa2) MAD_EXE_VEN_0101_Recup eri ambientali e sistemazioni finale area di cantiere - Planimetria e particolari3) MAD_EXE_VEN_0357_Recup eri ambientali e sistemazioni finale area di cantiere - Sezioni 4) DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva 5) DEP_BOR_0041_Opere a verde complementari e d'inserimento paesaggistico - Planimetria 6) PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>94</b>	Evitare il disboscamento dei settori in versante del sito di deposito fino a che siano colmate le aree pianeggianti o provvedere poi progressivamente al taglio per fasce dal basso, in modo da dare la possibilità, in caso di attivazione durante la fase di cantiere della	Prescrizione recepita nei documenti progettuali.	1) DEP_BOR_0001_Relazione generale 2) DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
		rampa per il trasporto del marino ai siti di deposito della tratta internazionale, di ridurre le cubature messe a deposito permanente nella Maddalena, e dare al deposito definitivo un assetto meglio integrato con i popolamenti forestali.		3) Evitare il taglio della copertura forestale nel versante prospiciente il sito di deposito durante la colmatatura delle aree pianeggianti	
	<b>109</b>	Tutte le opere di mitigazione vegetale e di eventuale reimpianto dovranno essere realizzate con l'assistenza continua di esperti botanici ed agronomi.	Le opere di mitigazione vegetale e di eventuale reimpianto saranno realizzate con l'assistenza continua di esperti botanici ed agronomi.	DEP_BOR_0001_Relazione generale DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva	Ottemperato
	<b>111</b>	Tutte le aree agricole temporaneamente occupate dovranno essere riportate, al termine dei lavori, ai caratteri morfologici e vegetazionali originali.	Le aree agricole temporaneamente occupate saranno riportate, al termine dei lavori, ai caratteri morfologici e vegetazionali originali.	DEP_BOR_0001_Relazione generale DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva	Ottemperato

<b>Raccom- andazioni</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle raccomandazioni</b>	<b>Note e commenti esplicativi</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
<b>130</b>	Il progetto definitivo preveda, per quanto riguarda il ripristino della vegetazione, l'impiego di specie appartenenti alle serie autoctone, prevedendo eventualmente la raccolta in loco di materiale per la propagazione (sementi, talee, ecc.) al fine di rispettare la diversità biologica (soprattutto in prossimità di aree protette) e preveda la produzione di materiale vivaistico presso vivai specializzati che ne assicurino l'idoneità all'uso anche in condizioni ambientali difficili (terreni di riporto di scadente qualità, ecc.).	Per quanto riguarda il ripristino della vegetazione, si impiegheranno specie appartenenti alle serie autoctone	DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva DEP_BOR_0041_Opere a verde complementari e d'inserimento paesaggistico - Planimetria	Otemperato

Tabella 58 – Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente vegetazione

### 6.6.3 Le misure mitigative e di recupero adottate

Di particolare interesse sono le misure adottate per la parte del deposito che potrà essere recuperata al termine delle attività.

Anzitutto si evidenzia che, in ottemperanza alla prescrizione 94 della Delibera CIPE 86/2010 le operazioni di disboscamento si sono attuate gradualmente e si sono limitate alle aree strettamente indispensabili per effettuare le operazioni di cantiere; è stato quindi evitato nella maniera più assoluta il disboscamento di tutte le aree in unica soluzione.

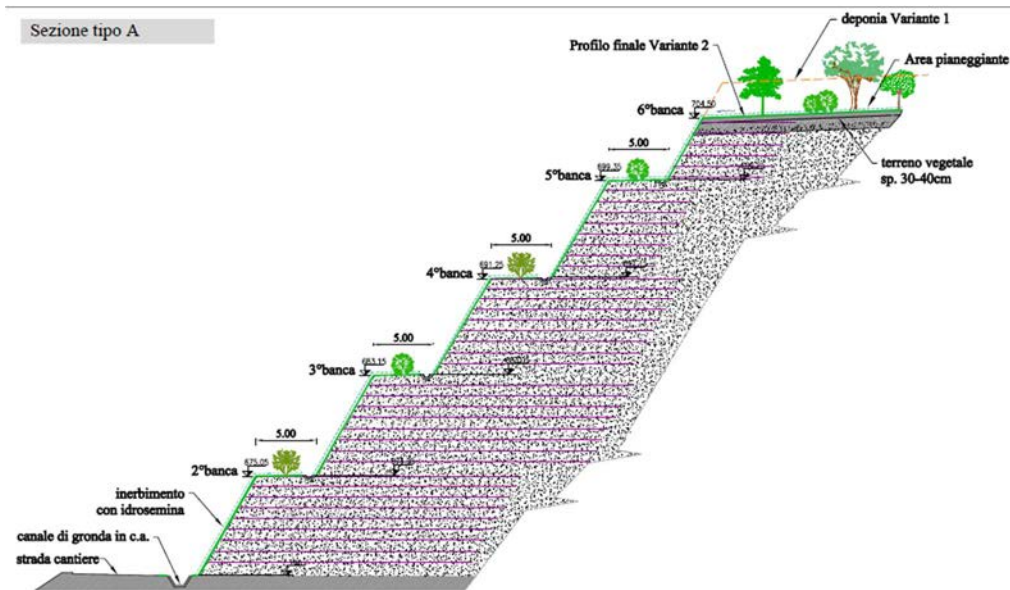
Nella fase di cantiere, grande rilevanza hanno assunto le misure adottate per la difesa delle superfici boscate adiacenti al cantiere ma non interferite da questo. In particolare si è proceduto all'apposizione di una recinzione di altezza significativa (non inferiore a 1,8 m) come elemento di netta separazione tra le aree di cantiere e quelle esterne. Questa misura ha consentito di evitare danni di natura accidentale agli esemplari posti esternamente al perimetro di cantiere.

Le misure di ripristino del sito di deposito saranno realizzate sulla base delle indicazioni del progetto delle Opere Complementari e di Inserimento Paesaggistico (MAD\_DEP\_BOR\_0041\_0\_AP\_PLA) aggiornato all'ultima variante del sito di deposito (variante 2) predisposta in relazione alla proposta di arrestare lo scavo alla pK 7+020. Nel seguito si riporta uno stralcio planimetrico.



Figura 88 – Planimetria di ripristino del sito di deposito





**Figura 89 – Ripristino del sito - sezione**

Le specie che saranno messe a dimora, rigorosamente autoctone e compatibili dal punto di vista autoecologico rispetto alle condizioni stazionali, sono:

- Specie arboree:
  - Betula pendula;
  - Fraxinus excelsior;
  - Populus tremula;
  - Sorbus aucuparia;
- Specie arbustive:
  - Prunus spinosa;
  - Corylus avellana;
  - Ligustrum vulgare;
  - Juniperus communis.

Per le specie arboree e arbustive si prevede una densità di impianto di 100 esemplari/ha e e sulle banche 1 esemplare arbustivo ogni 4 ml. Saranno messi a dimora esemplari già sviluppati al fine di ottenere un pronto effetto di recupero paesaggistico. Le specie arboree avranno diametro compreso tra 16 e 18 cm e quelle arbustive altezza compresa tra 1,5 e 2m.

#### **6.6.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale**

Di seguito di riporta la codifica dell'area oggetto di monitoraggio e la relativa ubicazione sul territorio:

- **A5 – Comuni di CHIOMONTE**
  - A5.A – Area ristretta di monitoraggio (approfondimento)

Il monitoraggio sulla componente è avvenuto in corrispondenza di 4 transetti localizzati nell'immediato intorno del cantiere la cui localizzazione è stata adeguata passando dalla fase di ante a quella di corso d'opera.

Nell'immagine che segue si riporta lo stralcio planimetrico della localizzazione dei transetti in ante e corso d'opera.



Figura 90 – Localizzazione dei transetti. A sinistra Ante operam, a destra Corso d'opera.

Inoltre sono stati effettuati dei monitoraggi in area ristretta, ovvero lungo i bordi dell'area di cantiere con l'obiettivo di verificare e monitorare l'ingresso di eventuali specie esotiche che potrebbero entrare nell'area attraverso la diffusione di semi veicolati dai mezzi di lavoro o da semi presenti nei materiali inerti e terrosi provenienti da altri siti di lavoro.

Gli esiti dei monitoraggi nei transetti durante il corso d'opera hanno fatto emergere risultati sempre omogenei nel corso degli anni così sintetizzabili:

- Rispetto a quanto osservato nella fase di monitoraggio Ante Operam, non sono state osservate delle variazioni significative;
- In linea generale la conformazione del soprassuolo forestale, così come le componenti arbustivo ed erbacee, sono rimaste invariate e gli impatti possono essere considerati non significativi;
- Nelle aree esterne al cantiere, in linea generale, la stratificazione del soprassuolo forestale non ha subito variazioni di rilievo e le dinamiche evolutive osservate sono coerenti con gli habitat forestali osservati.

Per quanto riguarda il monitoraggio in area ristretta, gli esiti del monitoraggio 2016 hanno rilevato la presenza di *Buddleja davidii*.



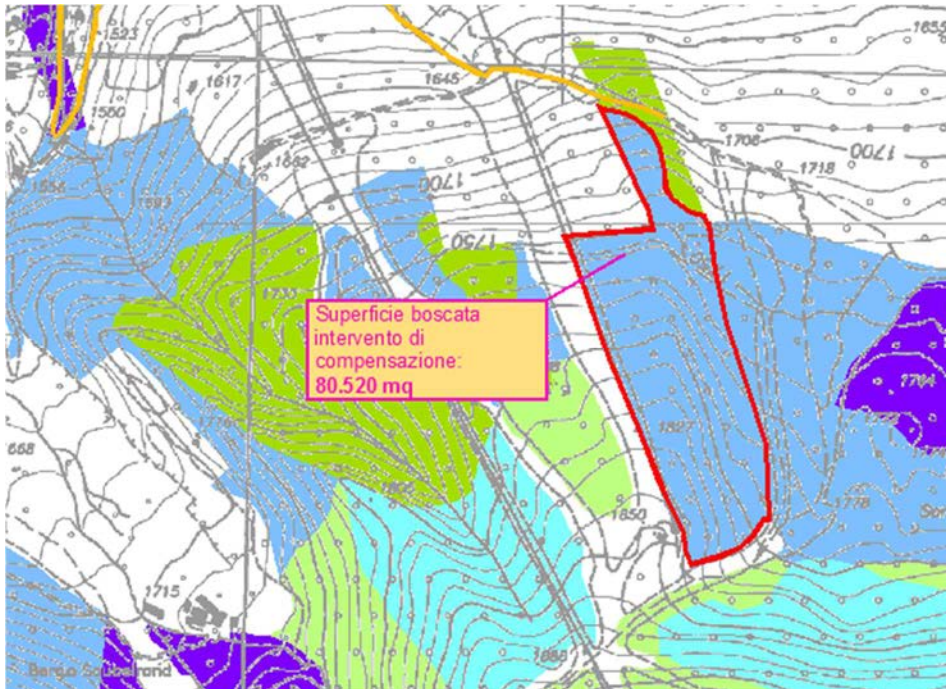
Figura 91– Monitoraggio ottobre 2016 in area ristretta - Distribuzione *Buddleja davidii*

La *Buddleja* era osservabile in modo diffuso lungo il bordo settentrionale del cantiere; in tali contesti gli esemplari erano mescolati con altre specie pioniere e di invasione quali *Rubus* e *Clematis vitalba*. La *Buddleja* è stata anche rilevata lungo il corso del Torrente Clarea ed in particolare in prossimità del ponte esistente. Lungo i versanti che collegano la conca della Maddalena con l'imbocco orientale delle due gallerie autostradali la specie diventa più rada. Nuclei radi sono anche stati rinvenuti in prossimità della struttura museale.

#### 6.6.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente

Gli studi previsionali (Studio di Impatto Ambientale e Studi Complementari fatti in fase di verifica di ottemperanza), hanno evidenziato come l'impatto principale sulla componente fosse legato all'eliminazione della vegetazione in corrispondenza delle aree interferite dall'imbocco del cunicolo, dal cantiere e dal sito di deposito. Tale interferenza, direttamente relazionata all'impronta delle opere, risulta reversibile per tutte le superfici che, una volta terminati i lavori del cunicolo, non saranno più utilizzate per necessità funzionali nella fase di realizzazione ed esercizio del Tunnel di Base. A tal proposito si segnala come per il sito di deposito sia previsto un intervento di recupero ambientale che consentirà di restituire parte delle superfici boscate interferite dall'opera.

Giova ricordare come, secondo quanto indicato nella Delibera CIPE 86/2010 (prescrizione 13), si sia provveduto a realizzare gli interventi di compensazione per il cantiere della Maddalena, la cui esecuzione è stata affidata al Consorzio Forestale Alta Valle Susa, mediante convenzione, sulle superfici forestali localizzate nel Comune di Chiomonte in località Frais. L'area di intervento (cfr figura seguente) ha riguardato più di 80.000 mq. La compensazione è avvenuta in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 4 del D.Lgs n. 227/2001 (Orientamento e modernizzazione del settore forestale, a norma dell'articolo 7 della legge 5 marzo 2001, n. 57) e dalla LR 4/2009 - Gestione e promozione economica delle foreste.



**Figura 92 – Localizzazione interventi di compensazione sul versante del Fraiss**

I dati relativi al monitoraggio ambientale sui transetti consentono di affermare che, oltre alle interferenze dirette sopra descritte legate al taglio delle superfici forestali, non si sono riscontrate, con riferimento alle superfici esterne al cantiere, modifiche delle composizioni floristiche tra l'ante operam e il corso d'opera. Questo significa che le attività di cantiere non hanno determinato effetti di natura indiretta, quali danneggiamenti fogliari, riduzione di capacità fotosintetica o ingresso di patogeni, sui popolamenti localizzati nelle immediate vicinanze al perimetro di cantiere.

Nell'anno 2016, è stata riscontrata, con riferimento al monitoraggio dell'area ristretta, la presenza della specie esotica *Buddleja davidii*. Nell'ambito delle analisi dei dati del monitoraggio sono state illustrate le proposte operative per la gestione del fenomeno. Nelle aree prossimali al cantiere e lungo i bordi dello stesso è ipotizzabile procedere con una progressiva e rapida eliminazione da operarsi con mezzi meccanici più volte nell'arco della stagione vegetativa. Lungo il corso del Torrente Clarea e nelle altre aree le operazioni di eliminazione fanno riferimento a interventi più complessi supportati da un progetto di miglioramento forestale. L'attuazione degli interventi proposti rappresenta elemento essenziale per il contenimento e la risoluzione del fenomeno.

In relazione quindi alle valutazioni previsionali, che hanno trovato piena conferma nella fase realizzativa in cui l'occupazione delle aree è stata conforme a quanto previsto nel Progetto Definitivo, e ai dati del monitoraggio è possibile affermare che l'opera nel suo complesso non abbia generato, anche grazie alle misure mitigative adottate, un'alterazione significativa della componente. L'ingresso di specie esotiche, verificatosi nell'anno 2016, sarà contrastato mettendo in essere gli interventi mitigativi proposti nell'ambito della gestione ambientale del cantiere.

### **6.6.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592**

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non determinerebbe ulteriori occupazioni di aree, e quindi possibile eliminazione aggiuntiva di vegetazione, rispetto all'attuale configurazione del cantiere;
- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 avverrebbe con tecniche e modalità esecutive identiche a quelle utilizzate per lo scavo sino alla pK 7+020; pertanto non si configura la possibilità di generare fattori di impatto diversi da quelli sino ad ora prodotti;
- In ragione di quanto sopra e in relazione ai dati di monitoraggio, si ritiene che la prosecuzione dello scavo non contribuirebbe ad approfondire il livello conoscitivo dei fenomeni osservati in merito alla presenza della *Buddleja davidii*.

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020.

## **6.7 Fauna**

### **6.7.1 Le previsioni degli studi pregressi**

Lo Studio di Impatto Ambientale aveva identificato come pressione principale a carico della componente, il disturbo potenziale dovuto alle emissioni acustiche del cantiere e, in relazione alle interferenze con la vegetazione di cui al paragrafo precedente, la sottrazione di habitat di natura forestale.

In fase esecutiva, in ottemperanza a quanto prescritto dalla Delibera CIPE 86/2010 (cfr PP2\_MS1\_GIA\_0423\_A\_AP\_NOT – Rapporto finale sull'analisi ecosistemica) è stato approfondito il tema delle possibili interferenze dell'opera rispetto agli ecosistemi e alla fauna.

In particolare, nell'analisi degli impatti sono state prese in considerazione ed esaminate le diverse classi di fauna vertebrata potenzialmente bersaglio d'impatto ovvero pesci, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi (teriofauna e chiroterti). Dalle valutazioni fatte non si è rilevata una spiccata problematica relativa alla frammentazione di habitat, cioè il processo di parcellizzazione di un territorio in sottoaree tra loro parzialmente connesse o totalmente isolate, così che gli habitat adatti ad una specie risultano distribuiti sul territorio a "macchia di leopardo". Questo perché l'area di cantiere va ad inserirsi in un contesto in cui l'habitat forestale e quello delle praterie abbandonate è molto diffuso, per cui gli animali che individuano in tali ambienti il loro habitat ideale si possono spostare nelle aree limitrofe a quella di cantiere. E' stato altresì giudicato improbabile l'effetto barriera prodotto dalla presenza del cantiere, in quanto la transitabilità dell'area, è garantita dalle aree circostanti il cantiere che conservano un livello di naturalità e di idoneità adeguato. Circa il fenomeno di

perturbazioni legato in particolare a fenomeni di inquinamento acustico e atmosferico, era stata valutata come maggiormente critica la fase di scavo in tradizionale soprattutto nell'ipotesi di utilizzo di esplosivo (che in fase realizzativa non è poi stato utilizzato). Allo scavo in TBM è stato invece attribuito un livello di impatto trascurabile. Per quanto attiene il disturbo legato alle emissioni acustiche, l'incidenza della perturbazione era stata giudicata bassa anche in relazione alle caratteristiche dello stato ante operam fortemente condizionate dalla presenza del viadotto autostradale. Trascurabile era invece stato giudicato l'impatto derivante dal disturbo alla componente connesso all'inquinamento atmosferico. Con riferimento al tema dell'inquinamento luminoso, lo studio aveva messo in evidenza possibili interazioni a carico dei chiroterri.

### ***6.7.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10***

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente fauna con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
<b>ESECUTIVA</b>	<b>10</b>	Produrre la cartografia della fauna del fondo valle del Clarea	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012A P NOT	Ottemperato
	<b>68</b>	Approfondire gli impatti sugli ecosistemi, corridoi ecologici, fauna e vegetazione	Recepito piano monitoraggio ambientale + studi integrativi	PP2MA3FEN01012A P NOT allegato 4	Ottemperato
	<b>70</b>	Cartografia di dettaglio del fondovalle Clarea e delle prime pendici dei rilievi circostanti per vertebrati terrestri	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012A P NOT	Ottemperato
	<b>71</b>	Scegliere le zone di monitoraggio destinato a seguire i trend evolutivi delle popolazioni più esposte ad impatto indiretto da rumore, produzione di polveri o inquinamento luminoso a seguito della precedente indagine sulla distribuzione degli habitat	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012A P NOT	Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
	<b>72</b>	Monitoraggio dei movimenti di fauna vertebrata nei periodi di maggior rischio di interferenza	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012A P NOT	Ottemperato
	<b>73</b>	Prevedere il monitoraggio di specie animali il cui habitat è legato alle zone sorgentizie.	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012A P NOT	Ottemperato
	<b>74</b>	Rilievi di densità della popolazione dei cervi	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012A P NOT	Ottemperato

Tabella 59 – Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente fauna



### 6.7.3 Le misure mitigative adottate

In relazione ai fattori di pressione individuati e agli impatti connessi alle perturbazioni potenzialmente interagenti con la fauna, descritte nel paragrafo 6.7.1, le misure mitigative, come per altro evidenziato negli studi previsionali, non fanno riferimento ad interventi specifici ma sono riconducibili a tutti quegli interventi e presidi messi in atto per contenere gli impatti a carico di atmosfera, rumore, ambiente idrico e agli interventi finali di recupero ambientale con particolare riferimento al sito di deposito.

Non vengono quindi ridescritti i singoli interventi e le singole misure, ma si richiama che la loro applicazione ha contribuito al mantenimento di livelli di standard di qualità ambientale, esterna al cantiere, coerenti alle condizioni della fase Ante Operam in maniera tale da non alterare le condizioni degli habitat nell'intorno del cantiere.

### 6.7.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale

Il monitoraggio sulla fauna è stato strutturato, sin dalla fase di ante operam, in maniera estremamente articolata sia in relazione alle classi monitorate che alla distribuzione spaziale dei monitoraggi che ha raggiunto anche il SIC 1110027 – Boscaglie di Tasso di Giaglione già oggetto di Valutazione di Incidenza Ecologica nella fase di Progetto Definitivo.

Nel prospetto che segue sono sintetizzate le campagne, suddivise per tipologia, dei monitoraggi ante operam fatti nel 2012.

#### FAUNA ACQUATICA

<b>Dora Riparia</b>											
Attività	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio
Fauna Ittica		X								X	
Macroinvertebrati	X						X				
Gambero	X										
<b>Torrente Clarea</b>											
Fauna Ittica		X								X	
Macroinvertebrati	X						X				
Gambero	X										
<b>Ambienti sorgentizi</b>											
Macroinvertebrati							X				
Anfibi							X	X	X		
<b>Anfibi</b>											
Anfibi-microhabitat	X										

#### MONITORAGGIO B: BIODIVERSITA' DEL SIC 1110027

Monitoraggio	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio
Rettili									1 campagna		
Avifauna									1 campagna		
Lepidotteri									2 campagne		
Maculinea arion									1 campagna area cantiere		

#### MONITORAGGIO C: TREND EVOLUTIVI

Monitoraggio	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio
Avifauna nidificante - Passeriformi									I campagna	II campagna	

Monitoraggio	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio
Avifauna nidificante Rapaci diurni									I campagna	II campagna	

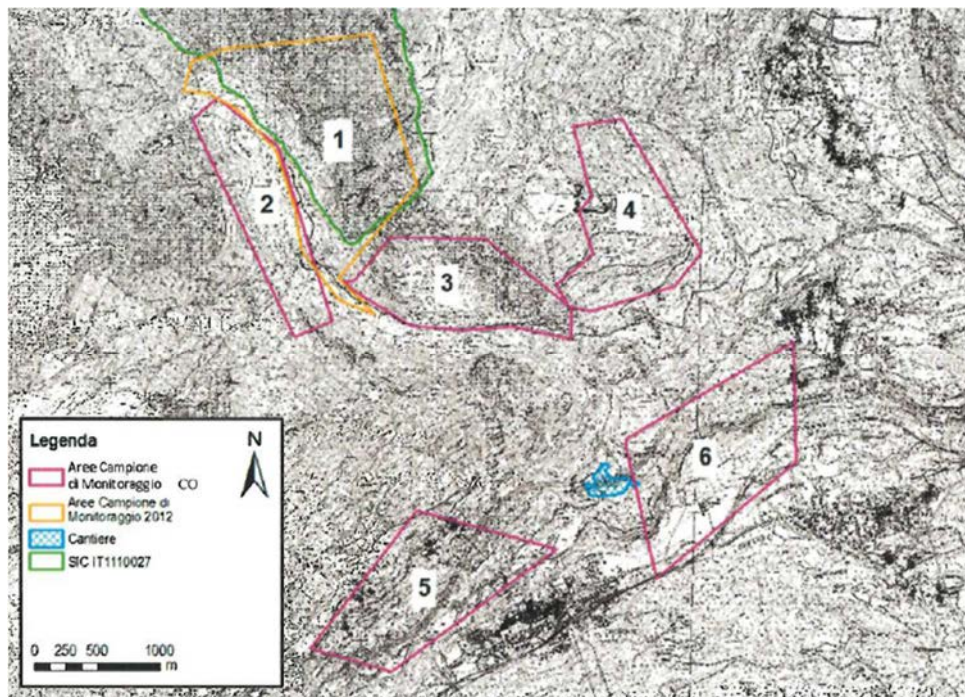
Monitoraggio	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio
Avifauna nidificante Rapaci notturni							I campagna		II campagna		

Monitoraggio	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giù	Lug
Chiroteri – analisi delle conoscenze	I campagna											
Chiroteri – monitoraggio con bat-detector	I campagna	II campagna	III campagna						IV campagna	V campagna	VI campagna	VII campagna

**Tabella 60 – Struttura del monitoraggio ante operam 2012 della fauna**

Sulla base degli esiti del monitoraggio ante operam è stato possibile definire, con la condivisione di ARPA, il monitoraggio di corso d’opera che a sua volta è stato modulato nel corso degli anni dal 2013 al 2016.

Per quanto attiene l’**ornitofauna**, di seguito si riporta uno stralcio planimetrico delle aree campione oggetto di monitoraggio nelle fasi di ante e corso d’opera.



**Figura 93 – Localizzazione delle aree campione in cui sono stati effettuati i monitoraggi faunistici**

L’area 6 è stata quella monitorata in tutti gli anni in quanto più limitrofa al cantiere. Complessivamente (cfr doc MAD-MA3-FEN-0289-A-PA-NOT), per tutti gli anni di monitoraggio per la fase di corso d’opera, si è riscontrata una diminuzione generalizzata della ricchezza specifica accompagnata da un aumento del numero di specie dominanti. Analizzando l’andamento degli indici per l’area 6, limitrofa al cantiere, l’indice di Shannon e Wiener mostra una diminuzione per gli anni 2013 e 2014, seguito da un aumento per il 2015 e 2016, con valori però sempre minori rispetto al primo anno di monitoraggio in fase di ante

operam del 2012. L'indice di equiripartizione nel 2016, per il primo anno tra tutti i rilievi di corso d'opera, mostra una lieve controtendenza ed è in aumento mantenendo però un valore inferiore al 2012, mentre l'indice di Simpson mostra una diminuzione rispetto al 2015, mantenendo comunque un valore maggiore rispetto al 2012. Nonostante nell'ultimo anno di rilievo gli indici mostrino un leggero miglioramento rispetto ai primi anni di corso d'opera per l'area 6, rimangono comunque differenti dalla situazione iniziale del monitoraggio ante operam del 2012 e questo può essere interpretato come una perdita di biodiversità complessiva per l'area limitrofa al cantiere. Sebbene non sia stata rilevata alcuna alterazione dell'ambiente monitorato durante la realizzazione di transetti e punti d'ascolto, è plausibile che per l'area 6, che tra quelle indagate è maggiormente vicina all'area di cantiere, ci sia un sensibile effetto di disturbo che possa aver contribuito, almeno in parte, agli andamenti rilevati.

Per quanto attiene la **chiroterrofauna**, di seguito si riporta uno stralcio dei punti di ascolto oggetto di monitoraggio nelle fasi di ante e corso d'opera.

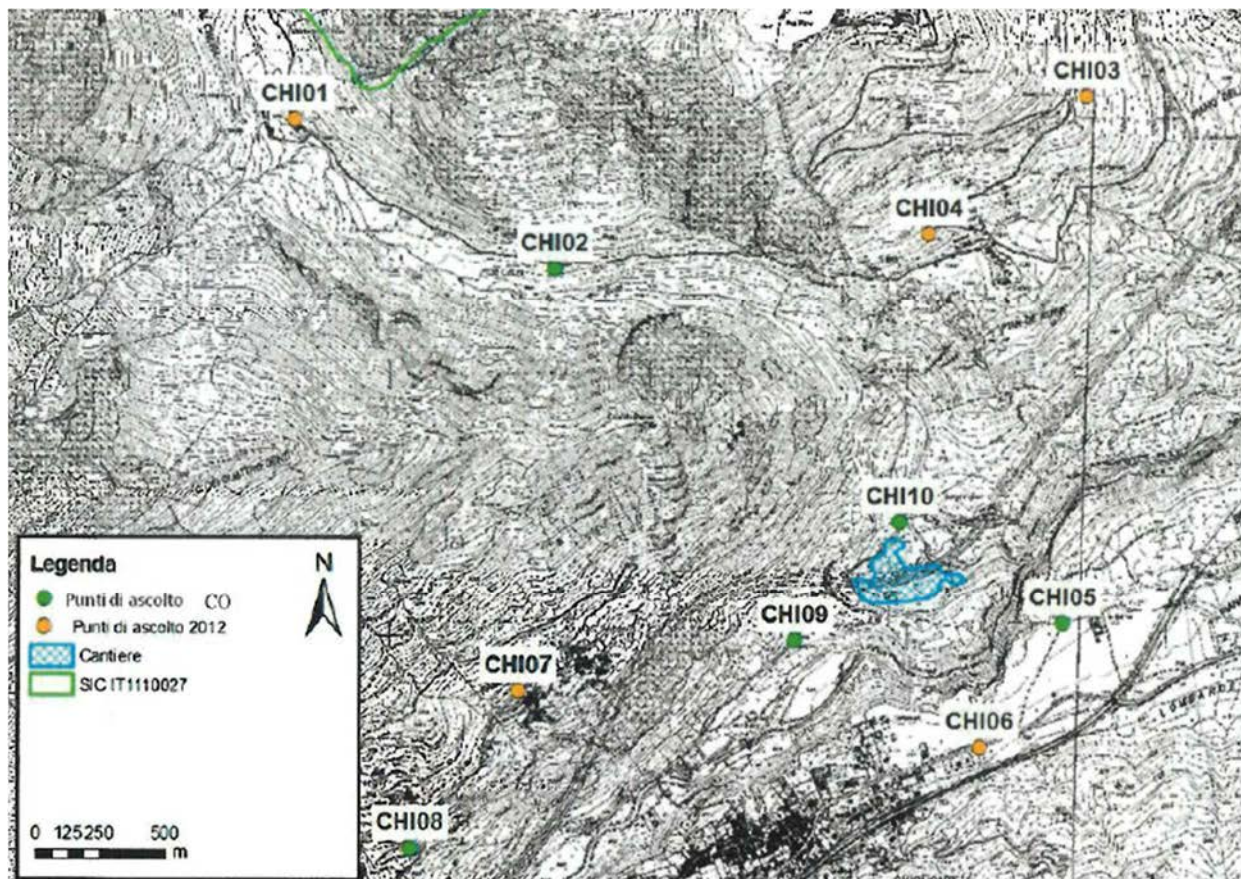


Figura 94 – Punti di ascolto per il monitoraggio della chiroterrofauna

Con riferimento ai risultati del monitoraggio si rileva anzitutto che durante il quarto anno di monitoraggio di corso d'opera (anno 2016) è stato registrato un rilevante aumento dell'attività media oraria rispetto agli anni precedenti, compreso l'ante operam del 2012. Per le diverse stazioni di monitoraggio e le diverse aree, non si sono osservati negli anni particolari variazioni nell'Indice di Attività Oraria (IAO) che, nel 2016 ha avuto un picco per la sola stazione CHI09. In termini generali la chiroterrofauna rilevata nell'area vasta di monitoraggio si presenta differenziata per merito dell'ampia varietà di ambienti presenti. In generale non è stata osservata, rispetto al monitoraggio ante operam, una variazione di specie contattate.

Il monitoraggio dello **scoiattolo rosso**, nella fase di corso d'opera, è stato effettuato solo nell'anno 2013 mostrando dati che non si sono discostati in modo significativo da quanto è stato rinvenuto nel 2012.

Per quanto attiene il monitoraggio relativo alla valutazione della frequentazione del **cervo** nell'area di cantiere e nelle zone limitrofe, svolto unicamente nel primo anno di corso d'opera (2013) è stata verificata la presenza del cervo nell'area confermando i dati dell'ante operam.

Il monitoraggio dei movimenti di **cervo, lupo e altri carnivori** è stato effettuato nella fase di corso d'opera solo nell'anno 2013. I filmati hanno evidenziato l'accresciuto disturbo antropico nell'area oggetto di indagine permettendo di individuare un numero inferiore di specie rispetto a quanto evidenziato nella fase di ante operam del 2012. Come già accaduto durante la fase ante operam non è stato possibile rilevare la presenza del lupo.

Per quanto attiene la fauna acquatica, **la fauna ittica** è stata indagata nelle seguenti stazioni:

- Dora Riparia:
  - Monte confluenza Clarea;
  - Valle confluenza Clarea;
- Torrente Clarea:
  - Monte area di cantiere
  - Valle area di cantiere

Di seguito è riportato uno stralcio planimetrico delle stazioni di monitoraggio della fauna ittica.

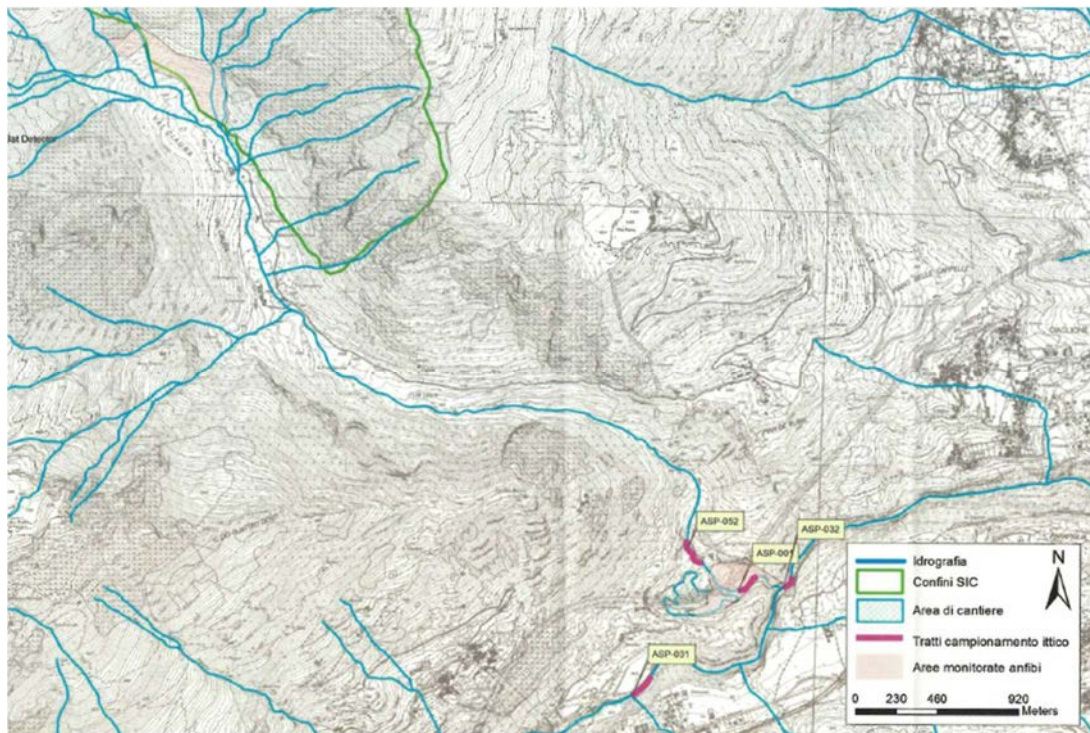


Figura 95 – Punti di monitoraggio della fauna ittica – Planimetria d'insieme



Figura 96 – Punti di monitoraggio della fauna ittica - Dettaglio

Per quanto attiene gli anni di monitoraggio dal 2013 al 2016, i campionamenti di tipo qualitativo eseguiti sul Fiume Dora Riparia hanno evidenziato, in linea con i dati di ante operam, un popolamento ittico modesto, costituito dalla sola Trota Fario. Nel 2013 la popolazione era sbilanciata verso gli esemplari adulti, a monte della confluenza con il T.Clarea, e solo leggermente più abbondante a valle della confluenza. Anche nel 2014 si è riscontrata un'abbondanza maggiore nella stazione di valle dopo la confluenza con il T.Clarea. La struttura della popolazione ha mostrato una predominanza di subadulti oltre che un'influenza delle immissioni dovute a scopo allevistico. Nel 2015 si è rilevata un'abbondanza analoga nelle stazioni di monte e di valle rispetto alla confluenza con il T. Clarea. La struttura della popolazione ha mostrato una predominanza di adulti e subadulti. Nel 2016 si è rilevato un quadro analogo alla situazione riscontrata nel 2015.

Nel prospetto che segue si riporta l'andamento dell'indice di abbondanza riferito alla stazione a monte della confluenza con il T. Clarea (fonte: MAD-MA3-FEN-0290-A-PA-NOT – Report annuale 2016 - Fauna acquatica).

Specie	Indice di abbondanza					
	02/07/2012	09/10/2012	09/10/2013	9/10/2014	8/10/2015	14/10/2016
Trota fario <i>Salmo (trutta) trutta</i>	2c	2c	2c	2a	2a	2a
<b>Legenda:</b> 1= occasionale (1 individuo avvistato); 2= raro (pochi individui); 3= comune (specie ben rappresentata); 4= specie abbondante; 5= specie molto abbondante/dominante. <b>Struttura di popolazione:</b> a= ben strutturata; b= predominanza di giovani; c= predominanza di adulti.						

Tabella 61 – Indice di abbondanza Stazione Dora Ripara a monte confluenza con T.Clarea

Nel prospetto che segue si riporta l'andamento dell'indice di abbondanza riferito alla stazione a valle della confluenza con il T. Clarea (fonte: MAD-MA3-FEN-0290-A-PA-NOT – Report annuale 2016 - Fauna acquatica).

Specie	Indice di abbondanza					
	02/07/2012	09/10/2012	09/10/2013	9/10/2014	8/10/2015	14/10/2016
Trota fario <i>Salmo (trutta) trutta</i>	2c	2c	3c	2a	2a	2a
<b>Legenda:</b> 1= occasionale (1 individuo avvistato); 2= raro (pochi individui); 3= comune (specie ben rappresentata); 4= specie abbondante; 5= specie molto abbondante/dominante. <b>Struttura di popolazione:</b> a= ben strutturata; b= predominanza di giovani; c= predominanza di adulti.						

**Tabella 62 – Indice di abbondanza Stazione Dora Ripara a valle confluenza con T.Clarea**

Nel 2013, i campionamenti di tipo quantitativo effettuati sul **torrente Clarea** hanno evidenziato una popolazione di Trota fario che presenta un buon popolamento, con completa distribuzione in classi di taglia. In occasione del campionamento di settembre 2013 si è riscontrata, in corrispondenza della stazione di valle, una moria ittica avvenuta nei giorni immediatamente precedenti il rilievo. Il campionamento ha evidenziato la presenza di una biomassa molto inferiore in questa stazione rispetto alla stazione di monte, segno che il popolamento ittico è stato modificato dalla moria riscontrata. Il confronto con il precedente anno di monitoraggio (ante operam) ha evidenziato un consistente decremento della popolazione nella stazione di valle, con diminuzione degli esemplari di piccole dimensioni in entrambe le stazioni lungo il torrente (carenza di giovani nati nell'anno). Nel secondo anno di monitoraggio (2014) sono stati eseguiti due campionamenti in maggio e ottobre al fine di verificare, in relazione all'evento del 2013, lo stato della popolazione ittica del torrente. I risultati hanno evidenziato, come in precedenza, la sola presenza della Trota fario e una buona ripresa del popolamento ittico, con un incremento della densità degli individui e della biomassa. In particolare nella stazione di valle, è stato rilevato un incremento di individui sia giovani sia adulti. Giova comunque ricordare come il popolamento del Torrente Clarea nel suo complesso è sicuramente influenzato dalle immissioni di materiale ittico a scopo alieutico. Nel corso del 2015 le attività di monitoraggio si sono svolte solo nel periodo autunnale mostrando complessivamente un incremento nel popolamento rispetto al 2014. La stazione di monte ha presentato valori di densità e biomassa lievemente in calo, ma di entità trascurabile, mentre la stazione di valle del cantiere ha presentato valori superiori alla stazione di monte. Nel 2016 il trend positivo si è confermato, assistendo ad un ulteriore aumento della densità rispetto all'anno precedente.

Nel prospetto che segue si riporta l'andamento della densità e della biomassa del T. Clarea riferito alla stazione a monte del cantiere (fonte: MAD-MA3-FEN-0290-A-PA-NOT – Report annuale 2016 - Fauna acquatica).

Fase	Ante operam		Corso d'opera				
	02/07/2012	09/10/2012	09/10/2013	09/05/2014	09/10/2014	8/10/2015	14/10/2016
Data di campionamento							
Densità (n° individui/ha)	1.946	2.162	1.483	865	1.596	1.053	1.105
Biomassa (kg/ha)	43,4	56,1	74,5	58,4	72,2	49,3	46,1

**Tabella 63 – T. Clarea – Stazione di monte del cantiere – Densità e Biomassa**

Nel prospetto che segue si riporta l'andamento della densità e della biomassa del T. Clarea riferito alla stazione a valle del cantiere (fonte: MAD-MA3-FEN-0290-A-PA-NOT – Report annuale 2016 - Fauna acquatica).

Fase	Ante operam		Corso d'opera				
Data campionamento	02/07/2012	09/10/2012	09/10/2013	09/05/2014	09/10/2014	08/10/2015	14/10/2016
Densità (n° individui/ha)	1.749	2.002	875	661	1.097	1.361	1.597
Biomassa (kg/ha)	47,5	46,8	35,7	45,0	66,9	54,2	66,1

Tabella 64 – T. Clarea – Stazione di valle del cantiere – Densità e Biomassa

Il monitoraggio degli anfibi è stato articolato nei seguenti ambiti e modalità:

- Area di cantiere e dintorni: Rilievo sulle presenze nei microhabitat idonei;
- Area del SIC IT 1110027 – Boscaglie di Tasso della Val Clarea: Rilievo quantitativo degli esemplari/mq presenti negli habitat idonei.

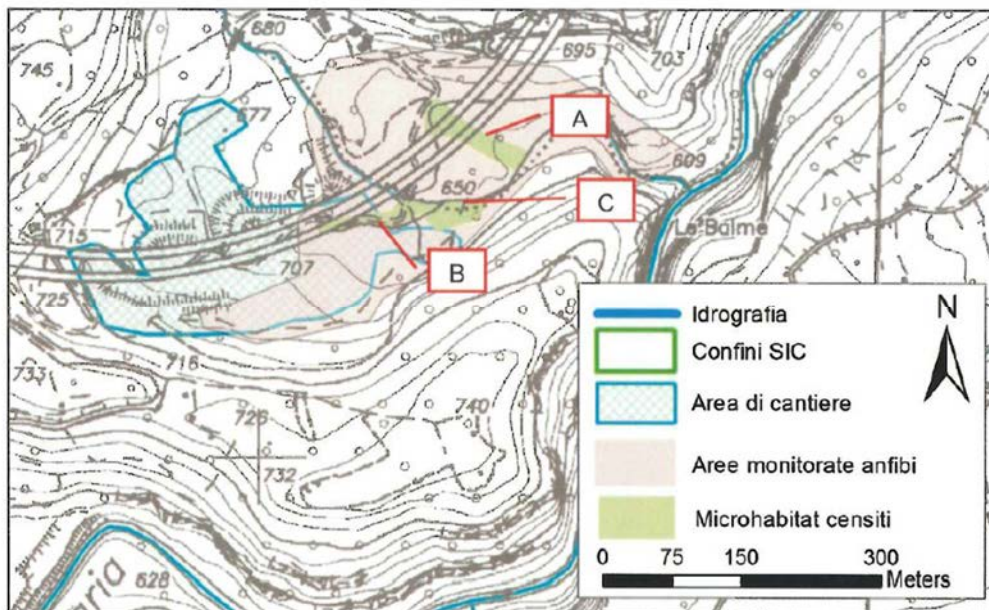


Figura 97 – Stralcio planimetrico del monitoraggio degli anfibi nell'area di cantiere e zone limitrofe

Nel 2013 il monitoraggio ha evidenziato l'assenza delle aree umide individuate in AO utilizzate come sito riproduttivo dalla Salamandra pezzata. Tale assenza è legata a un'interferenza diretta dell'area di cantiere con gli ambiti censiti. Per quanto attiene ai possibili movimenti di fauna anfibia interferenti con l'area di cantiere, l'analisi dei risultati di ante operam circa la presenza di microhabitat evidenzia che l'unica area potenzialmente interferita per movimenti trofici e riproduttivi è il piccolo impluvio che attraversa l'area di cantiere. Nel 2013 si è verificato che la sistemazione dell'area di cantiere ha eliminato il potenziale accesso all'impluvio da parte della fauna anfibia. Per quanto attiene all'area del SIC, nel 2013 le zone riproduttive di Salamandra pezzata precedentemente individuate non sono state rinvenute probabilmente a causa della stagionalità. Nel corso del 2014, i risultati delle indagini hanno indicato la presenza di siti riproduttivi in corrispondenza di due dei microhabitat indagati. A

differenza del precedente ano di monitoraggio è stata riscontrata, come nella fase di ante operam, la presenza di Salamandra salamandra. Per quanto attiene i possibili movimenti di fauna anfibia interferenti con l'area di cantiere l'analisi del 2014 non ha dato evidenze circa la movimentazione o segni di presenza di anfibi. Il monitoraggio nel SIC, come previsto, non è stato effettuato nel 2014. Nel 2015, i risultati delle indagini hanno indicato la presenza di siti riproduttivi in corrispondenza di un solo microhabitat dei tre indagati, evidenziando una riduzione rispetto all'anno precedente delle pozze colonizzate. La specie riscontrata è stata, in continuità con gli anni precedenti, la Salamandra salamandra. Per quanto attiene i possibili movimenti di fauna anfibia interferenti con l'area di cantiere l'analisi del 2015 ha evidenziato la presenza di un individuo adulto di salamandra pezzata all'interno delle recinzioni di cantiere. La zona di rinvenimento è utilizzata come deposito e non è interessata dal passaggio di mezzi se non saltuariamente. Il monitoraggio del SIC nel 2015 ha comunque confermato l'assenza di interazioni evidente tra l'ambiente idrico superficiale e lo scavo in sotterraneo del cunicolo esplorativo. Nel 2016, i risultati delle indagini hanno indicato la presenza di siti riproduttivi in corrispondenza di due microhabitat dei tre indagati. La specie riscontrata è stata, in continuità con gli anni precedenti, la Salamandra salamandra. Per quanto attiene i possibili movimenti di fauna anfibia interferenti con l'area di cantiere l'analisi del 2016 non ha evidenziato la presenza di esemplari.

A sintesi di quanto sopra descritto, di seguito si riporta il prospetto relativo all'andamento dei monitoraggi riferito ai 3 microhabitat oggetto di approfondimento.

Fase	Ante Operam			Corso d'Opera											
	03/05/2012			25/03/2013			25/03/2014			24/03/2015			29/3/16		
Microhabitat	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Copertura vegetazionale (0-3)	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3
Ombreggiatura (0-3)	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3
Presenza raccolte d'acqua (0-1)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Presenza ovature o larve (0-1)	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
<b>Somma</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>7</b>

Tabella 65 – Andamento degli indici relativi alle zone di monitoraggio dei 3 microhabitat oggetto di analisi



### **6.7.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente**

In relazione agli esiti del monitoraggio ambientale, che è stato modulato in termini spaziali e temporali in relazione alle differenti classi di fauna vertebrata da monitorare, è possibile anzitutto constatare che le valutazioni previsionali sono state confermate soprattutto per quanto attiene l'effetto del disturbo generato dal cantiere nelle prossimità del perimetro stesso.

Dalle evidenze risulta che l'ornitofauna ha risentito di tale effetto, in relazione agli esiti del monitoraggio dell'area 6 che è quella più prossima al cantiere sulla quale si è evidentemente esercitato un effetto di tipo indiretto visto che il perimetro del cantiere si sviluppava a partire dal margine occidentale dell'area stessa. L'effetto del disturbo si è manifestato in termini di diminuzione della ricchezza specifica e incremento delle specie dominanti. Per altro è stato possibile constatare la non alterazione fisica degli habitat e degli ambienti presenti all'interno dell'area di monitoraggio confermando quindi che l'effetto del disturbo di natura indiretta possa essere l'elemento che ha indotto le ricadute sopra descritte. Gli elementi sopra descritti fanno ricadere le dinamiche evidenziate nell'ambito della casistica di impatti temporanei, in quanto legati all'azione di disturbo generata dal cantiere, e di natura reversibile.

La capacità di resilienza del sistema ambientale nel suo complesso si è per altro dimostrata in occasione della moria localizzata di pesci riscontrata nel 2013 nel Torrente Clarea. Dall'esame ittiopatologico è risultata una lesione branchiale correlata alla presenza di particolato. I monitoraggi negli anni successivi (dal 2014 al 2016) hanno dimostrato un costante incremento della popolazione a dimostrazione che l'evento di natura occasionale non ha comunque pregiudicato il popolamento e il permanere dello stesso nel contesto ambientale di riferimento. Dal punto di vista della fauna ittica, si evidenzia inoltre, che l'effetto del cantiere non ha avuto ricadute significative sulla Dora Riparia.

Il tema della sottrazione degli habitat si è manifestato nelle forme previste, vale a dire per tutte quelle aree che risultavano direttamente interferite dall'area di cantiere che hanno necessariamente subito le modifiche legate alle trasformazioni determinate dall'installazione di cantiere.

In ultimo si evidenzia come le opere non abbiano avuto nessun tipo di ricaduta sui popolamenti del SIC – Boscaglie di Tasso di Giaglione.

In relazione quindi alle valutazioni previsionali, che hanno trovato conferma nella fase realizzativa soprattutto per quanto attiene il tema del disturbo generato dalle attività di cantiere, e ai dati del monitoraggio è possibile affermare che l'opera nel suo complesso non abbia generato, anche grazie alle misure mitigative adottate soprattutto quelle legate al contenimento delle emissioni, impatti diversi, per tipologia o magnitudo, da quelli previsti.

### **6.7.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592**

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non determinerebbe ulteriori occupazioni di aree, e quindi possibile eliminazione aggiuntiva di habitat, rispetto all'attuale configurazione del cantiere;
- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 avverrebbe con tecniche e modalità esecutive identiche a quelle utilizzate per lo scavo sino alla pK 7+020; pertanto non si configura la possibilità di generare fattori di impatto diversi da quelli sino ad ora prodotti;
- In ragione di quanto sopra e in relazione ai dati di monitoraggio acquisiti per le diverse specie faunistiche, si ritiene che la prosecuzione dello scavo non contribuirebbe ad approfondire il livello conoscitivo degli effetti generati dal cantiere rispetto alla componente; questo in considerazione del fatto che le ricadute generate dai lavori, connesse essenzialmente al disturbo generato dagli stessi, sono state caratterizzate dalle attività di monitoraggio sia con riferimento alle aree maggiormente sensibili sia per quanto attiene le dinamiche riscontrate.

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando gli elementi di compatibilità dell'opera e delle tipologie di lavorazione rispetto alle esigenze di tutela e salvaguardia dell'assetto faunistico di riferimento. In ultimo si evidenzia come i dati acquisiti già nel 2015 non abbiano fatto emergere possibili ricadute negative sul SIC – Boscaglie di Tasso di Giaglione tanto più che il monitoraggio per questo aspetto non è stato svolto, coerentemente con quanto già pianificato, nell'anno 2016.

## 6.8 Ecosistemi e rete ecologica

### 6.8.1 Le previsioni degli studi progressi

Oltre a quanto già richiamato nei capitoli precedenti circa la vegetazione e la fauna, in questa sede si riportano le valutazioni fatte nell'ambito degli studi di approfondimento del progetto esecutivo in ottemperanza alle prescrizioni della Delibera CIPE 86/10 (doc. PP2\_MS1\_GIA\_0423\_A\_AP\_NOT – Rapporto finale sull'analisi ecosistemica).

Con riferimento agli ecosistemi si era valutato che l'impatto complessivo dell'area di cantiere legata alla realizzazione del cunicolo esplorativo della Maddalena, era da considerarsi medio-basso e reversibile nel medio periodo. Si evidenziava inoltre che gli impatti analizzati avrebbero riguardato l'area di cantiere e l'immediato intorno rappresentato dalla conca morfologica nella quale esso è inserito. Le valutazioni fatte consentivano quindi di escludere impatti sull'assetto eco sistemico complessivo dell'ambito di studio analizzato che va dal confine di Stato al versante a monte dell'abitato di Chiomonte.

Si ricorda inoltre che, in termini di studi fatti nella fase autorizzativa dell'opera, più specificatamente nelle richieste di integrazioni della Procedura di VIA, era stata predisposta la Valutazione di Incidenza sul SIC Boscaglie di Tasso di Giaglione (PP2 – MA1 – ITF – 0267\_0\_PA\_NOT). La metodologia utilizzata per lo studio era riferita ai contenuti dell'All.B della L.R. 19/2009 contenenti le Linee guida per lo sviluppo del procedimento (articoli 39, comma 2 e 44 comma 2). La fase di valutazione prevede i seguenti livelli:

- **Livello I – Screening:** Processo di individuazione delle implicazioni potenziali di un progetto o piano su un sito Natura 2000, singolarmente o congiuntamente ad altri piani o progetti, e determinazione del possibile grado di significatività di tali incidenze.
- **Livello II - Valutazione appropriata:** Considerazione dell'incidenza del progetto o piano sull'integrità del sito Natura 2000, singolarmente o congiuntamente ad altri piani o progetti, tenendo conto della struttura e funzione del sito, nonché dei suoi obiettivi di conservazione. In caso di incidenza negativa, si aggiunge anche la determinazione delle possibilità di mitigazione.
- **Livello III - Valutazione delle soluzioni alternative:** Valutazione delle modalità alternative per l'attuazione del progetto o piano in grado di prevenire gli effetti passibili di pregiudicare l'integrità del sito Natura 2000.
- **Livello IV - Valutazione in caso di assenza di soluzioni alternative in cui permane l'incidenza negativa:** Valutazione delle misure compensative laddove, in seguito alla conclusione positiva della valutazione sui motivi imperanti di rilevante interesse pubblico, sia ritenuto necessario portare avanti il piano o progetto.

La Valutazione di Incidenza sul SIC Boscaglie di Tasso di Giaglione si era conclusa, a valle delle informazioni acquisite, valutando che il progetto aveva caratteristiche tali, sia nella fase di cantiere che in quella di esercizio, da escludere qualsiasi tipo di incidenza sul Sito di Interesse Comunitario oggetto di analisi. Pertanto la VIEC si era conclusa al livello di screening senza passare alle fasi successive.

In relazione ai dati di monitoraggio ambientale acquisiti nel corso degli anni di costruzione, è possibile confermare la bontà della previsione rispetto alle potenziali interazioni tra l'opera e il SIC.

### **6.8.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10**

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente ecosistemi e al SIC Boscaglie di Tasso di Giaglione con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
<b>ESECUTIVA</b>	<b>11</b>	Esecuzione, preliminarmente all'inizio dei lavori, di una cartografia di dettaglio dei microhabitat umidi nell'ambito SIC	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	<b>68</b>	Approfondire gli impatti sugli ecosistemi, corridoi ecologici, fauna e vegetazione	Recepito piano monitoraggio ambientale + studi integrativi	PP2MA3FEN01012AP NOT allegato 4	Ottemperato
	<b>75</b>	Studio sulla funzionalità ecologica dell'area di cantiere	Recepito piano monitoraggio ambientale + studi integrativi	PP2MA3FEN01012AP NOT allegato 4	Ottemperato
	<b>76</b>	Integrare il piano di monitoraggio con indagini sulla biodiversità tutelata dal SIC	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>95</b>	Verificare che le opere provvisoriale e le attività di cantiere non alterino in maniera significativa e permanente l'ecosistema fluviale; gli eventuali fenomeni transitori di alterazione delle condizioni idrobiologiche dovranno essere oggetto di monitoraggio e dovranno essere mitigate nel corso della realizzazione dell'opera. Le eventuali alterazioni dovranno essere mitigate in corso d'opera.	La prescrizione viene ottemperata relativamente al monitoraggio degli scarichi idrici nella Dora Riparia. Il monitoraggio dell'ecosistema fluviale fa parte del sistema di monitoraggio esterno al cantiere. I dettagli sono contenuti nei cap. 2.5 e 3.5 del Piano di Gestione Ambientale.	1) MAD_EXE_VEN_0096 _Piano di Gestione Ambientale  2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato

Tabella 66 – Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente ecosistemi e rete ecologica

### 6.8.3 Le misure mitigative adottate

In relazione descritto nei capitoli relativi alla vegetazione e fauna, le misure mitigative, come per altro evidenziato negli studi previsionali, non fanno riferimento ad interventi specifici ma sono riconducibili a tutti quegli interventi e presidi messi in atto per contenere gli impatti a carico di atmosfera, rumore, ambiente idrico e agli interventi finali di recupero ambientale con particolare riferimento al sito di deposito.

Non vengono quindi ridescritti i singoli interventi e le singole misure, ma si richiama che la loro applicazione ha contribuito al mantenimento di livelli di standard di qualità ambientale, esterna al cantiere, coerenti alle condizioni della fase Ante Operam in maniera tale da non alterare le condizioni degli habitat nell'intorno del cantiere.

### 6.8.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale

Per le valutazioni di carattere puntuale riferite agli ambiti nell'intorno del cantiere, si rimanda ai corrispondenti paragrafi relativi agli esiti dei monitoraggi di vegetazione e fauna.

Di seguito si riporta invece la planimetria di dettaglio della stazione A5.S – ANFI relativa al monitoraggio degli anfibi nell'area del SIC – Boscaglie di Tasso di Giaglione.

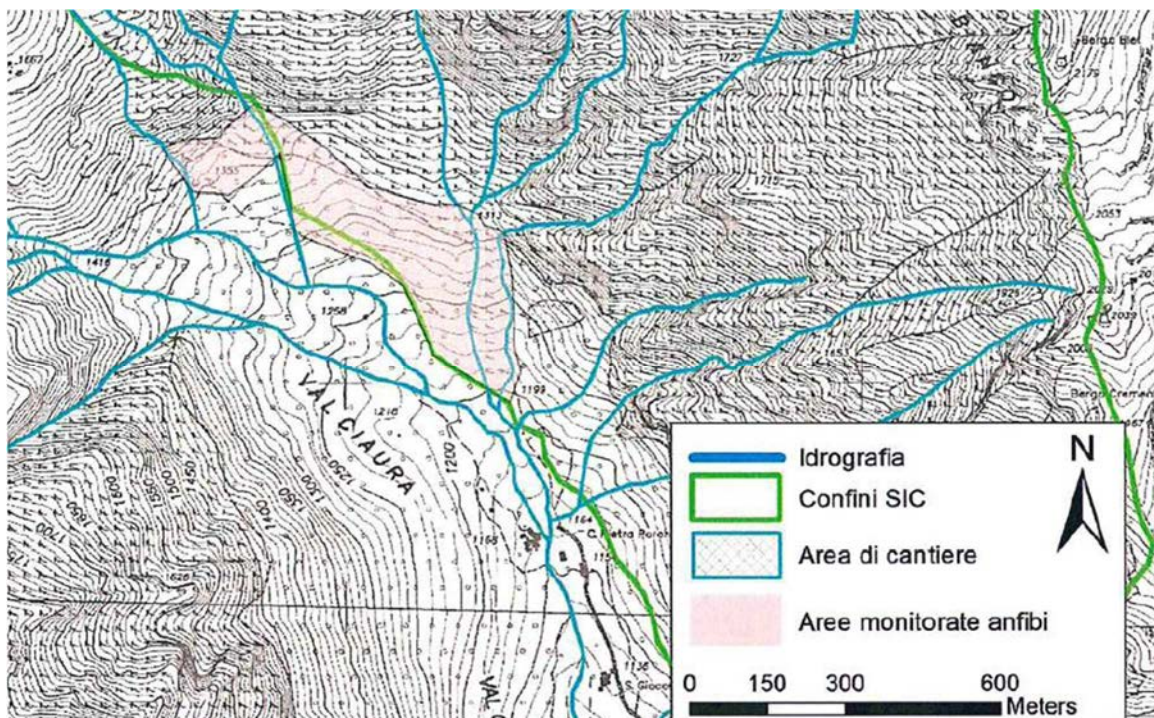


Figura 98– Rappresentazione cartografica dell'area monitorata all'interno del SIC Boscaglie di Tasso di Giaglione

Il PMA di corso d'opera ha previsto lo svolgimento nell'area del SIC di un rilievo integrativo rispetto a quello di ante operam, con lo scopo di individuare possibili specie non censite nell'anno 2012. L'area monitorata ha riguardato le superfici che presentavano caratteristiche potenzialmente idonee alla presenza di fauna anfibia.

I risultati complessivi sono stati i seguenti:

- Ante operam: individuazione di salamandra pezzata con una stima di densità per le diverse pozze colonizzate da 2 a 5 esemplari/mq, pari a una media di 3,8 esemplari/mq;
- Primo anno di corso d'opera (2013) non sono stati riscontrati siti riproduttivi;
- Terzo anno di corso d'opera (2015) si è proceduto con l'esecuzione della campagna di monitoraggio prevista in concomitanza delle lavorazioni sotterranee in corrispondenza dell'area SIC, al fine di accertare lo svolgimento delle fasi riproduttive delle diverse specie potenzialmente presenti nell'area di interesse e lo stato degli ambienti di sorgente. Le attività condotte nel corso di 3 sopralluoghi successivi svolti in periodo primaverile non hanno portato all'individuazione di anfibi. Le indagini sono state ripetute in più occasioni, in quanto le condizioni climatico-ambientali riscontrate nelle prime 2 uscite non risultavano idonee alla presenza di anfibi. **L'ultima campagna (maggio 2015) ha comunque confermato l'assenza di interazioni evidenti tra l'ambiente idrico superficiale e lo scavo sotterraneo del cunicolo esplorativo.**

### 6.8.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente

Il quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente e alla rete ecologica nel suo complesso è definito a partire dagli esiti dei monitoraggi sulle componenti vegetazione e fauna che hanno confermato, nel complesso, le valutazioni previsionali fatte in sede di autorizzazione del Progetto Definitivo.

Nel dettaglio si è confermato uno scenario di impatto localizzato che in alcuna maniera ha determinato effetti a scala più ampia; in particolare si conferma il quadro di compatibilità definito nei confronti del SIC – Boscaglie di Tasso di Giaglione che, benchè distante più di 2,5 km dall'area di cantiere veniva sottoattraversato dal cunicolo (cfr figura che segue).

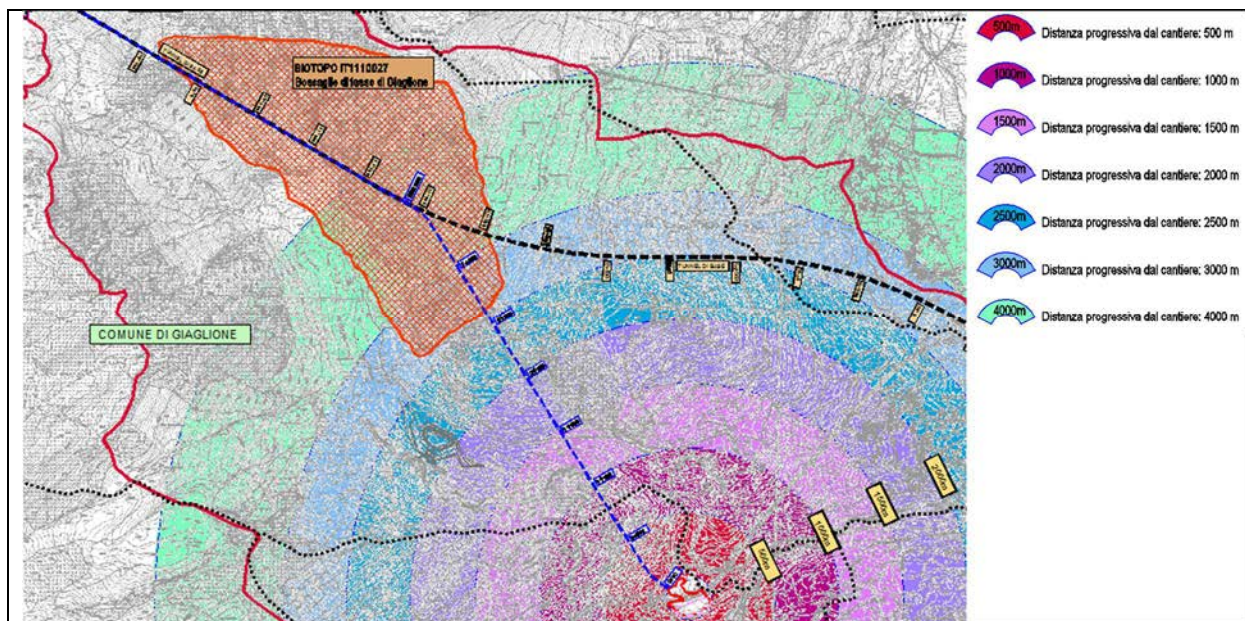


Figura 99 – Distanza dal SIC Boscaglie di Tasso di Giaglione dall'area di cantiere

Gli esiti dei monitoraggi fatti in ambito SIC hanno consentito di confermare l'assenza di interazioni tra l'ambiente idrico superficiale e lo scavo del Cunicolo e quindi l'impossibilità che si potessero manifestare modifiche agli habitat di riferimento per gli anfibi (in particolare Salamandra).

#### **6.8.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592**

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente e a quelle relative alla vegetazione e fauna, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non determinerebbe ulteriori occupazioni di aree, e quindi possibile eliminazione aggiuntiva di habitat, rispetto all'attuale configurazione del cantiere. Pertanto non si manifesterebbero ricadute, a livello di interazioni con la rete ecologica, diverse da quanto già riscontrato;
- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 avverrebbe con tecniche e modalità esecutive identiche a quelle utilizzate per lo scavo sino alla pK 7+020; pertanto non si configura la possibilità di generare fattori di impatto diversi da quelli sino ad ora prodotti;
- In ragione di quanto sopra e in relazione ai dati di monitoraggio acquisiti per la vegetazione e la fauna, si ritiene che la prosecuzione dello scavo non contribuirebbe ad approfondire il livello conoscitivo degli effetti generati dal cantiere rispetto alla componente. Infatti alla pK 7+020 risultano già indagate le possibilità di interazione con il SIC – Boacaglie di Tasso di Giaglione in riferimento al rischio di impatto sugli habitat per gli anfibi legati al rischio di drenaggio di acque superficiali da parte del cunicolo. Come detto le indagini hanno consentito di confermare l'assenza di interazioni tra l'ambiente idrico superficiale del SIC e lo scavo del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena.

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando gli elementi di compatibilità dell'opera e delle tipologie di lavorazione rispetto alle esigenze di tutela e salvaguardia dell'assetto ecosistemico e della rete ecologica.

## **6.9 Rumore**

### **6.9.1 Le previsioni degli studi pregressi**

Nello Studio di Impatto Ambientale le principali pressioni ambientali dovute alla fase di cantiere, erano state identificate nel funzionamento degli impianti ed attrezzature necessarie per realizzare l'opera, vale a dire:

- Impianto di ventilazione degli scavi in galleria, insonorizzato;
- Impianto per il trattamento delle acque di cantiere e di venuta;
- Aree di deposito materiali e marino;



- Area magazzino ed officina;
- Area di stoccaggio definitivo del marino, con compattazione degli strati abbancati;
- Movimentazione interna e con l'esterno tramite mezzi pesanti.

Nel SIA, per confronto con analoghe situazioni, veniva evidenziato che il clima acustico locale sarebbe risultato fortemente alterato dalle lavorazioni (impatto potenziale alto\molto alto, anche se temporaneo e reversibile). Veniva comunque sottolineato che l'area del cantiere della Maddalena è localizzata in un contesto completamente isolato dal punto di vista morfologico, e di conseguenza anche acustico, sia perché incassata in una conca che la isola acusticamente, sia d'altro canto per la presenza del viadotto autostradale che costituisce un'importante fonte emissiva.

### ***6.9.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10***

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente rumore con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>14</b>	Realizzazione di una cartografia tematica per la componente Rumore sul clima acustico esistente secondo quanto indicato	E' stato predisposto uno studio acustico sulla base dei rilevamenti ante opera volto a caratterizzare il sito. Verrà predisposto un analogo studio non appena saranno disponibili un numero di dati significativo di corso d'opera per produrre uno modello rappresentativo.	PP2MS1GIA07010PANOT PP2MS1GIA07020PAPLA PP2MS1GIA07030PAPLA PP2MS1GIA07040PAPLA	Ottemperato
	<b>17</b>	Dettagliare la cantierizzazione: - analizzando il rumore e le vibrazioni del cantiere, verificando nei ricettori sensibili più vicini ai cantieri il rispetto dei limiti differenziali;	1) Per il controllo delle emissioni acustiche, in accordo con gli Enti di Controllo, è stata installata una postazione fonometrica con registrazione in continuo per tutta la durata dei lavori, mentre sono previste campagne di caratterizzazione dei mezzi per la sicurezza dei lavoratori. Per le vibrazioni sono previsti monitoraggi sulle strutture in corrispondenza delle eventuali volate di esplosivo, oltre a campagne di caratterizzazione dei mezzi per la sicurezza dei lavoratori. Le modalità e le soglie stabilite sono riportate in dettaglio nei capitoli relativi (cap. 2.3 e 3.3) del Piano di Gestione Ambientale.  2) Il cantiere in oggetto non prevede uso di esplosivi o di altre lavorazioni che	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
			possono indurre vibrazioni significative.		
	<b>64</b>	Nell'ambito del Sistema di Gestione Ambientale prevedere un piano operativo per la gestione delle emissioni acustiche. Nel piano dovrà essere prevista anche la verifica del criterio differenziale negli ambienti abitativi, in caso di esposto e/o segnalazione, secondo le modalità ed i criteri previsti dalla legge n. 447/95 e s.m.i. Il piano dovrà essere preventivamente concordato con Arpa.	Per la gestione delle emissioni acustiche viene effettuata la verifica dei livelli sui ricettori interessati tramite l'ausilio di modelli tridimensionali. I dettagli sono riportati negli appositi documenti.	1) MAD_EXE_VEN_0268_Verifica per la richiesta di deroga alle Amministrazioni Comunali per le emissioni acustiche 2) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 3) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale	Ottemperato
	<b>65</b>	Integrare il piano di monitoraggio prevedendo un rilievo anche presso Borgo Clarea	Recepito piano monitoraggio ambientale	PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
ESECUTIVA	93	E' opportuno che il proponente concordi con ARPA Piemonte le effettive misurazioni in funzione delle fasi di lavorazione in cantiere (e di conseguenza attraverso adeguato crono programma predisposto dal proponente) in modo da valutare in maniera efficace l'inquinamento da rumore con particolare riferimento alle fasi di lavorazione più critiche.	Il cronoprogramma e le modalità di esecuzione delle indagini fonometriche è stato oggetto di numerosi tavoli tecnici con gli Enti di Controllo. Sono inoltre previste, per le fasi di lavorazione più critiche, specifiche simulazioni preventive con modellistica tridimensionale. I dettagli sono contenuti nell'apposito documento e ai cap. 2.3 e 3.3 del Piano di Gestione Ambientale.	MAD_EXE_VEN_0268_Verifica per la richiesta di deroga alle Amministrazioni Comunali per le emissioni acustiche  MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale	Ottemperato
	96	Le sorgenti di rumore in fase di cantiere dovranno essere silenziate secondo le migliori tecnologie.	1) Tutti i macchinari utilizzati nelle lavorazioni saranno omologati rispetto ai limiti di emissione stabiliti che verranno verificati con periodiche campagne di caratterizzazione acustica per la sicurezza dei lavoratori. I dettagli sono contenuti nei cap. 2.5 e 3.5 del Piano di Gestione Ambientale. 2) Tutti i mezzi sono omologati CE	DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale	Ottemperato
REALIZZATIVA	97	Si utilizzino mezzi d'opera omologati rispetto ai limiti di emissione stabiliti dalle più recenti norme nazionali e comunitarie.	Nella stipulazione dei contratti con i fornitori dei mezzi e delle attrezzature sarà inserita una clausola che vincoli all'utilizzo di mezzi che rispettino le più recenti norme nazionali e comunitarie. Un apposito documento denominato "Registro macchine e attrezzature" sarà conservato presso gli uffici di cantiere dell'Appaltatore.	Registro macchine	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	<b>100</b>	Per le attività di cantiere dovranno essere individuati: - la figura del responsabile acustico, in possesso della qualifica di tecnico competente in acustica ex legge n. 447/1995 e s.m.i..	Si nomina Responsabile Acustico del cantiere l'Ing. Filippo Giancola iscritto con il n.355 all'Albo della Regione Lazio. I dettagli sono contenuti nei cap. 2.3 e 3.3 del Piano di Gestione Ambientale.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Otemperato
	<b>119</b>	Tutti i macchinari di servizio dovranno essere a norma CE e soggetti a manutenzione.	I macchinari di servizio saranno a norma CE e soggetti a manutenzione e verifica periodica. Ove non possibile la marcatura CE sarà sostituita da perizia asseverata validata dalla Direzione Lavori.	1) REGISTRO MACCHINE 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Otemperato
	<b>125</b>	I programmi di manutenzione dovranno prevedere interventi specificatamente finalizzati a mantenere a livelli ottimali le prestazioni emissive delle apparecchiature utilizzate.	In ottemperanza alla prescrizione verranno effettuati controlli periodici dei mezzi finalizzati al mantenimento di livelli ottimali delle prestazioni emissive sia di particolato che acustiche.	1) REGISTRO MACCHINE 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Otemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	128	Prevedere la figura del responsabile acustico del cantiere.	<p>1) Si nomina Responsabile Acustico del cantiere l'Ing. Filippo Giancola iscritto con il n.355 all'Albo della Regione Lazio. I dettagli sono contenuti nei cap. 2.3 e 3.3 del Piano di Gestione Ambientale.</p> <p>2) E' stato nominato il responsabile acustico nel documento di riferimento</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale</p> <p>2) Vedi nota Appaltatore prot. 67/13 del 04/07/2013</p>	Ottemperato

Tabella 67 – Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente rumore

### 6.9.3 Le misure mitigative adottate

Le misure mitigative adottate possono essere suddivise in due tipologie:

- mitigazioni legate alla gestione del cantiere;
- mitigazione legate alla riduzione del rumore delle sorgenti.

Le mitigazioni legate alla gestione del cantiere sono relative alle caratteristiche dei macchinari di cantieri che sono omologati CE e soggetti a manutenzione periodica.

Per la riduzione del rumore delle sorgenti sono stati individuati due interventi principali:

- Cofanatura dei nastri trasportatori;
- Barriera acustica a protezione della tramoggia.



Figura 100 – Cofanatura nastri trasportatori



Figura 101 – Barriere acustiche della tramoggia

### 6.9.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale

Il monitoraggio del clima acustico è stato condotto sia all'interno del cantiere con postazione fissa in continuo, sia nell'area esterna ricadente nei Comuni di Chiomonte, Gravere e Giaglione mediante rilievi continui di 48 ore nei periodi di riferimento diurno e notturno, con frequenza mensile o bimestrale presso gli ambienti di vita distribuiti nell'intorno dell'area di cantiere.

Il rumore del Traffico Veicolare (RT) è stato monitorato, in regime di sorveglianza, presso l'unico punto di Susa (A3.1c – Case passeggeri) presso abitazioni civili ubicate nelle vicinanze della A32 – Torino- Bardonecchia.

Di seguito l'elenco delle stazioni oggetto di monitoraggio e la relativa ubicazione sul territorio:

- **Rumore da cantiere (RC):**
  - o **A5 – Comuni di CHIOMONTE-GRAVERE:**
    - A5.1b – Chiomonte, Scuole elementari;
    - A5.2 – San Martino Agriturismo;
    - A5.4-RC – Frazione La Maddalena (attivazione a valle della restituzione dell'area museale)

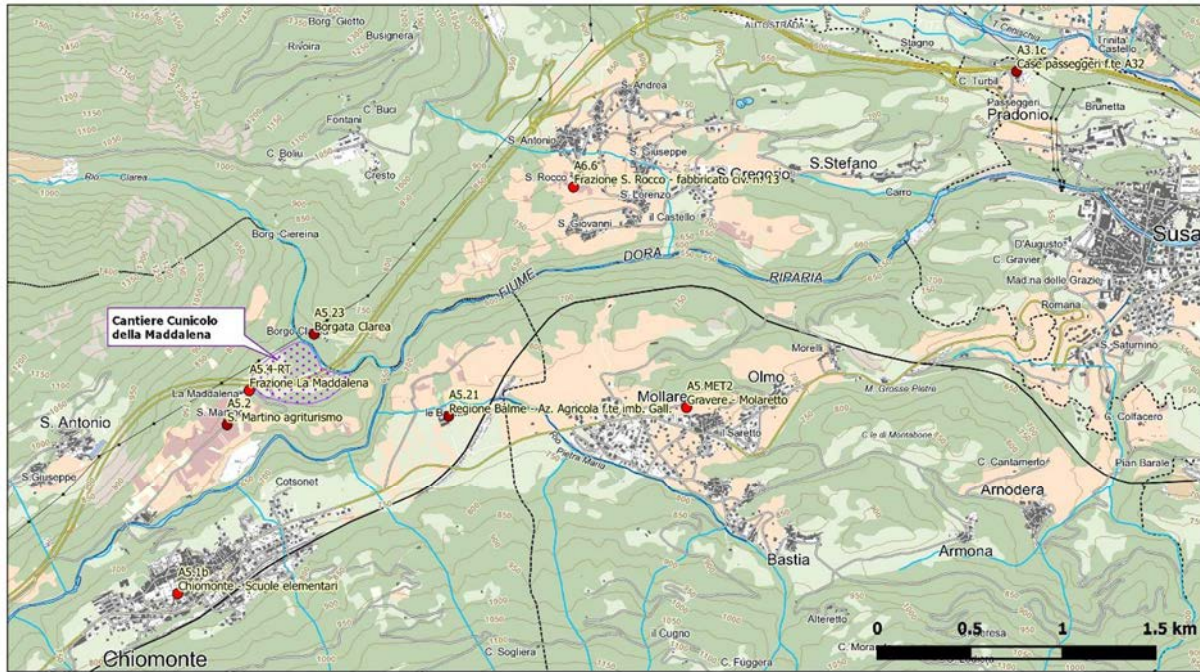
- A5.20 – Gravere, abitazioni f.te piana Balme;
- A5.21 – Regione Balme f.te imocco Ovest gall. Giaglione;
- A5.23 – Borgata Clarea
- A5.Met2 – Gravere Molaretto

- **A6** – Comuni di GIAGLIONE:
- A6.6 – Frazione San Rocco

– **Rumore da traffico (RT):**

- **A3** – Comune di SUSA:
- A3.1 – Case passeggeri;
  
- **A5** – Comuni di CHIOMONTE-GRAVERE:
- A5.4 – Frazione La Maddalena.

### Punti monitoraggio rumore



- Punti monitoraggio LTF**    □ □ □ □ Cantiere La Maddalena
- Rumore - Altre stazioni
  - Rumore - Staz. di sorveglianza

Figura 102 Planimetria stazioni di monitoraggio (Fonte ARPA Piemonte)

Con riferimento agli esiti del monitoraggio ambientale, a sintesi dei risultati ottenuti, nelle immagini che seguono si riportano gli andamenti mensili dei valori massimi registrati presso le singole stazioni di monitoraggio unitamente ai livelli di produttività del cantiere al fine di evidenziare eventuali correlazioni.



### A5.1b – Chiomonte, Scuole elementari

Il punto A5.1b è rappresentativo dell’ambiente di vita più prossimo all’area di cantiere. In questo punto si evidenziano sistematici superamenti dei valori di zona essenzialmente legati al funzionamento degli impianti e all’occupazione della struttura scolastica, fenomeno già riscontrato in fase AO. Dagli andamenti registrati è evidente infatti l’assenza di correlazione con le attività del cantiere, considerazione supportata anche dalle simulazioni riportate al paragrafo 6.9.5.

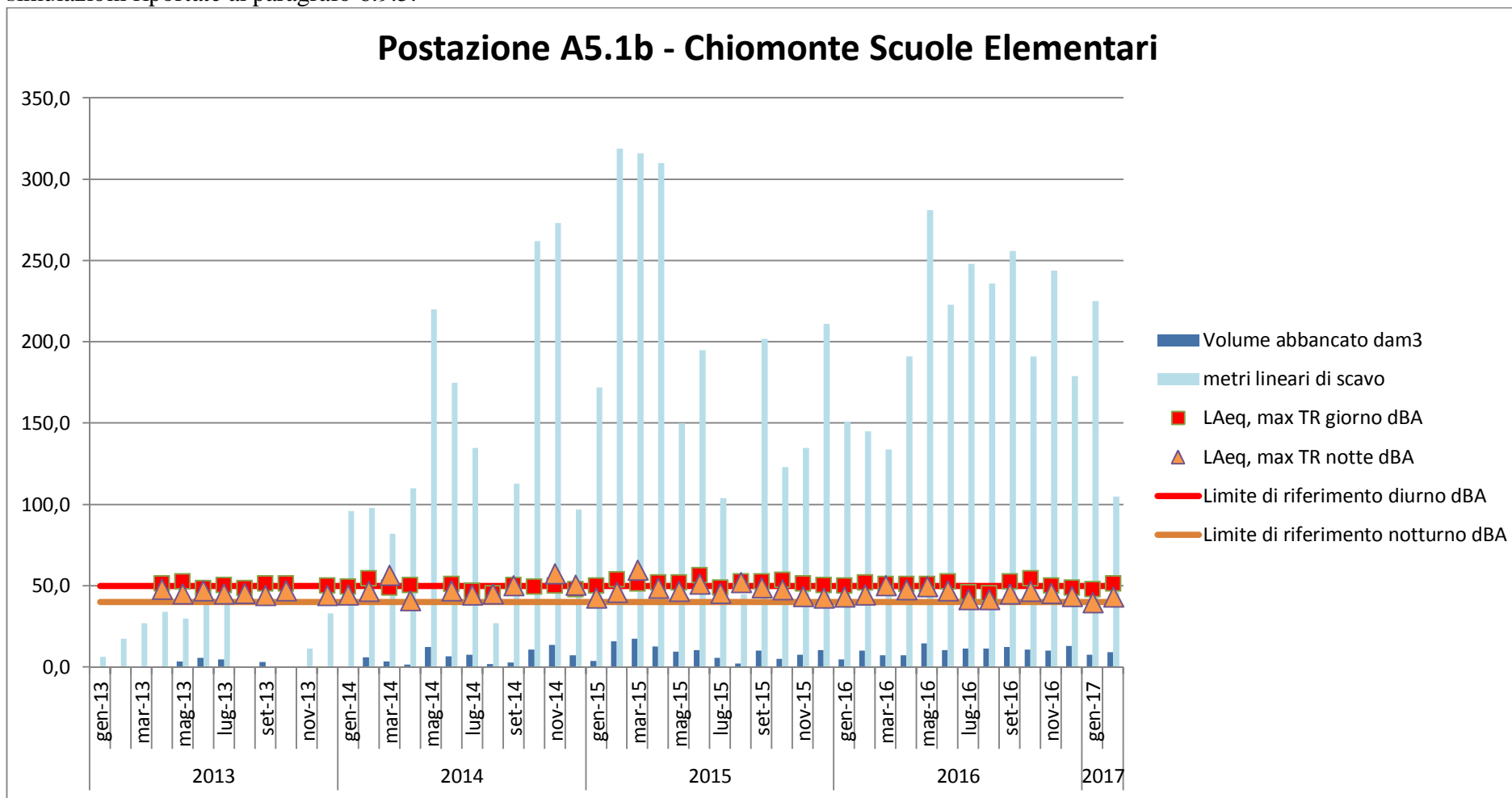


Figura 103 – Correlazione tra le misure effettuate nella postazione A5.1b e la produttività del cantiere a confronto con i valori limite

### A5.21 – Regione Balme

Come visibile anche nella postazione A5.21 si evidenziano sistematici superamenti dei valori di zona non riconducibili alle attività di cantiere e coerenti con i valori AO.

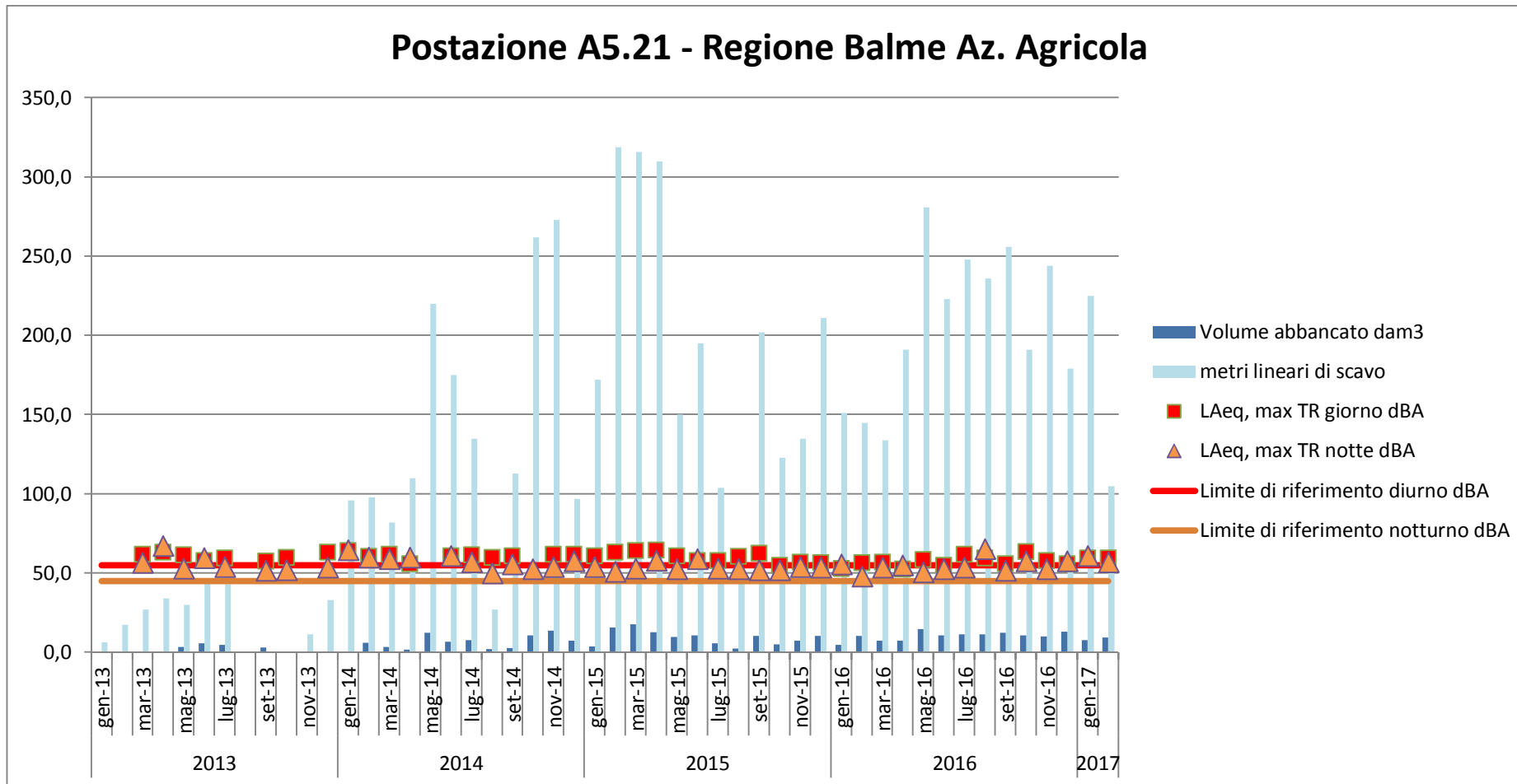


Figura 104 – Correlazione tra le misure effettuate nella postazione A5.21 e la produttività del cantiere a confronto con i valori limite

### A5.23 – Borgata Clarea

Il recettore relativo alla postazione A5.23 è il recettore più vicino al cantiere, ubicato a circa 200 metri dal perimetro est. L'edificio in oggetto è però disabitato ed il clima acustico dell'area è fortemente influenzato dalla presenza del torrente Clarea nelle immediate vicinanze.

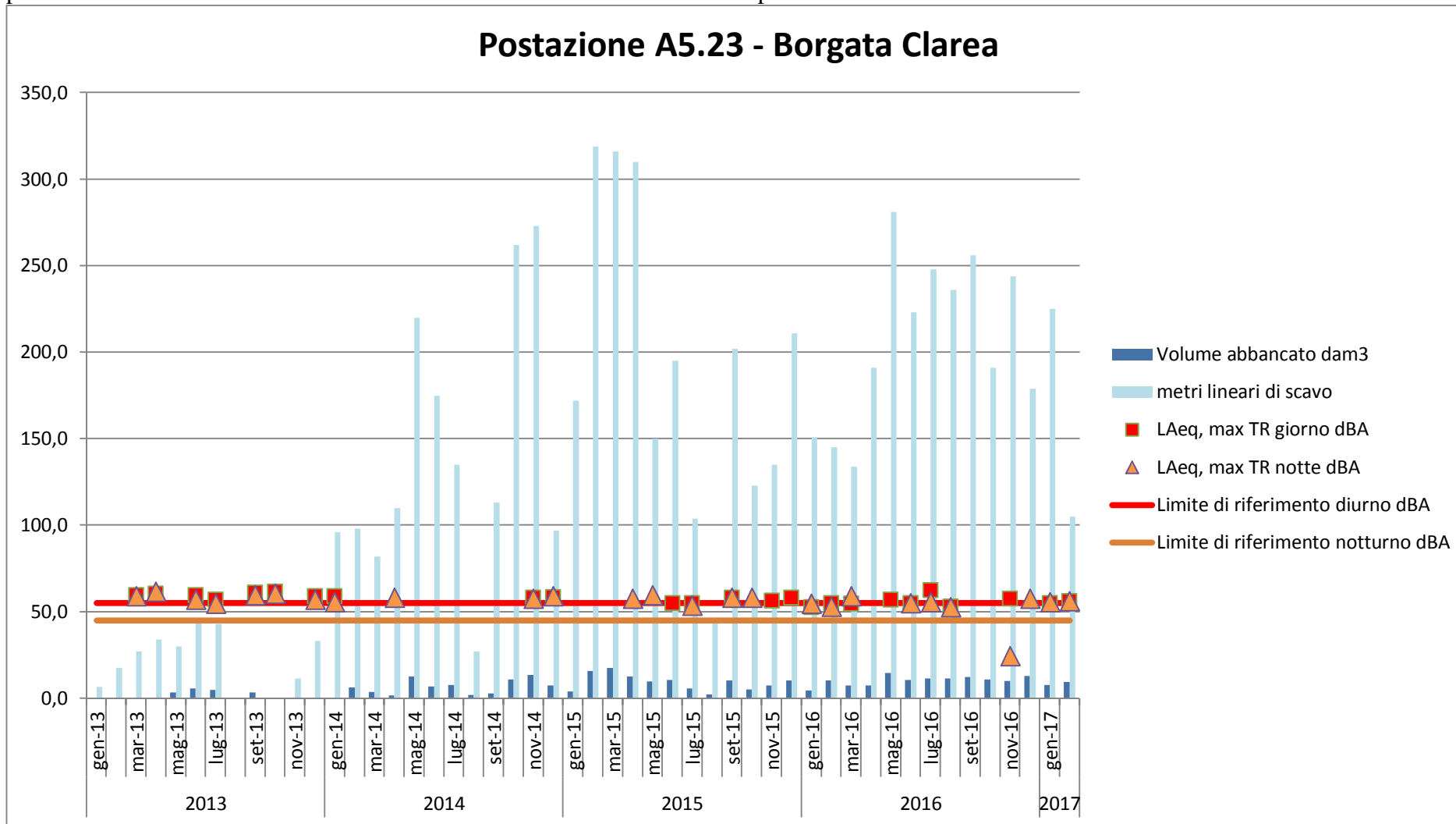


Figura 105 – Correlazione tra le misure effettuate nella postazione A5.23 e la produttività del cantiere a confronto con i valori limite

Anche in questo caso non si riscontra una diretta correlazione tra le principali attività di cantiere e l'andamento dei valori misurati, tuttavia, vista la vicinanza al cantiere e l'esito delle simulazioni acustiche, è stato svolto uno studio di dettaglio al fine di identificare l'eventuale contributo del cantiere al clima acustico del recettore.

Già in fase AO erano infatti stati evidenziati valori simili nei due intervalli diurno e notturno ed entrambi superiori ai limiti di soglia.

Come è evidente dai grafici seguenti, i valori misurati nel tempo di riferimento diurno in AO sono superiori al valore limite previsto dal Piano di Classificazione Acustica (55 dB(A)), mentre i valori misurati in CO sono superiori al valore limite in quasi tutti i rilievi effettuati eccetto alcuni mesi degli anni 2015, 2016 e 2017.

Per quanto riguarda il periodo notturno, tutti i livelli misurati in AO e in CO sono superiori al valore limite previsto dal Piano di Classificazione Acustica (45 dB(A)).

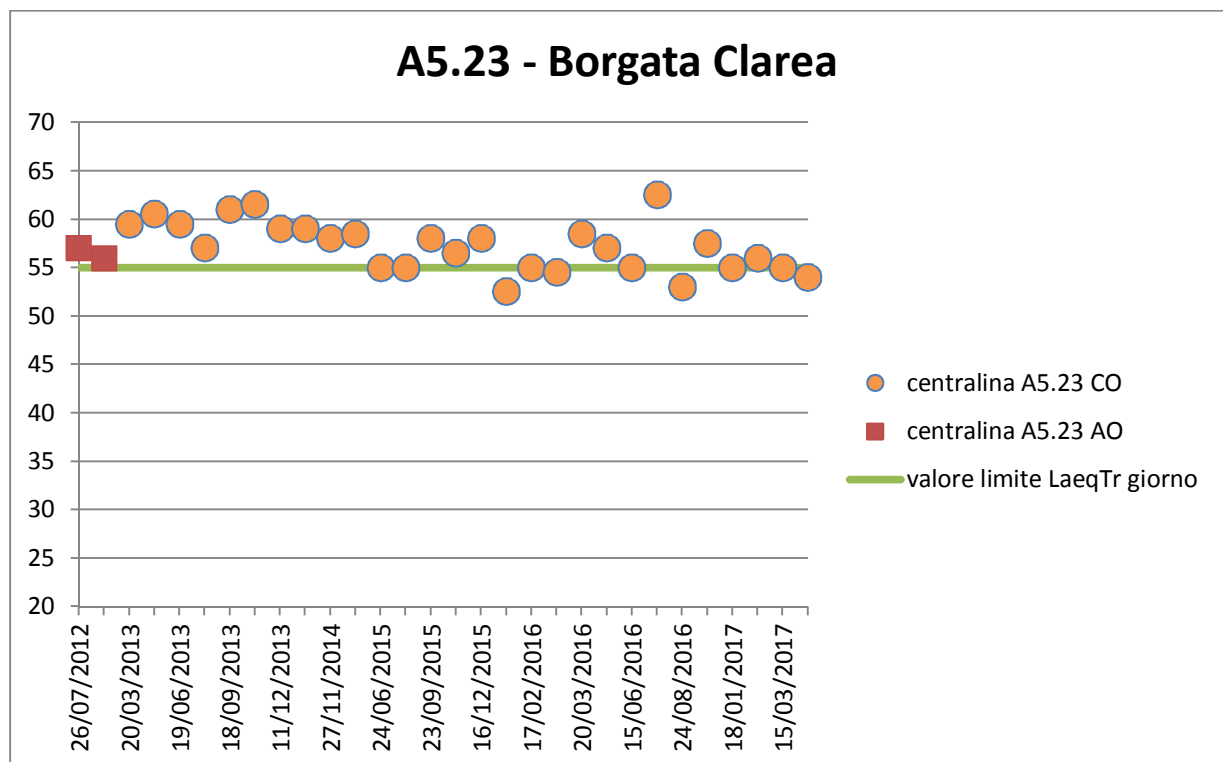
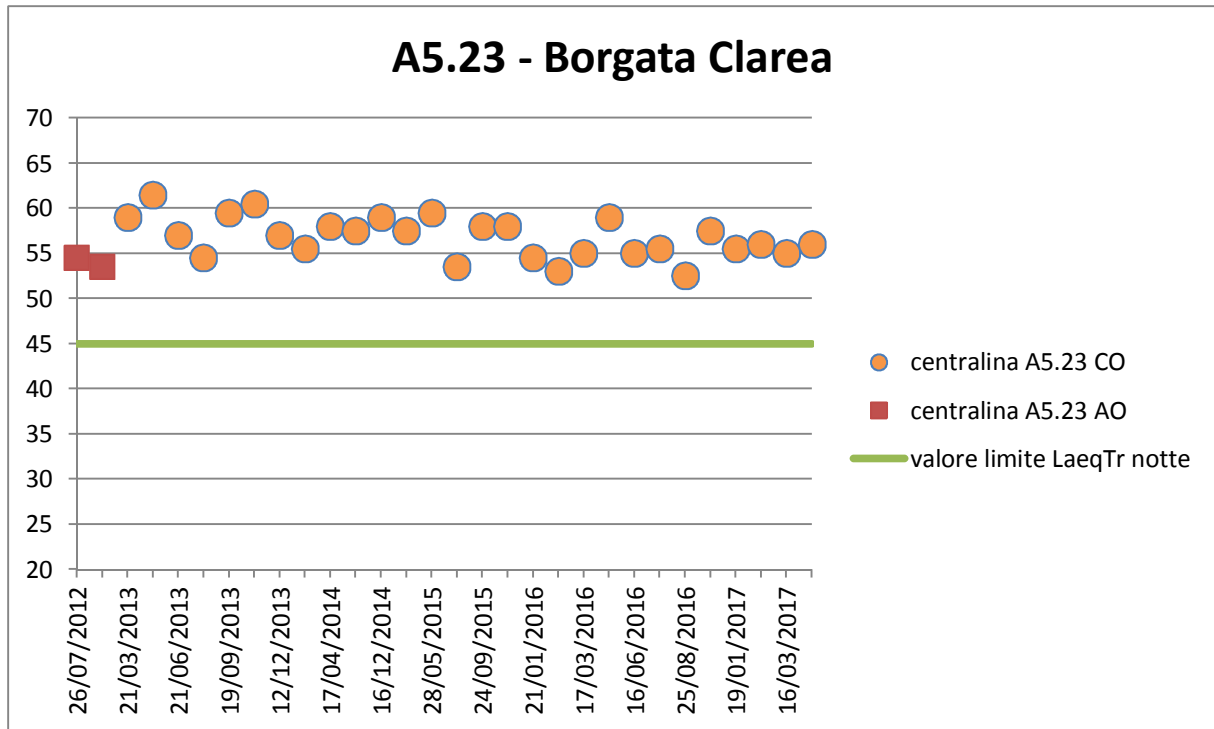


Figura 106 – Misure AO e CO postazione A5.23 periodo DIURNO a confronto con i limiti di riferimento



**Figura 107 – Misure AO e CO postazione A5.23 periodo NOTTURNO a confronto con i limiti di riferimento**

Nella figura seguente si riporta invece l'andamento dei livelli di rumore misurati in periodo diurno e notturno nella postazione di controllo interna al cantiere (denominata RUM-CF) attiva in continuo da gennaio 2013.

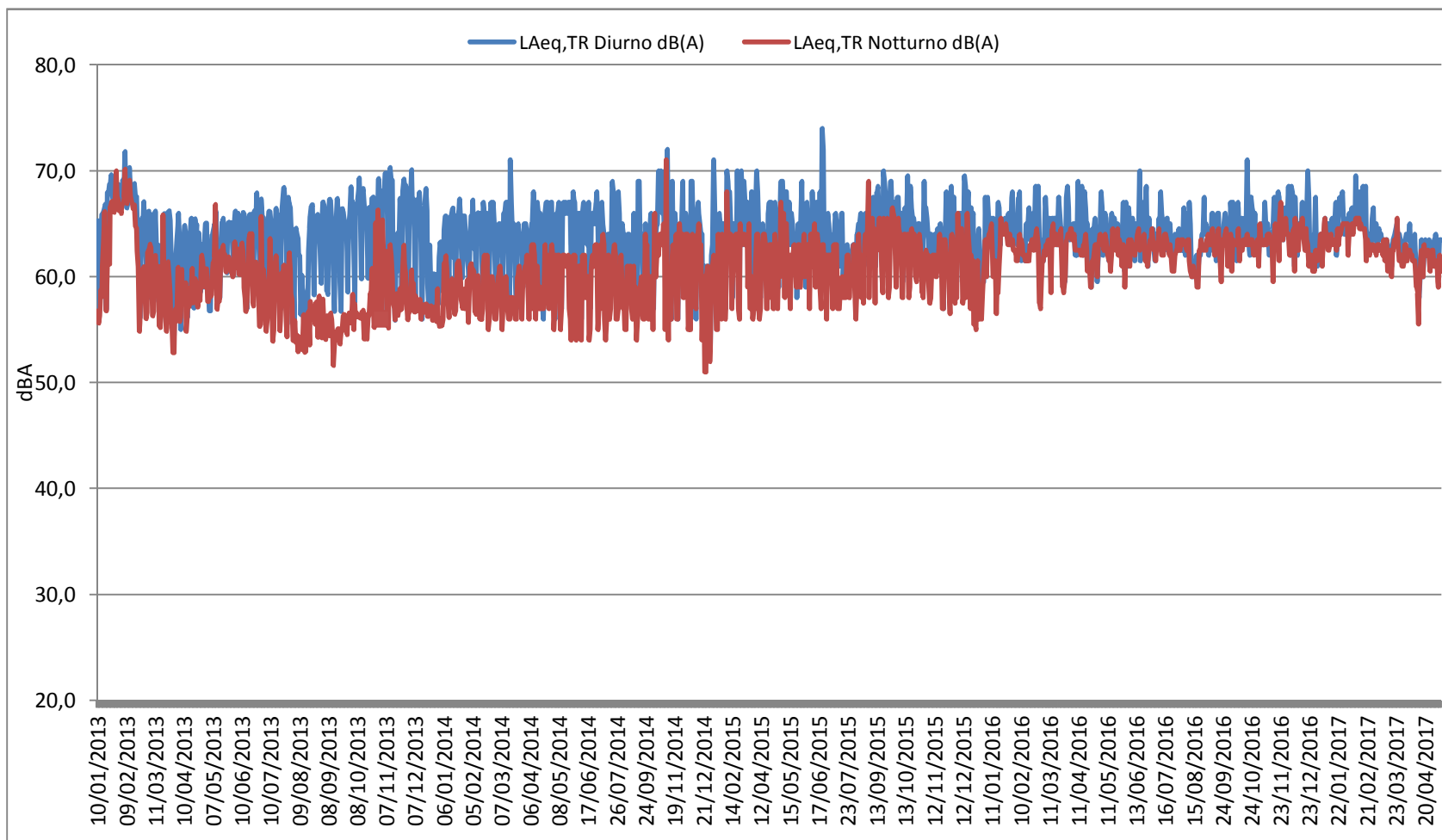


Figura 108 – Misure postazione RUM-CF periodo diurno e notturno

Al fine di evidenziare eventuali correlazioni, le misure delle due postazioni A5.23 e RUM-CF effettuate in contemporanea sono state riportate nello stesso grafico.

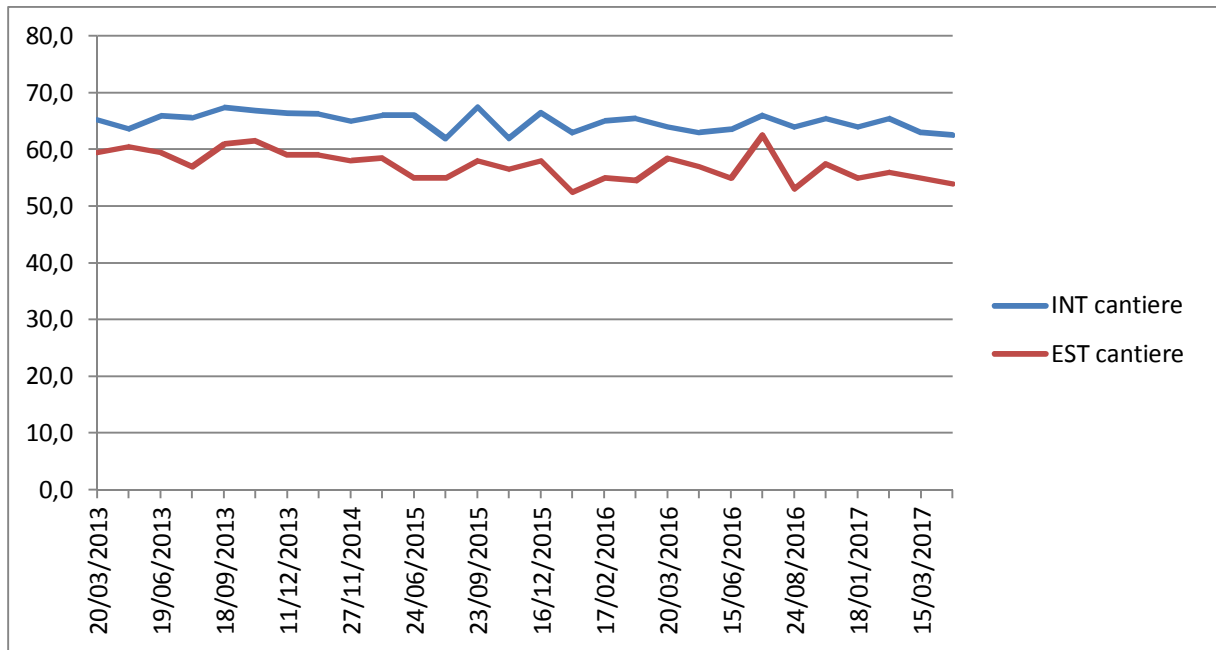


Figura 109 – Correlazione tra le misure effettuate all’interno e all’esterno del cantiere in periodo diurno

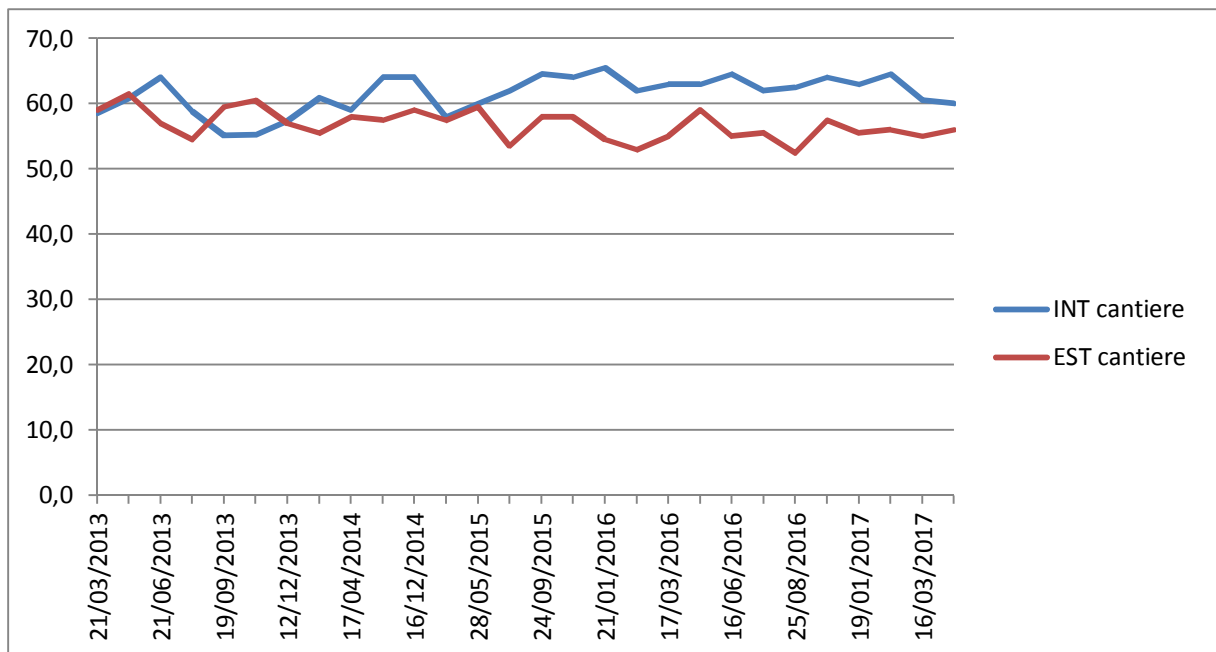


Figura 110 – Correlazione tra le misure effettuate all’interno e all’esterno del cantiere in periodo notturno

Dall’analisi dei grafici sopra riportati si rileva un andamento approssimativamente complementare delle curve nel periodo diurno evidenziando una differenza di livelli equivalenti tra l’esterno e l’interno stimabile in circa 7 dBA.

Per quanto riguarda il periodo notturno invece, l’andamento dei valori misurati nelle due postazioni non risulta confrontabile a causa della presenza di sorgenti naturali che, come

riportato precedentemente, già in fase AO determinavano valori superiori di quasi 10 dB(A) al limite di zona.

Vista la situazione si è quindi proceduto ad un'attenta analisi per l'identificazione del contributo delle attività di cantiere sul dato registrato in Corso d'Opera in collaborazione con Arpa Piemonte, al termine del quale si è stabilito di procedere alla richiesta di deroga alle amministrazioni di competenza.

L'autorizzazione in deroga ai limiti di zonizzazione acustica per le attività di cantiere è stata concessa con provvedimento autorizzativo unico n.232 del 06/06/2017 rilasciato dal SUAP DELLE VALLI con condizioni e prescrizioni pervenute dal Comune di Giaglione e ARPA Piemonte.

Nel parere di ARPA Piemonte (prot n°36432, fascicolo F06\_2017\_01235 del 27/04/2017), richiesto dal Comune di Giaglione, viene evidenziato che, a valle delle ulteriori verifiche strumentali *“non risultavano possibili ulteriori interventi di riduzione del rumore sostenibili da un punto di vista tecnico-economico”*, e *“che i livelli sonori richiesti in deroga sono coerenti con quanto definito nell'ambito delle attività di sorveglianza svolte da questa Agenzia”*.

Successivamente ad una modellizzazione acustica dell'area di cantiere, tenuto conto del fatto che il ricettore di Borgata Clarea è disabitato e che il rumore di fondo è più elevato di quello prodotto dal cantiere, si è concordato sulla necessità di regolamentare il superamento attraverso il rilascio di un'autorizzazione in deroga previa opportuna istanza secondo i criteri stabiliti dalla Linee Guida Regionali (D.G.R. n.20-4049 del 27/06/12) con livelli sonori che non eccedono le soglie di 65 dBA diurno e 60 dBA notturno intesi come livelli assoluti di immissione al ricettore.



### A5.Met2 – Gravere Molaretto

Per quanto riguarda la postazione A5.Met2 nel comune di Gravere i valori registrati in CO sono risultati coerenti con l'AO e non correlati alle attività di cantiere.

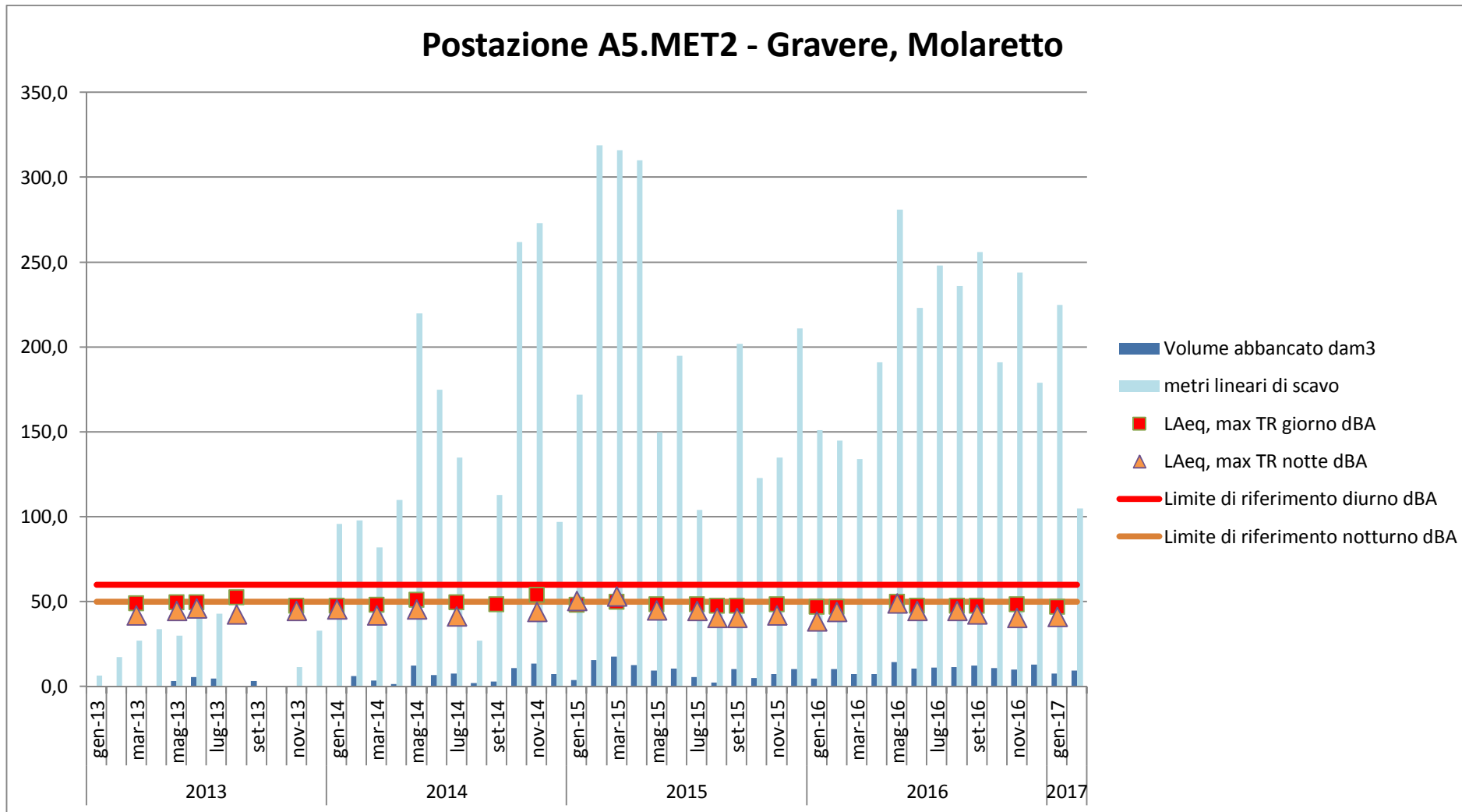


Figura 111 – Correlazione tra le misure effettuate nella postazione A5.MET2 e la produttività del cantiere a confronto con i valori limite

### A6.6 – Giaglione Frazione S. Rocco

Per quanto riguarda la postazione A6.6 nel comune di Giaglione i valori registrati in CO sono risultati coerenti con l’AO e non correlati alle attività di cantiere.

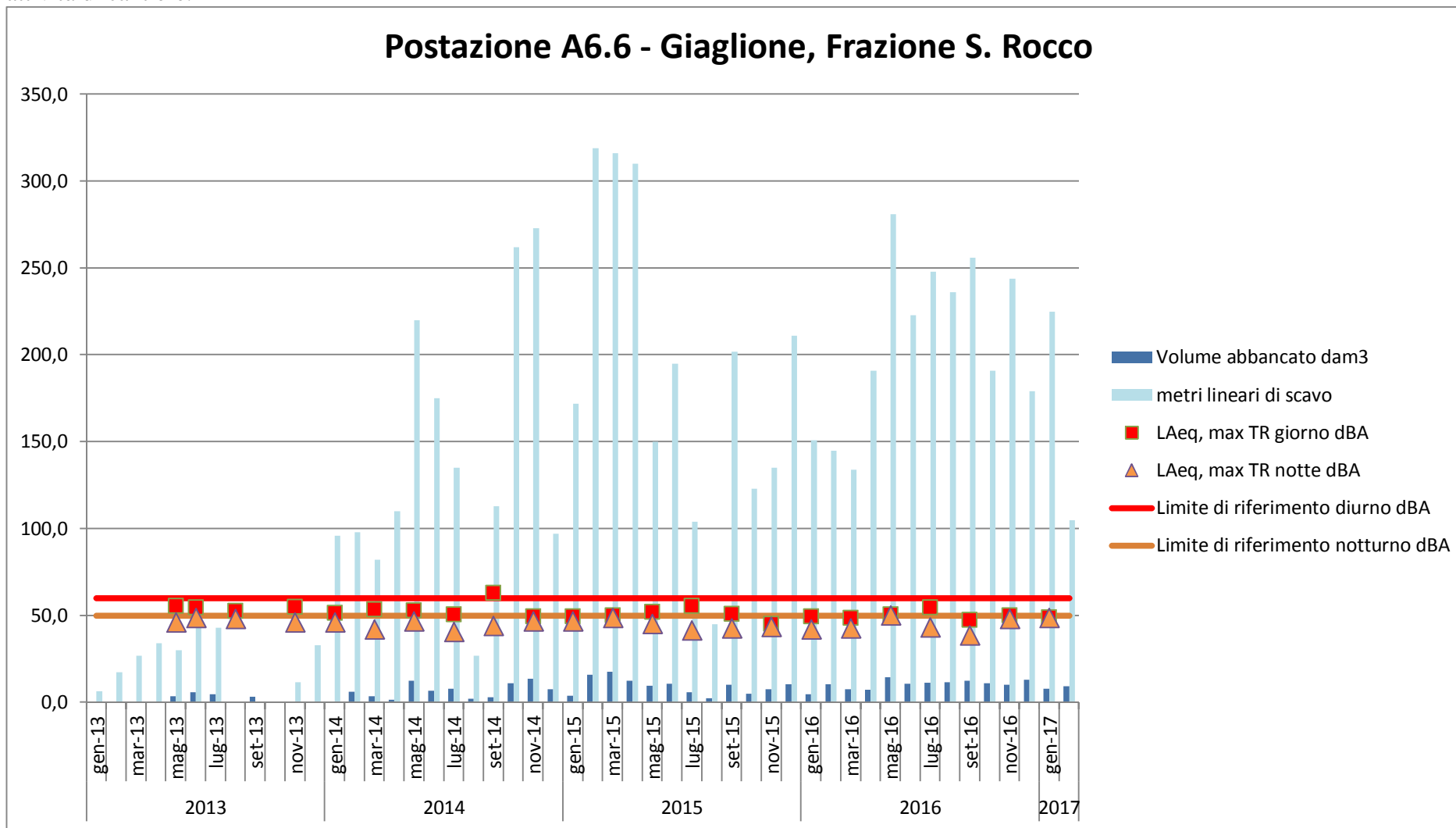


Figura 112 – Correlazione tra le misure effettuate nella postazione A6.6 e la produttività del cantiere a confronto con i valori limite

### A3.1c – Susa Case Passeggeri

Anche in questo caso non si osservano correlazioni alle attività di cantiere, vista la distanza dal punto di monitoraggio, e variazioni significative rispetto ai dati AO.

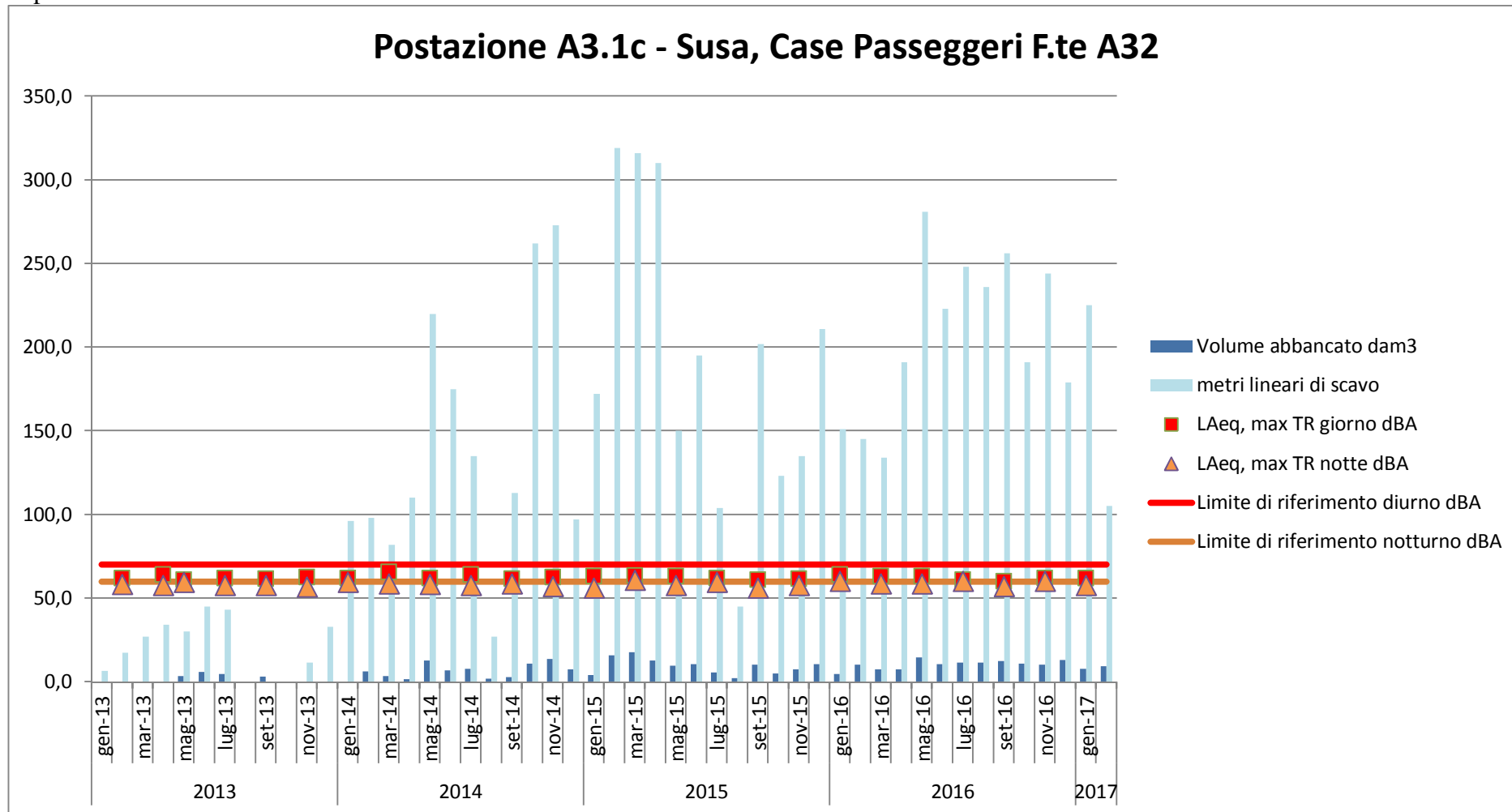


Figura 113 – Correlazione tra le misure effettuate nella postazione A3.1c e la produttività del cantiere a confronto con i valori limite

E' quindi possibile affermare che, ad eccezione del recettore prossimo al cantiere (postazione A5.23 Borgata Clarea), il monitoraggio della componente acustica ha evidenziato valori coerenti con i dati registrati in fase AO, pertanto l'impatto relativo può considerarsi trascurabile e non influenzato dai lavori per la realizzazione del cunicolo.

Per quanto riguarda il recettore prossimo al cantiere, per il quale il SIA indicava un impatto atteso potenzialmente ALTO, bisogna evidenziare che le attività lavorative hanno contribuito ad un incremento del clima acustico in entrambi gli intervalli di riferimento, già però ampiamente sopra i limiti di zonizzazione a causa delle vicine sorgenti naturali. A seguito di uno studio approfondito e della messa in opera di mirati interventi di mitigazione acustica si è quindi reso necessario lo strumento di deroga.

In conclusione il monitoraggio ha confermato i livelli di pressione ambientale stimati dal SIA per il recettore prossimo al cantiere mentre si possono considerare trascurabili gli impatti registrati dalle restanti stazioni di monitoraggio. Viene, in definitiva confermata, attraverso i dati di monitoraggio ambientale, la bontà della scelta localizzativa del cantiere isolata morfologicamente dal principale tessuto edificato.

#### ***6.9.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente***

Dall'analisi dei dati riportati nel paragrafo precedente si è proceduto ad una simulazione con un software di calcolo in modo da valutare l'andamento dei livelli di rumore all'interno dell'area di cantiere e nell'ambiente circostante, per verificare la distanza entro cui il rumore del cantiere può essere ritenuto trascurabile.

La valutazione è stata fatta su scala territoriale tarando il modello su una condizione "tipo" ovvero livello misurato nell'area di cantiere pari a circa 62,5 dBA e livello misurato all'esterno presso il ricettore A5.23 pari a 55-57 dBA.

Sono state inserite le sorgenti più rappresentative dal punto di vista acustico all'interno del modello ovvero:

- Nastri trasportatori;
- Gruppo frigo del ventolino;
- Torri evaporative.

Le potenze sonore delle sorgenti sono state tarate in modo da raggiungere i livelli sopra esposti alle centraline CF-RUM e A5.23.

È stato considerato solo il livello diurno perché come evidenziato dalla Figura 107 la correlazione delle due centraline in periodo notturno non è risultata sempre lineare

Le mappe relative all'area di cantiere sono state calcolate a 4 metri di altezza e a 15 metri di altezza e riportate nelle immagini seguenti.

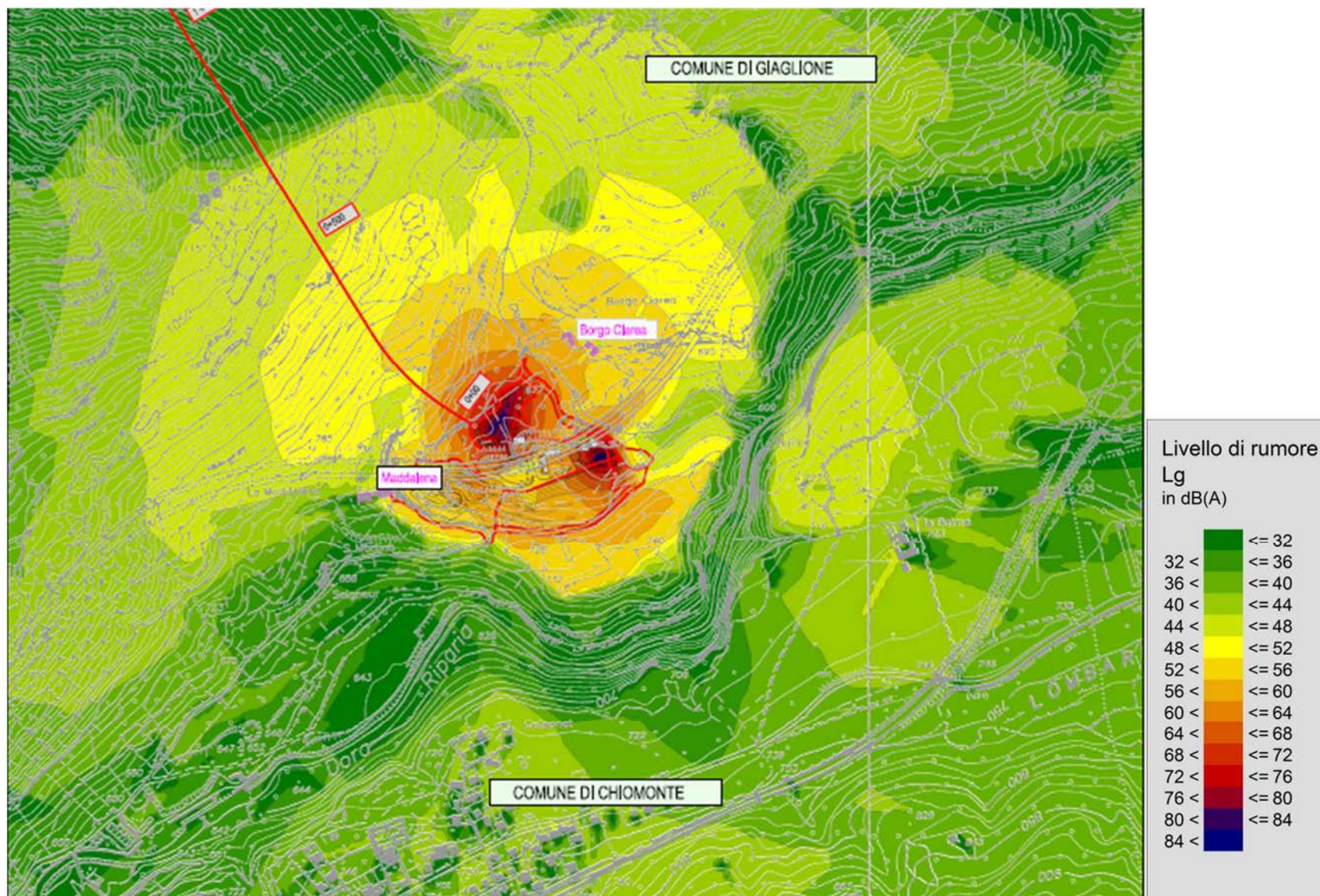


Figura 114 – Mappa delle isofoniche calcolata a 4 metri di altezza

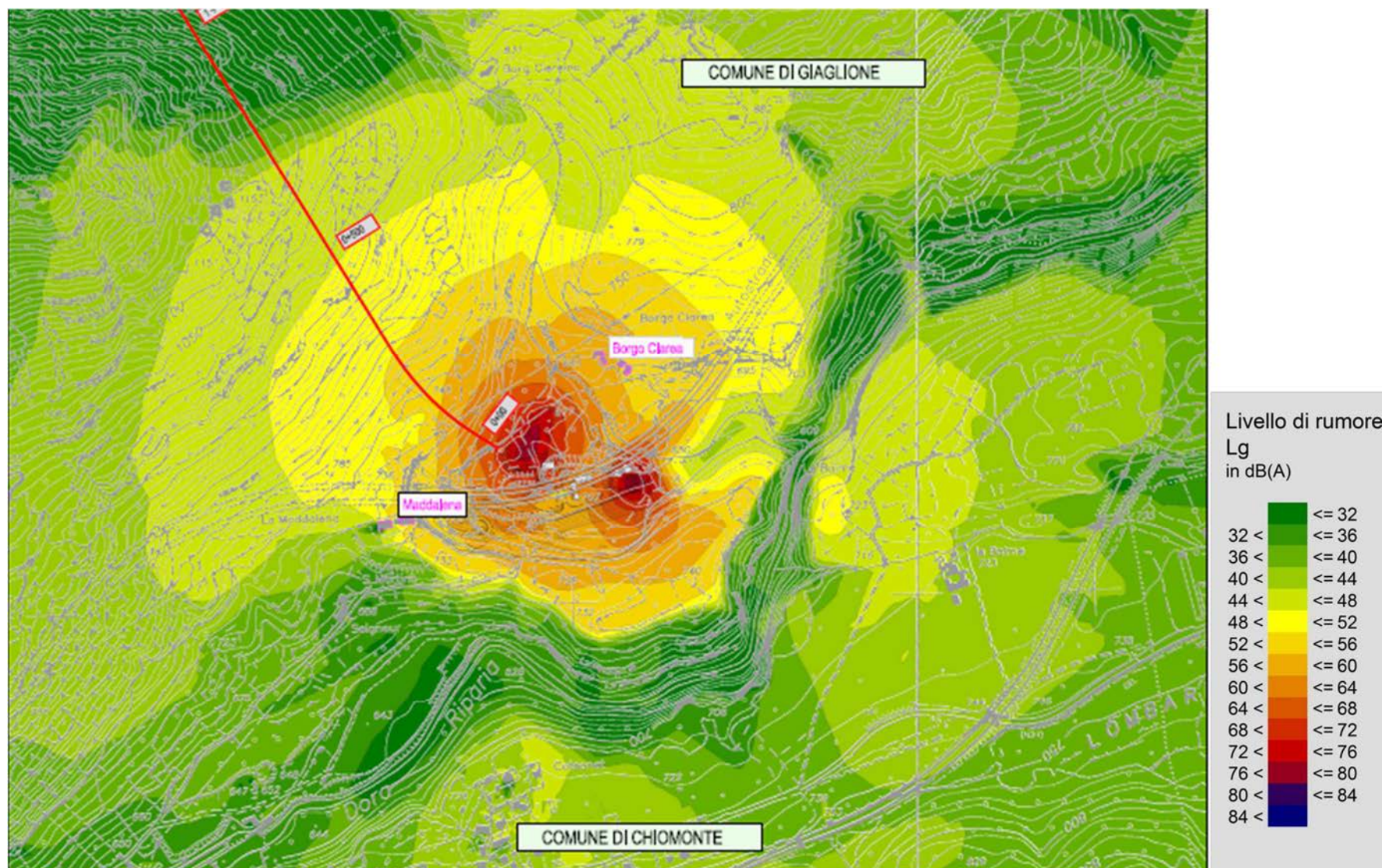


Figura 115 – Mappa delle isofoniche calcolata a 15 metri di altezza

Come visibile dalle mappe, la morfologia della valle crea un effetto ad imbuto per cui il rumore del cantiere impatta i ricettori della Borgata Clarea e della Maddalena ma è da ritenersi assolutamente trascurabile al comune di Chiomonte (aree verde scuro).

Nelle immagini seguenti si riportano le mappe delle isofoniche a scala locale per un maggiore dettaglio sui ricettori individuati.

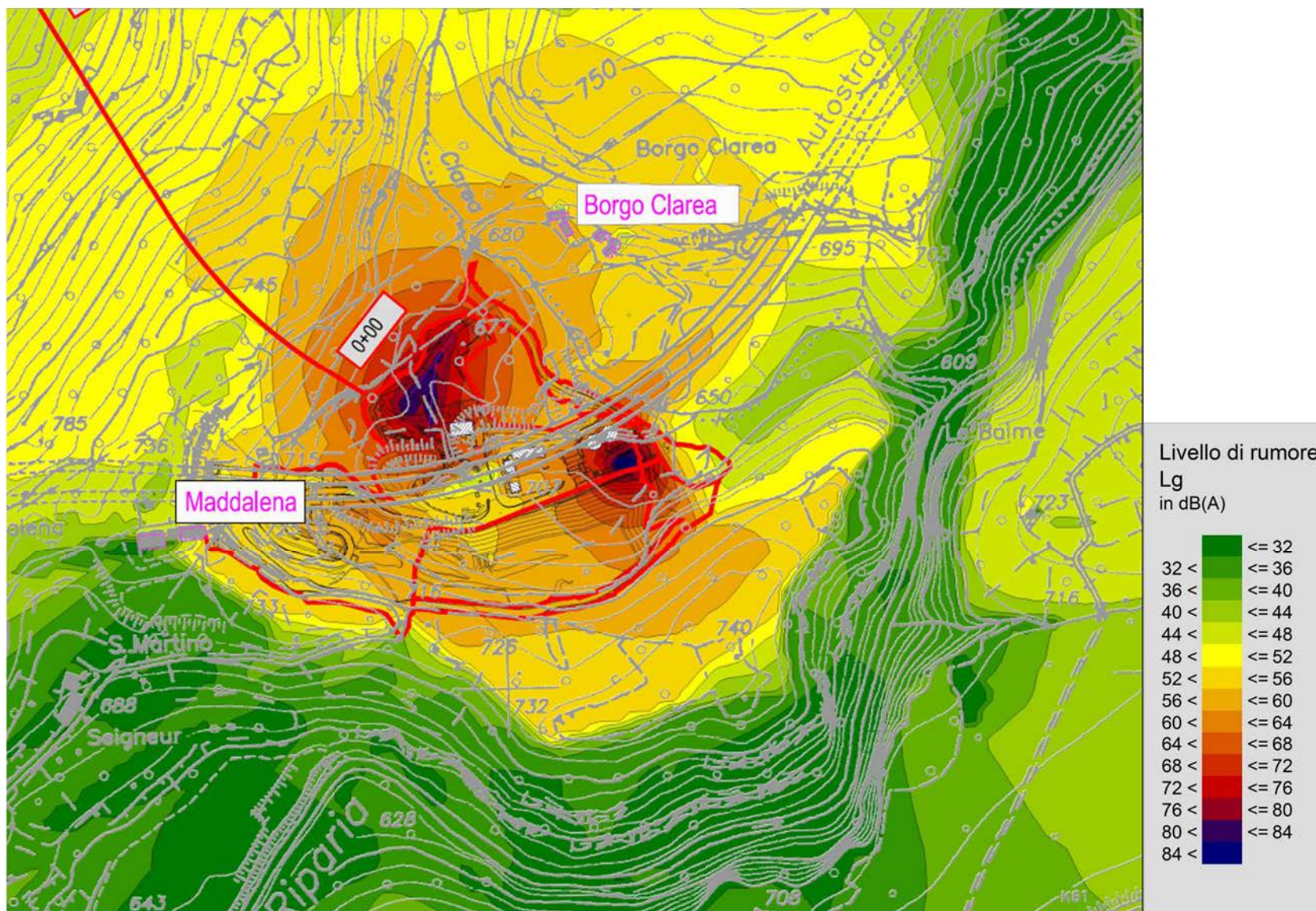


Figura 116 – Mappa delle isofoniche calcolata a 4 metri di altezza – scala locale



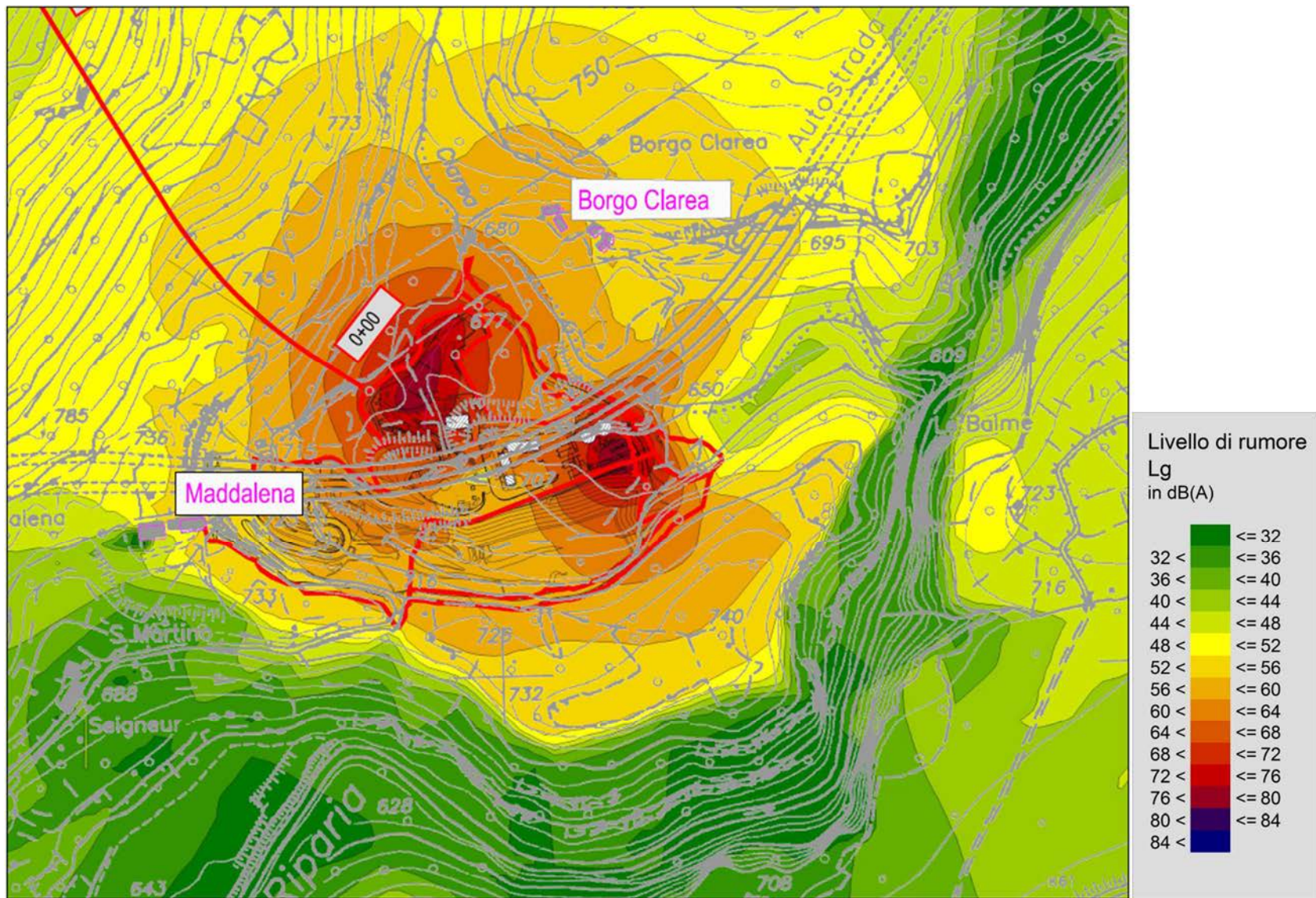


Figura 117 – Mappa delle isofoniche calcolata a 15 metri di altezza – scala locale

I livelli attesi al ricettore del museo della Maddalena imputabili al cantiere sono conformi ai limiti della classe di riferimento ovvero la classe II con limiti pari a 55 dBA diurni.

I livelli attesi in Borgata Clarea sono superiori ai limiti di classe II ma tale superamento era già stato evidenziato in Ante Operam ed è principalmente dovuto alla presenza della A32.

Il quadro di compatibilità sopra definito, sulla base dei dati di monitoraggio e delle verifiche modellistiche fatte, consente anche di poter ritenere come rappresentative le valutazioni e le misure che afferiscono direttamente alla conca (e immediato intorno) in cui è inserito il cantiere mentre di minore interesse risultano le indagini che vengono fatte a livello di scala più vasta.

#### **6.9.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592**

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 avverrebbe con tecniche e modalità esecutive identiche a quelle utilizzate per lo scavo sino alla pK 7+020; né verrebbero utilizzate dotazioni impiantistiche diverse pertanto non si configura la possibilità di generare fattori di impatto diversi da quelli sino ad ora prodotti;
- In ragione di quanto sopra e in relazione ai dati di monitoraggio ambientale, che non rilevano criticità né a scala locale né a scala territoriale, si ritiene che la prosecuzione dello scavo non contribuirebbe ad approfondire il livello conoscitivo dei fenomeni diffusivi ampiamente analizzati in tutti gli anni di lavoro sino ad oggi monitorati;
- Il livello conoscitivo dei fenomeni diffusivi ha per altro consentito di verificare che, in relazione alla morfologia locale, la mitigabilità del fenomeno non è ulteriormente implementabile rispetto alle misure già messe in atto.

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando, per altro, la compatibilità dell'opera e delle tipologie di lavorazione rispetto alle esigenze di tutela e salvaguardia della qualità acustica dei luoghi a scala locale e territoriale.

## **6.10 Vibrazioni**

### **6.10.1 Le previsioni degli studi pregressi**

Nello Studio di Impatto Ambientale le principali pressioni ambientali dovute alla fase di cantiere, erano state identificate nel funzionamento degli impianti ed attrezzature necessarie per realizzare l'opera, ovvero:

- Mezzi d'opera quali escavatori, pale meccaniche, rulli compattatori, martelli pneumatici, ecc.
- Scavo con metodo tradizionale;

- Scavo con TBM.

Nel SIA veniva evidenziata l'influenza trascurabile dell'impatto vibrazionale.

Analoghe conclusioni erano contenute nello studio complementare relativo all'impatto vibrazionale sulle Barricate del Clarea.

#### ***6.10.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10***

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>17</b>	<p>Dettagliare la cantierizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analizzando il rumore e le vibrazioni del cantiere, verificando nei ricettori sensibili più vicini ai cantieri il rispetto dei limiti differenziali;</li> </ul>	<p>1) Per il controllo delle emissioni acustiche, in accordo con gli Enti di Controllo, è stata installata una postazione fonometrica con registrazione in continuo per tutta la durata dei lavori, mentre sono previste campagne di caratterizzazione dei mezzi per la sicurezza dei lavoratori. Per le vibrazioni sono previsti monitoraggi sulle strutture in corrispondenza delle eventuali volate di esplosivo, oltre a campagne di caratterizzazione dei mezzi per la sicurezza dei lavoratori. Le modalità e le soglie stabilite sono riportate in dettaglio nei capitoli relativi (cap. 2.3 e 3.3) del Piano di Gestione Ambientale.</p> <p>2) Il cantiere in oggetto non prevede uso di esplosivi o di altre lavorazioni che possono indurre vibrazioni significative.</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale</p> <p>2) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale</p>	Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
	<b>25</b>	Relazione tecnica sulle fortificazione delle Barricate di Clarea per la valutazione del rischio di danni dovuti alla realizzazione del cantiere e dell'opera principale	Studio integrativo	allegato 5	Ottemperato
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>107</b>	Prevedere punti di rilevazione polveri e vibrazioni nell'area archeologica della Maddalena		recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato

Tabella 68 – Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente vibrazioni

### 6.10.3 Le misure mitigative adottate

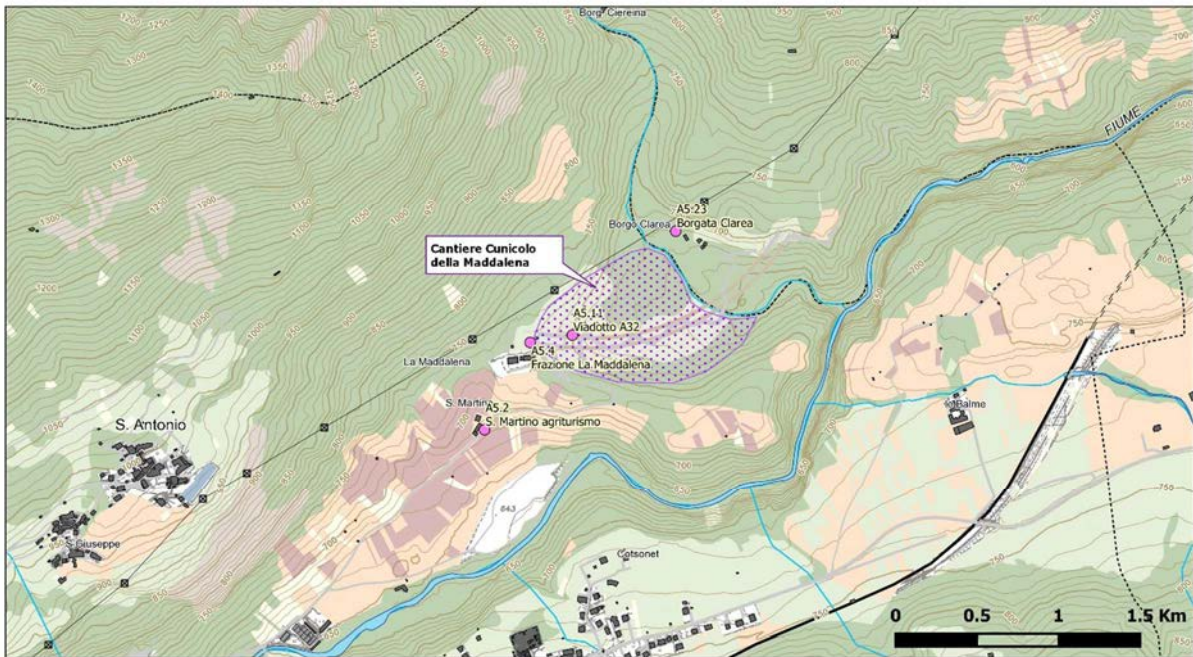
Non erano previste misure mitigative per la componente vibrazioni.

### 6.10.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale

Di seguito l'elenco delle stazioni oggetto di monitoraggio e la relativa ubicazione sul territorio:

- **A5** – Comuni di CHIOMONTE-GRAVERE:
  - A5.2 – San Martino agriturismo;
  - A5.4-RT – Frazione La Maddalena;
  - A5.11 – Viadotto A32
  - A5.23 – Borgata Clarea

## Punti monitoraggio vibrazioni



#### Punti monitoraggio LTF - Staz. di sorveglianza

- Vibrazioni
- Cantiere La Maddalena

Figura 118 – Planimetria stazioni di monitoraggio (Fonte ARPA Piemonte)

Con riferimento agli esiti del monitoraggio ambientale, si riportano i risultati relativi alle stazioni di monitoraggio di Ante Operam così ubicate:

- VIB-STRU posizionato in corrispondenza delle fondazioni del pilone autostradale più vicino all'imbocco del cunicolo esplorativo (interno cantiere)

Foto punto di misura



Estratto cartografico



- A5.4: posizionato lungo la strada asfaltata nei pressi dell'edificio della Maddalena (interno cantiere)

Foto punto di misura





Estratto cartografico







- A5.23: posizionato lungo il sentiero di accesso alle Baite Clarea (esterno cantiere)

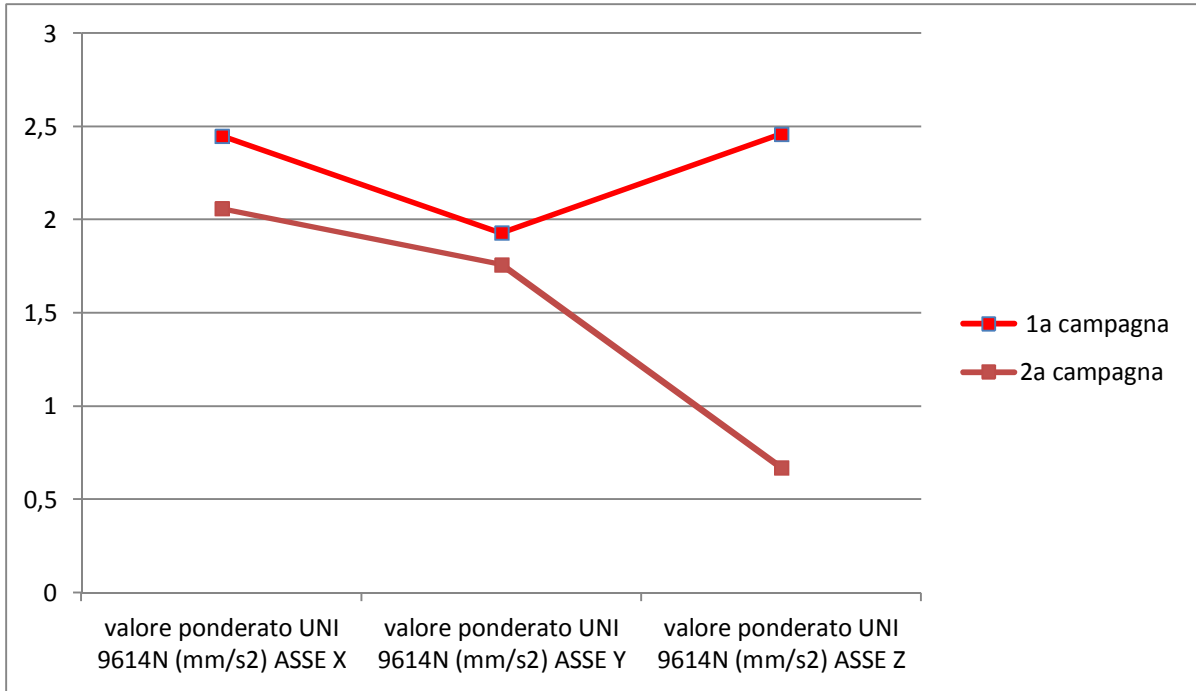
<p><b>Foto punto di misura</b></p>	
<p><b>Estratto cartografico</b></p>	

- A5.2: situato lungo la strada asfaltata di accesso al B&B San Martino (esterno cantiere).

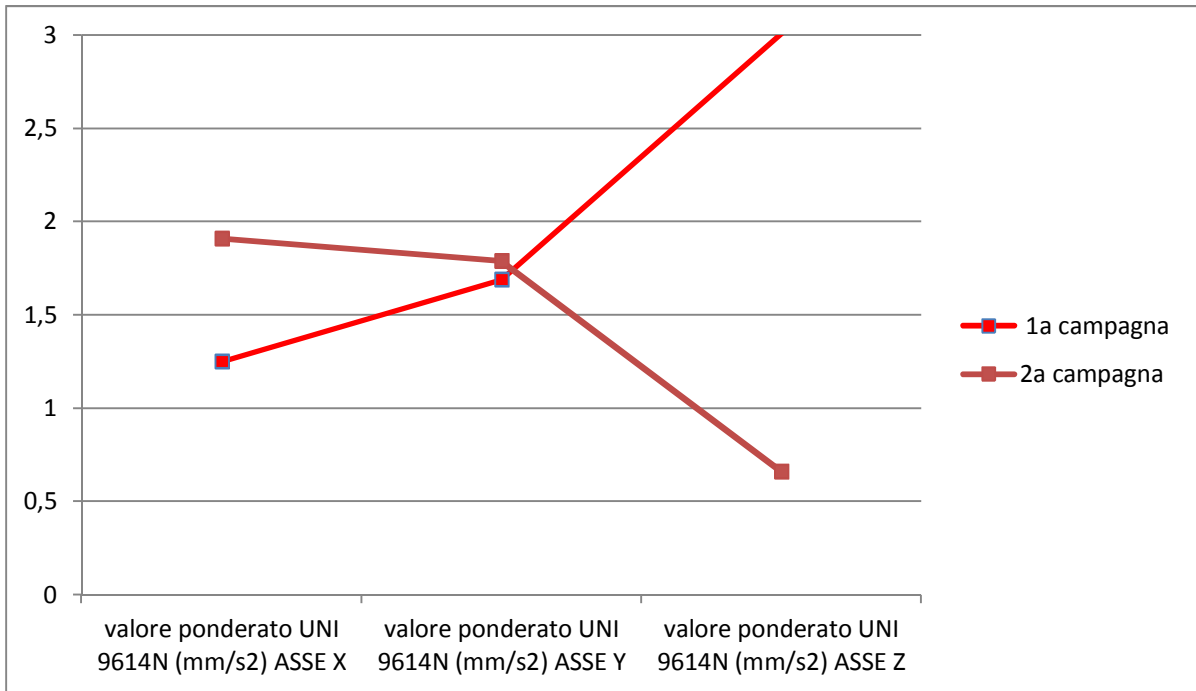
<p><b>Foto punto di misura</b></p>	
<p><b>Estratto cartografico</b></p>	

Di seguito si riportano su grafici per ogni punto e per ciascun periodo di misura diurno e notturno

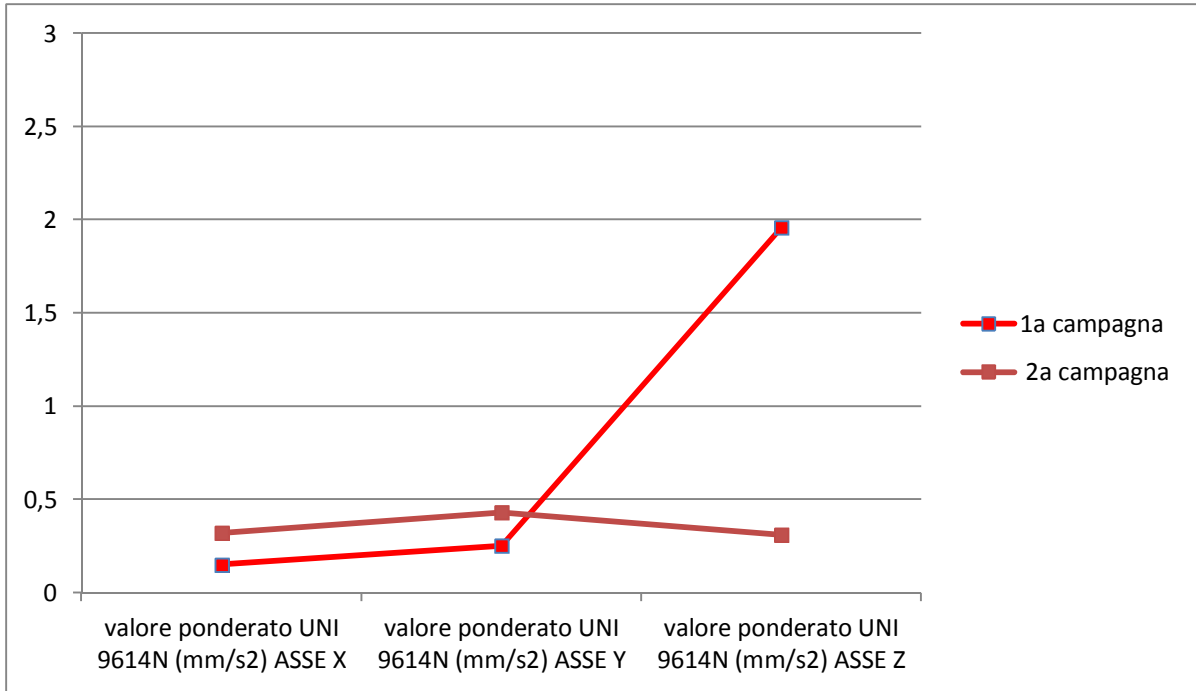
- I valori misurati ponderati in frequenza ai sensi della norma UNI9614N in  $\text{mm/s}^2$  per ciascun asse di riferimento (X, Y e Z) per entrambe le campagne di misura effettuate;
- Il valore limite ai sensi della UNI9614 in  $\text{mm/s}^2$ .



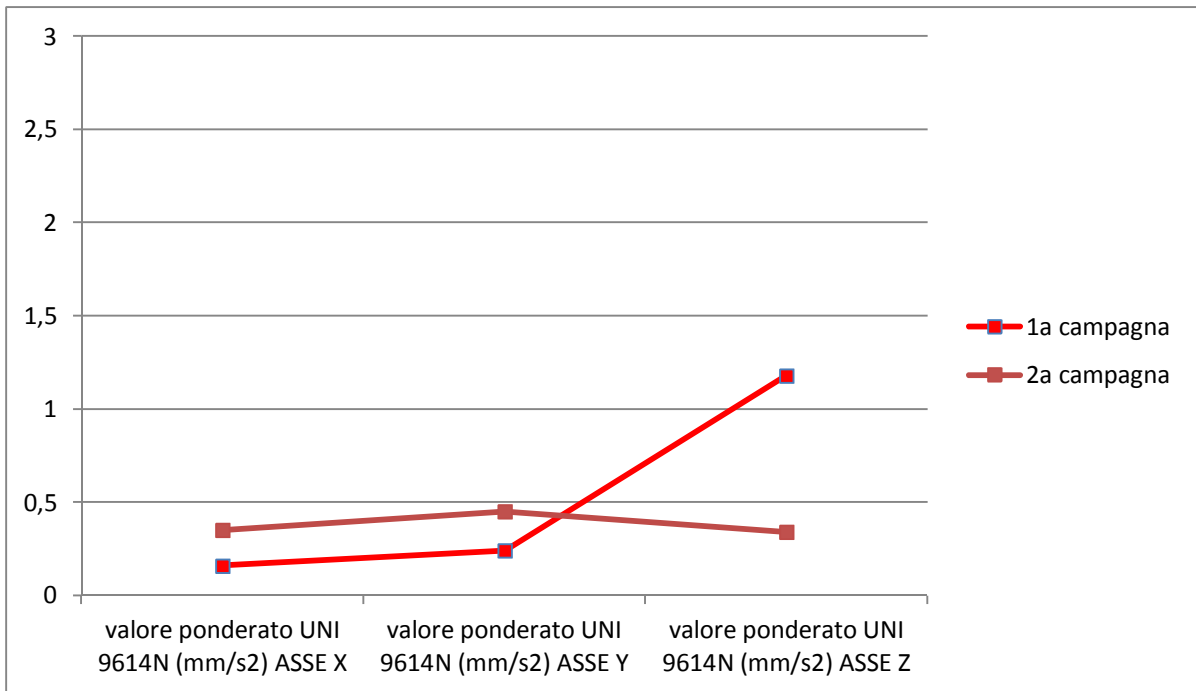
**Figura 119 – POSTAZIONE VIB-STR; monitoraggio AO vibrazioni periodo diurno**



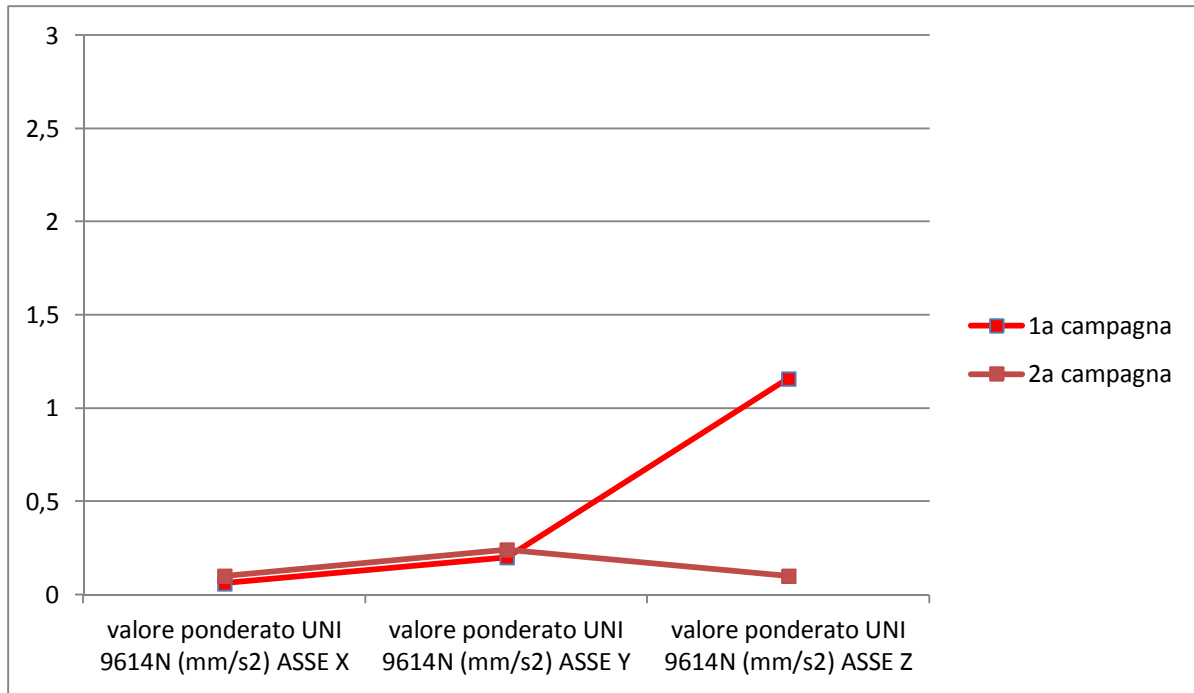
**Figura 120 – POSTAZIONE VIB-STR; monitoraggio AO vibrazioni periodo notturno**



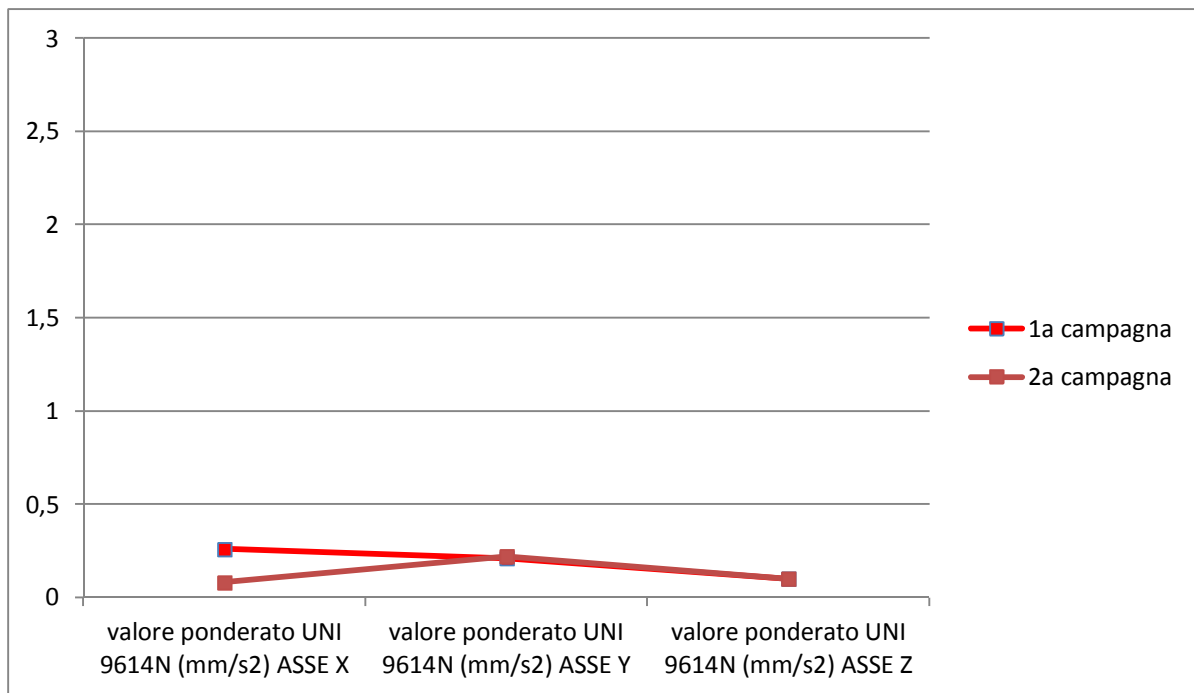
**Figura 121 – POSTAZIONE A5.4; monitoraggio AO vibrazioni periodo diurno**



**Figura 122 – POSTAZIONE A5.4; monitoraggio AO vibrazioni periodo notturno**



**Figura 123 – POSTAZIONE A5.23; monitoraggio AO vibrazioni periodo diurno**



**Figura 124 – POSTAZIONE A5.23; monitoraggio AO vibrazioni periodo notturno**

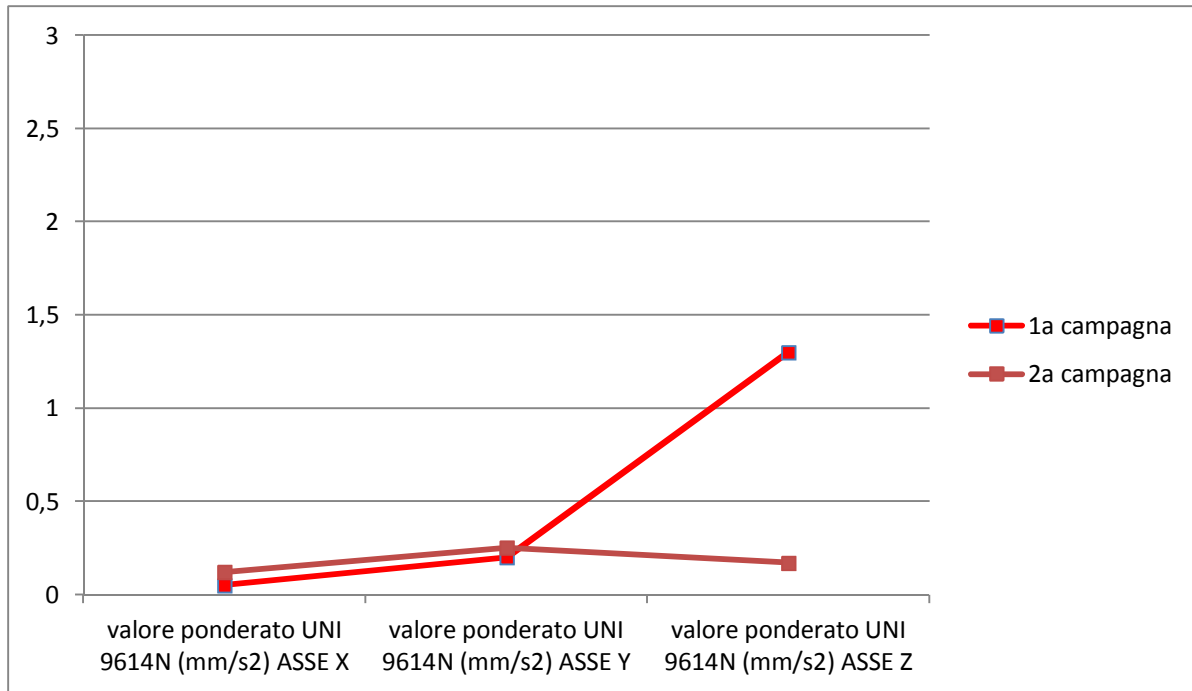


Figura 125 – POSTAZIONE A5.2; monitoraggio vibrazioni AO periodo diurno

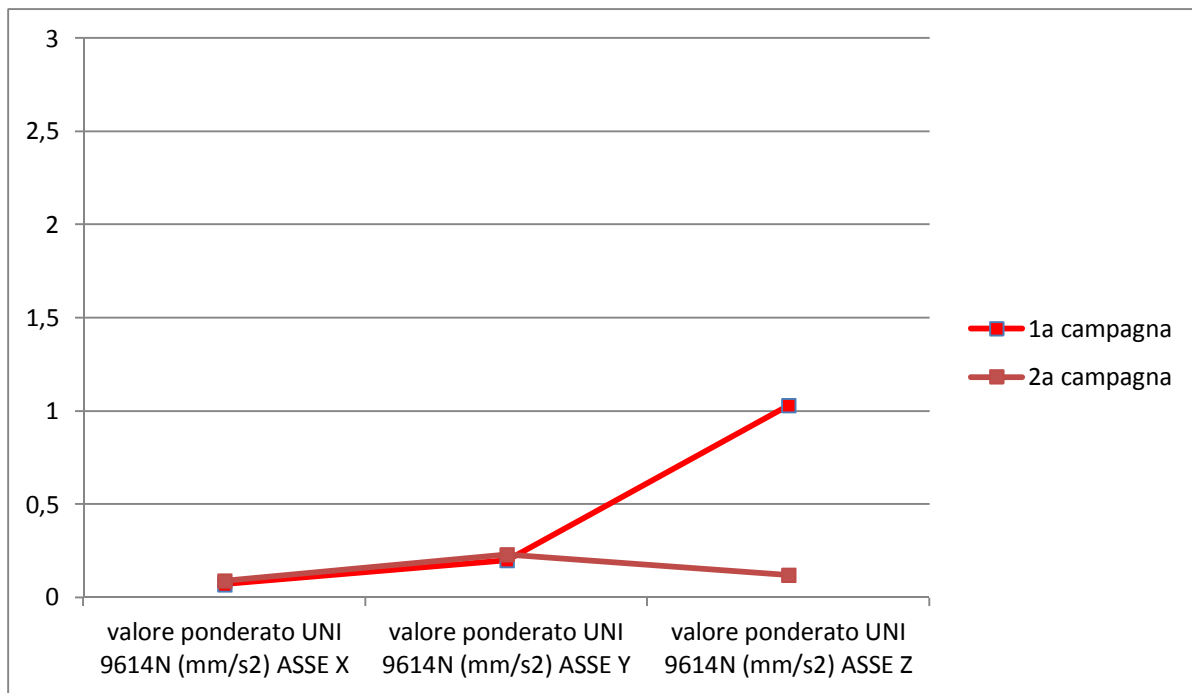


Figura 126 – POSTAZIONE A5.2; monitoraggio vibrazioni AO periodo notturno

Le misure effettuate in AO hanno evidenziato l'assenza di vibrazioni dovute a lavorazioni propedeutiche all'allestimento del cantiere; tutti i valori misurati sono **ampiamente inferiori** ai valori limite che risultano essere **7,2 mm/s<sup>2</sup> nel periodo diurno e 52 mm/s<sup>2</sup> nel periodo notturno**

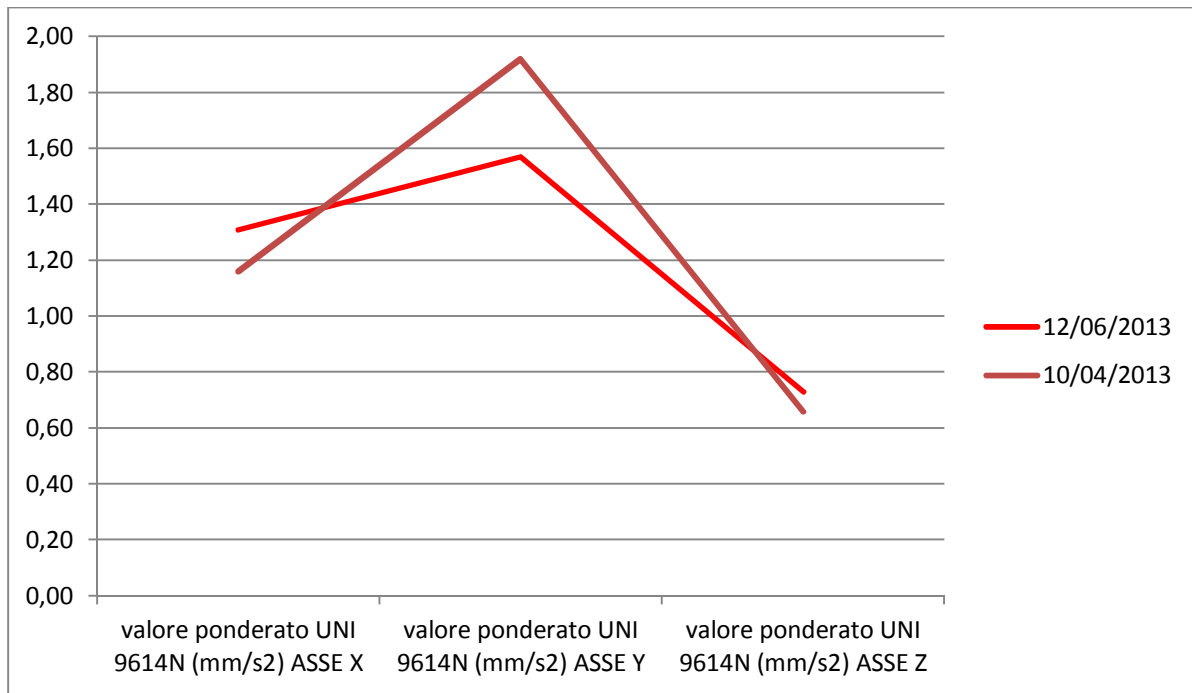
Con riferimento alla prescrizione CIPE n. 25 è stata inoltre effettuata una ricerca bibliografica e una ricognizione in situ delle fortificazioni denominate Barricate del Clarea situate nel Comune di Giaglione.

Nello studio sono stati anche rilevati ed analizzati i resti della Torre del Pilat risalente al 1626-1628.

**6.10.5 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente**

Le misure effettuate nel corso d'opera nelle stesse postazioni dell'AO hanno evidenziato un'assenza di criticità e di conseguenza i livelli vibrazionali osservati sono stati ampiamente inferiori ai valori limite di soglia previsti dalla normativa.

Di seguito si riportano su grafici per ogni punto e per ciascun periodo di misura diurno e notturno i valori misurati ponderati in frequenza ai sensi della norma UNI9614N in mm/s<sup>2</sup> per ciascun asse di riferimento (X, Y e Z) per tutte le campagne di misura effettuate.



**Figura 127 – POSTAZIONE VIB-STR; monitoraggio CO vibrazioni periodo diurno**

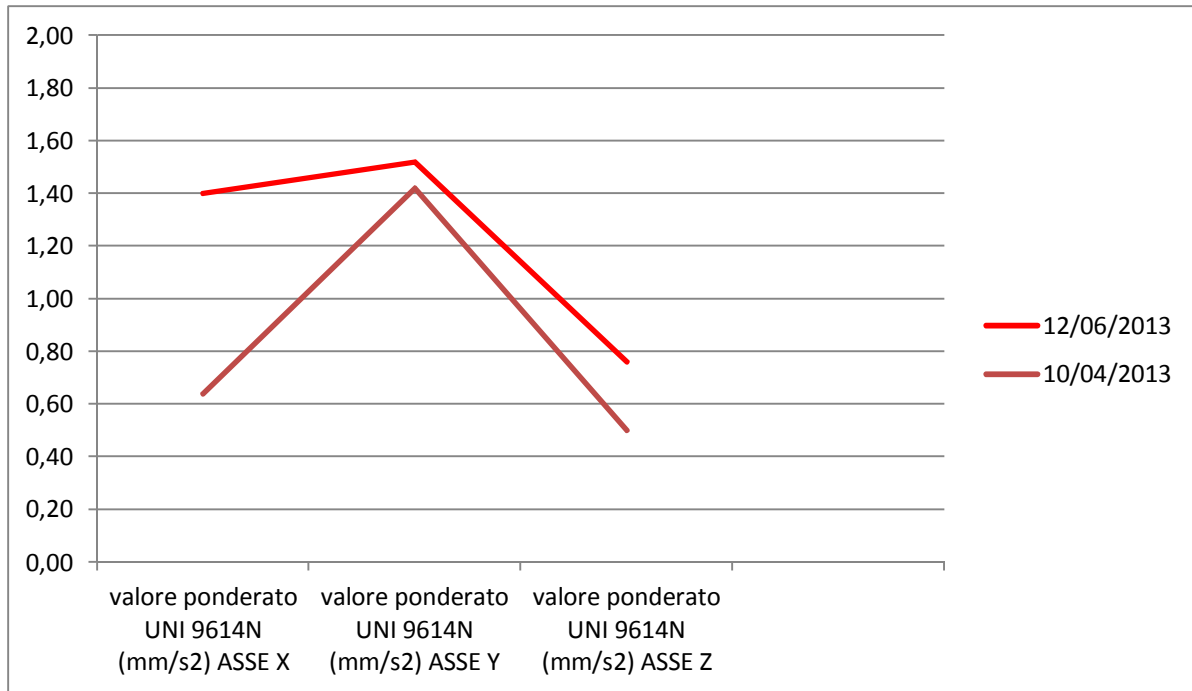


Figura 128 – POSTAZIONE VIB-STR; monitoraggio CO vibrazioni periodo notturno

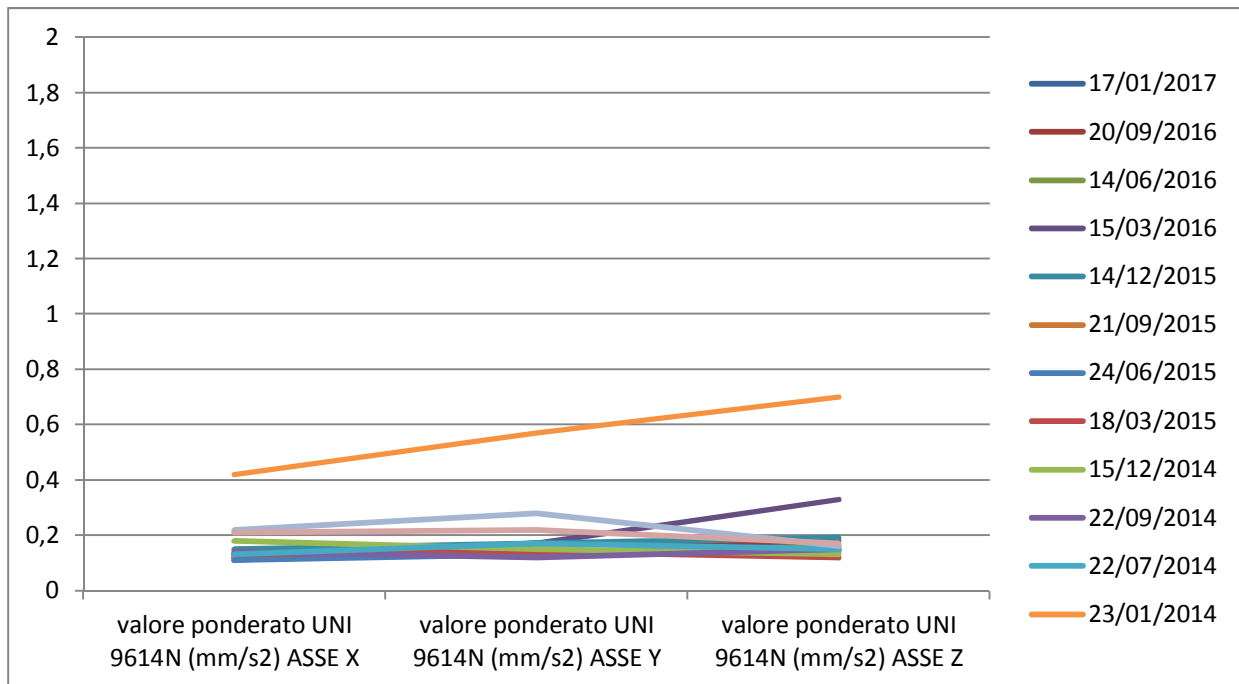


Figura 129 – POSTAZIONE A5.4; monitoraggio CO vibrazioni periodo diurno



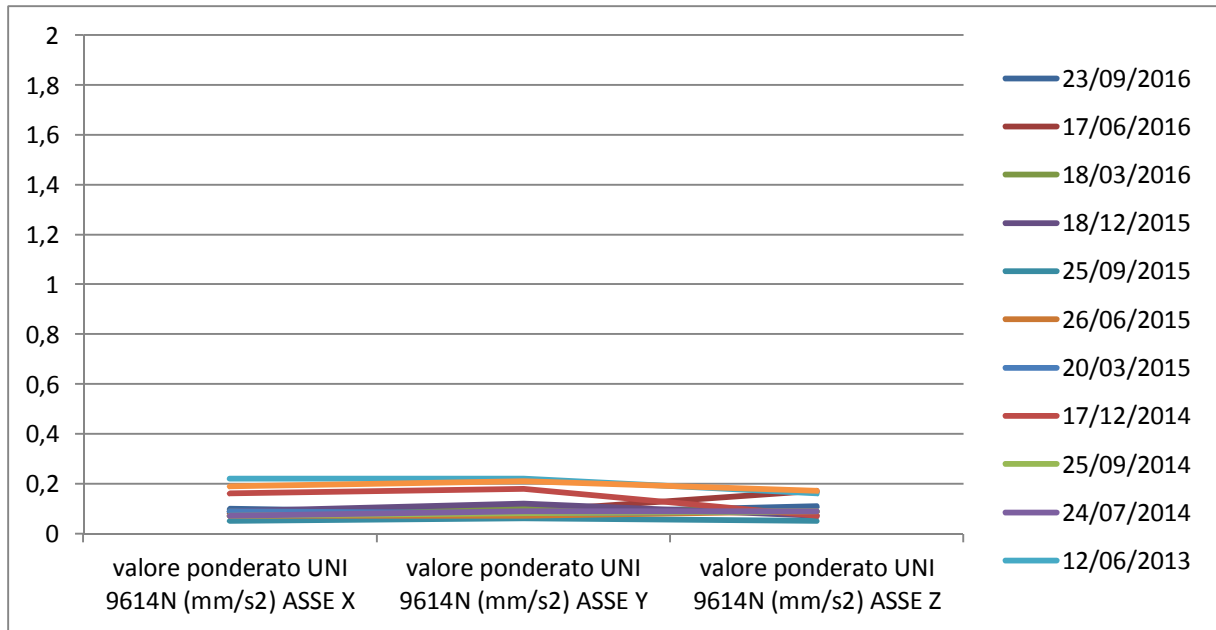


Figura 130 – POSTAZIONE A5.4; monitoraggio CO vibrazioni periodo notturno

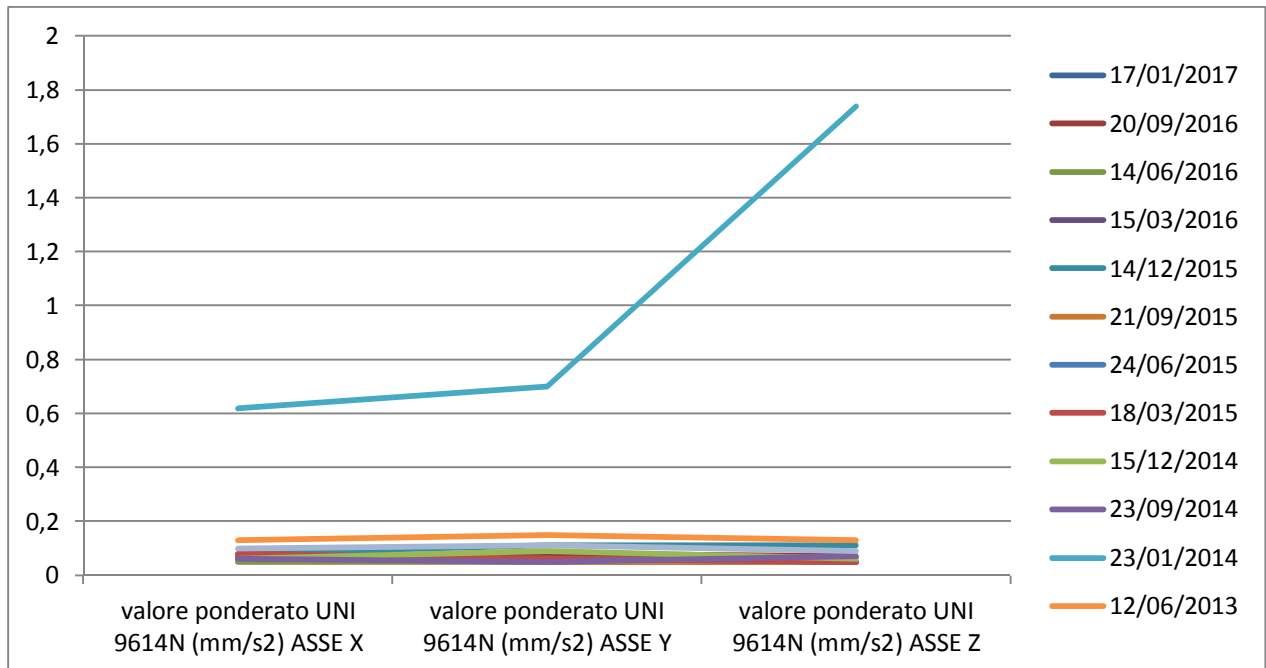


Figura 131 – POSTAZIONE A5.23; monitoraggio CO vibrazioni periodo diurno

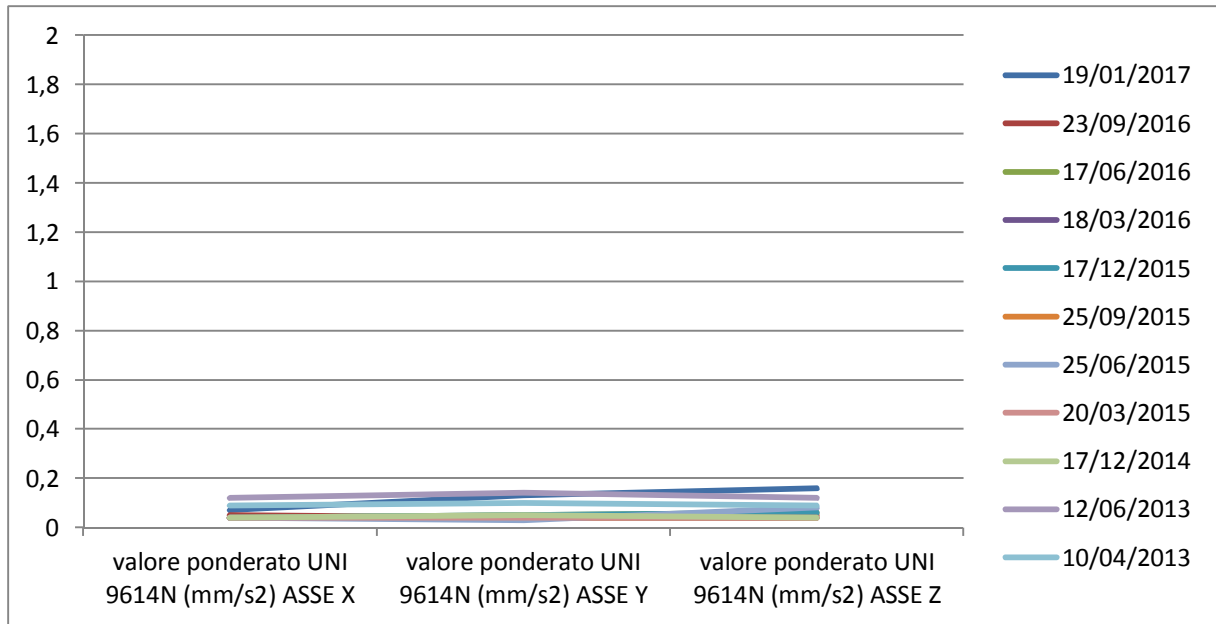


Figura 132 – POSTAZIONE A5.23; monitoraggio CO vibrazioni periodo notturno

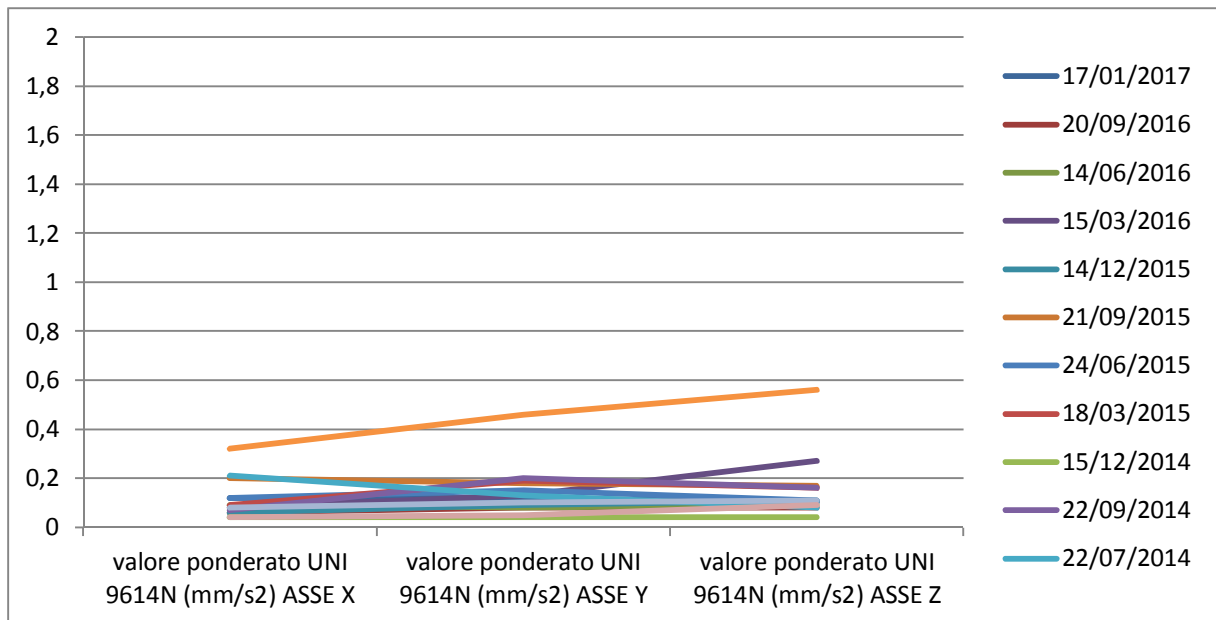


Figura 133 – POSTAZIONE A5.2; monitoraggio CO vibrazioni periodo diurno

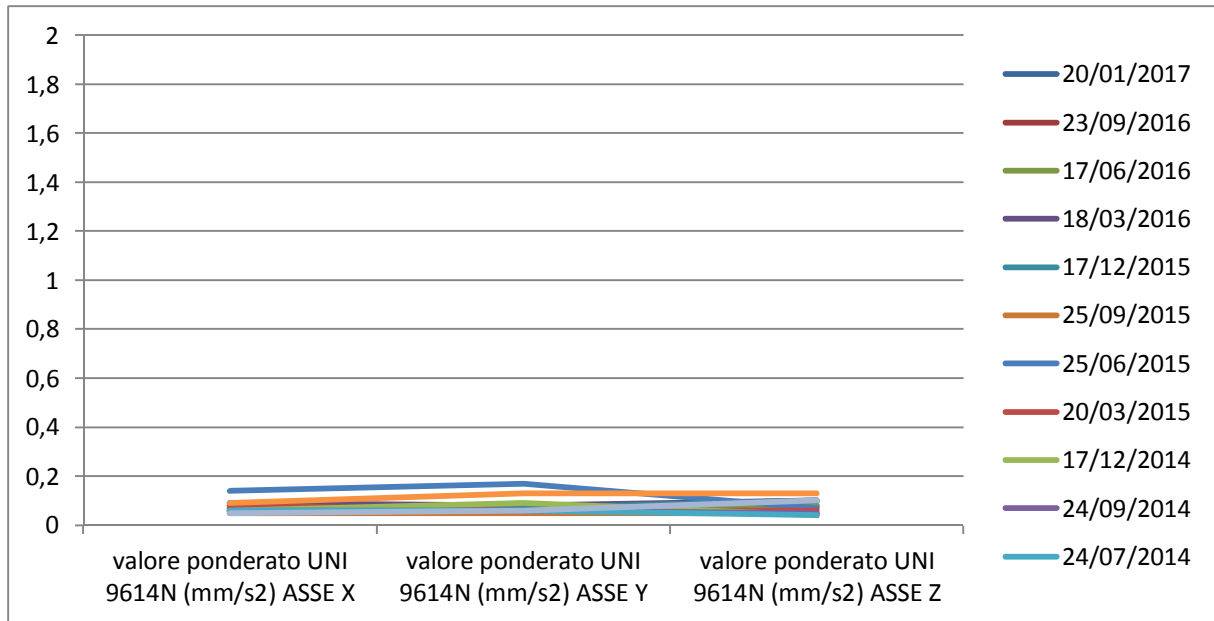


Figura 134 – POSTAZIONE A5.2; monitoraggio CO vibrazioni periodo notturno

Come visibile dai grafici i valori ponderati di accelerazione sui tre assi X, Y e Z misurati in tutte le postazioni nel Corso d’Opera sono **ampiamente inferiori** ai valori limite che risultano essere **7,2 mm/s<sup>2</sup> nel periodo diurno e 52 mm/s<sup>2</sup> nel periodo notturno**.

La valutazione del possibile danno indotto da vibrazioni sulle Barricate del Clarea dovute allo scavo in tradizionale dei primi 200 metri di cunicolo, è stato effettuato in maniera teorica. Le Barricate si trovano a circa 80 metri dall’ingresso della Galleria Autostradale “Giaglione” della A32.

Non è possibile conoscere lo stato delle Barricate in tempi antecedenti la costruzione della galleria autostradale con il metodo tradizionale ma l’attuale stato del manufatto con porzioni ancora visibili induce a pensare che i trinceramenti non abbiano particolarmente risentito delle vibrazioni collegate alla costruzione dell’Autostrada.

La presenza di materiale alluvionale tra i due versanti in grado di attenuare le accelerazioni vibrazionali per dissipazione dovuta allo scorrimento dei detriti, conferma l’assenza di fenomeni di crollo o danneggiamento del manufatto storico dovuti alle vibrazioni da esplosivo, utilizzato per lo scavo dei primi metri del cunicolo esplorativo della Maddalena.

Si evidenzia che nel corso dello scavo in tradizionale non è stato utilizzato esplosivo, a differenza dello scavo delle nicchie (n.1 a pk 0+587 - n.2 a pk 1+420 - nicchia n.3 e caverna vasche di rilancio acque a pk 2+805).

Il monitoraggio condotto sul museo archeologico della Maddalena e sull’azienda agricola, distanti circa 200 metri dall’imbocco del cunicolo e pertanto molto più vicini delle Barricate del Clarea, ha evidenziato valori ampiamente conformi ai limiti di normativa.

Concludendo è possibile affermare che l’impatto generato dalle vibrazioni non ha generato problematiche di natura diretta o indiretta sullo stato delle preesistenze confermando quanto valutato negli studi previsionali.

#### 6.10.6 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente, si ritiene che l’eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di

esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 avverrebbe con tecniche e modalità esecutive identiche a quelle utilizzate per lo scavo sino alla pK 7+020; né verrebbero utilizzate dotazioni impiantistiche diverse pertanto non si configura la possibilità di generare fattori di impatto diversi da quelli sino ad ora prodotti;
- In ragione di quanto sopra e in relazione ai dati di monitoraggio ambientale, che non rilevano criticità né a scala locale né a scala territoriale, si ritiene che la prosecuzione dello scavo non contribuirebbe ad approfondire il livello conoscitivo dei fenomeni diffusivi ampiamente analizzati in tutti gli anni di lavoro sino ad oggi monitorati;

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando, per altro, la compatibilità dell'opera e delle tipologie di lavorazione rispetto alle esigenze di tutela e salvaguardia dalle vibrazioni dei manufatti esistenti.

## 6.11 Paesaggio

### 6.11.1 Le previsioni degli studi pregressi

Per quanto attiene le valutazioni fatte negli studi pregressi, occorre rifarsi allo Studio di Impatto Ambientale e alla Relazione Paesaggistica (PP2\_MA1\_ITF\_0218\_B\_PA\_NOT – Relazione Paesaggistica) elaborata ai sensi del DPCM 12 dicembre 2015 in quanto l'area a cielo aperto dell'opera interferisce con vincoli paesaggistici individuati ai sensi del D.Lgs 42/2004. Tra questi si segnala il vincolo ex art. 136 del Codice dei Beni Culturali, "Zona in località Ramat" che sottende quindi tutte le aree occupate dall'imbocco e quelle utilizzate per il cantiere e il sito di stoccaggio.

Le valutazioni circa la compatibilità paesaggistica dell'intervento, suddivise nella fase di cantiere e di esercizio sono state affrontate con riferimento a:

1. Impatto sulla struttura del paesaggio;
2. Impatto sul paesaggio percettivo e visuale.

Con riferimento al **primo punto**, le valutazioni avevano definito che la fase di costruzione della galleria avrebbe comportato un impatto paesaggistico da medio a medio-alto per il paesaggio della conca dovuto alla alterazione di alcuni elementi fisico-naturalistici che lo contraddistinguono. Alla fase di ripristino erano demandate le possibilità di restituire all'ambito interessato nuove qualità paesaggistiche. L'essere sia il progetto, sia le attività costruttive tutte localizzate all'interno della conca basale, non avrebbe comportato per il paesaggio della media valle Susa, alcun impatto.

Con riferimento al **secondo punto**, l'analisi altimetrica e morfologica del contesto, aveva evidenziato come tutto l'intero ambito interessato dai lavori sarebbe stato compreso nella fascia di dominanza visuale che, all'interno di questa fascia, avrebbe avuto un livello alto

durante la fase dei lavori. Tuttavia la quasi totale assenza di ricettori all'interno della fascia di dominanza visuale consentiva di valutare l'impatto come accettabile e temporaneo.

Con riferimento alla fruizione dinamica, si era segnalato che dall'asse più importante, costituito dalla A32, si poteva avere percezione dei lavori, ma non la possibilità di vedere il cantiere e le attività di fondo valle. La percezione visuale dalla media Valle Susa, e dalla SS24 e dalla linea ferroviaria e, cioè dai più importanti assi di fruizione visuale del paesaggio, era stata giudicata praticamente nulla, sempre per la presenza dello sperone che cela l'area interessata dalle opere.

Nella tabella che segue sono sintetizzati i livelli di impatto sulla componente paesaggio identificati negli studi pregressi.

	Impatto sulla struttura paesaggistica		Impatto sulla percezione del paesaggio		
	<u>Micro-ambito</u> <u>Val Clarea</u>	<u>Macro-ambito</u> <u>Val di Susa</u>	<u>Fascia</u> <u>dominanza</u> <u>visuale</u>	<u>Fascia</u> <u>presenza</u> <u>visuale</u>	<u>Percezione</u> <u>dinamica</u> <u>dalla</u> <u>Autostrada</u> <u>32</u>
<b>FASE DI CANTIERE</b>	Impatto alto	Impatto basso trascurabile	Impatto alto	Impatto medio/basso	Impatto basso
<b>FASE DI ESERCIZIO</b>	Impatto medio/basso	Impatto Nullo	Impatto Basso	Impatto Trascurabile	Impatto Nullo

Tabella 69 – Quadro di sintesi degli impatti sul paesaggio

### 6.11.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente paesaggio con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

Tabella 70 – Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente paesaggio

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>16</b>	Verificare, in fase di progettazione esecutiva, ulteriori soluzioni di ripristino del sito di deposito anche non a gradoni del terreno, foto simulazioni prese (per ogni soluzione proposta) da più punti di vista.	Per problematiche legate alla stabilità del sito di deponia ed al dimensionamento delle opere in terra rinforzata, la configurazione con gradoni di dimensioni significative è l'unica in grado di fornire le necessarie condizioni di sicurezza del sito.	DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva	Ottemperato
	<b>67</b>	Studio paesaggistico di rimodellamento e ripristino del sito di stoccaggio modellando la berma secondo la morfologia e le curve di livello dei terrazzamenti presenti in prossimità dell'area di intervento e valutando la possibilità di effettuare, nelle porzioni che presentano migliori condizioni di esposizione solare, un recupero agricolo con impianto di vitigni locali, utilizzando una sistemazione tradizionale.	La geometria delle berme sono state studiate tenendo nel debito conto sia le esigenze ambientali e paesaggistiche sia le esigenze di stabilità dell'opera. L'utilizzo dei vitigni è stato scartato a causa delle notevoli pendenze (60°) delle scarpate, non compatibili con tale tipo di coltivazione, e con la pessima esposizione del versante.	DEP_BOR_0040_Interventi di inserimento paesaggistico e ambientale - Relazione descrittiva	Ottemperato

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>113</b>	Entro sei mesi dalla prevista dismissione dell'area di cantiere dovrà essere presentata alla direzione generale per il paesaggio, le belle arti, l'architettura e l'arte contemporanea e alla soprintendenza per i beni archeologici, un progetto esecutivo aggiornato dell'area occupata, recupero ambientale dell'area di imbocco.	Sarà predisposto un progetto esecutivo entro sei mesi dalla prevista dismissione dell'area di cantiere		Ottemperabile a fine cantiere

### 6.11.3 Le misure mitigative adottate

Per quanto attiene la componente paesaggio, si evidenzia in prima battuta, che la scelta di base relativa alla localizzazione dell'imbocco della galleria e dell'area di cantiere e sito di deposito, in area confinata, morfologicamente ribassata rispetto ai principali fronti di fruizione statica e dinamica, e quindi poco visibile rappresenta il principale elemento che ha contribuito alla bassa percezione delle attività.

A questa scelta di base si deve aggiungere il progetto di ripristino del sito di deposito, secondo quanto illustrato al paragrafo 6.6.3. che contribuirà alla determinazione dell'effettiva reversibilità degli impatti sulla struttura paesaggistica di gran parte dell'area interessata dai lavori.

Si richiamano infine tutte quelle attenzioni che sono state messe in atto per attenuare l'impatto sul paesaggio anche durante la fase di cantiere.

Come visibile dalla foto che segue, i guard rail della viabilità che attraversa il cantiere, sono stati realizzati in acciaio corten con l'obiettivo di utilizzare, in termini cromatici, materiali più consoni al sito di intervento.



**Figura 135 – Gard rail in acciaio corten**



**Figura 136 – Rivestimento in pietra dei muri**

Ulteriore elemento, come rappresentato nell'immagine, è costituito dal rivestimento in pietra dei muri realizzati in prossimità del varco sulla A 32.

### 6.11.4 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente

Le viste panoramiche di seguito riportate, riferite alla situazione ante operam e all'estate 2016 consentono di avere un quadro complessivo dell'inserimento del cantiere nel contesto.





**Figura 137 – Situazione ante operam**



**Figura 138 – Situazione ad Agosto 2016**

Le viste sono riprese dalla viabilità che porta al bacino Iren della Val Clarea quindi a monte dell'area di intervento (cfr figura seguente).

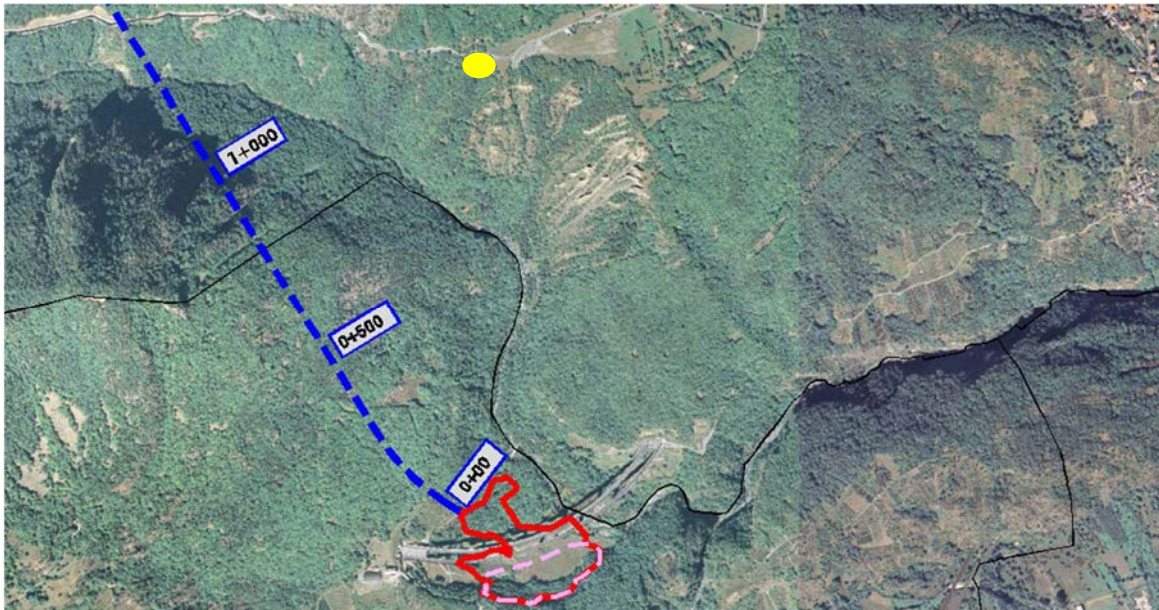


Figura 139 – Il cerchio giallo localizza il punto di ripresa delle foto di confronto tra ante e corso d'opera

Il confronto tra lo stato ante operam e corso d'opera mette in evidenza come la conca morfologica all'interno della quale è inserito il cantiere sia ribassata rispetto all'abitato di Chiomonte e come il rilievo morfologico localizzato sulla sinistra orografica della Dora Riparia rappresenti uno schermo visuale dalle aree a maggior densità abitativa di Chiomonte.

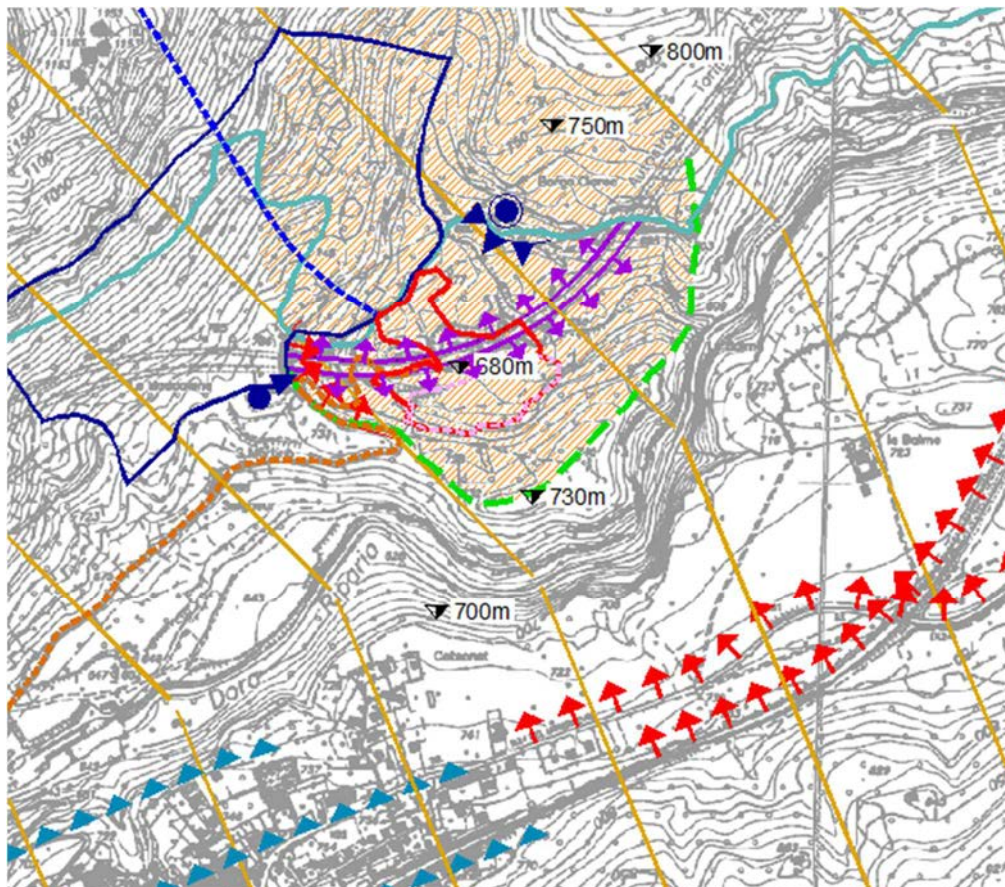




Figura 140 – Stralcio della Carta della visibilità potenziale dello Studio di Impatto Ambientale

Parimenti, come desumibile dalla foto che segue, dalla SS 24 non è possibile vedere l'area di cantiere tutelando in questa maniera il fronte visuale dinamico.



Figura 141 – Punto di ripresa fotografica dalla SS 24



**Figura 142 – Vista dalla SS 24 – l’area di cantiere non è visibile**

In conclusione è possibile affermare che l’analisi paesaggistica e visuale fatta in sede previsionale, è perfettamente confermata dallo scenario delineato nella fase di corso d’opera. Si evidenzia in tal senso la felice scelta localizzativa del cantiere che consente di rendere non apprezzabile dai principali punti di fruizione del territorio l’intervento. Gli elementi di artificializzazione oggi riscontrabili, in gran parte determinati dal sito di deposito, saranno attenuati con l’affermarsi degli interventi di recupero ambientale dell’area di deponia, consentendo la mitigazione delle forme geometriche eccessivamente artificiali oggi percepibili.

#### ***6.11.5 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592***

In relazione alle valutazioni di cui al paragrafo precedente, si ritiene che l’eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componente.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non determinerebbe ulteriori occupazioni di aree, e quindi effetti paesaggistici, a scala locale, diversi da quelli che si sono già verificati e correttamente previsti negli studi previsionali;
- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non determinerebbe quindi l’insorgere di modifiche ulteriori alle dinamiche visuali a scala locale e diffusa, rispetto a quanto già rilevato;
- L’arresto dello scavo alla pK 7+020 o la sua prosecuzione alla pK 7+592 determinano variazioni sulla configurazione del sito di deposito che, in ragione anche degli interventi di recupero previsti, non avranno effetto sulla configurazione paesaggistica complessiva e relativa percezione a scala territoriale.

A dimostrazione della valutazione di cui al punto precedente, nell’immagine che segue si riporta la sezione tipo del deposito così come definita dalle diverse evoluzioni progettuali. Si evidenzia come la Variante 02 che è quella di riferimento per le volumetrie da abbancare in

relazione all'avanzamento del cunicolo della pK 7+020 (quota 704,50) sia equivalente a quella oggetto di valutazione nello Studio di Impatto Ambientale /quota 704,00).

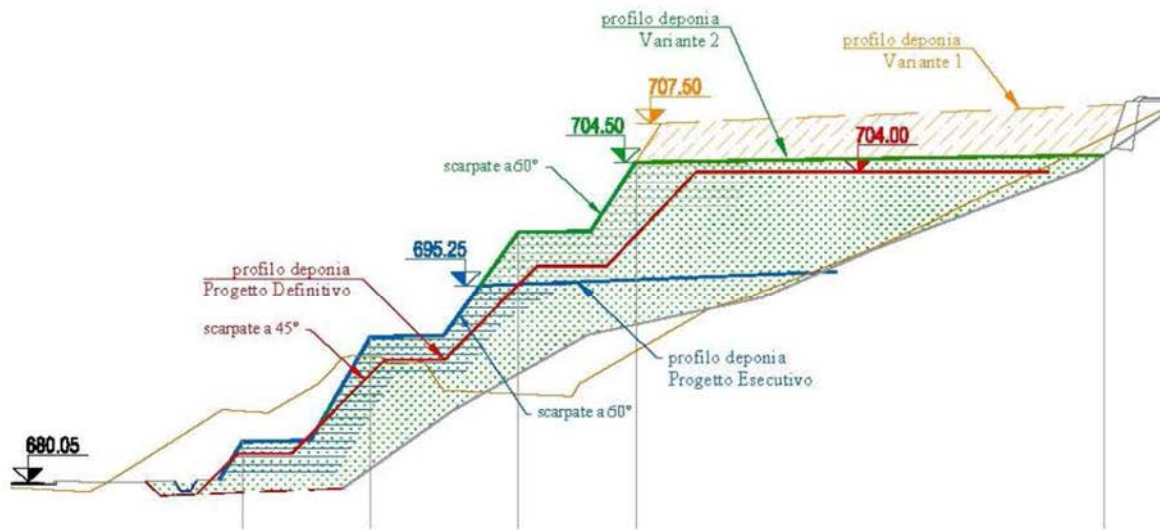


Figura 2.4.2: Confronto tra Sezione tipo del P. Definitivo (rosso), Esecutivo (blu), Variante 01 (giallo) e Variante 02 (verde)

**Figura 143 – Confronto tra Sezione tipo del P. Definitivo (rosso), Esecutivo (blu), Variante 01 (arancione) e Variante 02 (verde)**

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando, per altro, la compatibilità dell'opera e del cantiere rispetto all'assetto paesaggistico e visuale a scala locale e diffusa.

## 6.12 Amianto

Con il termine di amianto (dal greco amiantos: incorruttibile) o asbesto vengono indicati una serie di circa 30 minerali naturali a struttura fibrosa che si originano con una trasformazione idrotermica e dinamica da rocce madri non necessariamente fibrose.

La natura fibrosa è alla base delle proprietà tecnologiche, ma anche delle caratteristiche di rischio essendo essa causa di gravi patologie a carico prevalentemente dell'apparato respiratorio.

La pericolosità consiste, infatti, nella capacità che i materiali di amianto hanno di rilasciare fibre potenzialmente inalabili ed anche nella estrema suddivisione a cui tali fibre possono giungere.

Si definiscono fibre regolamentate le particelle fibrose aventi le caratteristiche dimensionali: lunghezza maggiore di 5 micron, diametro inferiore a 3 micron, rapporto di allungamento (lunghezza/diametro) maggiore di 3 che ne determinano la maggiore pericolosità per la salute umana.

In base alla possibilità di rilasciare fibre i materiali contenenti amianto possono essere classificati come cancerogeni.

Tale conformazione, con tutti i vantaggi del caso, ha generato le molteplici applicazioni di questo minerale ma risulta essere anche il suo punto critico per la salute umana perché si può scomporre in fibrille di diametro sempre più ridotto e facilmente respirabili.

#### **6.12.1 Le previsioni degli studi pregressi**

Le criticità relative al ritrovamento durante lo scavo di litotipi potenzialmente amiantiferi sono state segnalate nel SIA\_quadro progettuale.

Gli studi tematici eseguiti nell'ambito della fase APR-PD (lotto B2 rapporto 76D) hanno approfondito la problematica della presenza di rocce a "potenziale amiantifero di livello 2" (inteso come livello di probabilità di incontrare minerali d'amianto) delle formazioni rocciose interessate dal tracciato. Il rapporto definisce come "potenziale amiantifero" i livelli di anfiboliti, glaucofaniti e prasiniti localmente presenti nel basamento del Clarea del massiccio d'Ambin. Inoltre assegna "il livello 3" al contatto con i micascisti dell'Ambin.

Per "livello 2" il rapporto definisce "rocce basiche o ultrabasiche potenzialmente presenti lungo il tracciato del tunnel, che presentano alcuni minerali amiantiferi generalmente descritti nella letteratura, ma senza ulteriori precisazioni". Il "livello 3" si differenzia solamente per il fatto che la presenza di rocce basiche ed ultrabasiche è "accertata" sul tracciato del tunnel (tracciato APR-PD).

Sulla scorta di tali dati è stato quindi stimato che, nel caso in esame, la presenza di rocce basiche ed ultrabasiche nei litotipi del massiccio d'Ambin, è teoricamente possibile.

Tuttavia l'esiguità di tali livelli ed il fatto che il contenuto di minerali amiantiferi è tuttora da accertare, indica ragionevolmente una bassa probabilità di accadimento.

In questo senso occorre infine segnalare che lo scavo delle gallerie dell'impianto idroelettrico di Pont Ventoux, che ha interessato le stesse formazioni geologiche presenti lungo i tracciati dei cunicoli in esame (la galleria idroelettrica è circa ortogonale all'andamento delle diverse ipotesi), non ha evidenziato alcun indizio di minerali amiantiferi.

#### **6.12.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10**

Di seguito si riportano le prescrizioni della Delibera CIPE 86/2010, inerenti al tema amianto, suddividendo le prescrizioni concernenti, la fase di progettazione esecutiva da quelle riferite alla fase realizzativa.

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
<b>ESECUTIVA</b>	<b>79</b>	Sarà definito un protocollo operativo eventuale presenza di pietre verdi sul fronte di scavo e le procedure adottate qualora si verifichi la presenza di amianto.	1) E' stato prodotto un apposito documento che descrive le procedure in oggetto. 2) Recepito piano monitoraggio ambientale	1) MAD_EXE_VEN_0097_Linee Guida in caso di pietre verdi al fronte 2) PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	<b>80</b>	Il monitoraggio delle fibre aerodisperse deve essere previsto anche in caso di movimentazione di smarino con possibile presenza di amianto.	1) Vengono effettuate le attività di monitoraggio delle fibre aerodisperse in 3 punti all'interno dell'area di cantiere con frequenza mensile. I dettagli sono riportati nell'apposito documento e ai cap. 2.2 e 3.2 del Piano di Gestione Ambientale. 2) Recepito piano monitoraggio ambientale	1) MAD_EXE_VEN_0097_Linee Guida in caso di pietre verdi al fronte 2) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 3) PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	<b>81</b>	Adottare i seguenti parametri tecnici e limiti di riferimento: - impiego di campionatori ad alto flusso, portata d'aria aspirata 10 l/min, filtri in esteri misti di cellulosa con porosità 0,8 µ e diametro 47 mm;	1) I limiti di riferimento utilizzati rispettano quanto prescritto e sono riportati nell'apposito documento e ai cap. 2.2 e 3.2 del Piano di Gestione Ambientale. 2) Recepito piano monitoraggio ambientale	1) MAD_EXE_VEN_0097_Linee Guida in caso di pietre verdi al fronte 2) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 3) PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	82	Per quanto riguarda l'espressione dei risultati delle letture in SEM, le fibre totali devono comprendere necessariamente le fibre organiche (se di dimensioni regolamentate).	1) I limiti di riferimento utilizzati rispettano quanto prescritto e sono riportati nell'apposito documento e ai cap. 2.2 e 3.2 del Piano di Gestione Ambientale. 2) Recepito piano monitoraggio ambientale	1) MAD_EXE_VEN_0097_Linee Guida in caso di pietre verdi al fronte 2) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 3) PP2MA3FEN01012AP NOT	Ottemperato
	83	I dati dovranno essere validati da parte di Arpa con le modalità di validazione con le seguenti modalità: - validazione delle analisi in SEM (microscopia elettronica a scansione): il laboratorio consociato ad LTF che esegue le determinazioni analitiche in oggetto dovrà conservare le membrane in esteri misti di cellulosa derivanti dai campionamenti; il Polo Amianto, noti i risultati del laboratorio privato, sceglierà a campione un numero da definirsi di filtri sui quali effettuare una lettura di verifica;	E' stata redatta una procedura specifica presso il laboratorio che prende atto della prescrizione in oggetto per l'idonea conservazione delle membrane, al fine di eventuali letture di verifica.		Ottemperato



Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	83	<p>I dati dovranno essere validati da parte di Arpa con le modalità di validazione con le seguenti modalità:</p> <p>- validazione dei campionamenti: il Polo Amianto eseguirà un numero da definirsi di campionamenti congiunti a LTF al fine di validare le condizioni di campionamento: in questo modo la verifica del dato analitico sulla misura strumentale potrà essere abbinato anche ad una verifica della metodica di campionamento. Sarà facoltà del Polo chiedere la documentazione su taratura e controllo dei campionatori volumetrici.</p>	<p>Il laboratorio di riferimento è certificato UNI EN ISO 17025 per cui quanto richiesto dalla prescrizione è già disponibile nelle procedure di accreditamento del laboratorio stesso.</p>		Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>101</b>	<p>È indispensabile che l'accompagnamento ambientale del progetto, che prende origine dalle valutazioni ambientali preventive e che prosegue con le misure di monitoraggio fino alle verifiche di attuazione di competenza ministeriale, sia basato su un adeguato sistema che sorvegli l'esecuzione delle opere, esamini i dati di monitoraggio, verifichi le azioni correttive messe in atto a seguito di anomalie, dia supporto alla soluzione di imprevisti ed emergenze ambientali. A tal fine si dovrà concordare con ISPRA ed Arpa Piemonte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un piano operativo nell'ambito del Sistema di Gestione Ambientale;</li> <li>- le effettive misurazioni da effettuarsi per il monitoraggio in funzione delle fasi di lavorazione in cantiere;</li> <li>- predisporre il Progetto di Monitoraggio Ambientale dell'opera in accordo con ISPRA e Arpa.</li> </ul>	<p>La prescrizione viene ottemperata attraverso la redazione del Piano di Gestione Ambientale concordato, sviluppato e discusso durante numerosi tavoli tecnici, con gli Enti di Controllo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale</li> <li>2) MAD_EXE_VEN_0094_E Procedura di Gestione di terre e rocce</li> <li>3) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale</li> <li>4) recepito con nota 153/EO/35/TEI/13 del 22/02/2013</li> </ol>	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	<b>107</b>	Prevedere punti di rilevazione polveri e vibrazioni nell'area archeologica della Maddalena		recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>116</b>	Verificare la compatibilità tra gli esiti della caratterizzazione dei materiali ed il sito di destinazione	prevista dalla procedura di gestione di terra e rocce da scavo	1) MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo 2) DEP_BOR_0057_Piano di gestione delle rocce e terre da scavo	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	<b>118</b>	Dovrà essere effettuata la bagnatura periodica delle aree di cantiere e dei mezzi.	All'occorrenza si procederà alla bagnatura dei mezzi e delle piste di cantiere, come riportato fra le possibili azioni di mitigazione per salvaguardare la qualità dell'aria negli appositi capitoli (2.1 e 3.1) del PGA. Viene predisposto un apposito registro della bagnature conservato presso gli uffici di cantiere dell'Appaltatore.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale 3) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>126</b>	Saranno previsti i teli protettivi a chiusura dei cassoni degli autocarri.	Saranno previsti teli protettivi a chiusura dei cassoni degli autocarri.	1) REGISTRO MACCHINE 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	127	Gli eventuali impianti di betonaggio, di frantumazione-vagliatura e recupero di inerti devono essere autorizzati per le emissioni in atmosfera ai sensi della normativa vigente.	<p>1) Non sono previsti impianti di betonaggio, di frantumazione-vagliatura e recupero di inerti all'interno delle aree di cantiere.</p> <p>2) Qualora detti impianti venissero allestiti secondo la normativa vigente.</p>	recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	131	Avvalersi, per il monitoraggio ambientale, del supporto di competenze specialistiche qualificate, anche attraverso la definizione di specifici protocolli e/o convenzioni.	<p>1) Unicamente nel caso di monitoraggi ambientali interni al cantiere (ad esclusione dei monitoraggi di flora e vegetazione) in corso d'opera è stato nominato un consulente ambientale specializzato nel settore.</p> <p>2) Per i monitoraggi ambientali è stata appositamente nominata società specializzata</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale</p> <p>2) Vedi nota Appaltatore prot. 67/13 del 04/07/2013</p>	Ottemperato

Tabella 71 - Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente amianto

### **6.12.3 Le misure mitigative adottate**

Pur non prevedendo lungo il percorso del Cunicolo esplorativo de La Maddalena la presenza di rocce amiantifere il rischio potenziale è presente, la pericolosità delle fibre di amianto, per gli operatori e per l'ambiente esterno, fanno sì che rispetto alle particolari attività in corso, è utile operare in estrema sicurezza e, nel caso di pre allarme e/o allarme poter intervenire in tempi rapidi.

Nel cantiere della Maddalena sono stati predisposti i seguenti servizi a tutela e in ottemperanza alle prescrizioni CIPE e alle normative vigenti i seguenti servizi:

- Predisposizione di opere propedeutiche di sicurezza;
- Predisposizione di monitoraggi ambientali
- Pronto intervento;
- Possibilità di esecuzione delle attività in sicurezza in ambiente confinato
- Successiva restituibilità ambientale.

In ottemperanza alla prescrizione CIPE n 79 della delibera 86/10 sono stati redatti appositi documenti: Piano di Lavoro Tipologico in caso di presenza di amianto e Linee Guida in caso di pietre verdi al fronte. In tali documenti, come espressamente richiesto dagli Enti di controllo, sono state riportate le azioni da intraprendere nel caso di ritrovamento di materiali amiantiferi o potenzialmente amiantiferi e le relative modalità di monitoraggio che verranno attivate in tal caso.

### **6.12.4 Gli esiti del monitoraggio ambientale**

Come specificato nel dettaglio nei paragrafi 4.10.2, 4.11.2 e 4.11.9 , il monitoraggio della componente amianto è stato sviluppato in funzione della metodologia di scavo realizzata (scavo in tradizionale – fase 1 e scavo meccanizzato – fase 2) ed eseguito sia all'interno sia all'esterno del cantiere.

Di seguito l'elenco delle stazioni oggetto di monitoraggio e la relativa ubicazione sul territorio:

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

- realizzato durante la fase 1 tramite le postazioni, nominate ASB-1, ASB2 e ASB3 ubicate in prossimità dell'imbocco del cunicolo, eseguendo campionamenti su 3 giorni consecutivi con frequenza quindicinale e con estensione giornaliera limitata al turno di lavoro (8 ore)..
- effettuato durante la fase 2 sulla sola postazione ASB-1, eseguendo campionamenti su 3 giorni consecutivi con frequenza settimanale, con estensione giornaliera di 24 ore sul primo giorno della sequenza e di 8 ore, riferite al turno di lavoro, nei giorni successivi.

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

##### **A5 – Comuni di CHIOMONTE – GRAVERE**

A5.C – Perimetro esterno cantiere (attivata nella fase realizzativa dell'opera)

A5.1b – Chiomonte, Scuole elementari

A5.4 – Frazione La Maddalena

A5.12 – Abitato Ramats – Frazione S. Antonio

A5.Met2 – Gravera – Molaretto

##### **A6 – Comune di GIAGLIONE**

A6.6 – Frazione S. Rocco

Le modalità operative, effettuate in relazione alla attività di cantiere e in analogia con il monitoraggio interno, sono state le seguenti:

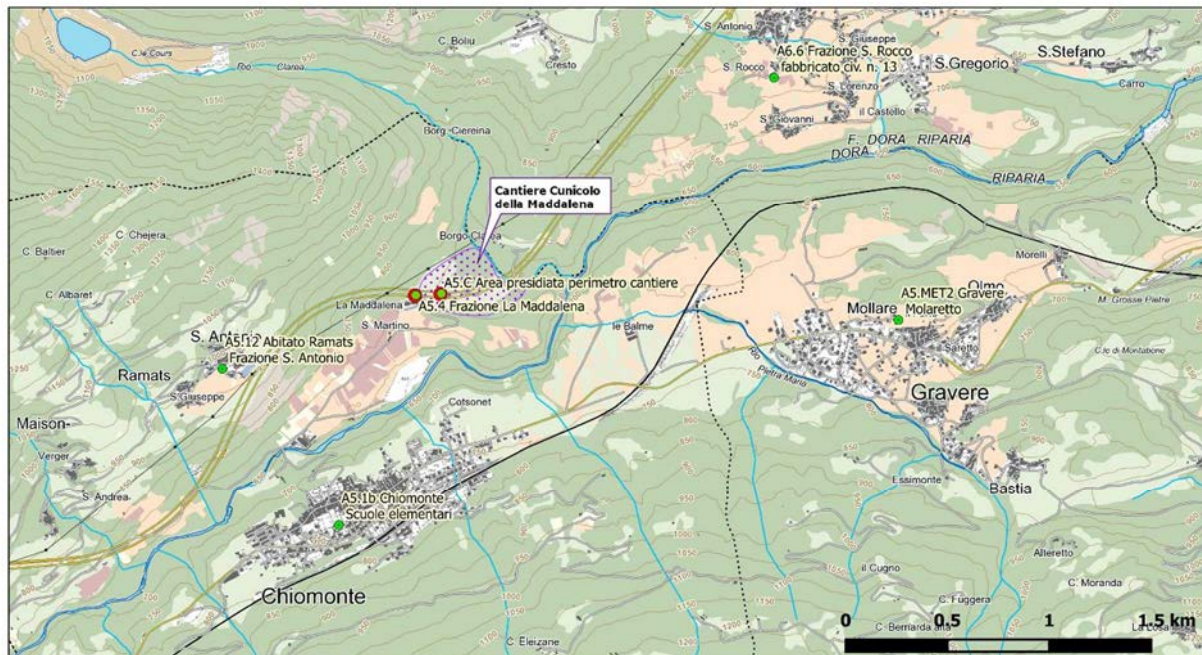
- fase 1: campionamenti su 3 giorni consecutivi con frequenza quindicinale e con estensione giornaliera limitata al turno di lavoro (8 ore);
- fase 2: campionamenti su 3 giorni consecutivi con frequenza settimanale, con estensione giornaliera di 24 ore sul primo giorno della sequenza e di 8 ore, riferite al turno di lavoro, nei giorni successivi.

Per l'ambiente idrico sono stati previsti controlli nei corpi recettori superficiali in corrispondenza delle seguenti sezioni:

- ASP-031 (ex A5.7) – Dora Riparia, monte confluenza Clarea (AM-ASP-SEM)
- ASP-032 (ex A5.10) – Dora Riparia, valle confluenza Clarea (AM-ASP-SEM)

Di seguito di riporta lo stralcio planimetrico relativo ai punti di monitoraggio ambientale.

## Punti monitoraggio amianto



- Punti monitoraggio LTF**
- Fibre aerodisperse - Altre stazioni
  - Fibre aerodisperse - Stazioni di sorveglianza
- Punti monitoraggio ARPA**
- Amianto
  - Cantiere La Maddalena

Figura 144 - Planimetria stazioni di monitoraggio (Fonte ARPA Piemonte)

Con riferimento agli esiti del monitoraggio ambientale, a sintesi dei risultati ottenuti, nelle immagini che seguono sono riportati per ciascun anno di corso d'opera i grafici relativi alle concentrazioni delle fibre di amianto aerodisperso (ff/l), registrati delle stazioni del monitoraggio esterno.

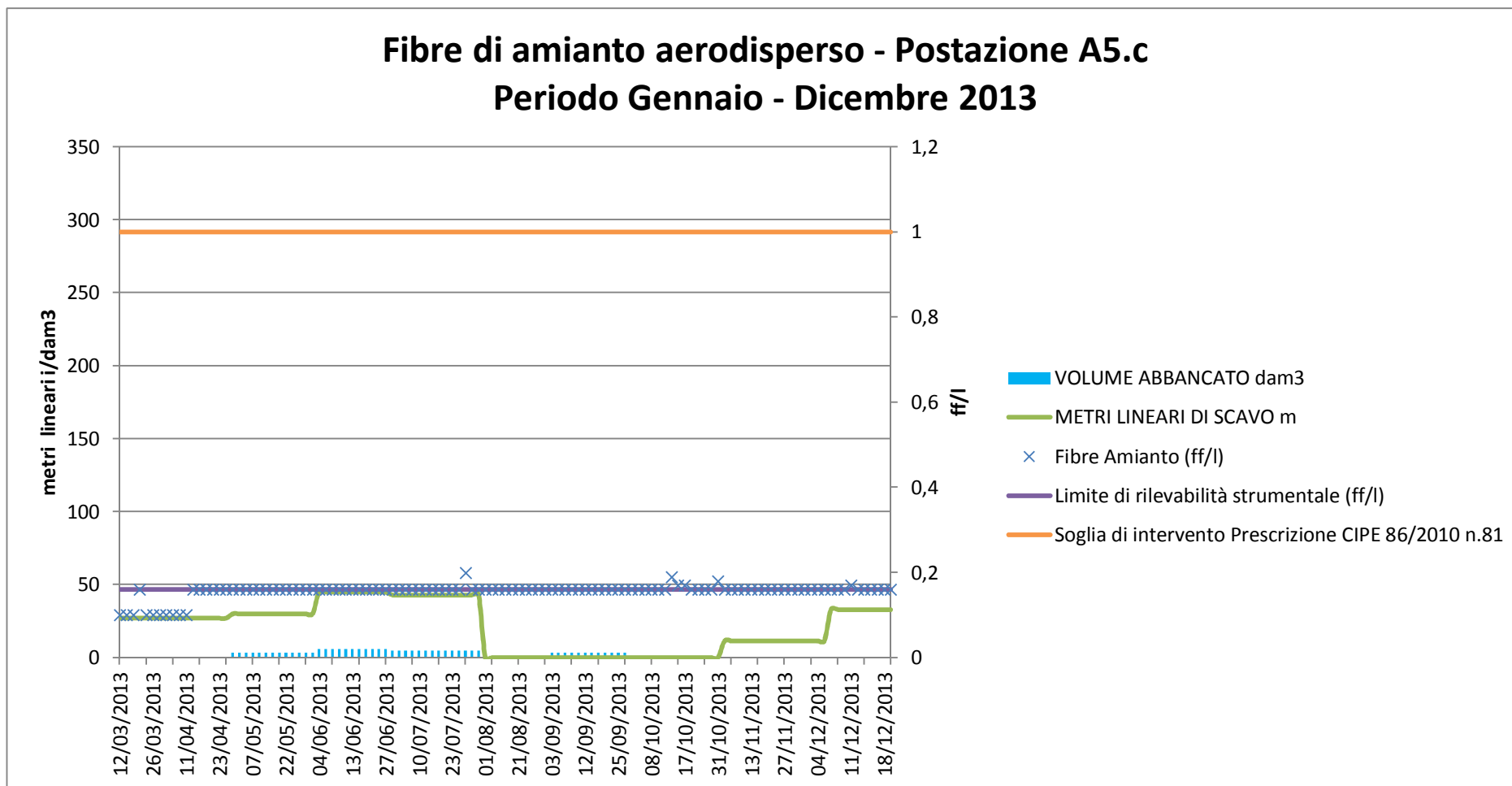


Figura 145 –Correlazione tra produttività del cantiere e fibre di amianto rilevate – postazione A5.c Anno 2013



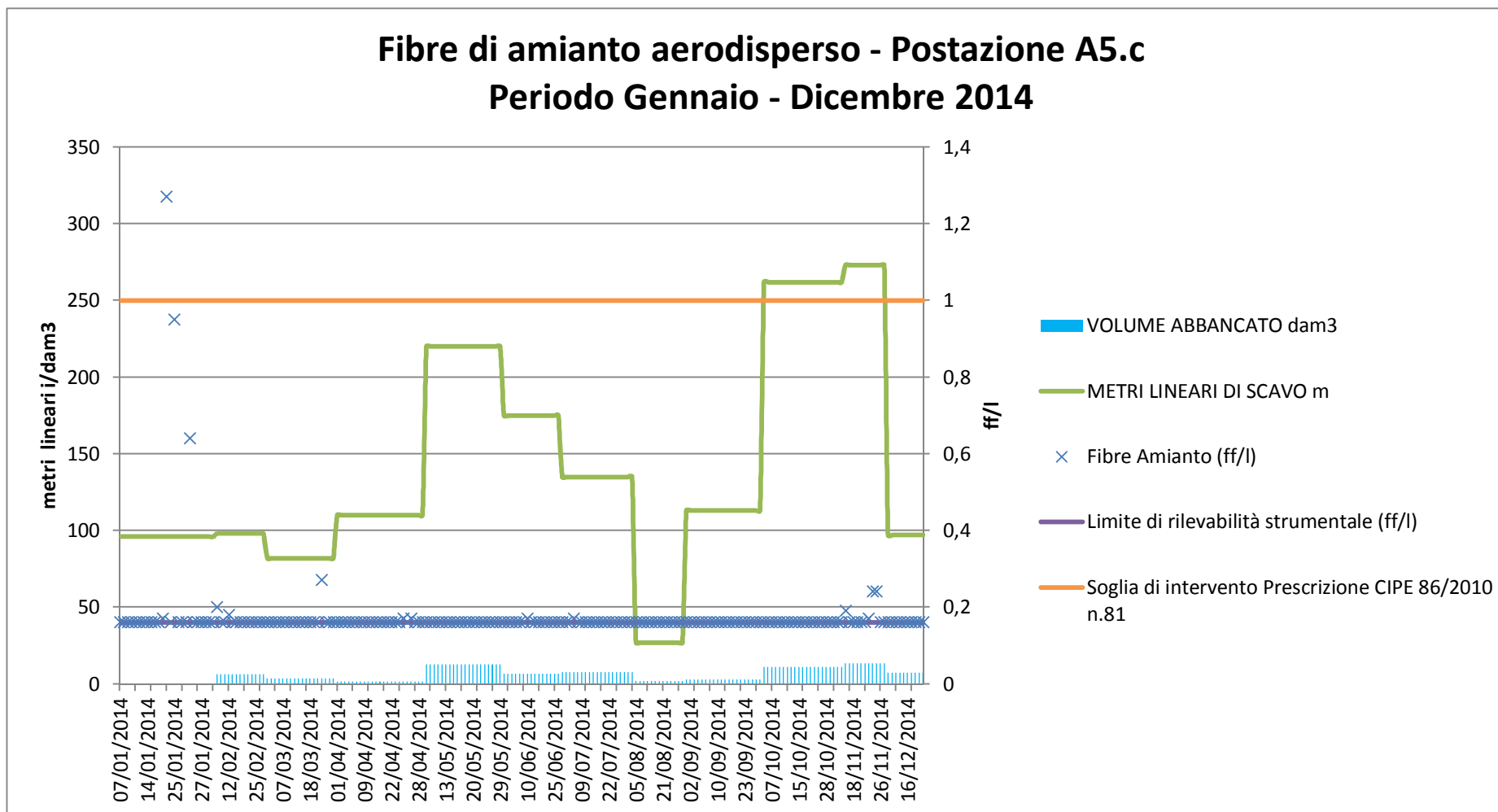


Figura 146 –Correlazione tra produttività del cantiere e fibre di amianto rilevate – postazione A5.c Anno 2014

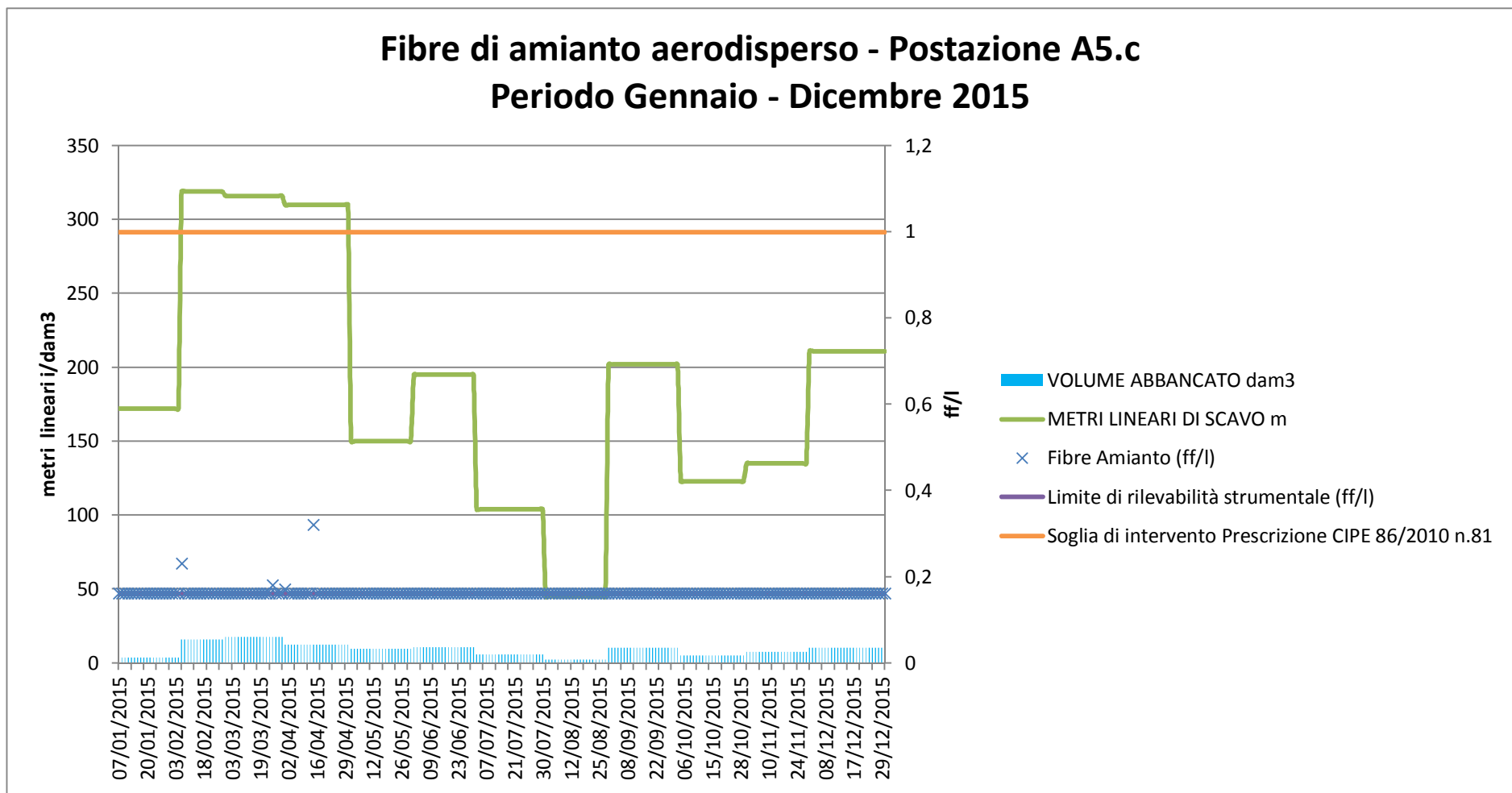


Figura 147 –Correlazione tra produttività del cantiere e fibre di amianto rilevate – postazione A5.c Anno 2015

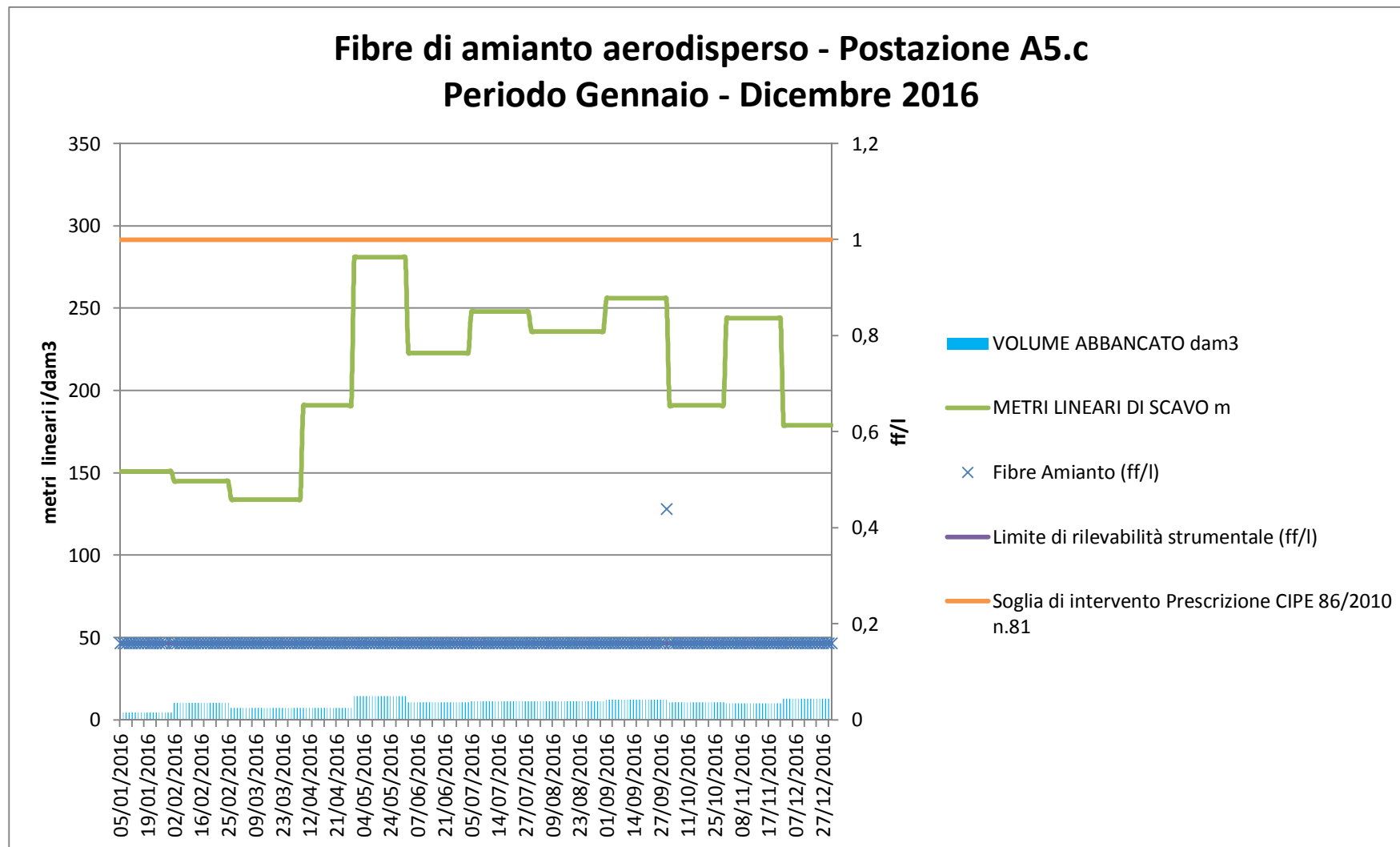


Figura 148 –Correlazione tra produttività del cantiere e fibre di amianto rilevate – postazione A5.c Anno 2016

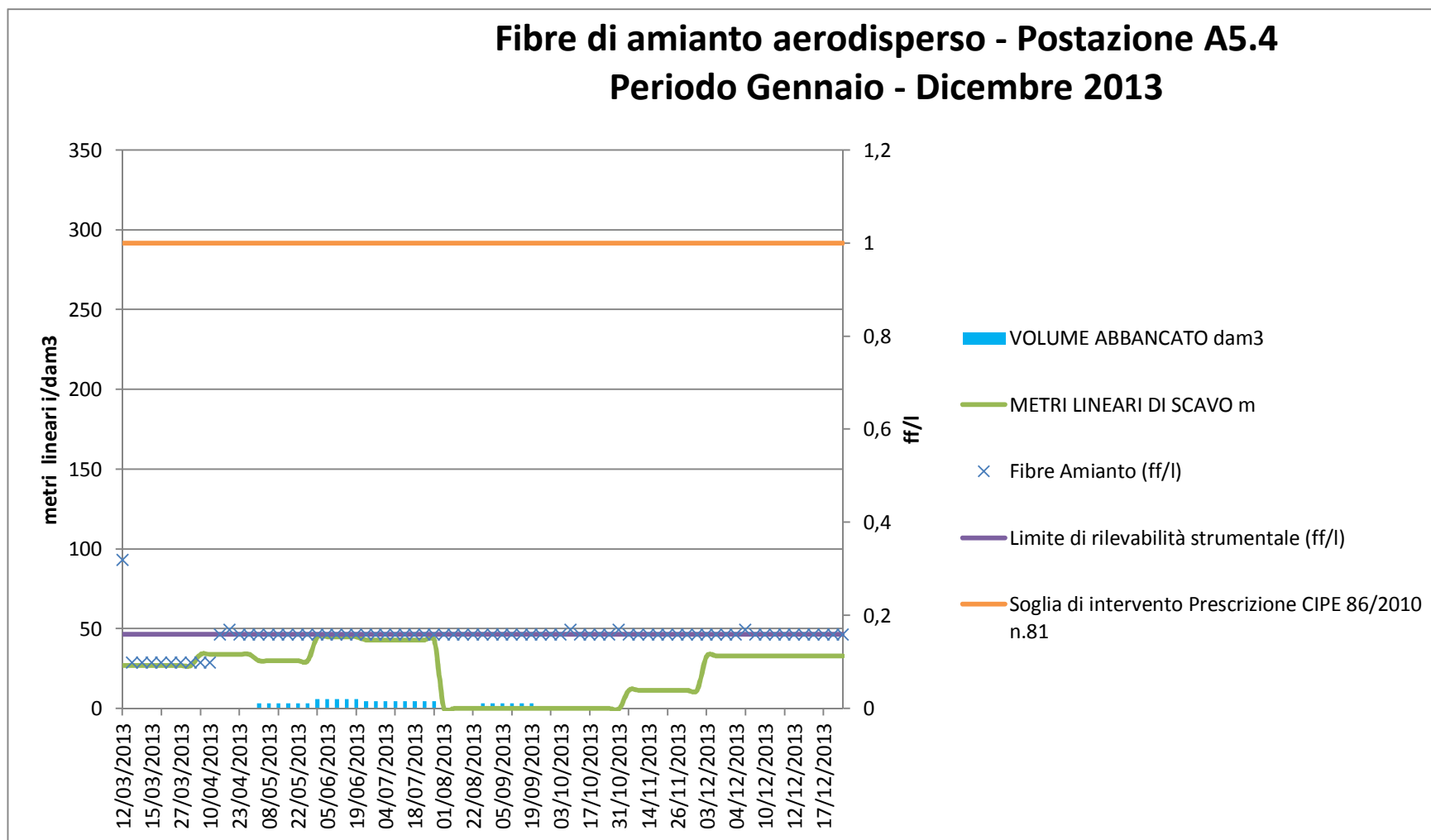


Figura 149 –Correlazione tra produttività del cantiere e fibre di amianto rilevate – postazione A5.4 Anno 2013

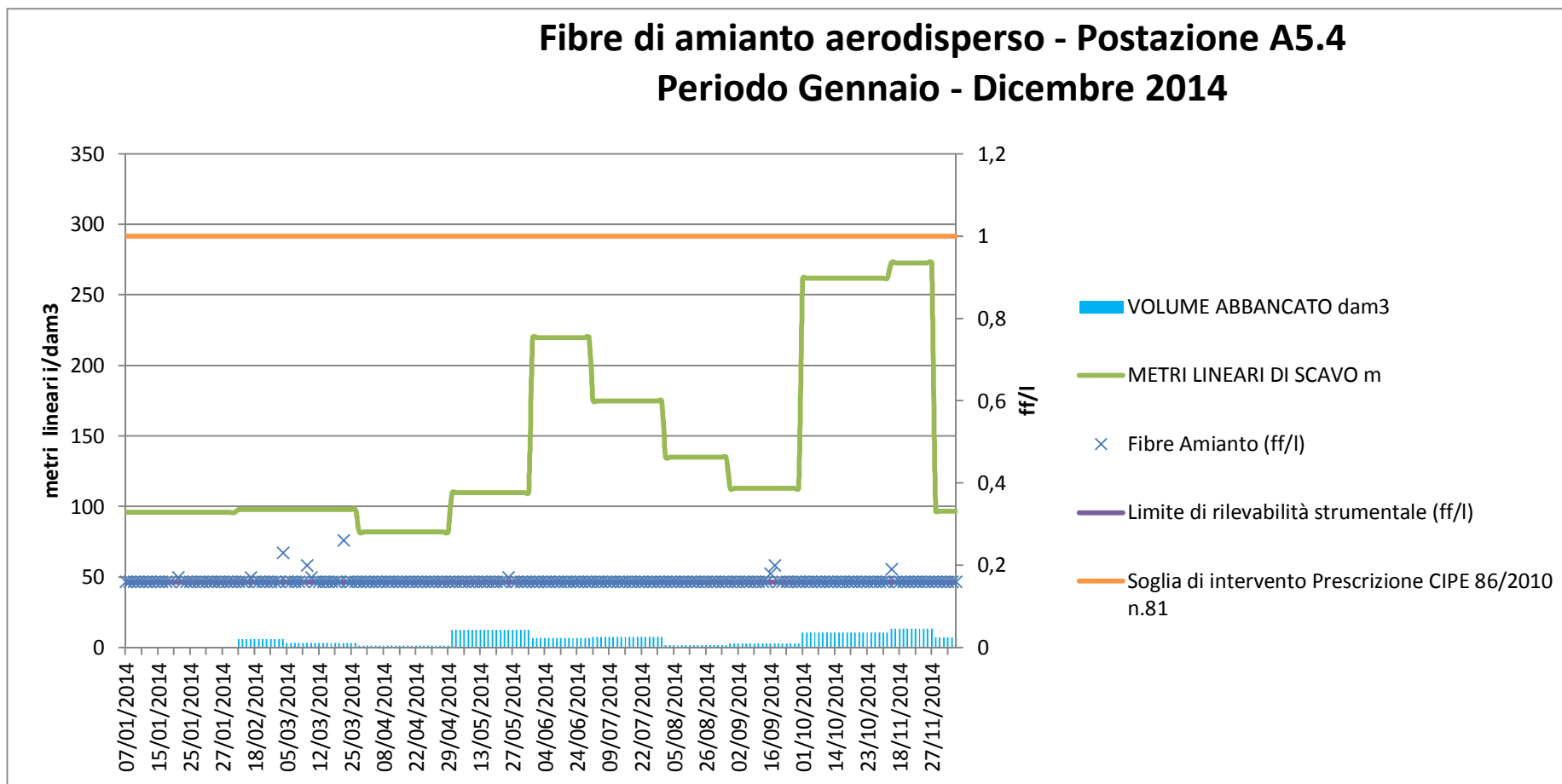


Figura 150 –Correlazione tra produttività del cantiere e fibre di amianto rilevate – postazione A5.4 Anno 2014

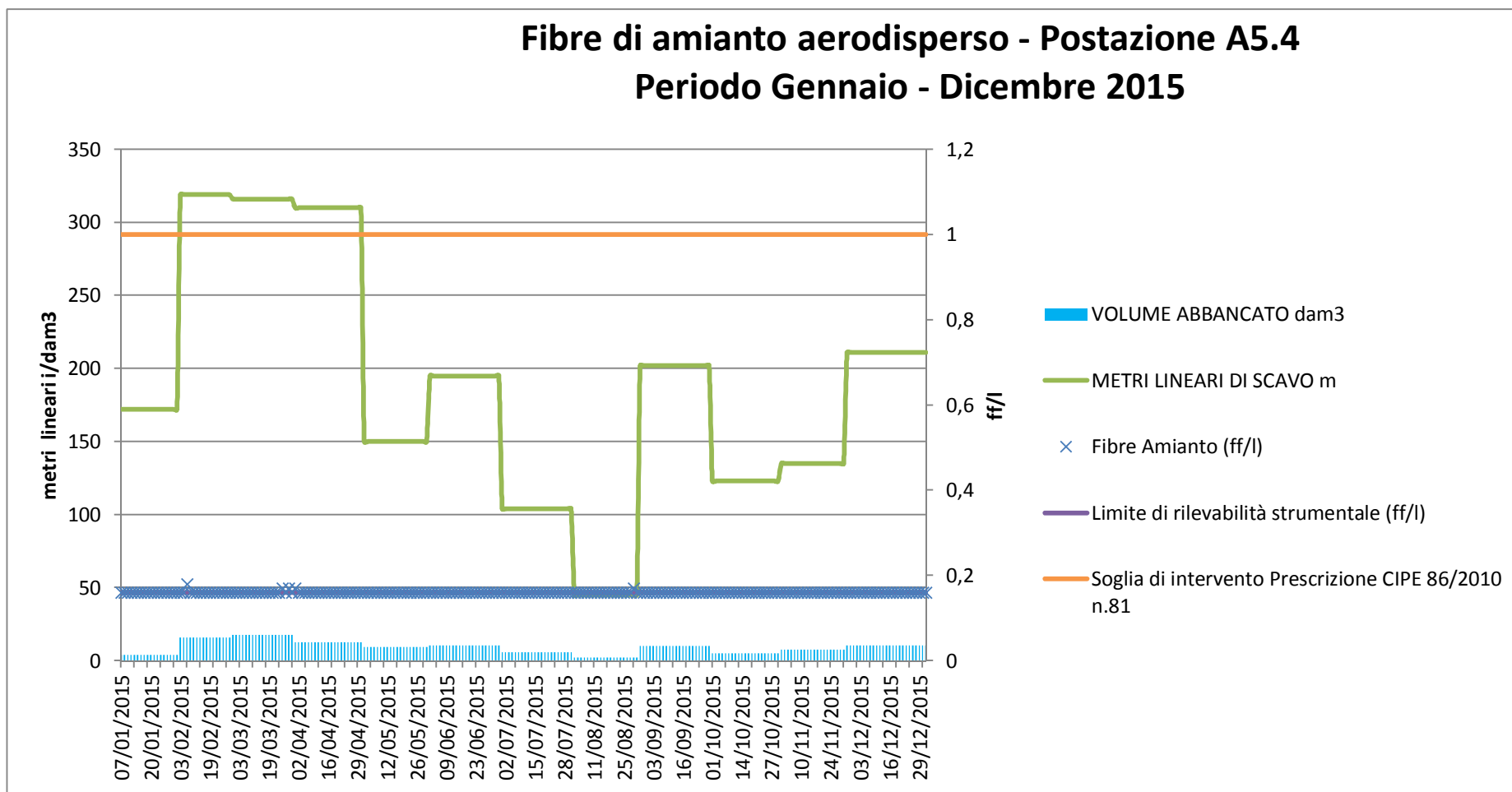


Figura 151 –Correlazione tra produttività del cantiere e fibre di amianto rilevate – postazione A5.4 Anno 2015

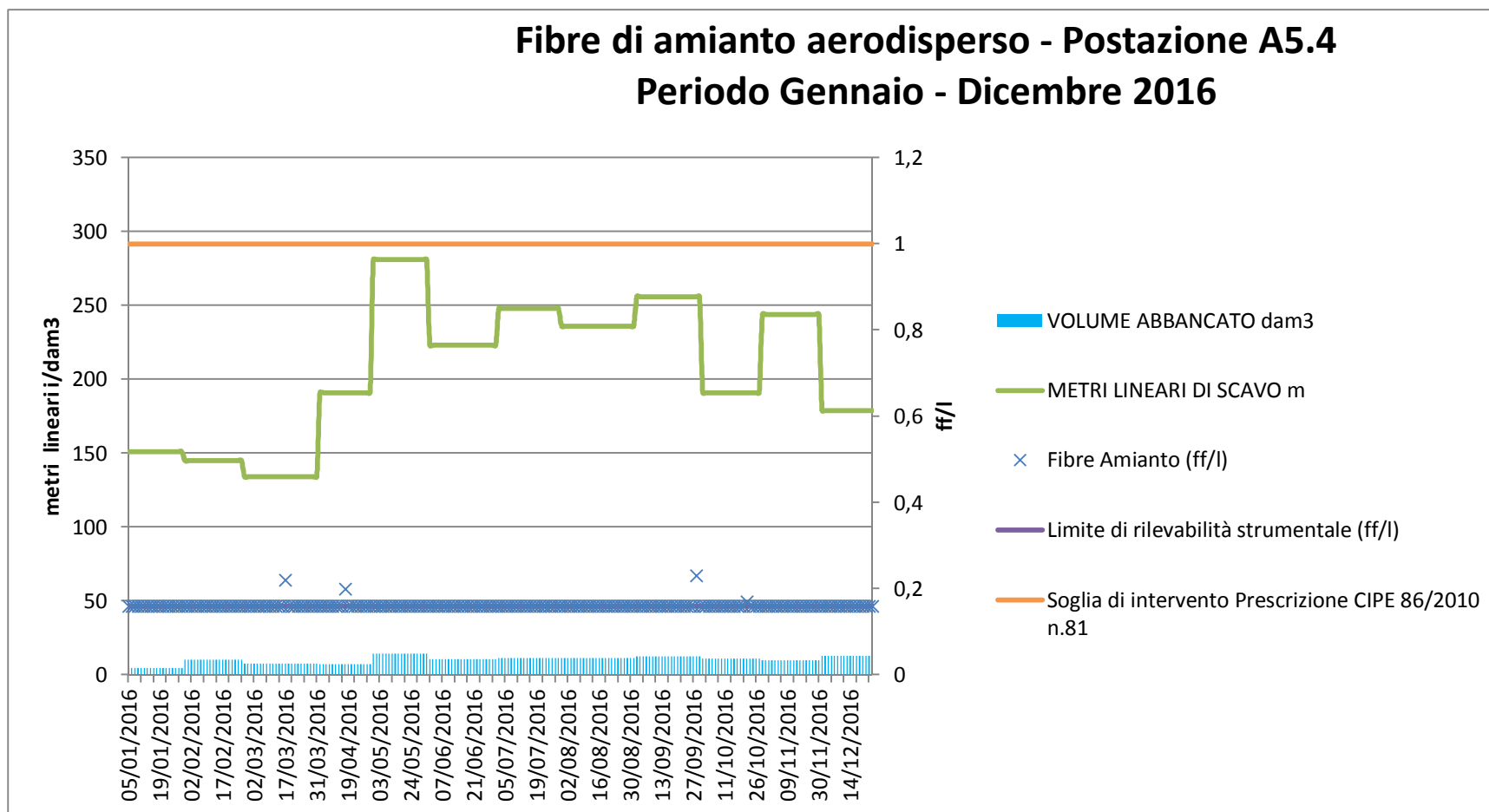


Figura 152 –Correlazione tra produttività del cantiere e fibre di amianto rilevate – postazione A5.4 Anno 2016





Come prima valutazione sembra opportuno evidenziare come la grande maggioranza delle misure effettuate hanno generato valori prossimi al limite di rilevabilità a conferma che la realizzazione dell'opera non ha generato impatti a scala locale e diffusa.

Dagli andamenti di osservati negli anni 2013, 2014 e 2015 si rileva che sono stati registrati esclusivamente alcuni sporadici valori di concentrazione di fibre di amianto, del tutto occasionali, non correlati con alcuna lavorazione di cantiere, e prossimi al limite di rilevabilità analitica (0,16 ff/l). Fa eccezione il singolo episodio di aerodispersione verificato in data 27/01/2014 con lieve superamento del valore stabilito dalle linee guida dell'OMS per gli ambienti di vita.

Anche in questo caso, non si è trovata correlazione con le lavorazioni di scavo del cunicolo in quanto sul fronte di scavo non sono state individuate rocce amiantifere.

Con l'esclusione di questo caso per tutti i restanti periodi di osservazione, non avendo registrato superamenti delle soglie ambientali definite è stata costantemente mantenuta la condizione di esercizio di Sorveglianza, che non prevede misure presso le altre stazioni della rete di monitoraggio A5.1b, A5.12, A5.Met2 e A6.6.

Alla luce di quanto sopra osservato, che evidenzia la totale assenza di impatti, si può pertanto concludere che la valutazione previsionale del SIA e del progetto definitivo possa considerarsi non solo ampiamente rispettata. Le evidenze dei dati strumentali hanno riscontrato una situazione addirittura migliore di quanto prevedibile in fase di redazione dello Studio di Impatto Ambientale.

A ulteriore riprova del fatto che lo scavo del cunicolo sia avvenuto assenza di rocce amiantifere, nel prospetto che segue è riportata la sintesi delle misure fatte nell'ambito del cantiere.

<u>Parametro</u>	<u>Soglia (A)</u>	<u>Soglia (AA)</u>	<u>Soglia (AAA)</u>
Fibre aerodisperse	1 ff/L (SEM)	1.6ff/L (SEM)	2ff/L (SEM)

<u>ANNO</u>	<u>CAMPIONAMENTI</u>	<u>NOTE</u>
2013	30 gg di campionamento su 3 punti Totale 90 Analisi	-
2014	59 gg di campionamento su 3 punti e 40 gg di campionamento su 1 punto Totale 217 Analisi	In 12 casi sono state rinvenute fibre (valore sotto soglia)
2015	145 gg di campionamento su 1 punto Totale 244 Analisi	In 10 casi sono state rinvenute fibre (valore sotto soglia)
2016	140 gg di campionamento su 1 punto Totale 233 Analisi	In 7 casi sono state rinvenute fibre (valore sotto soglia)

**Tabella 72 – Sintesi dei rilievi e misure fatte internamente al cantiere**

In tutti e 4 gli anni di cantiere non è mai stata superata la soglia di A (di sorveglianza).

#### **6.12.5 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592**

Dal punto di vista geologico e strutturale il cunicolo de la Maddalena ha interessato, come da previsioni, la struttura a duomo, costituita in successione: nella parte più esterna dai litotipi del Complesso di Ambin e nella parte centrale dalle rocce corrispondenti al Complesso di Clarea.

Dal punto di vista strutturale l'unità tettono-stratigrafiche dell'Ambin appare sostanzialmente omogenea, con scistosità principale orientata con direzione media NE-SW, con locali

deviazioni N-S e valori dell'immersione variabili da verso 90 a 140. All'interno del Complesso di Ambin la scistosità presenta un'inclinazione più accentuata mentre verso l'interno del massiccio, nel Complesso di Clarea, tende a orientarsi con angoli prossimi all'orizzontale.

Data la conoscenza geologica acquisita con lo scavo del cunicolo è presumibile, avendo scavato 7020m, ovvero la metà circa dello sviluppo longitudinale in pianta dell'intero massiccio, che le condizioni geo-strutturali dei settori del massiccio non indagati si presentino pressoché analoghe anche nel successivo tratto non investigato.

Pertanto la probabilità di incontrare, nei restanti 572m non indagati, materiali differenti da quelli investigati fino alla pk 7+020, ovvero materiali amiantiferi o potenzialmente amiantiferi risulta alquanto remota e improbabile.

### **6.13 Radiazioni ionizzanti**

Le radiazioni ionizzanti costituiscono un rischio ormai ben noto per la salute umana. Accanto al danno diretto alle cellule dei tessuti, abbiamo un danno genetico e tumorale che non ha praticamente una soglia al di sotto della quale si possa affermare che il rischio stocastico è nullo.

Nel caso di cantieri e di gallerie il rischio maggiore è dovuto alla contaminazione da parte di sostanze radioattive, per inalazione o per ingestione.

Nel primo caso il contributo di gran lunga maggiore è dato dal gas radon, un gas nobile che non reagisce chimicamente, che è molto pesante e che per diffusione si sprigiona dal terreno o dalle rocce con un tenore anche minimo di uranio e di torio, e quindi si trova in tutti i luoghi sotterranei. Il radon è un emettitore alfa e causa danni agli alveoli polmonari.

I rischi per l'ambiente sono rappresentati da contaminazione in aria o in acqua da radionuclidi ovviamente naturali, ma presenti in concentrazioni o attività specifiche superiori al livello medio in un ambiente "normale".

Tutte le azioni devono quindi essere rivolte non solo alla minimizzazione della dose ai lavoratori, ma anche ad evitare la dispersione della contaminazione all'esterno del tunnel o all'esterno del cantiere.

#### ***6.13.1 Le previsioni degli studi pregressi***

Le criticità relative al rischio di esposizione a radiazioni ionizzanti durante lo scavo sono state segnalate nel SIA\_quadro progettuale.

Viene segnalata la possibile presenza di gas tossici nello specifico di gas radon radioattivo. I differenti studi che sono stati realizzati hanno permesso agli esperti di concludere che le formazioni studiate non risultano ricche in uranio. Ciò è stato inoltre confermato dal recente scavo di 14 km di gallerie in questi terreni per gli impianti idroelettrici di Pont Ventoux, e le decine di chilometri di altre gallerie scavate in formazioni simili (gallerie stradali ed idroelettriche), nonché dai monitoraggi ante-operam eseguiti per il cunicolo esplorativo di Venaus. Il potenziale di emissione di radon, per i litotipi attraversati dalle varie ipotesi di cunicolo è, nella media, definito come basso e solo localmente significativo.

Tuttavia, tenendo in considerazione le caratteristiche e le proprietà fisico-chimiche del radon (come la solubilità in acqua) non si può escludere a livello un potenziale di rischio localmente superiore, non solo vicino alle "zone sorgenti" prossime alle zone di possibile concentrazione di uranio, ma anche in corrispondenza delle zone di taglio e di fratturazione, lungo le quali avviene la circolazione e la mobilizzazione di fluidi. Conseguentemente, i settori tettonizzati presenti lungo il tracciato, rappresentano, ove vi siano rocce potenzialmente uranifere, aree a rischio emissione radon maggiore.

#### ***6.13.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10***

Di seguito si riportano le prescrizioni della Delibera CIPE 86/2010, inerenti al tema radiazioni ionizzanti, suddividendo le prescrizioni concernenti, la fase di progettazione esecutiva da quelle riferite alla fase realizzativa.

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>ESECUTIVA</b>	<b>15</b>	<p>Effettuare, con riferimento al decreto legislativo n. 230/1995 e successive modifiche (Capo III-bis), prima e durante le operazioni di scavo, un monitoraggio sulla radioattività derivante dalla presenza di radionuclidi naturali e in particolare dalla presenza di radon sia all'interno che all'esterno della galleria geognostica indicando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i livelli di riferimento o di azione, in termini di dosi efficaci, che si intendono adottare per la popolazione e per i lavoratori (oltre ad un livello in termini di concentrazione di attività in aria 400 Bqm3);</li> </ul>	<p>1) I valori di soglia per queste specifiche attività (radon ed emissioni alfa beta gamma) verranno valutati e concordati con gli Enti di controllo e con l'Esperto Qualificato. Per il valore di intervento (AAA) relativo al radon si utilizza il valore indicato nella prescrizione CIPE n. 15. Data l'impossibilità di conoscere a priori i livelli dovuti a sorgenti di origine naturale nel sito in esame, i valori di soglia verranno rimodulati in base all'avanzamento (cap. 2.7).</p> <p>2) recepito piano monitoraggio ambientale</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale</p> <p>2) PP2MA3FEN01012AP NOT</p>	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	15	<p>- l'effettuazione di misure integrate di concentrazione di attività di radon in aria per un congruo periodo di tempo (mesi) anche con rivelatori di tipo passivo, utilizzando anche metodologie di misura mediante tecniche di spettrometria gamma (per la verifica della presenza di sostanze radioattive naturali) e inserendo nell'elenco dei radionuclidi da determinare oltre ai radionuclidi naturali anche i principali radionuclidi artificiali.</p>	<p>1) Per la misura del radon si è scelto, oltre al monitoraggio dei cumuli di smarino, di monitorare il punto di massima emissione, rappresentato dal fronte di scavo, utilizzando un sensore in continuo posto in testa alla TBM. Per quanto riguarda i radionuclidi artificiali, dopo un confronto con gli Enti di Controllo non si è ritenuto necessario includerli tra quelli monitorati in prima battuta. Se gli Enti lo riterranno necessario sarà possibile implementare la ricerca sui radionuclidi che verranno indicati. I dettagli sono riportati nei cap. 2.7 e 3.7 del Piano di Gestione Ambientale.</p> <p>2) Recepito piano monitoraggio ambientale</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale</p> <p>2) PP2MA3FEN01012AP NOT</p>	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	86	<p>Radon. Non è necessaria la vasca di gorgogliamento: occorre valutare la stima dell'impatto sull'atmosfera e adeguare il monitoraggio delle acque sotterranee ad uso potabile, ad uso non potabile e acque superficiali nel seguente modo: concentrazione totale di isotopi alfa e beta emettitori con periodicità trimestrale nei punti di prelievo considerati; nel caso in cui si dovessero riscontrare valori superiori a 0,5 Bq/l per la concentrazione beta totale e superiori a 0,1 Bq/l per la concentrazione alfa totale sarà necessario effettuare ulteriori analisi con particolare riferimento alla determinazione di isotopi radioattivi degli elementi Radio e Uranio. Prevedere il monitoraggio della radioattività in campioni di smarino prodotto nella fase di cantiere prima del suo smaltimento.</p>	<p>1) La prescrizione viene ottemperata ad eccezione del piano sulle acque sotterranee e superficiali, non di competenza dell'Appaltatore. Il monitoraggio della radioattività in campioni di smarino viene effettuato con le modalità descritte nell'apposito documento e ai cap. 2.7 e 3.7 del Piano di Gestione Ambientale. 2) recepito piano monitoraggio ambientale</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo 2) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 3) PP2MA3FEN01012AP NOT</p>	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>100</b>	<p>Per le attività di cantiere dovranno essere individuati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la figura di un esperto qualificato per le valutazioni e i provvedimenti di radioprotezione e/o di un medico competente o autorizzato per la prevista sorveglianza sanitaria;</li> <li>- la figura del responsabile acustico, in possesso della qualifica di tecnico competente in acustica ex legge n. 447/1995 e s.m.i..</li> </ul>	<p>Si nomina, per le valutazioni e i provvedimenti di radioprotezione, il Prof. Claudio Manfredotti Esperto Qualificato di III° grado con il numero 10 dell'elenco nazionale dal 1974. I dettagli sono contenuti nei cap. 2.7 e 3.7 del Piano di Gestione Ambientale.</p> <p>Si nomina Responsabile Acustico del cantiere l'Ing. Filippo Giancola iscritto con il n.355 all'Albo della Regione Lazio. I dettagli sono contenuti nei cap. 2.3 e 3.3 del Piano di Gestione Ambientale.</p>	<p>1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale</p> <p>2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013</p> <p>1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale</p> <p>2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013</p>	<b>Ottemperato</b>

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	<b>107</b>	Per il Piano di Monitoraggio Ambientale, prevedere punti di rilevazione polveri e vibrazioni nell'area archeologica della Maddalena		recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>116</b>	Sulla base degli esiti della caratterizzazione del materiale sia dal punto di vista chimico che chimico-fisico, occorrerà inoltre che venga attestata la compatibilità tra gli esiti della caratterizzazione dei materiali ed il sito di destinazione	Prevista dalla procedura di gestione di terra e rocce da scavo	1) MAD_EXE_VEN_0094_Procedura di gestione delle terre e rocce da scavo  2) DEP_BOR_0057_Piano di gestione delle rocce e terre da scavo	Ottemperato



Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	117	Predisposizione della caratterizzazione qualitativa dei rifiuti prodotti in ambito cantieristico.	Tutti i rifiuti prodotti vengono classificati secondo idoneo codice CER e le quantità registrate secondo le norme vigenti, seguendo le procedure operative dell'Appaltatore. I dettagli sono contenuti nei cap. 2.8 e 3.8 del Piano di Gestione Ambientale.	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) DEP_BOR_0043_Piano di gestione ambientale 3) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	131	Avvalersi, per il monitoraggio ambientale, del supporto di competenze specialistiche qualificate, anche attraverso la definizione di specifici protocolli e/o convenzioni.	1) Unicamente nel caso di monitoraggi ambientali interni al cantiere (ad esclusione dei monitoraggi di flora e vegetazione) in corso d'opera è stato nominato un consulente ambientale specializzato nel settore. 2) Per i monitoraggi ambientali è stata appositamente nominata società specializzata	1) MAD_EXE_VEN_0096_Piano di Gestione Ambientale 2) Vedi nota Appaltatore prot. 67/13 del 04/07/2013	Ottemperato

Tabella 73 Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente radiazioni ionizzanti



ASP-032 – Dora Riparia, valle confluenza Clarea

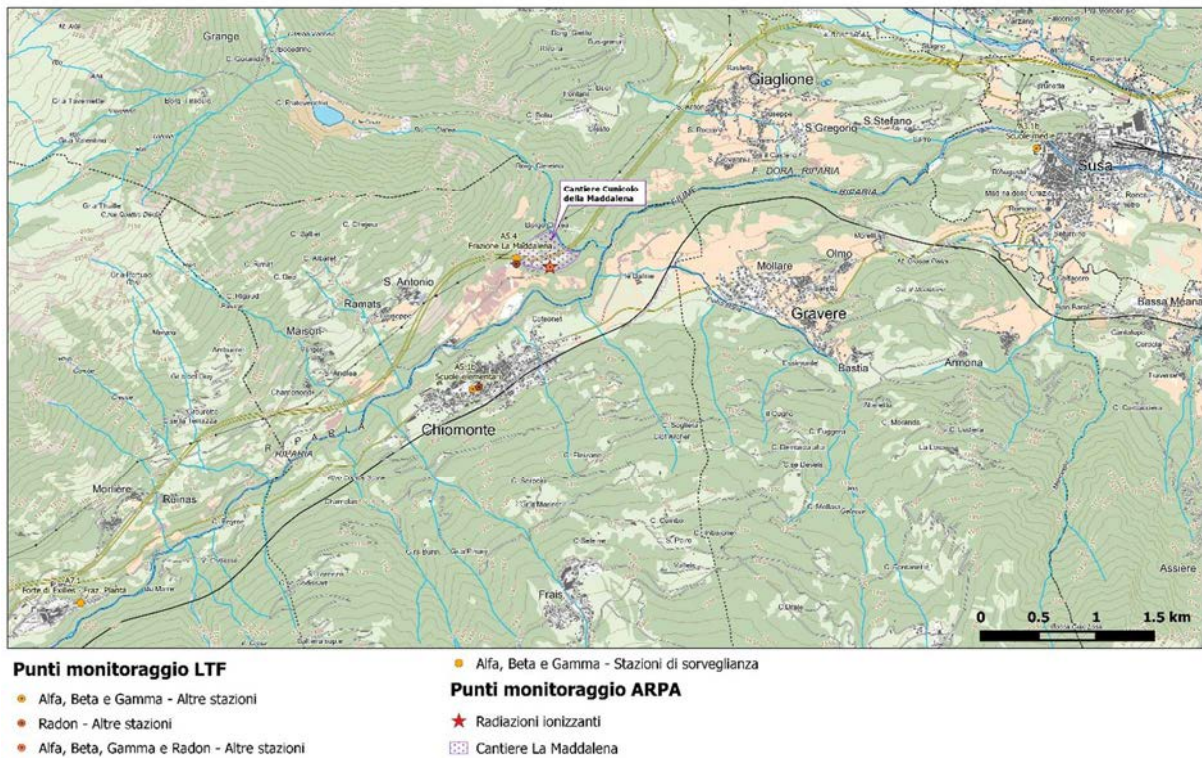
Acque sotterranee **in sinistra Dora:**

- AST-010 – Pratovecchio
- AST-011 – Boscocedrino
- AST-012 – Vasca Supita
- AST-017 – Fontani Supita
- AST-217 – Greisone
- AST-222 – Verger
- AST-441 – Vasca rottura 2 greisone
- AST-446 – S. Chiara
- AST-486 – Vasca Cels
- AST-381 – Chejera
- AST-496 – Pietra Porchera
- AST-500 – C. Goranda
- AST-701 – Rigaud

Acque sotterranee **in destra Dora**

- AST-677 – Teisane inf. 12
- AST-697 – Jallin -11
- AST-688 – Valetè-15
- AST-712 – Località Balme

## Punti monitoraggio radiazioni ionizzanti



Il monitoraggio interno al cantiere nel corso dello scavo del cunicolo (fase 1+fase2) per il controllo delle radiazioni Gamma, è stato seguito sulle postazioni RAD-SMA e TBM-GAMMA con le seguenti modalità:

- RAD-SMA: giornalmente sui cumuli di materiale estratto;
- TBM-GAMMA: in continuo all'interno del cunicolo da fine febbraio 2014.

Per la postazione RAD-SMA, durante le attività di scavo (dal 2013 al raggiungimento della pk 7+020), sono state eseguite circa 121 misure al fronte di scavo e 704 misure sui cumuli.

Gli esiti delle misurazioni sono stati in tutti i casi negativi, non è mai stato segnalato il superamento della soglia di sorveglianza (A).

Per la postazione TBM-GAMMA, durante le attività di scavo con TBM (fase 2), le misurazioni sono avvenute in continuo. In un solo caso, a luglio 2014, è stato superato il limite di soglia di sorveglianza (A).

La postazione CAMP-RAD, che prevede il prelievo periodico di campioni del materiale scavato e sottoposto in laboratorio a misure di concentrazione massica di attività Bq/Kg mediante spettrometria gamma, dal 2013 al raggiungimento della pk 7+020, ha eseguito 16 analisi. In nessun caso è stato segnalato il superamento della soglia di sorveglianza (A).

La postazione RAD-FAN, che prevede il prelievo di campioni dai fanghi disidratati prodotti dall'impianto di depurazione, dal 2013 al raggiungimento della pk 7+020, ha eseguito 3 analisi e 17 misure sul campo. In nessun caso è stato segnalato il superamento della soglia di sorveglianza (A).

La postazione ACQ-RAD, monitora i valori di attività alfa-beta totali nelle acque in ingresso all'impianto di depurazione. Dall'inizio dello scarico delle acque al depuratore (dicembre 2013) sono state eseguite 156 analisi. Tutte le analisi hanno evidenziato valori inferiori alla soglia di sorveglianza (A).

La concentrazione del gas Radon all'interno del cunicolo è stata monitorata durante le attività di scavo (fase 1+fase 2) attraverso le stazioni RAD-GAL (durante la fase 1) e TBM-RAD (durante la fase 2).

Nella postazione RAD-GAL, attiva da luglio 2013 fino a ottobre 2014 (data di fine scavo con metodo tradizionale), sono state eseguite 16 misurazioni. In soli due casi è stata superata la soglia di sorveglianza (A).

La postazione TBM-RAD, posizionata in testa alla TBM, attiva da ottobre 2014, ha eseguito misurazioni in continuo. Dall'attivazione del sensore in continuo, sono stati registrati solo sporadici aumenti di concentrazione dei radon dovuti all'interruzione programmata della ventilazione in gallerie e per tanto non segnalati come superamento.

Per il controllo del particolato aerodisperso è stata predisposta la postazione RAD-PTS, attiva in continuo, con prelievo settimanale del filtro per il campionamento delle PTS e successiva misura di attività in laboratorio (alfa-beta settimanale, Gamma mensile). Le analisi fino ad oggi realizzate hanno evidenziato alcuni valori oltre soglia di sorveglianza (A) e 3 casi di superamento della soglia di attenzione (AA).

Per quanto riguarda il monitoraggio esterno della radioattività naturale dispersa nell'atmosfera ed eventualmente originata dalle attività di scavo è stato effettuato in continuo presso una postazione ubicata in prossimità del perimetro del cantiere dove vengono campionate le PTS sulle quali sono condotte le misure di attività.

Al fine di valutare il possibile contributo relativo alle operazioni di scavo del cunicolo i valori registrati dalla suddetta stazione sono confrontati con quelli analoghi del fondo naturale registrati in parallelo presso una stazione remota ubicata presso il Forte di Exilles.

Gli indicatori monitorati sono le **radiazioni  $\alpha$** , tipicamente emesse durante la disintegrazione del Radon-222, dell'Uranio-238 e del Plutonio-239, e le **radiazioni  $\beta$** , tipicamente emesse durante le disintegrazioni del Trizio, Carbonio-14, del potessio-40, dello Stronzio-90, del Cesio-134 e del Cesio-137, oltre al gas Radon222.

Ad integrazione delle misure delle emissioni totali  **$\alpha$**  e  **$\beta$**  è stata effettuata la valutazione mensile della **Radiazione  $\gamma$** , che spesso accompagna i decadimenti alfa e beta.

Il monitoraggio del Radon 222, su indicazione dell'Ente di controllo è stato sospeso a partire dal 31/12/2014, essendo ritenuto scarsamente rappresentativo.

Gli andamenti registrati nell'arco temporale dell'intero corso d'opera sono evidenziati nelle figure seguenti.

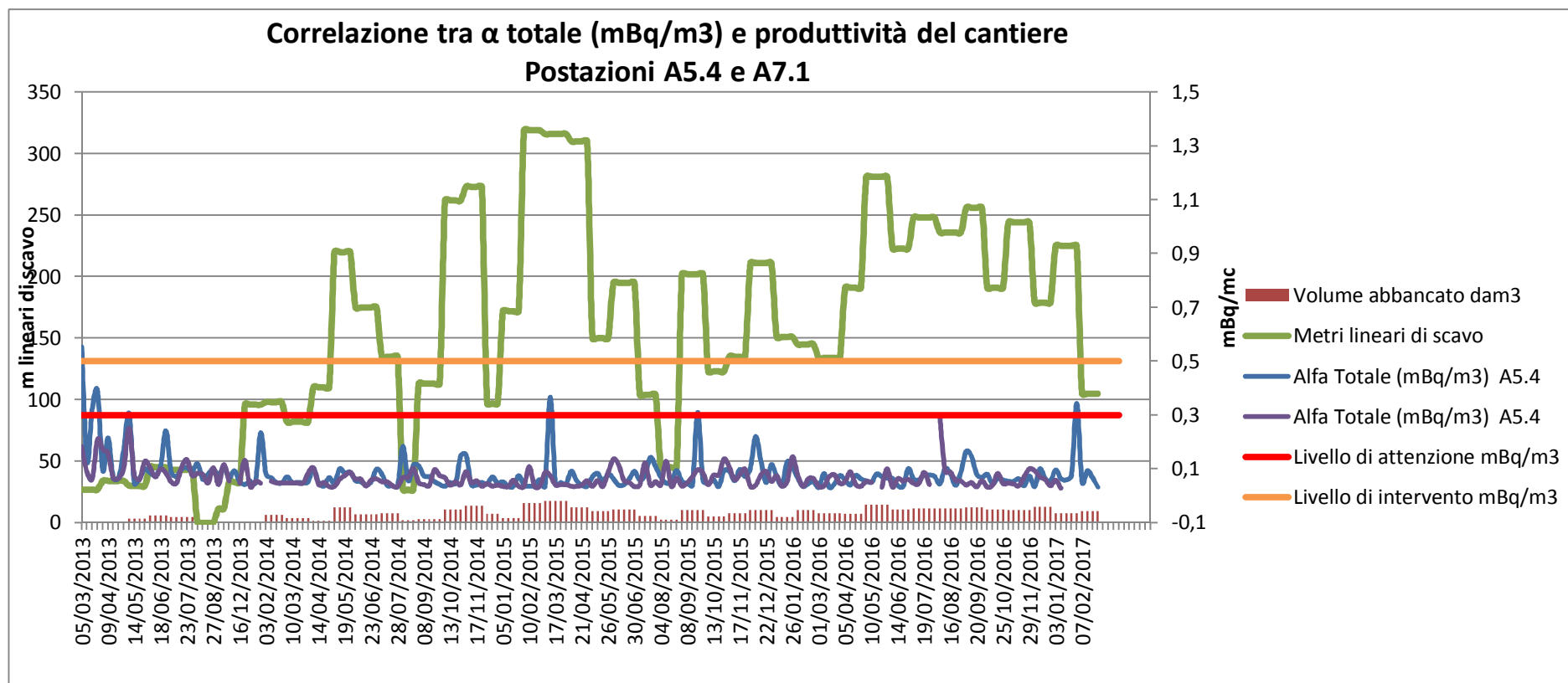


Figura 155 – Correlazione tra  $\alpha$  totali e produttività del cantiere

### Correlazione tra $\beta$ totale (mBq/m<sup>3</sup>) e produttività del cantiere Postazioni A5.4 e A7.1

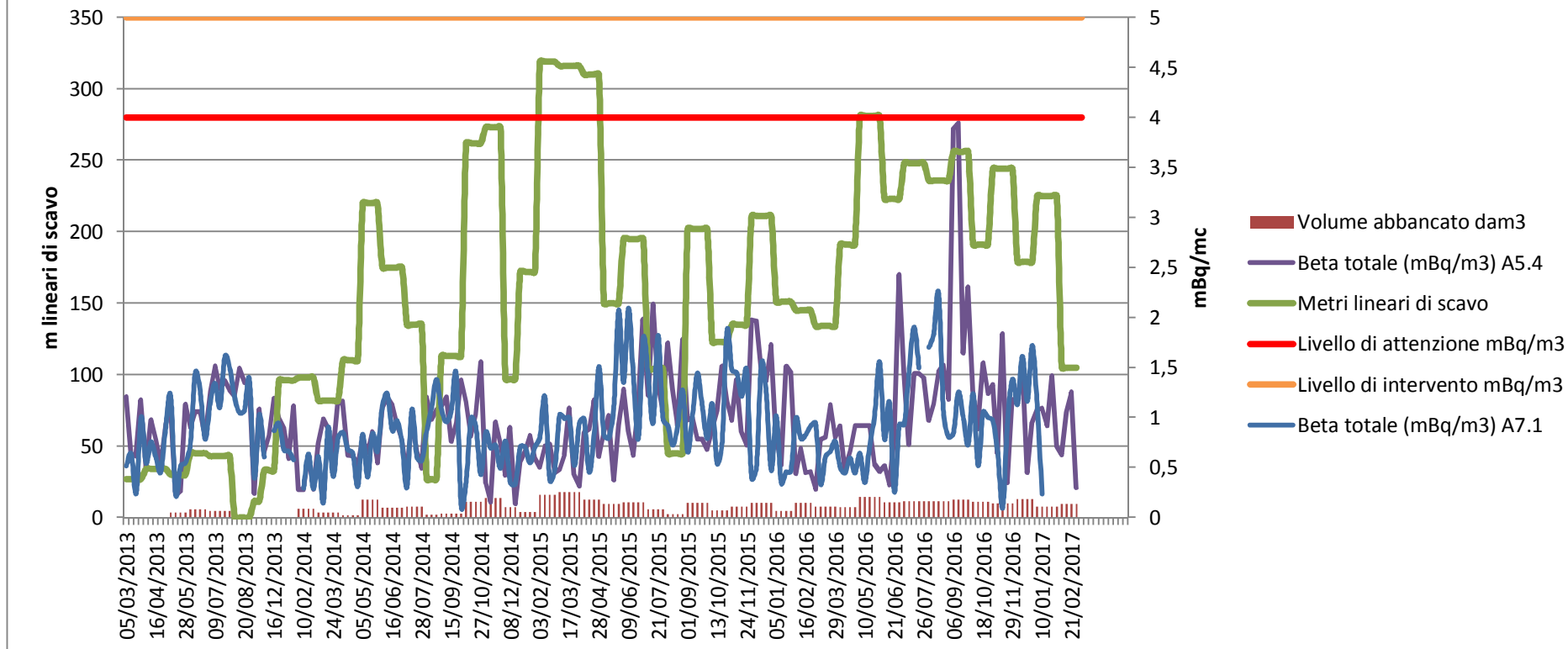


Figura 156 – Correlazione tra  $\beta$  totali e produttività del cantiere

Dall'esame degli andamenti osservati delle emissioni Alfa e Beta totali raffrontati con i livelli di produzione del cantiere si osserva che:

- I livelli di radioattività si sono sostanzialmente mantenuti nell'intorno dei valori di fondo tipici dell'area di interesse;
- I valori registrati dalla stazione di fondo sono sempre sovrapponibili a quelli registrati dalla stazione prossima al cantiere;
- Gli andamenti registrati dalla suddetta stazione non sono mai correlati con i livelli di produttività del cantiere.

Le radiazioni gamma non evidenziano andamenti significativi essendo i valori misurati uguali o prossimi al limite di rilevabilità strumentale.

Si evidenzia come, in termini generali, i valori misurati si siano diffusamente mantenuti al di sotto delle soglie di attenzione.



### Correlazione tra Rn222 (mBq/m3) e produttività del cantiere Postazione A5.4

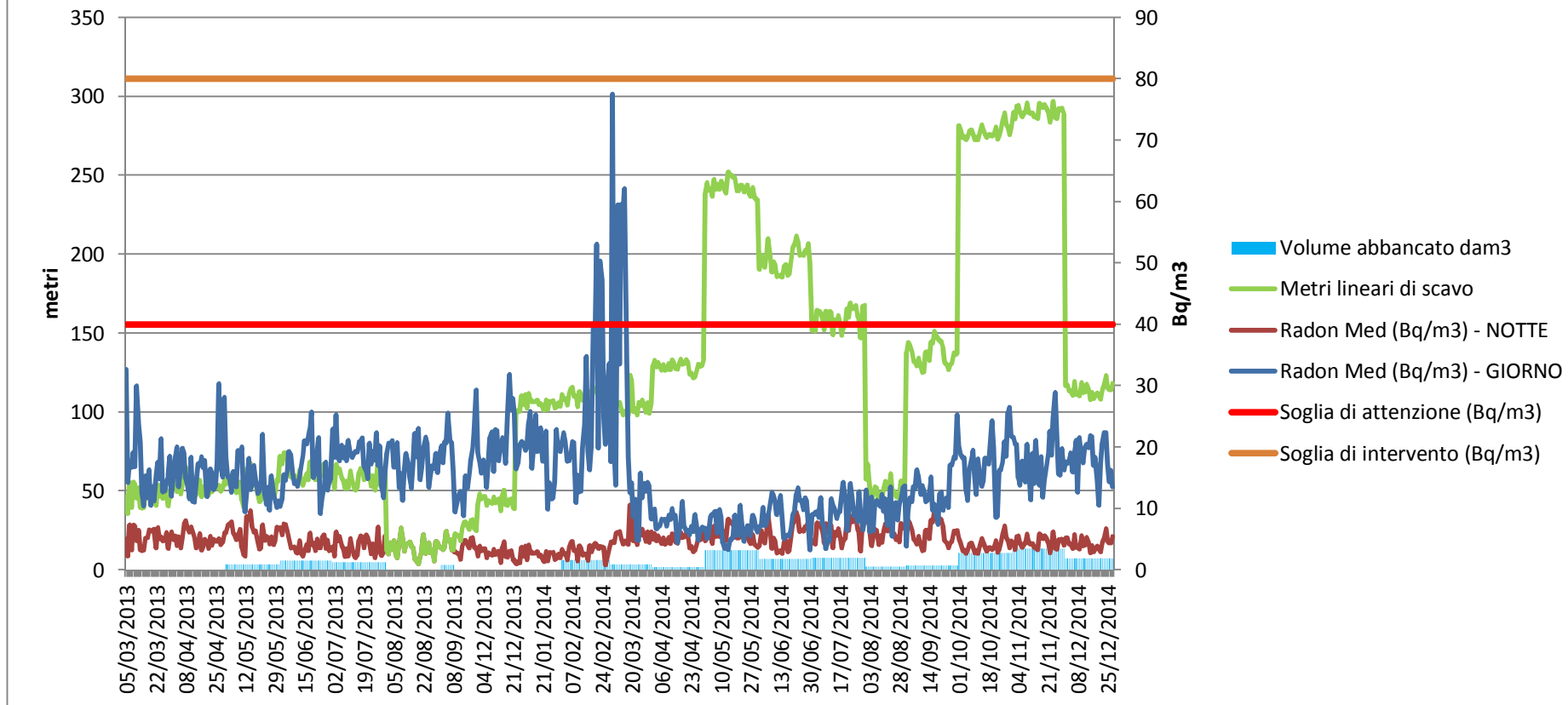


Figura 157 – Correlazione tra Rn222 totali e produttività del cantiere

Nel periodo febbraio-marzo 2014 si sono osservati superamenti della soglia di attenzione fissata dall'Ente di controllo riconducibili a interferenze strumentali conseguenti alla riduzione della ventilazione dell'ambiente confinato ospitante lo strumento di misura.

Si è pertanto ritenuto opportuno rilocalizzare l'apparecchiatura in posizione esterna più idonea, all'interno di struttura metallica di protezione.

I monitoraggi successivi non hanno più evidenziato ulteriori anomalie. Anche nel caso di questo indicatore è evidente la mancanza di correlazione con i livelli produttivi del cantiere.

In conclusione, alla luce dei dati esposti, si può dunque affermare che il livello di pressione generato è stato coerente con la stima del SIA.

#### ***6.13.4 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente***

In fase di realizzazione del Cunicolo Esplorativo è stato attivato un monitoraggio capillare sia interno che esterno al cantiere, che solo per la parte esterna si è concretizzato in 2063 misure.

Gli esiti analitici ottenuti, esposti nel paragrafo precedente, consentono di poter confermare in maniera oggettiva le valutazioni fatte nella fase previsionale che indicavano impatti attesi compresi tra il livello basso e trascurabile. In particolare, per la totalità dei dati acquisiti, non si è mai verificato, in nessun caso, il superamento della soglia di intervento.

#### ***6.13.5 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592***

Data la conoscenza geologica acquisita con lo scavo del cunicolo, viste le caratteristiche petrografiche monotone delle litologie caratterizzanti il Complesso di Clarea (CLR) che contraddistingue la porzione centrale del massiccio dell'Ambin, si desume che la probabilità di incontrare, nei restanti 572m non indagati, condizioni differenti da quelle precedenti risulta alquanto remota e improbabile.

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando, per altro, la compatibilità dell'opera e del cantiere rispetto alla problematica connessa alle radiazioni ionizzanti sia a livello di salute dei lavoratori che di salute pubblica.

### **6.14 Salute pubblica**

#### ***6.14.1 Le previsioni degli studi pregressi***

Nell'ambito degli studi pregressi, con particolare riferimento allo Studio di Impatto Ambientale, gli aspetti relativi alla salute pubblica sono stati analizzati puntualmente rispetto alle singole componenti i cui limiti costituiscono riferimento anche per la salute umana. In particolare si segnala:

- Atmosfera e qualità dell'aria;
- Rumore;
- Amianto;
- Radiazioni ionizzanti.

Si rimanda per tanto ai capitoli di riferimento della presente relazione (6.1, 6.9, 6.12, 6.13).

#### **6.14.2 Le prescrizioni di cui alla Delibera CIPE 86/10**

Nella tabella che segue sono riportate le prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla componente salute pubblica con una descrizione sintetica delle modalità tecnico / operative adottate per l'ottemperanza e il richiamo ai documenti di riferimento.

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
<b>ESECUTIVA</b>	<b>63</b>	Predisporre una valutazione di impatto sulla salute VIS	Convenzione con Università di Torino per realizzazione VIS	Convenzione con Università di Torino C15052	Ottemperato

**Tabella 75 - Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite alla salute pubblica**

Data la peculiarità dell'attività si rimanda, per i contenuti di quanto elaborato nella Valutazione di Impatto sulla Salute, al capitolo 4.13.

#### **6.14.3 Le misure mitigative e i protocolli di gestione adottati**

Costituiscono riferimento per le misure mitigative e i protocolli adottati, le descrizioni, alle quali si rimanda, delle modalità operative e di gestione riportate per le singole componenti citate nel paragrafo 6.14.1.

#### **6.14.4 Quadro della compatibilità dell'opera rispetto alla componente**

Rispetto alle singole componenti che possono avere ricadute sulla salute pubblica, il quadro delineato dai monitoraggi e rilievi effettuati, a cui si rimanda per ciascuna componente, definisce una condizione di assoluta compatibilità dell'opera come per altro evidenziato negli studi previsionali.

Per quanto attiene le implicazioni di natura statistica in merito ai dati epidemiologici e di mortalità, che costituiscono parte integrante della Valutazione di Impatto sulla Salute, si rimanda a quanto riportato nel capitolo 4.13.

#### **6.14.5 Ulteriori conoscenze acquisibili tra pK 7+020 e 7+592**

In relazione ai dati ad oggi acquisiti, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, non consentirebbe di ottenere un ritorno di esperienza diverso o di ulteriori possibili conoscenze rispetto alle possibili interazioni specifiche opera/componenti di riferimento per la salute pubblica.

Giova infatti evidenziare che:

- La prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 avverrebbe con tecniche e modalità esecutive identiche a quelle utilizzate per lo scavo sino alla pK 7+020;
- In ragione di quanto sopra e in relazione ai dati di monitoraggio ambientale, che non rilevano criticità né a scala locale né a scala territoriale, si ritiene che il quadro conoscitivo acquisito rispetto ai fenomeni di potenziale interesse per la salute pubblica sia esaustivo e non implementabile con lo scavo della rimanente tratta;

In conclusione si ritiene che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando, per altro, la compatibilità dell'opera e delle tipologie di lavorazione rispetto alle esigenze di tutela e salvaguardia della salute pubblica.

### **6.15 Impatti transfrontalieri**

In fase autorizzativa era stata predisposta, ai fini dell'espletamento della relativa procedura, la Relazione degli impatti transfrontalieri ai sensi della legge 640/94 (doc. PP2\_MA1\_ITF\_0247\_0\_PA\_NOT).

La relazione era stata predisposta in quanto la porzione terminale del cunicolo era ubicata in territorio francese. Pertanto, in relazione alle opere realizzate sui singoli stati, si era provveduto a:

- Individuare gli impatti potenziali transfrontalieri dell'Italia sulla Francia;
- Individuare gli impatti potenziali transfrontalieri della Francia sull'Italia.

Si evidenzia che l'arresto dello scavo alla pK 7+020 non modifica il modello concettuale esposto a suo tempo circa gli impatti transfrontalieri, in quanto alla pK 7+020 il cunicolo è già localizzato in territorio francese, con le medesime caratteristiche plano altimetriche del progetto autorizzato e quindi non si rilevano modifiche circa le previsioni di impatto elaborate.

### **6.16 Archeologia**

In fase progettuale si è provveduto a redigere lo studio archeologico relativo alle aree interferite dai lavori. L'approvazione del progetto è avvenuta con le prescrizioni, riportate nella Delibera CIPE 86/2010, riportate nel seguito.

<b>Fase</b>	<b>Prescr.</b>	<b>Sintesi dei contenuti delle prescrizioni</b>	<b>Descrizione modalità di ottemperanza</b>	<b>Documenti di riferimento</b>	<b>Verifica ottemperanza</b>
<b>REALIZZATIVA</b>	<b>102</b>	L'intero svolgimento dei lavori di scavo preliminare dovrà esser e seguito da personale specializzato archeologico e realizzato, dove si rendesse necessario, lo scavo a mano per la presenza di reperti di interesse archeologico.	I lavori di scavo sono stati seguiti da personale archeologico specializzato	1) Vedi nota Appaltatore prot. 67/13 del 04/07/2013 2) recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>103</b>	Gli scavi esplorativi archeologici non dovranno essere compiuti durante i periodi di massime precipitazioni atmosferiche o nel quale lo sviluppo stagionale della vegetazione impedisca una concreta visibilità del terreno, che potrebbero di conseguenza causare ostacolo ad una corretta esplorazione del sottosuolo.	Gli scavi esplorativi non sono stati eseguiti durante i periodi di massime precipitazioni	recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>104</b>	Se durante i lavori si dovessero rinvenire casualmente resti antichi, manufatti o elementi di natura archeologica, anche di apparente non interesse, saranno immediatamente sospesi tutti i lavori in atto e ne sarà data immediata comunicazione alla soprintendenza per i beni archeologici, la quale se necessario, chiederà l'ampliamento delle indagini.	Non sono stati rinvenuti resti antichi, manufatti o elementi di natura archeologica	recepito con nota 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato

Fase	Prescr.	Sintesi dei contenuti delle prescrizioni	Descrizione modalità di ottemperanza	Documenti di riferimento	Verifica ottemperanza
	<b>105</b>	Alla LTF si richiede che nel quadro economico siano accantonate somme per eventuali scavi archeologici che si rendessero necessari nel caso di ritrovamenti di reperti interessanti		recepito con nota del 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato
	<b>106</b>	Ricognizione dell'area da parte di un archeologo con l'ausilio di un geologo, per individuare aree di interesse archeologico e pedologico, e eventualmente procedere con indagini più puntuali.		recepito con nota del 967/EO/118/TEI/12 del 26/10/2013	Ottemperato

Tabella 76 - Prescrizioni e raccomandazioni della Delibera CIPE 86/2010 riferite all'archeologia

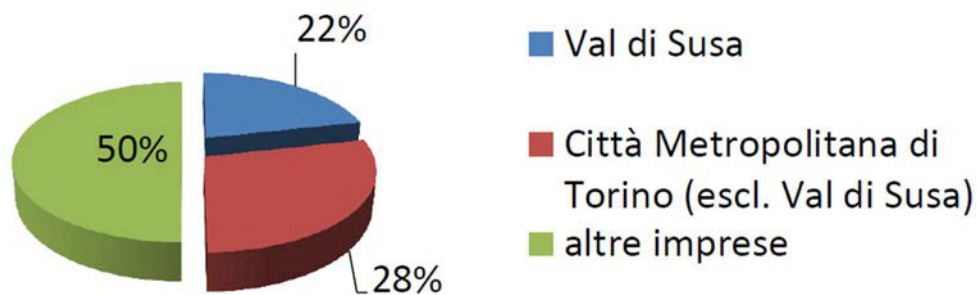
L'esecuzione dei lavori di scavo è stata assistita per mezzo della sorveglianza e controllo di archeologi in ottemperanza a quanto prescritto senza che si siano rinvenute tracce di evidenze archeologiche.

In particolare, sono state puntualmente seguite tutte le varie fasi di trasformazione dell'area in relazione ai progetti e alle attività che venivano mano a mano realizzate. Gli esiti delle attività di assistenza sono state puntualmente trasmesse alla Soprintendenza per i Beni Archeologici del Piemonte.

### 6.17 Socioeconomia

Le ricadute positive sulla socioeconomia locale previste nello Studio di Impatto Ambientale, si sono concretizzate con un impegno significativo di imprese locali nell'ambito della realizzazione dei lavori.

Di seguito si riporta la distribuzione delle imprese impegnate nel cantiere aggiornate ad aprile 2017.



**Figura 158 – Imprese impegnate nei lavori**

Dal grafico si evidenzia come la metà delle imprese coinvolte nel cantiere sia della Valle di Susa (22%) o della Città Metropolitana di Torino (28%).

Il cantiere ha occupato nel momento di massimo sviluppo 170 persone, di cui 73% operai, 20% capisquadra e tecnici e 7% quadri.

In aggiunta si evidenzia la positiva e peculiare esperienza, per la realtà italiana, dell'assenza del campo base per l'alloggiamento del personale che ha consentito la valorizzazione del sistema di ricettività locale.

## 7. Conclusioni e quadro di sintesi

A conclusione della verifica circa gli esiti **ambientali** del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena, vale la pena evidenziare anzitutto gli obiettivi dell'opera già richiamati nello Studio di Impatto Ambientale secondo cui lo scavo del cunicolo, doveva servire *come test completo per le modalità di organizzazione funzionale ed operativa del cantiere e attività connesse con l'evidenziazione dei problemi da affrontare e ottimizzandone la soluzione specie in tema di rispetto ambientale, di impegno territoriale e di sicurezza delle maestranze impegnate.*

Nel richiamare gli esiti positivi attestati nella disamina degli aspetti ambientali analizzati, occorre anzitutto evidenziare come le scelte di base di natura progettuale, effettuate sin dalla fase preliminare, abbiano contribuito in maniera rilevante a delineare il quadro di compatibilità complessivo. Infatti la soluzione di attestare l'imbocco e il cantiere operativo sotto il viadotto autostradale, in un ambito morfologicamente isolato dai principali nuclei abitati, ha consentito di circoscrivere le ricadute ambientali strettamente connaturate al tipo di opera e riferibili principalmente alle componenti atmosfera rumore e paesaggio. A questo si aggiunga l'ulteriore ottimizzazione legata alla previsione di realizzare il sito di deposito del marino in stretta adiacenza del cantiere, nella medesima conca morfologica, minimizzando quindi le operazioni connesse al trasferimento del materiale scavato dalla galleria all'area di deponia. In ultimo si evidenzia come la presenza dell'asse autostradale sia stata valorizzata per consentire l'accesso all'area di cantiere da parte dei mezzi pesanti.

Se le scelte di cui sopra hanno rappresentato le premesse per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale, il vero valore aggiunto dell'esperienza del Cunicolo Esplorativo è stata la capacità di interpretare in maniera puntuale, rigorosa e pratica, anche e soprattutto dal punto di vista tecnico/operativo, l'iter della Valutazione di Impatto Ambientale che, come noto, non si conclude con l'autorizzazione dell'opera ma prosegue nelle successive fasi di progettazione esecutiva e verifica di ottemperanza delle prescrizioni impartite nella Delibera di approvazione. Tale interpretazione si è articolata nei seguenti aspetti operativi:

- La capacità di valutare in maniera corretta, in fase previsionale, le pressioni ambientali determinate dall'opera e i livelli di impatto corrispondenti sulle diverse componenti;
- La capacità di analizzare in maniera puntuale tutti i temi di approfondimento emersi in fase di procedura di VIA (come le richieste di integrazioni) e confluiti, in parte, nelle prescrizioni della Delibera CIPE 86/2010;
- L'aver tradotto in capitoli e specifiche tecniche tutte le indicazioni emerse dal quadro autorizzativo in maniera tale che potessero essere effettivamente messe in atto dalle imprese appaltatrici;
- L'aver messo appunto un sistema di controllo rigoroso, per mezzo dei Piani di Gestione Ambientale del cantiere, che ha consentito di monitorare in maniera capillare tutti i parametri ambientali potenzialmente interessati, e definire e applicare in maniera efficace i presidi mitigativi;
- Aver progettato e realizzato un Piano di Monitoraggio Ambientale esterno al cantiere che fosse in grado di interfacciarsi in maniera efficace con il sistema di monitoraggio interno al cantiere con l'obiettivo di verificare il raggiungimento degli standard ambientali prefissati;



- Aver reso operativo l'accompagnamento da parte dell'Ente di Controllo che si è, tra l'altro, concretizzato in quasi 50 tavoli tecnici e circa 100 sopralluoghi nel corso degli anni.

Dal punto di vista geognostico l'opera aveva come obiettivo quello di migliorare la conoscenza del modello geologico, geomeccanico e idrogeologico di un settore ad elevata copertura che sarà successivamente attraversato dallo scavo delle gallerie del tunnel di Base e dalle opere a lui connesse. L'implementazione di tali informazioni era quindi strettamente correlata all'acquisizione di conoscenze utili per la progettazione e realizzazione del Tunnel di Base.

Tra gli obiettivi principali si menzionano:

- il riconoscimento geologico, geotecnico ed idrogeologico;
- la verifica del comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo sotto alte coperture;
- il test dello scavo meccanizzato;
- l'indagine degli aspetti geotermici;
- la valutazione delle possibili venute d'acqua.

Relativamente all'assetto geologico-strutturale i nuovi dati acquisiti hanno confermato la generale omogeneità strutturale del massiccio, la strutturazione a duomo e la presenza di sistemi di fratture nella maggioranza dei casi comparabili con quelle rilevate in superficie.

Per quanto riguarda i fasci di fratturazione presenti in superficie nel settore del confine di stato, lo scavo dell'ultima parte del cunicolo ha permesso di stabilire che tali strutture, molto ben definite e ricorrenti nel settore del Col Clapier, alla profondità di 2000 m sono limitatamente rappresentate e comunque con caratteristiche diverse rispetto a quelle in superficie.

Per quanto riguarda i sistemi di faglie nello scavo non sono state incontrate faglie principali ma esclusivamente strutture fragili di minore importanza con modesto sviluppo di roccia di faglia..

Per ciò che concerne la geomeccanica si è constatato che le classi geomeccaniche prevalenti sono state rispettivamente la III e la II di Bieniawski e subordinatamente I, costituendo insieme il 99% del totale, indicatrici pertanto di un ammasso generalmente di qualità da discreta a ottima. Ne è risultata un'ottima compatibilità nella distribuzione delle classi geomeccaniche di Bieniawski previste in Progetto Esecutivo e quella rilevata in corso di scavo, in taluni casi la qualità dell'ammasso è risultata essere anche leggermente migliore delle previsioni.

Tra i risultati più interessanti emersi dalle nuove conoscenze acquisite vi è il comportamento dello scavo sotto le alte coperture, che ha portato ad osservare fenomeni sistematici di rottura fragile per effetto dei rilasci tensionali, con aumento di volume per dilatanza, ma senza significativo rilascio di energia cinetica e quindi senza importanti proiezioni di blocchi ("bulking without ejection"). Altro comportamento significativo sono state le modeste convergenze dell'ammasso dopo lo scavo.

A livello litologico ***durante lo scavo del cunicolo non sono state incontrate o attraversate le lenti di metabasiti*** segnalate in letteratura e in taluni casi rinvenute in affioramento in superficie entro i litotipi del Complesso di Clarea.

Dal punto di vista idrogeologico le venute d'acqua sono state di modesta entità e riconducibili a una percolazione diffusa, che solo in alcune tratte ha raggiunto qualche litro al secondo.

Come evidenziato sopra, i fasci di fratturazione presenti in superficie nel settore del confine di stato, che nel modello concettuale del Progetto Esecutivo erano associati a un aumento delle portate puntuali, hanno alla profondità del cunicolo un ruolo idrogeologico di scarsa entità.

La temperatura dell'ammasso roccioso presenta una crescita regolare, le alte temperature raggiunte sono in linea con le attese sotto le alte coperture. Fatta eccezione di un'anomalia termica positiva tra la pk 3+400 e 4+050, il gradiente medio nel cunicolo sembra essere prossimo a 1.2÷1.3 °C/100m.

Alla luce dei dati osservati si può pertanto concludere che ***le informazioni geognostiche acquisite nel corso dello scavo del cunicolo hanno confermato in linea generale, ad esclusione di limitate situazioni locali, quanto previsto nel Progetto Esecutivo, e in taluni casi, con particolare riguardo agli aspetti geomeccanici e idrogeologici, le reali condizioni sono risultate essere migliori delle previsioni.***

Inoltre l'analisi dell'insieme delle informazioni acquisite dalla realizzazione del Cunicolo esplorativo della Maddalena ha permesso di aggiornare il quadro conoscitivo relativamente all'ammasso roccioso del Massiccio di Ambin a supporto dell'affinamento del Modello Geologico di Riferimento per la realizzazione del Tunnel di Base. Infine questa opera verrà utilizzata come punto di attacco intermedio per alcune opere accessorie durante lo scavo del Tunnel di Base e in fase di esercizio come accesso dei mezzi di soccorso.

Le valutazioni emerse dal presente documento, consentono di definire il quadro della compatibilità complessiva del Cunicolo Esplorativo. In particolare, per ciascuna componente è possibile evidenziare il seguente profilo di valutazione.

### **Atmosfera**

Il quadro di valutazione dei dati emersi dal monitoraggio ambientale consente di affermare che l'impatto connesso alla produzione delle polveri è rimasto circoscritto all'ambito della conca su cui è stato installato il cantiere. Infatti i dati relativi alle centraline non afferenti l'area di cantiere, a partire dal 2013 (anno di avvio del monitoraggio di corso d'opera) presentano livelli uniformi tra loro. Dall'analisi di tutti i dati acquisiti è possibile assumere, all'interno e al perimetro del cantiere, un aumento valutabile in circa 3 µg/m<sup>3</sup> della concentrazione media di PM10 per effetto delle attività di lavorazione. Le analisi condotte hanno comunque evidenziato la non correlabilità tra la produttività del cantiere e i livelli di concentrazione misurati. La minimizzazione del contributo è sicuramente dovuta all'efficacia degli interventi mitigativi attuati riferibili essenzialmente alla bagnatura delle viabilità, piazzali di cantiere e cumuli di materiale estratto. Per questa componente ambientale sono quindi state ampiamente rispettate le previsioni di basso livello di impatto, di carattere reversibile, fatte nello Studio di Impatto Ambientale. Per altro, il quadro dei dati acquisiti alla pK 7+020 sono esaustivi rispetto alla caratterizzazione della tipologia e magnitudo di impatti legati alla diffusione delle polveri e si ritiene che lo scavo sino alla pK 7+592 non contribuisca ad implementare il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente.

### **Ambiente idrico superficiale**

Il quadro di compatibilità rispetto alla componente, previsto nello Studio di Impatto Ambientale, e confermato dagli esiti dei monitoraggi, è stato raggiunto anche grazie all'efficacia dell'impianto di trattamento delle acque realizzato. Per quanto attiene il monitoraggio ambientale a livello generale, sia per il Torrente Clarea che per la Dora Riparia, per tutti gli anni di corso d'opera da lo stato di qualità ambientale dei corsi d'acqua, valutati

dal punto di vista fisico-chimico e microbiologico, non ha evidenziato particolari scostamenti da quella che era stata la caratterizzazione iniziale in fase di ante operam. Si segnala, sulla Dora Riparia, un unico episodio nell'ottobre 2013 riferito al superamento dei limiti di Arsenico nella sezione di valle la cui presenza è correlabile alla qualità e tipologia dei materiali scavati. Per il Torrente Clarea si segnala che in occasione dell'episodio isolato di moria di pesci riscontrato nell'ottobre 2013, le concentrazioni parametriche rilevate non hanno mostrato alterazioni per quanto riguarda le analisi biotossicologiche e dei parametri in situ. Alcuni metalli (Ferro e Manganese) si sono scostati dal range di riferimento senza comunque superare la soglia massima Tipo-Specifica. Si segnala inoltre che il sottoattraversamento del Torrente Clarea da parte del cunicolo non ha determinato alcun tipo di interferenza con il corpo idrico. Infine, sulla base dei dati acquisiti a livello di cantiere e di ambiente esterno, è possibile ritenere che la prosecuzione del cunicolo sino alla pK 7+592 non implementerebbe il quadro delle conoscenze già acquisite alla pK 7+020 in quanto l'efficacia degli interventi mitigativi è stata verificata e testata anche negli scenari di riferimento per lo scavo dell'opera principale soprattutto in termini di quantità di acque da gestire e loro caratteristiche.

### **Ambiente idrico sotterraneo**

I dati del monitoraggio della rete della Maddalena costituiscono una serie temporale di osservazioni che spazia dal periodo precedente all'inizio delle attività di cantiere alla fine delle attività di scavo. I dati confermano la totale non interferenza tra lo scavo e il regime delle portate dei punti d'acqua in superficie. Le osservazioni eseguite nel cunicolo confermano che l'entità del drenaggio esercitato dallo scavo è stato relativamente modesto, inferiore alle previsioni del progetto. Si evidenzia, inoltre, che il fronte di scavo è ora in una posizione molto lontana dalle sorgenti monitorate e in un contesto geologico molto profondo caratterizzato da permeabilità globale molto bassa. In ragione di questi aspetti, si ritiene che l'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non contribuirebbe ad implementare il quadro delle conoscenze acquisite che si ritengono riferibili ad un quadro identico agli ultimi 1500 – 2000 m scavati.

### **Suolo**

L'impatto principale sulla componente, già identificato nella fase previsionale, è riferibile alla sottrazione di suolo, temporanea o permanente, in relazione agli ambiti di progetto interferiti. Ulteriori elementi erano stati identificati nel possibile inquinamento dovuto al rischio di contaminazioni legate a sversamenti accidentali. Inoltre erano stati identificati potenziali rischi di dissesto geomorfologico di natura puntuale e circoscritta. I monitoraggi effettuati consentono di affermare che, sia internamente, che esternamente alle aree di cantiere, non si sono manifestati fenomeni in grado di compromettere sia le condizioni geomorfologiche a scala locale, sia la qualità dei suoli in relazione a possibili sversamenti accidentali che non si sono verificati per tutta la durata del cantiere. In relazione a quanto riscontrato nelle fasi di monitoraggio, è possibile quindi concludere che l'opera nel suo complesso non abbia generato impatti diversi per tipologia o magnitudo da quelli previsti e che sia confermato il quadro di compatibilità a sua volta definito nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale. L'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592, in relazione alle interazioni opera/componente studiate e confermate dai monitoraggi ambientali, non consentirebbe di ampliare il quadro delle conoscenze già acquisite in quanto resterebbe invariato sia il quadro delle lavorazioni previste sia le aree attualmente occupate dal cantiere.

### Sottosuolo

Come evidenziato dagli esiti di tutti i rilievi e monitoraggi fatti in fase di scavo del cunicolo, non è mai stata riconosciuta la presenza di pietre verdi, materiali amiantiferi o potenzialmente amiantiferi. Lo scavo del cunicolo ha quindi consentito di acquisire tutti quegli elementi conoscitivi di natura geognostica per supportare e approfondire in maniera definitiva il quadro previsionale degli studi fatti in fase di progettazione. Relativamente alla presenza delle concentrazioni elevate di Arsenico misurate nel marino, le analisi chimiche sui cumuli del materiale di scavo hanno evidenziato concentrazioni elevate in Arsenico limitatamente al settore compreso tra le pk Pk 0+198 e Pk 0+265, non sono stati riscontrati ulteriori settori interessati da tali concentrazioni anomale. Giova evidenziare che il 99% del materiale estratto è risultato conforme alla colonna A della Tabella 1 allegato 5, al titolo V, parte IV del D.Lgs 152/2006 e s.m.i. e quindi è stato messo a deposito nel sito individuato in fase di progetto definitivo. L'analisi dei dati acquisiti nei 7 km scavati è tale da confermare il Modello Geologico di Riferimento, modello che anche per i successivi 500 m oltre la pk 7+020 non prevede particolari cambiamenti rispetto a quanto ad oggi riscontrato dal punto di vista geologico, pertanto le condizioni dovrebbero mantenersi pressoché analoghe anche nel successivo tratto non investigato. In tal senso si ritiene che la prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non contribuirebbe ad implementare in maniera significative il quadro delle conoscenze già acquisite per i primi 7 km.

### Ambiente naturale

Per quanto attiene l'ambiente naturale il quadro previsionale dello Studio di Impatto Ambientale è stato confermato nelle tipologie di impatti individuati. Gli impatti a carico della vegetazione si sono verificati, nelle forme ipotizzate di aree interferite cui farà seguito, con riferimento al sito di deposito, il ripristino con specie autoctone arboree e arbustive. Per quanto attiene i dati di monitoraggio, nell'ultimo anno è stata riscontrata in alcuni punti dell'area ristretta la presenza di *Buddleja davidii* per la quale è stato proposto un piano di intervento per eliminarne gli esemplari. Gli impatti sulla fauna si sono manifestati, come previsto, tramite il disturbo ai popolamenti presenti nelle immediate vicinanze del cantiere. L'impatto ha evidentemente una caratteristica temporanea legato intrinsecamente all'attività di cantiere che per altro non ha modificato o danneggiato gli habitat localizzati all'esterno del cantiere. La componente ha mostrato un'elevata capacità di rientrare in parametri normalizzati anche a seguito di eventi occasionali e sporadici, come la moria di *Trota fario* verificatasi nel 2013 lungo il Torrente Clarea a cui ha fatto seguito un ripresa immediata e costante del popolamento negli anni successivi. Per quanto attiene le potenziali interferenze con la rete ecologica a livello di area vasta, con particolare riferimento al SIC – Boscaglie di Tasso di Giaglione, le previsioni fatte in sede di Progetto Definitivo, attraverso la Valutazione di Incidenza Ecologica, sono state confermate evidenziato che non vi è stata nessuna interazione tra l'opera e il Sito di Interesse Comunitario. Si ritiene infine che, per la tipologia di interazioni che si sono verificate e il quadro acquisito per i primi 7 km di scavo, lo scavo sino alla pK 7+592 non contribuirebbe ad implementare il quadro delle conoscenze già acquisite.

### Rumore

Il quadro di valutazione dei dati emersi dal monitoraggio ambientale consente di affermare la presenza di un impatto reversibile presso i ricettori individuati nell'immediato intorno del cantiere. Livelli di rumore superiori ai limiti previsti dalla classificazione acustica sono stati evidenziati già in fase di Ante Operam sia in Borgata Clarea sia presso il museo della

Maddalena. Gli interventi di mitigazione messi in atto presso l'area di cantiere hanno permesso di non peggiorare acusticamente una situazione già fortemente condizionata dalla presenza dell'infrastruttura autostradale. Gli approfondimenti modellistici fatti e le analisi dei dati di monitoraggio, dimostrano che la mitigabilità delle emissioni dovute alle attività di cantiere è fortemente condizionata dalle condizioni orografiche. L'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non consentirebbe di approfondire ulteriormente il quadro delle conoscenze acquisite circa l'interazione opera componente, anche in relazione agli aspetti di mitigabilità, in quanto la dotazione impiantistica e l'assetto emissivo del cantiere non cambierebbe per tipologia ed intensità dato che resterebbero invariate le tecniche di scavo e di smarino.

### **Vibrazioni**

Il quadro di valutazione dei dati emersi dai monitoraggi consente di affermare che l'impatto sulla componente si è manifestato in maniera trascurabile. Le campagne di monitoraggio hanno evidenziato un'ampia conformità ai limiti della norma UNI 9614 sia in fase di Ante Operam sia in fase di Corso d'Opera in tutte le stazioni di monitoraggio. L'eventuale prosecuzione dello scavo sino alla pK 7+592 non consentirebbe di implementare le conoscenze delle interazioni opera componente, anche per il fatto che gli ambiti progettuali di maggior interesse e maggiormente sensibili sono stati quelli legati alla realizzazione dell'imbocco e allo scavo in tradizionale.

### **Paesaggio**

E' possibile affermare che l'analisi paesaggistica e visuale fatta in sede previsionale, è perfettamente confermata dallo scenario delineato nella fase di corso d'opera. Si evidenzia in tal senso la felice scelta localizzativa del cantiere che consente di rendere non apprezzabile dai principali punti di fruizione del territorio l'intervento. Gli elementi di artificializzazione oggi riscontrabili, in gran parte determinati dal sito di deposito, saranno attenuati con l'affermarsi degli interventi di recupero ambientale dell'area di deponia, consentendo la mitigazione delle forme geometriche eccessivamente artificiali oggi percepibili. Si ritiene inoltre che il valore conoscitivo delle interazioni opera/componente connesse alla realizzazione del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena sia ampiamente raggiunto alla pK 7+020, evidenziando, per altro, la compatibilità dell'opera e del cantiere rispetto all'assetto paesaggistico e visuale a scala locale e diffusa.

### **Amianto**

Analizzando i dati del monitoraggio ambientale sia esterno sia interno al cantiere, i dati derivanti dalle indagini geognostiche, delle prove di laboratori sui campioni di cutting prodotto dai sondaggi in avanzamento e delle analisi di laboratorio eseguite sui cumuli di smarino, si può affermare che i litotipi attraversati durante lo scavo del cunicolo non hanno evidenziato la presenza di pietre verdi, materiali amiantiferi o potenzialmente amiantiferi. Per tutta la durata delle attività di scavo, il monitoraggio interno al cantiere non ha rilevato in nessun caso la presenza di fibre di amianto aerodisperso in concentrazioni superiori al limite di sorveglianza. I campionamenti effettuati dall'inizio del cantiere hanno mostrato che in un solo caso è stato superato il limite di sorveglianza. Nel caso citato la rilevazione è stata eseguita in contemporanea con il monitoraggio interno al cantiere che contrariamente al monitoraggio esterno non ha registrato alcun superamento del limite di soglia. Pertanto la rilevazione in oggetto è stata ritenuta non riferibile alle attività di scavo del cunicolo. A valle

di tutti gli esiti delle diverse indagini effettuate è quindi possibile affermare che lo scavo del cunicolo esplorativo non ha generato in nessun caso problematiche connesse al potenziale ritrovamento di amianto. Data la conoscenza geologica acquisita con lo scavo del cunicolo si può assumere, avendo scavato 7020m, ovvero la metà circa dello sviluppo longitudinale in pianta dell'intero massiccio, che le condizioni geo-strutturali dei settori del massiccio non indagati si presentino pressoché analoghe anche nel successivo tratto non investigato. Pertanto la probabilità di incontrare, nei restanti 572m non indagati, materiali differenti da quelli investigati fino alla pk 7+020, ovvero materiali amiantiferi o potenzialmente amiantiferi risulta alquanto remota e improbabile.

### **Radiazioni ionizzanti**

Durante il corso delle attività di cantiere le rilevazioni per la componente in oggetto sono state effettuate in continuo con prelievo settimanale del campione per ciascuna stazione di monitoraggio. Gli esiti delle analisi eseguite sull'intero arco della durata dei lavori sono stati sempre negativi. In nessun caso hanno evidenziato valori superiori alle soglie fissate. In conclusione è possibile affermare che durante le attività di cantiere e di scavo del cunicolo esplorativo de La Maddalena sia il monitoraggio esterno al cantiere sia il monitoraggio interno al cantiere, per la componente radiazioni ionizzanti, non hanno evidenziato in nessun caso il superamento della soglia di intervento (AAA). Pertanto è possibile affermare che le pressioni generate dalle attività di cantiere non hanno prodotto modifiche allo stato dell'aspetto ambientale considerato. Data la conoscenza geologica acquisita con lo scavo del cunicolo, viste le caratteristiche petrografiche monotone delle litologie caratterizzanti il Complesso di Clarea (CLR) che contraddistingue la porzione centrale del massiccio dell'Ambin, si desume che la probabilità di incontrare, nei restanti 572m non indagati, condizioni differenti da quelle precedenti risulta alquanto remota e improbabile.

Si richiama inoltre la Valutazione d'impatto sulla salute, nell'ambito della quale, parallelamente alla valutazione dei dati relativi agli indicatori di qualità per le differenti componenti ambientali, è stata condotta una raccolta dei dati sanitari per la definizione dello stato di salute ante-operam della popolazione potenzialmente coinvolta. Dall'analisi di tali dati si ricava come nel contesto Regionale, l'area di interesse riguardante i Comuni potenzialmente coinvolti dall'opera (Susa, Gravere, Giaglione, Chiomonte) presenti una variazione degli indicatori di rischio di mortalità che rientra all'interno di quella che può essere definita come la naturale variabilità statistica del panorama di rischio regionale, e i tassi di ricovero nella fase ante-operam non appaiono aumentati rispetto al tasso di riferimento regionale. Per quanto riguarda i dati a livello comunale, la presenza di qualche caso di patologia può essere sufficiente a generare indicatori di rischio relativo elevati (o per converso, assenza di rischi) che possono risultare anche statisticamente significativi, ma l'interpretazione di questi risultati, in senso positivo o negativo, risente della piccola numerosità campionaria dovuta al limitato numero di cittadini residenti nei comuni maggiormente interessati dall'opera. La mancanza di consistenza e ricorrenza di tali eccessi (o difetti) di rischio per Comune, per periodo, per sesso, oltre che per patologia, rende difficile una interpretazione dei dati in correlazione con le variabili ambientali rilevate, ma non è indicativa, al momento, di una situazione che richieda una particolare attenzione per il periodo esaminato, sia per quanto riguarda la situazione di partenza ante-operam, sia per la fase di corso d'opera. In questo contesto di variabilità assai elevata (per periodo, sesso, territorio, patologia) non sono proponibili interpretazioni basate su criteri di certezza, anche per il breve

periodo di osservazione. Per questo l'attività di valutazione continuerà nei successivi bienni attraverso il monitoraggio dei dati sanitari.

A livello generale, nel definire il profilo di compatibilità rispetto alle singole componenti, va ricordato che anzitutto i dati acquisiti, sia all'interno del cantiere che all'esterno, hanno confermato le tipologie e i livelli di impatto stimati in fase progettuale. Il monitoraggio ambientale (esterno al cantiere) ha dimostrato che gli impatti riscontrati all'interno dell'area di lavoro e i puntuali superamenti delle soglie, sono rimasti circoscritti all'ambito del cantiere stesso non determinando ricadute sull'ambiente circostante.

Negli sporadici e isolati casi in cui, con riferimento al monitoraggio esterno, si siano rilevati dati non coerenti con gli standard di qualità prefissati è stato possibile riscontrare in taluni casi una non correlazione con le attività di cantiere (grazie ai dati emersi dal monitoraggio interno) e in altri casi la capacità dell'ambiente esterno di rientrare rapidamente entro gli standard prefissati.

L'efficacia del sistema mitigativo, e della sua corretta pianificazione e gestione, ha consentito di minimizzare le problematiche tipiche delle opere come quella in oggetto soprattutto in termini di emissioni di polveri.

Le pressioni generate dal cantiere sull'ambiente non hanno prodotto significative alterazioni con effetti irreversibili su tutte le componenti ambientali monitorate.

Gli elementi di compatibilità emersi per il cunicolo esplorativo, sono tali da poter determinare le condizioni di compatibilità anche per la realizzazione del futuro Tunnel di Base, nella misura in cui si intendono testate, sia in termini ambientali sia in termini gestionali, tutte le possibili ricadute ed effetti sull'ambiente di riferimento. Giova evidenziare infatti che parte delle prescrizioni e delle indicazioni della Delibera CIPE 19/2015, che ha approvato il Progetto Definitivo della Nuova Linea Torino Lione, trovano già riscontro negli esiti tecnici, geognostici e ambientali del Cunicolo Esplorativo. Con riferimento all'articolazione della Delibera, si possono chiaramente considerare già positivamente testati e affrontati i seguenti temi:

- Struttura, organizzazione e gestione del Monitoraggio Ambientale anche con riferimento alle componenti da monitorare e relative modalità. Tali aspetti sono affrontati dalla Delibera CIPE 19/2015 nelle prescrizioni comprese tra la n.51 e la 62 e 183, 183.1, 183.2, 183.3, 184.4, 183.5, 183.6;
- Sistema di Gestione Ambientale prescritto dalla Delibera CIPE 19/2015 al punto 31 e 183;
- Il rischio amianto oggetto delle prescrizioni, oltre che del monitoraggio ambientale, anche di quelle comprese tra la numero 149 e 152;
- L'accompagnamento ambientale del progetto così come prescritto ai punti 3 e 184 della Delibera CIPE 19/2015;
- Il tema della salute pubblica e della Valutazione di Impatto sulla Salute evidenziati nelle prescrizioni 155 e 156.

Oltre a quanto sopra elencato, sempre con riferimento ai temi affrontati nella Delibera CIPE 19/2015 risultano evidentemente approfonditi, grazie al ritorno di esperienza del Cunicolo

Esplorativo, i temi connessi alle interferenze con l'ambiente idrico sotterraneo e il quadro complessivo delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni attraversati dal Tunnel di Base.

In ultimo, il quadro di compatibilità definito per il Cunicolo Esplorativo de La Maddalena emerso e che, in ragione delle considerazioni fatte è riferibile anche al Tunnel di Base, si applica anche alla sicurezza dei lavoratori, per la quale è stato possibile verificare che le condizioni dell'ambiente di lavoro non presentano elementi specifici e peculiari di rischio (amianto e radiazioni) connessi alle caratteristiche geologiche.

In ragione di quanto articolato nel presente documento e nelle relative conclusioni, si evidenzia anche come, in relazione ai dati progettuali e ambientali acquisiti sino alla pK 7+020, il quadro delle conoscenze circa le possibili interazioni tra l'opera e le diverse componenti ambientali possa ritenersi più che esaustivo e non ulteriormente implementabile, in termini qualitativi e quantitativi, con lo scavo dell'ulteriore tratto sino al raggiungimento della pK 7+0592.

Anche dal punto di vista strettamente geognostico, in considerazione della generale omogeneità strutturale del massiccio, ulteriormente confermata dai dati acquisiti nei primi 7 km di scavo, è ragionevole attendersi anche fino a pk 7+592 un assetto geologico strutturale confrontabile con quello già incontrato nel corso dello scavo e per tanto si ritiene che lo scavo degli ultimi 500 m non contribuirebbe ad implementare il quadro delle conoscenze già acquisite.



## 8. Documenti di riferimento

- 0169\_MA1\_02\_02\_10\_10\_01 – Studio di Impatto Ambientale – Quadro Ambientale
- PP2\_MA1\_ITF\_0205\_B\_PA\_NOT – Relazione gestione Terre e rocce da scavo
- PP2\_MA1\_ITF\_0247\_0\_PA\_NOT - Relazione degli impatti transfrontalieri ai sensi della legge 640/94
- PP2 – MA1 – ITF – 0267\_0\_PA\_NOT - Valutazione di Incidenza sul SIC Boscaglie di Tasso di Giaglione
- PP2\_MS1\_GIA\_0423\_A\_AP\_NOT – Rapporto finale sull’analisi ecosistemica
- MAD\_MA3\_FEN\_0250\_C\_PA\_NOT - Progetto variante tecnica – Cunicolo esplorativo La Maddalena – Piano di monitoraggio ambientale – Piano esecutivo delle fasi ante-operam e realizzativa
- MAD\_EXE\_VEN\_0096\_P\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena - Piano di Gestione Ambientale
- MAD\_MA3\_FEN\_0223\_A\_PA\_NOT - Cunicolo esplorativo La Maddalena – Monitoraggio ambientale della fase realizzativa – Report annuale 2013
- MAD\_MA3\_FEN\_0236\_A\_PA\_NOT - Cunicolo esplorativo La Maddalena – Monitoraggio ambientale della fase realizzativa – Report annuale 2014
- MAD\_MA3\_FEN\_0262\_A\_PA\_NOT - Cunicolo esplorativo La Maddalena – Monitoraggio ambientale della fase realizzativa – Report annuale 2015
- MAD\_MA3\_FEN\_0286\_A\_PA\_NOT - Cunicolo esplorativo La Maddalena – Monitoraggio ambientale della fase realizzativa – Report annuale 2016
- MAD\_MA3\_FEN\_0286\_A\_PA\_NOT - Cunicolo esplorativo La Maddalena – Monitoraggio ambientale della fase realizzativa – Report annuale 2016
- MON\_INT\_AMB\_REPORT\_001 - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Monitoraggio ambientale – Rapporto mensile attività di monitoraggio interno al cantiere – Maggio 2013
- MON\_INT\_AMB\_REPORT\_002 - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Monitoraggio ambientale – Rapporto mensile attività di monitoraggio interno al cantiere – Giugno 2013
- MAD\_RMA\_GDE\_0002\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Luglio 2013
- MAD\_RMA\_GDE\_0003\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Agosto 2013

- MAD\_RMA\_GDE\_0003\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Agosto 2013
- MAD\_RMA\_GDE\_0004\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Settembre 2013
- MAD\_RMA\_GDE\_0005\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Ottobre 2013
- MAD\_RMA\_GDE\_0006\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Novembre 2013
- MAD\_RMA\_GDE\_0007\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Dicembre 2013
- MAD\_RMA\_GDE\_0007\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Dicembre 2013
- MAD\_RMA\_GDE\_0008\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Gennaio 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0009\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Febbraio 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0010\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Marzo 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0011\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Aprile 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0012\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Maggio 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0013\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Giugno 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0014\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Luglio 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0015\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Agosto 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0016\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Settembre 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0017\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Ottobre 2014

- MAD\_RMA\_GDE\_0018\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Novembre 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0019\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Dicembre 2014
- MAD\_RMA\_GDE\_0020\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Gennaio 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0021\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Febbraio 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0022\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Marzo 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0023\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Aprile 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0024\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Maggio 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0025\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Maggio 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0026\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Giugno 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0026\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Luglio 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0027\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Agosto 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0028\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Settembre 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0029\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Ottobre 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0030\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Novembre 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0031\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Dicembre 2015
- MAD\_RMA\_GDE\_0032\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Gennaio 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0033\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Febbraio 2016

- MAD\_RMA\_GDE\_0034\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Marzo 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0035\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Aprile 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0036\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Maggio 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0037\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Giugno 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0038\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Luglio 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0039\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Agosto 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0040\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Settembre 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0041\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Ottobre 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0042\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Novembre 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0043\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Dicembre 2016
- MAD\_RMA\_GDE\_0044\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Gennaio 2017
- MAD\_RMA\_GDE\_0045\_0\_AP\_NOT - Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo – Rapporto mensile ambientale – Febbraio 2017
- MAD\_DEP\_BOR\_0057\_F\_AP\_NOT \_ Cunicolo esplorativo de La Maddalena – Progetto esecutivo di variante – Sito di deposito Maddalena – Piano di gestione terre e rocce
- MAD\_NOT\_GDE\_7020\_0\_AP\_NOT – Proposta di completamento dello scavo alla progressiva 7+020
- PRV\_C3B\_7200\_26-48-01\_10-01\_ Relazione ritorno di esperienza Cunicolo esplorativo della Maddalena
- PRV C3B 7206 26-48-01 40-01\_Profilo Geomeccanico as-built Cunicolo esplorativo della Maddalena

- MAD\_MS5\_GIA\_0002\_0 \_ Profilo Geomeccanico as-built Cunicolo esplorativo della Maddalena
- MAD\_EXE\_VEN\_2001\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 0+198 a pk 0+700
- MAD\_EXE\_VEN\_2002\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 0+198 a pk 0+700
- MAD\_EXE\_VEN\_2003\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 0+700 a pk 1+200
- MAD\_EXE\_VEN\_2004\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 0+700 a pk 1+200 –Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2005\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 1+200 a pk 1+700
- MAD\_EXE\_VEN\_2006\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 1+200 a pk 1+700–Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2007\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 1+700 a pk 2+200
- MAD\_EXE\_VEN\_2008\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 1+700 a pk 2+200 – Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2009\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 2+200 a pk 2+700
- MAD\_EXE\_VEN\_2010\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 2+200 a pk 2+700 – Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2011\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 2+700 a pk 3+200
- MAD\_EXE\_VEN\_2012\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 2+700 a pk 3+200 – Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2013\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 3+200 a pk 3+700
- MAD\_EXE\_VEN\_2014\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 3+200 a pk 3+700 – Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2015\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 3+700 a pk 4+200
- MAD\_EXE\_VEN\_2016\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 3+700 a pk 4+200 – Allegati

- MAD\_EXE\_VEN\_2017\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 4+200 a pk 4+700
- MAD\_EXE\_VEN\_2018\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 4+200 a pk 4+700 – Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2019\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 4+700 a pk 5+200
- MAD\_EXE\_VEN\_2020\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 4+700 a pk 5+200 – Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2021\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 5+200 a pk 5+764.77
- MAD\_EXE\_VEN\_2022\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 5+200 a pk 5+764.77 – Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2023\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 5+764.77 a pk 6+400
- MAD\_EXE\_VEN\_2024\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 5+764.77 a pk 6+400 – Allegati
- MAD\_EXE\_VEN\_2025\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 6+400 a pk 7+020
- MAD\_EXE\_VEN\_2026\_Relazione interpretativa delle evidenze allo scavo da pk 6+400 a pk 7+020 – Allegati
- RPSX\_01\_198-1200÷ RPSX\_09\_6765-7020\_\_ Profilo geologico del paramento sinistro con proiezione ortogonale degli elementi rilevati sul piano verticale tangente all'estradosso del tunnel (Scala 1:200).
- MAD\_EXE\_VEN\_2119\_H\_AP\_NOT\_ Galleria naturale - Scavo in meccanizzato - Proposta di aggiornamento dei criteri di applicazione delle sezioni tipo in funzione delle evidenze allo scavo
- MAD\_EXE\_VEN\_2122\_ Galleria naturale - Scavo in meccanizzato - Scudino integrativo di pre-sostegno allo scavo da adottare in contesti di roccia tettonizzata e/o intensamente fratturata con distacco di blocchi in calotta - Nota tecnica descrittiva e di calcolo
- MAD\_EXE\_VEN\_4008\_ Galleria naturale – Scavo meccanizzato - Tratta fissa - Impiego del sistema McNally Robbins per lo scavo del Cunicolo La Maddalena - Valutazioni tecniche ed economiche
- SM\_05\_4250\_300316\_300,6\_Sondaggio verticale a carotaggio continuo PK 4+250

- MAD\_EXE\_VEN\_2202\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 Maggio 2014
- MAD\_EXE\_VEN\_2203\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 Giugno 2014
- MAD\_EXE\_VEN\_2204\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 Luglio 2014
- MAD\_EXE\_VEN\_2205\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 Agosto 2014
- MAD\_EXE\_VEN\_2206\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 Settembre 2014
- MAD\_EXE\_VEN\_2207\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 Ottobre 2014
- MAD\_EXE\_VEN\_2208\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 novembre 2014
- MAD\_EXE\_VEN\_2209\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 dicembre 2014
- MAD\_EXE\_VEN\_2210\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 gennaio 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2211\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 28 febbraio 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2213\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 marzo 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2214\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 aprile 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2215\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 maggio 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2216\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 giugno 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2217\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 luglio 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2218\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 agosto 2015

- MAD\_EXE\_VEN\_2219\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 settembre 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2220\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 ottobre 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2221\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 novembre 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2222\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 dicembre 2015
- MAD\_EXE\_VEN\_2223\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 gennaio 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2224\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 29 febbraio 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2225\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 marzo 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2226\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 aprile 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2227\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 maggio 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2228\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 giugno 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2229\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 luglio 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2230\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 agosto 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2231\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 settembre 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2232\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 ottobre 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2233\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 novembre 2016
- MAD\_EXE\_VEN\_2234\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 30 dicembre 2016



- MAD\_EXE\_VEN\_2235\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 gennaio 2017
- MAD\_EXE\_VEN\_2236\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 28 febbraio 2017
- MAD\_EXE\_VEN\_2237\_ Nota tecnica interpretativa delle indagini e dei monitoraggi al 31 marzo 2017
- MPT\_01\_288\_260615÷ MPTdoppio\_10\_6810\_Prova con Martinetto Piatto
- LUG\_01\_290÷ LUG\_08\_6812\_Prove di permeabilità Lugeon in foro
- DIL\_01\_285÷ DIL\_06\_4250\_Prove Dilatometriche in foro
- CSI\_01\_587÷ CSI\_05\_6540\_Prove di sovra carotaggio con cella CSIRO Misura dello stato tensionale della roccia mediante prova di sovra carotaggio csiro hi-cell
- HYF\_01\_587÷HYF\_05\_6540\_Misura dello stato tensionale della roccia mediante prove di fratturazione idraulica (hf)
- CHVPVS\_990-995÷ CHVPVS\_13\_6830-6835,2\_Tomografia cross-hole Vp/Vs
- CXS\_01\_587÷ CXS\_03\_1420\_Prova di compressione monoassiale in situ
- CF\_23\_424÷CF\_124\_6737\_Misure di convergenza
- BF\_01\_1639÷ BF\_03\_6505- Sezione tipo B-F -Misure di deformazione
- MRB\_01\_2017-2450÷ MRB\_24\_6915-7020,8\_Monitoraggio Rock Burst
- MAD\_CUN\_GDE\_0001\_*Descrizione delle principali Attività di Cantiere\_2012-2017\_Ø.*

