1	09/2018	REVISIONE FLUSSI TRAFFICO	GALLO	GALLO	CASSANI
0	11/2017	PRIMA EMISSIONE	GALLO	GALLO	CASSANI
Revisione	**Data**	**Oggetto revisione**	**Redatto**	**Verificato**	**Approvato**

REGIONE LIGURIA

#ItaliaSicura
Presidenza del Consiglio dei Ministri

COMUNE DI GENOVA

PIANO STRALCIO PER LE AREE METROPOLITANE E LE AREE URBANE CON ALTO LIVELLO DI POPOLAZIONE ESPOSTA AL RISCHIO DI ALLUVIONI

Presidenza del Consiglio dei Ministri

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
COMMISSARIO STRAORDINARIO
delegato per l'attuazione degli interventi inseriti nell'A.d.P. del 16.09.2010 e ss.ii.
(ex art. 10 del D.L. n. 91 del 24.06.2014)

Commissario straordinario
Dott. Giovanni TOTI

PROGETTISTI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

ROCKSOIL S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOINGEGNERIA

MANDANTI:

art ambiente risorse territorio

HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE

Ing. Mario CANGIANO

Ing. Paolo GALLO

Ing. Francesco DE SANCTIS

Dott.ssa Francesca GIOMI

RESPONSABILE STRUTTURA COMMISSARIALE: **Ing. Luca BERRUTI**

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO: **Ing. Stefano PINASCO**

Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico della mandataria.
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997

Progettista/Progettisti responsabili elaborato
Ing.Paolo Gallo
Ord. Ingg. Sondrio N°605
Tecnico competente in acustica ambientale

Intervento/Opera

SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO ESECUTIVO

N° Progr. ----

Codice elaborato BIS2E - L - CAN00 - RE02- 1

Oggetto della tavola

CANTIERIZZAZIONE

PARTE GENERALE

Relazione di impatto acustico della fase di cantiere

Scala -

Data 14 SETT. 2018

Codice FILE CAN

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA STRUTTURA COMMISSARIALE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

INDICE

1 Premessa ... 2
1.1 Sintesi del progetto ... 3
2 ANALISI DEL QUADRO LEGISLATIVO ... 4
2.1 ACUSTICA ... 4
2.1.1 Normativa Nazionale ... 4
2.1.2 Normativa regionale ... 7
2.1.3 Regolamenti Comunali ... 10
2.2 VIBRAZIONI ... 13
2.2.1 Normativa comunitaria ... 13
2.2.2 Normativa nazionale ... 13
3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI CANTIERE ... 17
3.1 Localizzazione ... 17
4 VALUTAZIONE PREVISIONALE VIBRAZIONI ... 23
4.1 Analisi Geologia ... 26
4.2 Scavo con sistema tradizionale ... 27
4.2.1 Calcolo previsionale delle vibrazioni ... 33
4.3 Scavo meccanizzato con TBM ... 36
4.3.1 Calcolo previsionale delle vibrazioni ... 38
4.4 Monitoraggio vibrazioni ... 43
5 VALUTAZIONE PREVISIONALE RUMORE ... 47
5.1 Traffico veicolare ... 48
5.1.1 Numero transiti su Via Adamoli ... 49
5.1.2 Numero transiti su Corso Italia ... 52
5.1.3 Confronto volume orario di mezzi pesanti – periodo diurno ... 54
5.2 Valutazione clima acustico ante-operam ... 57
5.3 Condizioni ambientali durante i rilievi ... 59
5.4 Strumenti di misura utilizzati ... 59
5.5 Identificazione e discrezione dei recettori presenti ... 59
5.6 Report rilievi fonometrici ... 70
5.7 Riepilogo dei risultati delle misure acustiche ... 77
5.8 Caratteristiche acustiche delle sorgenti di cantiere ... 78
5.9 Cronoprogramma indicativo dei lavori ... 79
5.10 Analisi delle fasi critiche ... 82
5.11 Calcolo potenza sonora fasi critiche ... 84
5.12 Impostazioni di calcolo ... 87
5.13 Modellazione acustica ... 90
5.13.1 Cantiere area ex canile ... 90
5.13.2 Cantiere sbocco a mare ... 103
5.14 Monitoraggio rumore ... 105
6 Conclusioni ... 108
Allegato 1 - Attestato tecnico acustico ... 111
Allegato 2 – Certificato taratura fonometro ... 113
Allegato 3 – Certificato taratura calibratore ... 114

1 Premessa

La presente relazione ha per oggetto la valutazione della compatibilità ambientale dal punto di vista acustico e vibrazionale del secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria del torrente Bisagno in Comune di Genova.

Il cantiere Costituisce un coacervo di rumori di ogni genere e di elevata intensità, tuttavia per la loro transitorietà, le normative che ne disciplinano l'attività sono piuttosto elastiche in relazione alla limitata durata nel tempo degli stessi.

Il carattere contingente e imprevisto dei rumori di cantiere (es: escavatori, compressori, martelli pneumatici, bitumiere ecc.) se da un lato produce un disturbo mal tollerato dai residenti d'altro canto impedisce l'insorgere di disturbi cronici da rumore.

La valutazione di compatibilità ambientale si baserà sulla valutazione dell'attuale clima acustico e previsionale di impatto acustico come richiesto dall'art. 8 della legge Quadro sull'inquinamento acustico n.447 del 26/10/1995 e della legge regionale n. 534 del 28 maggio 1999 "Criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della documentazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 2, comma 2, della l.r. 20.3.1998, n. 12".

In considerazione della natura dell'intervento, delle caratteristiche dell'area in cui sarà realizzato e della tipologia delle attività previste, nella valutazione impatto acustico saranno prese in esame:

- il cronoprogramma dei lavori;
- le diverse fasi di lavorazione del cantiere;
- la tipologia di macchinari e loro emissioni acustiche;
- i livelli di pressione sonora e vibrazionale attesi ai vari recettori, esposti alle attività di cantiere, derivanti da ogni singolo scenario di lavorazione;
- gli eventuali interventi di mitigazione che si intendono adottare;
- il programma di monitoraggio.

Dal punto di vista temporale le lavorazioni in cantiere saranno eseguite in corrispondenza dei periodi di riferimento diurno e notturno.

Nel periodo notturno saranno attive solamente le attività collegate allo scavo della galleria (trasporto dello smarino all'esterno tramite nastri, impianto di ventilazione della galleria, impianto di frantumazione e vagliatura presente all'interno di un capannone prefabbricato in c.a.p), mentre nel periodo diurno saranno attive, oltre alle precedenti, anche le sorgenti operanti nelle varie aree di cantiere (movimentazione materiali, passaggio mezzi, impianto betonaggio etc.).

Il presente documento è così articolato:

- una parte introduttiva in cui si riporta la caratterizzazione geografica del sito, una sintesi della normativa di riferimento e la caratterizzazione acustica del territorio;
- la seconda parte con una stima previsionale delle possibili vibrazioni indotte dai diversi metodi di scavo;
- la terza parte in cui si stimano i potenziali impatti sul clima acustico in fase di cantiere.

1.1 Sintesi del progetto

La descrizione del progetto che segue è da leggersi congiuntamente all'analisi degli elaborati di progetto a cui si fa riferimento implicito.

Il progetto prevede la realizzazione di una galleria di scolmo in grado di allontanare dall'alveo naturale del torrente Bisagno la portata in occasione di eventi di piena.

L'intervento oggetto dell'affidamento di progettazione esecutiva comprende nello specifico:

- l'opera di sbarramento e presa sul torrente Bisagno;
- la galleria scolmatrice delle acque di piena con sviluppo complessivo di ~6500 m;
- realizzazione nuova passerella pedonale.
- briglia di trattenuta corpi galleggianti di monte;
- gli interventi connessi allo sbocco a mare presso la spiaggia di San Giuliano;

L'opera di sbarramento in alveo è collocata a monte del ponte Ugo Gallo ed è caratterizzata da una larghezza di 65 m ed è presidiata da tre paratoie a settore.

La derivazione dell'acqua di piena avverrà mediante uno sfioratore a soglia fissa posto in sinistra idrografica, di lunghezza pari a ~110 m e larghezza variabile.

Lo sfioratore fa defluire le acque di piena nella galleria scolmatrice.

La galleria inizia il suo percorso 175 m a monte del ponte Ugo Gallo, in corrispondenza di Via Merello, e termina all'altezza di Corso Italia, in prossimità dello stabilimento balneare Benvenuto.

Inoltre l'intervento prevede una briglia a monte dello sfioratore con un filtro avente la funzione di operare una selezione granulometrica del materiale trasportato dalla corrente.

L'opera di sbocco a mare consentirà il deflusso delle portate scolmate anche in occasione di avverse condizioni meteomarine.

2 ANALISI DEL QUADRO LEGISLATIVO

2.1 ACUSTICA

2.1.1 Normativa Nazionale

- **Legge 26 ottobre 1995 n. 447 - "Legge quadro sull'inquinamento acustico"**

La legge quadro del 26 ottobre 1995 stabilisce i principi fondamentali dell'inquinamento acustico dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo, dovuto alle sorgenti sonore fisse e mobili. Viene effettuata, inoltre, una puntuale ripartizione delle competenze tra Stato, Regioni e Comuni.

- **D.P.C.M. 1 marzo 1991 – "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"**

Con questo decreto si introduce, per la prima volta in Italia, il concetto di zonizzazione acustica del territorio, individuando le sorgenti di rumore e suddividendo il territorio i sei classi, a cui corrispondono valori limite da rispettare nei periodi diurno e notturno, definite in funzione della destinazione d'uso prevalente, della densità abitativa e delle caratteristiche del flusso veicolare.

CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE	
CLASSE I	**Aree particolarmente protette** Aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per l'utilizzazione, quali aree ospedaliere, scolastiche, residenziali rurali, aree di particolare interesse naturalistico, ricreativo, culturale, archeologico, parchi naturali e urbani.
CLASSE II	**Aree prevalentemente residenziali** Aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, limitata presenza di attività commerciali, totale assenza di attività industriali ed artigianali.
CLASSE III	**Aree di tipo misto** Aree urbane interessate da traffico veicolare di tipo locale e di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, con limitata presenza di attività artigianali e totale assenza di attività industriali. Aree rurali, interessate da attività che impiegano macchine operatrici.
CLASSE IV	**Aree di intensa attività umana** Aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, elevata presenza di attività commerciali ed uffici, presenza di attività artigianali, aree in prossimità di strade di grande comunicazione, di linee ferroviarie, di aeroporti e porti, aree con limitata presenza di piccole industrie.
CLASSE V	**Aree prevalentemente industriali** Aree interessate da insediamenti industriali presenza di abitazioni.
CLASSE VI	**Aree esclusivamente industriali** Aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Tabella 1 – Tabella Classi acustiche territorio

- **D.P.C.M. 14 novembre1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"**

Il DPCM del 14 novembre 1997 Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore, integra le indicazioni normative in tema di disturbo da rumore espresse dal DPCM 1 marzo 1991 e dalla successiva legge quadro n° 447 del 26 ottobre 1995 e introduce i valori limite di emissione, con lo scopo di adeguare i provvedimenti in materia di limitazione delle emissioni sonore alle indicazioni fornite dall'Unione Europea.

Valori limite di emissione

I valori limite di emissione, intesi come valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, come da art. 2, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995 n°447, sono riferiti alle sorgenti fisse e a quelle mobili. I rilievi fonometrici devono essere effettuati in corrispondenza dei luoghi o spazi utilizzati da persone o comunità.

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempo di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturno (22.00-06.00)
I - Aree particolarmente protette	45 dB(A)	35 dB(A)
II - Aree prevalentemente residenziali	50 dB(A)	40 dB(A)
III - Aree di tipo misto	55 dB(A)	45 dB(A)
IV - Aree di intensa attività umana	60 dB(A)	50 dB(A)
V - Aree prevalentemente industriali	65 dB(A)	55 dB(A)
VI - Aree esclusivamente industriali	65 dB(A)	65 dB(A)

Tabella 2 – Valori limiti di emissione

Valori limite di immissione

Il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori.

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempo di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturno (22.00-06.00)
I - Aree particolarmente protette	50 dB(A)	40 dB(A)
II - Aree prevalentemente residenziali	55 dB(A)	45 dB(A)
III - Aree di tipo misto	60 dB(A)	50 dB(A)
IV - Aree di intensa attività umana	65 dB(A)	55 dB(A)
V - Aree prevalentemente industriali	70 dB(A)	60 dB(A)
VI - Aree esclusivamente industriali	70 dB(A)	70 dB(A)

Tabella 3 – Valori limiti di immissione

Valori limite differenziale di immissione

I valori limite differenziali di immissione, definiti all'art. 2, comma 3, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono: 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno, all'interno degli ambienti abitativi. Normalmente si assume che, sebbene a rigore tale verifica andrebbe effettuata all'interno delle abitazioni, il rispetto del limite differenziale verificato all'esterno degli edifici sia garanzia sufficiente anche per il rispetto di tale limite all'interno.

Il criterio differenziale non si applica nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore e' da ritenersi trascurabile:

- nelle aree classificate nella classe VI della tabella A allegata al presente decreto.
- se il rumore ambientale misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;
- se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

Il criterio differenziale non si applica nei seguenti ulteriori casi:

- alla rumorosità prodotta: dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime;
- da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali;
- da servizi e impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.

- **D.M. 16 marzo 1998** "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico"

Questo decreto ha sostituito l'allegato "A" al DPCM 1 marzo 1991, ed ha introdotto numerose innovazioni e complicazioni alle tecniche di rilievo.

Misure in esterno

Nel caso di edifici con facciata a filo della sede stradale, il microfono deve essere collocato a 1 m dalla facciata stessa. Nel caso di edifici con distacco dalla sede stradale o di spazi liberi, il microfono deve essere collocato nell'interno dello spazio fruibile da persone o comunità e, comunque, a non meno di 1 m dalla facciata dell'edificio. L'altezza del microfono sia per misure in aree edificate che per misure in altri siti, deve essere scelta in accordo con la reale o ipotizzata posizione del ricettore.

Presentazione dei risultati

I risultati dei rilevamenti devono essere trascritti in un rapporto che contenga almeno i seguenti dati:

a) data, luogo, ora del rilevamento, condizioni meteorologiche, velocità e direzione del vento;
b) tempo di riferimento, di osservazione e di misura;
c) strumentazione impiegata, relativo grado di precisione e del certificato di verifica della taratura;
d) i livelli di rumore rilevati;
e) classe di destinazione d'uso alla quale appartiene il luogo di misura;
f) le conclusioni;
g) elenco nominativo degli osservatori che hanno presenziato alla misurazione;
h) identificativo e firma leggibile del tecnico competente che ha eseguito le misure.

2.1.2 Normativa regionale

- **Legge regionale 20 marzo 1998 n. 12**

"Disposizione in materia di inquinamento acustico"

Questa legge stabilisce le competenze, gli obblighi e le interazioni procedurali di Regione, Province e Comuni.

In particolare riporta l'obbligo per i Comuni di procedere alla classificazione acustica del territorio (art. 2, comma 2, lettera a):

"I Comuni…procedono alla classificazione del proprio territorio nelle zone previste dalle vigenti disposizioni per l'applicazione dei valori di cui all'articolo 2, comma 1 della L. 447/1995";

L'art. 7, comma 2, stabilisce l'obbligo per i Comuni ad effettuare una classificazione acustica del territorio priva di discontinuità, con classi contigue aventi sempre limiti "di accettabilità" distanti non più di 5 dB:

"E' fatto divieto di prevedere la contiguità di aree anche appartenenti a Comuni confinanti, i cui limiti di accettabilità del rumore si discostino in misura superiore a 5 dB(A) di livello sonoro equivalente".

Nella legge si ribadisce anche che, qualora sia impossibile evitare tali discontinuità, spetta al Comune dotarsi di idoneo piano di risanamento acustico, onde garantire comunque il raggiungimento dei limiti.

Viene inoltre ribadito che i Comuni hanno l'obbligo di verificare la compatibilità acustica con i limiti vigenti in occasione del rilascio di concessioni edilizie o autorizzazioni all'esercizio di attività.

- **Deliberazione di Giunta regionale n.2510 del 18 dicembre 1998**

Definizione degli indirizzi per la predisposizione di regolamenti comunali in materia di attività all'aperto e di attività temporanee di cui all'art. 2, comma2, lettera l), l.r. 12/1998 (Disposizioni in materia di inquinamento acustico)

Per le attività rumorose svolte all'aperto di cui all'art. 12, comma 1, della l.r. n. 12/1998, devono essere adottati adeguati provvedimenti per ridurre al minimo le emissioni acustiche. La dislocazione, l'utilizzo e la manutenzione degli impianti, delle apparecchiature, degli attrezzi e delle macchine di ogni genere devono garantire la massima riduzione del disturbo.

Il Comune può, nell'ambito delle deroghe previste all'art. 12, comma 2, della l.r. n. 12/1998, escludere l'applicazione del criterio differenziale e dei fattori correttivi del rumore ambientale.

Tutte le attività rumorose temporanee debbono essere autorizzate.

Si definisce attività rumorosa temporanea qualsiasi attività costituita da lavori, manifestazioni o spettacoli, che si svolga in siti per loro natura non permanentemente e non esclusivamente destinati a tale attività rumorosa che, per tipo di lavorazione, caratteristiche degli impianti, delle apparecchiature e delle macchine, comporti livelli sonori, misurati come livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A [L Aeq] ad 1 metro di distanza dalla sorgente, superiori a 80 dB(A).

Attività temporanee di cantieri

1. Le attività dei cantieri svolte in deroga ai limiti di cui all'art. 2 della l. 447/95 dovrebbero essere di norma limitate ai giorni feriali e l'orario di svolgimento delle stesse dovrebbe essere contenuto tra le ore 08.00 e le ore 19.00.

2. Per le attività temporanee di cantieri che comportano il superamento dei valori di cui all'art. 2 della legge n° 447/1995, il valore limite massimo di immissione misurato in facciata dell'edificio più esposto non dovrebbe superare:

- *70 dB(A) limitatamente agli intervalli lavorativi concessi, nella fascia oraria dalle ore 8.00 alle ore 19.00;*
- *80 dB(A) limitatamente a fasce orarie esplicitamente stabilite e ricomprese tra le ore 09.00 e le ore 12.00 e tra le ore 15.00 e le ore 19.00; potrebbero essere autorizzate fasce orarie pomeridiane diverse, purché di durata complessiva non superiore alle quattro ore, qualora la situazione locale e/o il periodo stagionale lo consentano.*

Limiti superiori potranno essere concessi per particolari tipologie di attività e di macchinari, qualora gli interventi di contenimento o riduzione del rumore adottabili non consentano la riduzione dell'esposizione dei soggetti esterni al cantiere. Tali limiti dovranno essere permessi per periodi il più possibile limitati, da individuarsi nelle fasce orarie dalle ore 09.00 alle ore 12.00 e dalle ore 15.00 alle ore 19.00.

Fasce orarie più restrittive potrebbero essere previste qualora la rumorosità interessi edifici scolastici, ospedalieri e simili.

L'esclusione del criterio differenziale e dei fattori correttivi del rumore ambientale è da considerarsi di regola implicita nel provvedimento autorizzatorio. L'applicazione del criterio differenziale e dei fattori correttivi potrà essere imposta qualora lo richiedano particolari esigenze, in ragione dello stato dei luoghi e della natura dei rumori.

Particolari deroghe potranno essere concesse in relazione a lavori che producano livelli non tecnicamente riducibili, soprattutto in relazione alla trasmissione del rumore per via solida.

3. Le emissioni sonore e le lavorazioni dovranno essere sospese, a semplice richiesta verbale, ogni qual volta i soggetti incaricati di effettuare rilevamenti acustici da parte di Enti Pubblici, lo ritengano necessario.

4. Potrebbero essere inoltre formulate, nel provvedimento autorizzatorio, le seguenti prescrizioni:

a) utilizzo di macchinari rispondenti a quanto previsto dalla normativa tesa al ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri della U.E.;

b) esclusione di tutte le operazioni rumorose non strettamente necessarie all'attività di cantiere e conduzione di quelle necessarie con tutte le cautele atte a ridurre al minimo l'impatto acustico (es. divieto d'uso contemporaneo di macchinari particolarmente rumorosi);

c) tempestiva esecuzione della manutenzione dei dispositivi meccanici al fine di evitare il superamento dei livelli sonori previsti in sede di omologazione;

d) messa in opera, laddove lo spazio lo consenta ed in relazione alla durata delle attività di cantiere, di adeguati schermi fonoisolanti e/o fonoassorbenti sulla recinzione del cantiere o a protezione dei singoli macchinari di maggiore impatto acustico.

5. Il Comune può prevedere nel Regolamento, per cantieri la cui attività abbia durata particolarmente protratta, eccedente un numero di giorni fissato nel Regolamento stesso, che l'impresa proceda, tramite il tecnico competente di cui all'art. 2 legge 447/95, all'esecuzione di rilevamenti fonometrici atti a verificare il rispetto delle prescrizioni fissate nel provvedimento autorizzatorio. L'esito dei rilievi e le eventuali osservazioni ed indicazioni per una migliore gestione acustica del cantiere, formulate da parte del tecnico stesso, dovranno essere tenute disponibili presso il cantiere per eventuali verifiche da parte degli organi competenti al controllo. I rilievi saranno ripetuti con cadenza da stabilirsi, da parte del Comune, nel provvedimento autorizzatorio, in relazione alle varie fasi di avanzamento del cantiere.

6. I lavoratori del cantiere devono essere informati circa il contenuto dell'autorizzazione e delle prescrizioni impartite dal Comune.

- **Deliberazione della Giunta regionale n. 534 del 28 maggio 1999**

Criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della documentazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 2, comma 2, della l.r. 20.3.1998, n. 12

Particolarmente rilevante è l'emanazione delle note tecniche contenenti i criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico. Esse sono state approvate tramite la Deliberazione della Giunta Regionale n. 534 del 28-05-1999 e sono state pubblicate sul Bollettino Ufficiale della Regione Liguria N. 24 del 16-6-1999.

In tale documento accessorio alla Legge Regionale vengono precisate tutte le informazioni che vanno obbligatoriamente riportate nello studio di impatto acustico ed in particolare si specifica l'obbligatorietà che lo stesso contenga:

- *descrizione tipologica delle attività di nuovo insediamento;*
- *planimetria dell'area con localizzazione delle sorgenti sonore;*
- *zonizzazione acustica proposta dall'estensore dello studio, se essa non è ancora stata adottata dal Comune competente;*
- *indicazione dei limiti di emissione, immissione e qualità per ciascun potenziale recettore;*
- *valutazione del clima acustico esistente (stato zero) sulla base di rilevamenti fonometrici;*
- *caratterizzazione acustica della emissione delle sorgenti sonore;*
- *caratterizzazione acustica degli elementi costruttivi di progettata realizzazione;*
- *valutazione del traffico veicolare esistente nell'area e stima delle modifiche previste in seguito alla realizzazione dell'opera;*
- *descrizione della metodica di calcolo impiegata per la valutazione dell'impatto acustico;*

- *stima dei livelli sonori prodotti dall'opera progettata e confronto con i valori limite;*
- *descrizione delle eventuali opere di mitigazione necessarie per il rispetto dei limiti;*
- *programma dei rilevamenti fonometrici di verifica dei livelli sonori effettivamente conseguiti in seguito alla realizzazione delle opere.*

- **Deliberazione della Giunta regionale n. 1585 del 23 dicembre 1999**

"Definizione dei criteri per la classificazione acustica e per la predisposizione ed adozione dei piani comunali di risanamento acustico - Soppressione artt. 17 e 18 delle disposizioni approvate con DGR 1977 del 16.6.1995"

- **Deliberazione di Giunta regionale n.752 del 28 giugno 2011**

"Modifica della DGR n.2510 del 18 dicembre 1998"

D E L I B E R A per i motivi di cui in premessa 1) di modificare la propria deliberazione n. 2510 del 18.12.1998 come segue: a) all'art. 6 comma 1 le parole "ore 22.00" sono sostituite dalle parole "ore 00.30" b) all'art.6 comma 2 dopo le parole 30 giorni, sono aggiunte le seguenti: "Per particolari esigenze locali, anche legate alla eventuale vocazione turistica del territorio e compatibilmente con le caratteristiche urbanistiche ed infrastrutturali dell'area il Comune può concedere autorizzazioni per singole attività temporanee per un numero di giorni non superiore a 60 nel corso dell'anno."

2.1.3 *Regolamenti Comunali*

- **Regolamento polizia urbana – Comune di Genova**

Adottato con deliberazione Consiglio comunale n. 32 14/06/2011
Modificato con deliberazione del Consiglio comunale n. 65 del 24/09/2013
In vigore da 16 ottobre 2013

TITOLO VI – QUIETE PUBBLICA E PRIVATA
Art. 30 – Tutela della quiete pubblica e privata
1. Il Comune concorre ad assicurare il diritto costituzionalmente garantito alla salute tutelando la quiete e la tranquillità delle persone, quale presupposto della qualità della vita, della convivenza civile e della coesione sociale.
Art. 31 – Esercizio di attività rumorose
1. Ferme restando le disposizioni contenute nelle leggi statali e regionali è vietato, nella fascia oraria compresa tra le ore 23:00 e le ore 07:00, ovvero le ore 09:00 dei giorni festivi, porre in essere azioni o esercitare una attività, un'arte, un mestiere, che per il loro svolgimento producano comunque emissioni sonore, in ogni caso si deve usare ogni accorgimento per evitare che tali emissioni sonore siano distintamente percepite in altri ambienti, siano essi luoghi pubblici o private dimore.

2. Sono fatte salve le speciali autorizzazioni in deroga rilasciate dagli uffici comunali competenti.

3. Nei cantieri di lavoro edili e stradali l'uso di strumenti o macchine (es. escavatori, gru, martelli pneumatici, compressori, impastatrici, ecc.) che producono suoni o rumori è soggetto a specifica autorizzazione degli uffici comunali ai sensi ed agli effetti della normativa vigente in materia.

Art. 38 – Trasporto di materiali rumorosi

1. Nelle fasce orarie di cui al comma 1 dell'art. 31 - Esercizio attività rumorose, del Regolamento, il trasporto di lastre, verghe, spranghe metalliche ed altri oggetti rumorosi deve essere effettuato in modo da attenuare quanto più è possibile il rumore che ne deriva.

- **Autorizzazioni per attività temporanee rumorose per cantieri edili – Comune di Genova**

Per l'avvio di un'attività rumorosa temporanea relativa a cantieri edili, occorre richiedere un'autorizzazione in deroga ai vigenti limiti di rumorosità imposti dalla legge.

Come ottenere le autorizzazioni

E' possibile ottenere l'autorizzazione in tempo reale, mediante una procedura on-line per le attività che rispettano le seguenti condizioni:

1. già a livello previsionale l'intensità rumorosa è al massimo 80 dBA in facciata dell'edificio più esposto;
2. la durata del cantiere è al massimo di 365 giorni consecutivi;
3. le operazioni che comportano l'uso di macchinari e/o attrezzature rumorose si svolgono esclusivamente nei giorni dal lunedì al venerdì, con esclusione dei giorni festivi;
4. gli orari di esercizio dell'attività rumorosa temporanea sono ricompresi nei seguenti orari dalle 8 alle 12 e dalle 13 alle 19.

Se il cantiere edile rispetta tali vincoli, l'autorizzazione può essere richiesta attraverso la compilazione del modulo AC 012 da presentare all'ufficio unitamente alla documentazione richiesta in duplice originale. In alternativa è necessario compilare la domanda di richiesta, relativa alla tipologia di attività, utilizzando il modulo AC 004 ed allegando:

- planimetrie;
- dati fonometrici dei macchinari e impianti utilizzati;
- relazione di un tecnico competente in acustica ambientale (nei casi in cui questa sia richiesta nella modulistica)

Proroghe, variazioni ed ampliamenti di attività già autorizzate

Per le attività già autorizzate, può essere richiesta la proroga, variazione e/o ampliamento presentando una nuova documentazione ed il relativo modulo di richiesta.

Per le autorizzazioni ottenute con la procedura on line, è possibile prevedere una sola proroga ad eccezione di quelle rilasciate per opere interne che, invece, non possono essere prorogate.

Durata

Il provvedimento autorizzativo dura tanti giorni consecutivi quanti sono stati richiesti nell'istanza e/o indicati nel provvedimento autorizzativo per un massimo di 365 giorni prorogabili.

L'autorizzazione prende validità a seguito dell'attivazione del provvedimento, presso l'uffico Attività Rumorose Temporanee.

L'Autorizzazione dovrà essere attivata entro sei mesi dal suo rilascio.

Tempi e Iter

La domanda viene valutata dall'ufficio Acustica che può richiedere chiarimenti e/o integrazioni. Per ottenere un provvedimento autorizzativo in deroga ai vigenti limiti relativi all'inquinamento acustico, occorrono mediamente:

30 giorni in procedura ordinaria

Direzione Ambiente e Igiene
Settore Igiene e Acustica
U.O.C. Acustica - Ufficio Attività Rumorose Temporanee
Via Di Francia 1, 16149 Genova
e-mail ambiente@comune.genova.it

2.2 VIBRAZIONI

La valutazione delle vibrazioni può essere condotta utilizzando gli standard appositamente elaborati sia in sede internazionale (ISO) sia in sede nazionale (UNI), nonché dei valori limite scaturiti da prove sperimentali.

2.2.1 Normativa comunitaria

- **ISO 2631/1** (1997) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 1
- **ISO 2631/2** (2003) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo - Parte 2
- **ISO 4866** (1990) Vibrazioni meccaniche ed impulsi - Vibrazioni degli edifici - Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici.
- **DIN 4150-3 1999** Le vibrazioni nelle costruzioni Parte 3: Effetti sui manufatti

2.2.2 Normativa nazionale

- **UNI 11048** (2003) Vibrazioni meccaniche ed urti - metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della Valutazione del disturbo
- **UNI 9916** (2014) Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.

Velocità di picco puntuale ("peak particle velocity")

La velocità di picco puntuale (p.p.v.) è definita come il valore massimo del modulo del vettore velocità misurato in un dato punto, o ottenuto per integrazione.

La determinazione della velocità di picco puntuale (p.p.v.) richiede la misurazione simultanea delle tre componenti mutuamente perpendicolari della velocità nel punto considerato (di solito due componenti orizzontali e la verticale).

Le tre componenti devono essere combinate vettorialmente per determinare, istante per istante, il modulo della velocità risultante, che deve essere confrontato con il valore della velocità di soglia di riferimento, stabilito dalla normativa.

Valori di riferimento da normativa SN 640312 a "Effet des ébranlements sur les constructions", 1992

La norma riguarda le vibrazioni provocate nelle costruzioni dallo scoppio di mine, dalle attività di macchine di cantiere e dal traffico su strada e ferroviario. La norma non è applicabile alle vibrazioni di frequenza minore di 8 Hz. La norma non riguarda gli effetti indiretti alle vibrazioni, quali, per esempio, eventuali cedimenti del terreno su cui poggia l'edificio.

Nel prospetto sono indicati i valori di riferimento, al di sotto dei quali piccoli danni sono poco probabili.

I valori sono applicabili ai tipi di costruzioni ivi descritti. Sono considerati i casi di vibrazioni occasionali (numero di oscillazioni eccedenti il 70% del valore di velocità di riferimento maggiore di 1 000), frequenti (numero di oscillazioni compreso tra 1 000 e 100 000) e permanenti (numero di oscillazioni maggiori di 100 000).

Valori di riferimento della velocità di vibrazione (p.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni transitorie sulle costruzioni

Classe	Tipo di costruzione	Esposizione	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.p.v. in mm/s		
			Posizioni di misura *)		
			Da 8 Hz fino a 30 Hz*)	Da 30 Hz fino a 60 Hz	Da 60 Hz fino a 150 Hz
A	Costruzioni molto poco sensibili (per esempio ponti, gallerie, fondazioni di macchine)	Occasionale Frequente Permanente	Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C
B	Costruzioni poco sensibili (per esempio edifici industriali in cemento armato o metallici) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata	Occasionale Frequente Permanente	Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C	Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C
C	Costruzioni normalmente sensibili (per esempio edifici d'abitazione in muratura di cemento, cemento armato o mattoni, edifici amministrativi, scuole, ospedali, chiese in pietra naturale o mattoni intonacati) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata	Occasionale Frequente Permanente	15 6 3	20 8 4	30 12 6
D	Costruzioni particolarmente sensibili (per esempio monumenti storici e soggetti a tutela) case con soffitti in gesso, edifici della classe C nuovi o ristrutturati di recente	Occasionale Frequente Permanente	Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà	Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà	Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà
*)	Le posizioni di misura devono essere scelte sugli elementi rigidi della struttura portante o dove sono attesi i maggiori effetti delle vibrazioni.				

Tabella 4 – Valori di riferimento della velocità di vibrazione

Nel caso più generale, la risposta di un edificio o dei suoi elementi strutturali sottoposti ad eccitazione dinamica e, quindi, il danno potenziale che questa può produrre, dipendono, oltre che dal contenuto spettrale dell'eccitazione stessa, dalle caratteristiche dinamiche dell'edificio. Sarebbe dunque necessario ottenere una documentazione completa sull'edificio, prima di dare una valutazione del rischio di danno connesso con il fenomeno vibratorio in esame. In particolare l'attenzione dovrebbe essere concentrata sui seguenti aspetti: - caratteristiche costruttive dell'edificio; - stato di conservazione; - caratteristiche delle fondazioni ed interazione con il terreno. Tuttavia, in relazione agli obiettivi dell'indagine (vedere "Premessa"), lo studio della risposta degli edifici può essere affrontato in maniera più o meno approfondita e il livello di dettaglio della conoscenza degli aspetti sopra elencati può essere, quindi, più o meno accurato.

Così, per esempio, lo studio finalizzato al riconoscimento del problema, per rispondere alla domanda se i livelli di vibrazioni possano essere potenzialmente pericolosi oppure no, ovvero alla verifica dei livelli di vibrazione rispetto a riferimenti noti o imposti, può essere limitato alla sola misurazione, in punti prestabiliti, dei valori di picco delle vibrazioni ed al calcolo approssimato delle frequenze naturali, ricorrendo a metodi empirici basati sulla tipologia e sulla conoscenza dei rapporti geometrici dell'edificio.

Caratteristiche costruttive dell'edificio:

La tipologia costruttiva, i materiali impiegati, le caratteristiche inerziali e di rigidezza determinano la risposta dell'edificio all'eccitazione agente e la sua capacità di sopportare le sollecitazioni dinamiche. Con riferimento a questi aspetti si adotta, nell'ambito della presente norma, la classificazione semplificata degli edifici in tre

categorie indicata in 3.1; è evidente però che è sempre opportuno, quando possibile, effettuare una caratterizzazione più dettagliata dell'edificio attraverso, per esempio, l'individuazione delle frequenze proprie e degli smorzamenti associati. Tale individuazione può essere ottenuta mediante l'analisi della risposta dell'edificio sottoposto ad eccitazione di debole intensità. L'eccitazione può essere di tipo ambientale o forzato, con contenuto energetico spettrale distribuito su una banda di frequenze sufficientemente larga da eccitare il numero desiderato di modi di vibrare della struttura.

Stato di conservazione dell'edificio:

Mentre lo stato di conservazione dell'edificio non influisce in modo sostanziale sulla risposta (le caratteristiche modali hanno, infatti, variazioni significative in termini di frequenze proprie e di smorzamenti soltanto in caso di alterazioni strutturali rilevanti), esso può essere di notevole influenza sull'entità del danno che le vibrazioni possono provocare. Il degrado si manifesta con la presenza di cavillature, lesioni, distacchi di intonaco, in genere dovuti a cause diverse dalle vibrazioni (per esempio d'origine termica, dovute a cedimenti in fondazione o all'aggressione dell'ambiente, ecc.); queste cause possono determinare uno stato di sollecitazione locale elevato al quale viene a sovrapporsi la sollecitazione dinamica. È dunque sempre auspicabile una verifica diretta del quadro fessurativo e deformativo esistente, per identificare eventuali fenomeni di degrado in atto e le loro cause.

Caratteristiche delle fondazioni e interazione con il terreno

Le caratteristiche del terreno e la tipologia e le dimensioni delle fondazioni possono influire in modo importante sull'ampiezza della risposta. I principali meccanismi, attraverso i quali quest'influenza si manifesta, sono descritti nei punti da 5.3.1 a 5.3.3.

Propagazione del moto nel terreno

L'energia immessa nel terreno dalla sorgente, quando questa è esterna all'edificio, genera onde "elastiche" che raggiungono la fondazione modificandosi nel loro contenuto spettrale per effetto delle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno attraversato. Il fenomeno si traduce, nella generalità dei casi, in un'attenuazione dell'intensità del moto, man mano che ci si allontana dalla sorgente, per effetto delle proprietà dissipative del terreno e per un effetto geometrico. Usualmente tale fenomeno è più sensibile per le componenti del moto alle alte frequenze e nei terreni incoerenti e di tipo sciolto e dà quindi luogo ad uno spettro (del moto alla base) caratterizzato da un contenuto spettrale più ricco in basse frequenze.

In alcuni casi, quando si è in presenza di condizioni stratigrafiche particolari, possono verificarsi fenomeni di risonanza che tendono ad amplificare alcuni valori spettrali rispetto ad altri

Dimensioni delle fondazioni

Quando la lunghezza d'onda delle componenti del moto generato dalla sorgente diviene comparabile o è inferiore alle dimensioni dell'edificio (condizione che può ragionevolmente verificarsi per le componenti in alta frequenza e per edifici di grandi dimensioni) il moto alla base si presenta con un andamento temporale differente da punto a punto. Fondazioni massicce, molto rigide, possono avere una funzione di filtro per le componenti in alta frequenza. Di tali fenomeni occorre tenere conto in fase di scelta delle posizioni di misurazione del moto in fondazione.

Assestamenti nelle fondazioni

In qualche caso, in particolare per fondazioni su terreno scadente o di riporto, si possono verificare, per un fenomeno di compattazione del terreno accelerato dalle vibrazioni, piccoli assestamenti che possono essere causa di formazione di lesioni o fessure nell'edificio. Fenomeni più importanti di liquefazione e quindi di perdita di capacità portante del terreno che sono da mettere in conto solo per eccitazioni di grande intensità (per esempio terremoti) esulano dall'oggetto della presente norma. Lo studio della propagazione delle onde nel terreno e dell'interazione fra struttura e terreno è in genere molto complesso ed esige un'approfondita conoscenza di tutti i parametri d'interesse (densità, curva sforzi-deformazioni, velocità di propagazione delle onde elastiche, ecc.) che possono essere determinati in laboratorio su un appropriato campione (volume di terreno non disturbato) o con specifiche prove in campo. In considerazione della complessità del problema, per ottenere indicazioni sulle caratteristiche del moto alla base, è consigliabile procedere alla misurazione diretta delle grandezze d'interesse, evitando, ove possibile, calcoli analitici.

- **UNI 9670** (prima edizione 1990) Risposta degli individui alle vibrazioni - Apparecchiatura di misura.
- **UNI 9513** (1989) Vibrazioni e Urti. Vocabolario
- **UNI 9614** (2017) Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI CANTIERE

3.1 Localizzazione

La realizzazione del secondo lotto dello scolmatore del Bisagno prevede in fase di cantieristica due aree di cantiere.

La prima area di cantiere a monte per l'opera di presa del Bisagno e la seconda per lo sbocco a mare.

In accordo con il Comune di Genova è stato concordato di utilizzare quale area di cantiere principale a monte il sedime dell'ex canile Comunale (ubicato circa 450 m a valle dell'area sportiva Sciorba), con relativa possibilità di realizzare da tale area la finestra di accesso al camerone di montaggio TBM.

In corrispondenza dell'area di cantiere dell'ex Canile municipale, che rappresenta la zona di accesso al sottosuolo per la realizzazione dei tronchi di galleria (di servizio, di monte verso l'opera di presa e di valle verso lo scarico a mare) si prevede la realizzazione di spazi di servizio e di installazioni temporanee finalizzate a garantire l'esecuzione delle opere minimizzando gli scambi con l'esterno ed in particolare i trasporti sulla viabilità ordinaria.

La realizzazione dell'area di cantiere avverrà a seguito della demolizione dei fabbricati attualmente presenti all'interno del perimetro i quali saranno sostituiti da un unico volume coperto di servizio destinato ad ospitare gli impianti a maggiore emissione (frantumazione, vagliatura e lavaggio dello smarino).

Sempre all'interno dell'area di cantiere si svilupperanno le attività di gestione dei materiali di scavo e le forniture di materiali per la costruzione della galleria.

La gestione dei materiali comprende i trattamenti necessari per rendere immediatamente utilizzabile lo smarino sia per la produzione del calcestruzzo sia per gli interventi di ripascimento previsti ai fini della minimizzazione dei quantitativi destinati a discarica.

A tale scopo sarà infatti installato all'interno di un edificio prefabbricato in cap, un impianto di frantumazione, lavaggio e vagliatura dell'inerte il quale, per i quantitativi necessari alla realizzazione dell'opera, sarà destinato ad alimentare l'impianto di betonaggio.

Quest'ultimo sarà posizionato inizialmente in superficie, nei pressi dell'imbocco della galleria di servizio e sarà poi trasferito all'interno della galleria in corrispondenza del camerone di montaggio della fresa di scavo.

La quota di materiale di scavo non utilizzata per il confezionamento del cls, in funzione delle proprie caratteristiche litologiche e litotecniche, variabili in funzione della tipologia di rocce attraversate durante lo scavo, sarà destinata a ripascimento degli arenili.

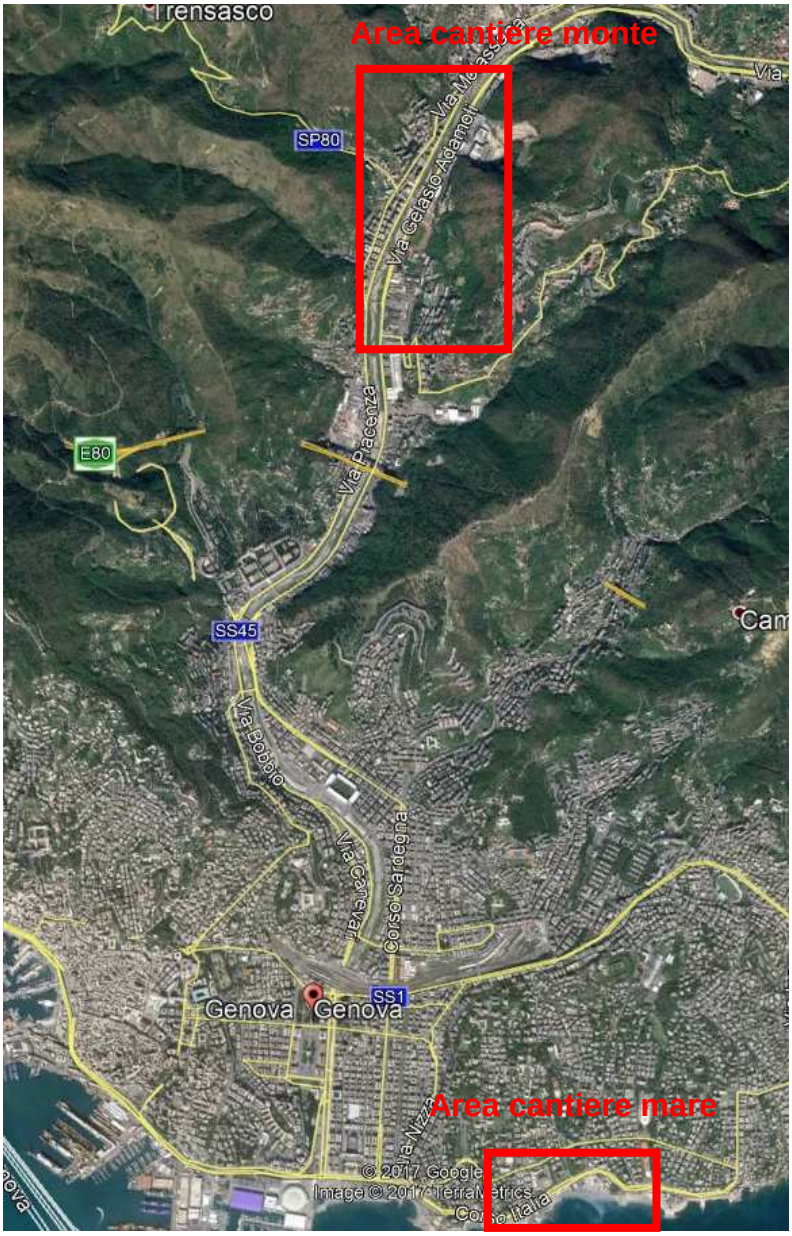


Figura 3-1 – Collocazione area di cantiere

Area cantiere monte

Il clima acustico è attualmente caratterizzato dalle emissioni:

- del traffico veicolare su Via Gelasio Adamoli e su Via Emilia (SS45);
- dalle attività produttive e commerciali presenti su Via L. Dalmazia e Via G. Adamoli;
- dal centro sportivo Sciorba;
- dal rumore di origine naturale e da attività antropiche.

La sorgente prevalente di rumore è il traffico su Via G.Adamoli con numero medio di transiti orari durante il periodo diurno di circa 1600/2000 veicoli/h.



Figura 3-2 – Collocazione area di cantiere monte

Area cantiere mare

Il clima acustico è attualmente caratterizzato dalle emissioni:

- del traffico veicolare su Corso Italia;
- dalle attività commerciali presenti sulle via adiacenti;
- dai centri sportivi in prossimità del litorale;
- dal rumore di origine naturale e da attività antropiche.

La sorgente prevalente di rumore è il traffico su Corso Italia con numero medio di transiti orari durante il periodo diurno di circa 300 veicoli/h.



Figura 3-3 – Collocazione area di cantiere mare

Classificazione acustica del territorio comunale

Si rileva che il comune di Genova dispone di un piano di classificazione acustica del territorio.

- D.C.C. 04 dicembre 2000, n.140;
- D.C.C. 18 dicembre 2001, n.162;
- D.C.C. 05 marzo 2002, n.31 e D.G.P. 24 aprile 2002, n. 234 Prot. 37322. (Classificazione acustica di Genova).

Si tratta dei provvedimenti con cui il Comune di Genova ha prima adottato, e poi approvato il proprio Piano di Classificazione Acustica. La provincia di Genova lo ha successivamente convalidato e reso operativo.

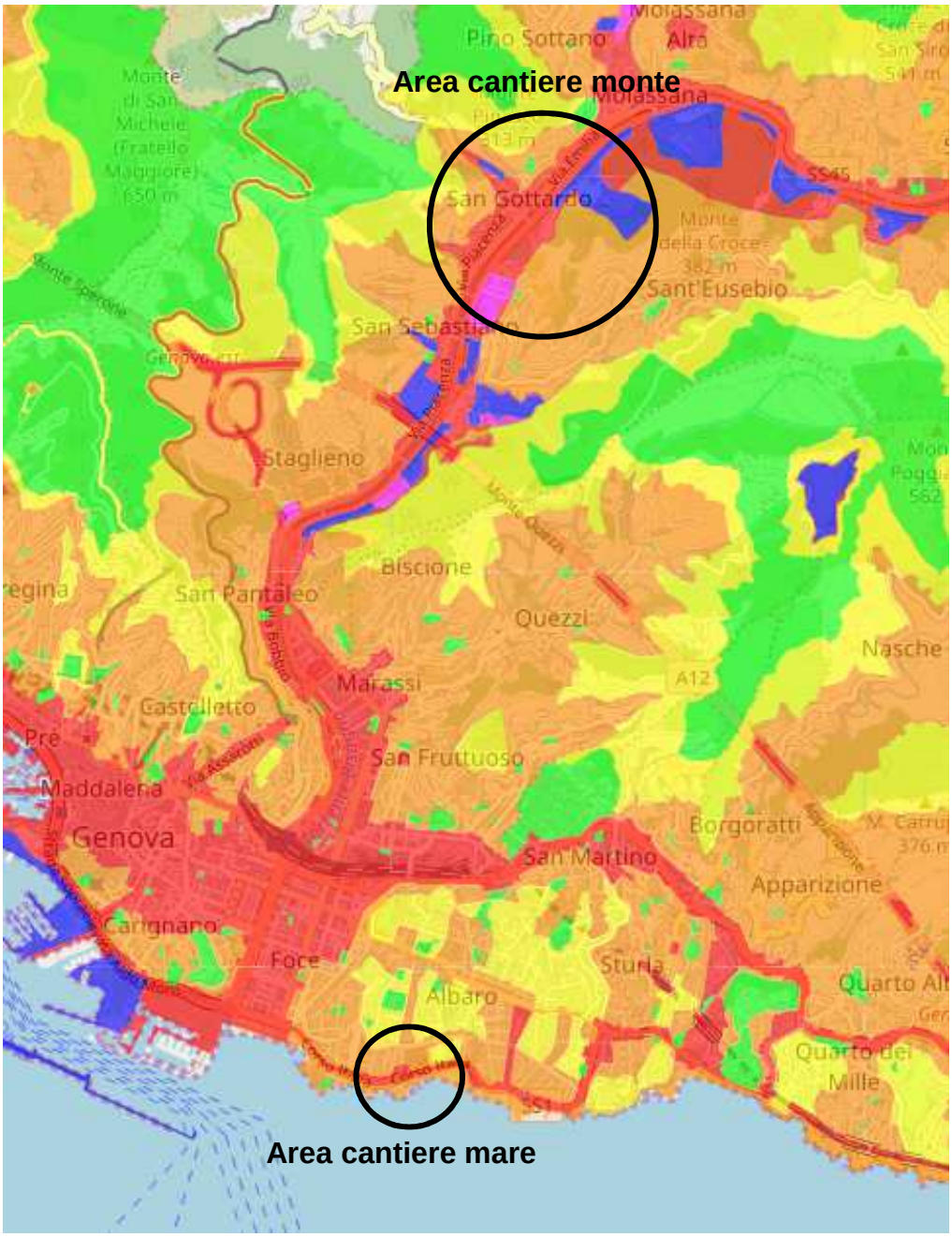


Figura 3-4 – Stralcio zonizzazione acustica

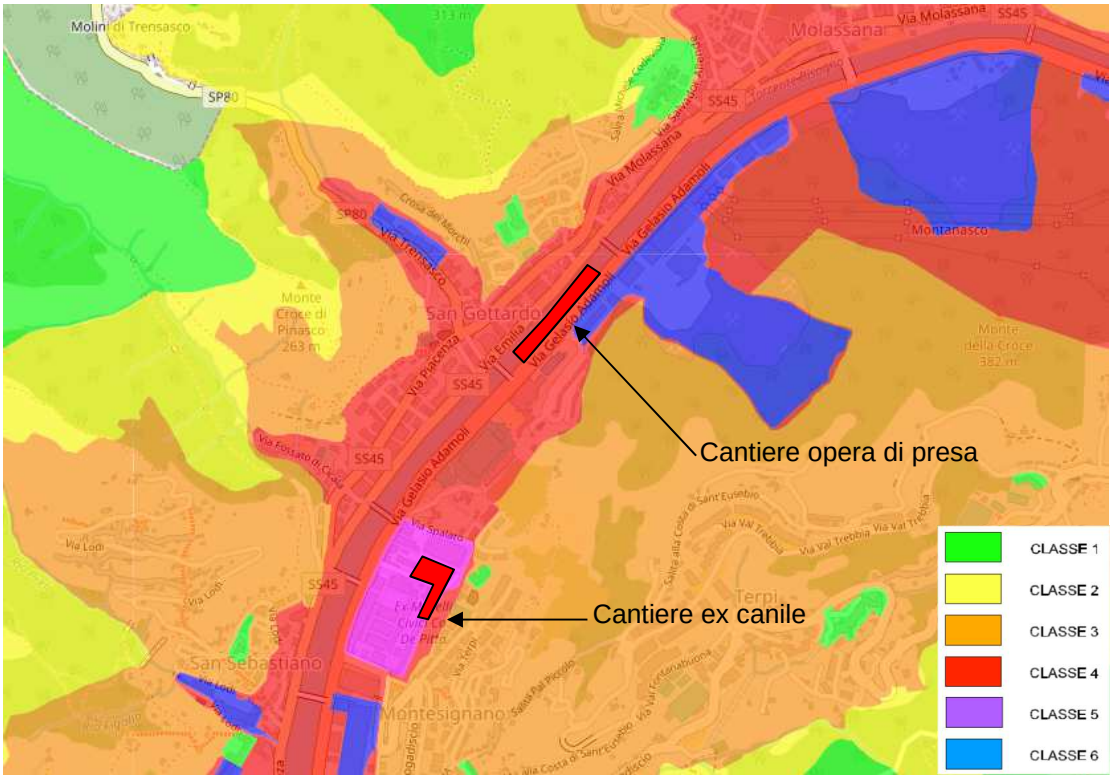


Figura 3-5 – Zonizzazione acustica Area cantiere monte



Figura 3-6 – Zonizzazione acustica Area cantiere mare

E' bene precisare che, in base a quanto previsto al punto 11 dell'allegato A del D.M. 16/03/1998, i valori di emissione ed i valori limite assoluti di immissione vanno riferiti al tempo di riferimento.

L'area cantiere ex-canile ricade in classe V (Aree prevalentemente industriali).

I recettori residenziali più vicini si trovano in classe III.

I recettori sensibili (scuola) più vicini si trovano in classe I.

L'area cantiere opera di sfioro ricade in classe IV (Aree di intensa attività umana).

I recettori residenziali più vicini si trovano in classe IV.

I recettori sensibili (scuola) più vicini si trovano in classe I.

L'area cantiere sbocco a mare ricade in classe III (Aree di tipo misto).

I recettori residenziali più vicini si trovano in classe IV e III.

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempo di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturno (22.00-06.00)
I - Aree particolarmente protette	45 dB(A)	35 dB(A)
III - Aree di tipo misto	55 dB(A)	45 dB(A)
IV - Aree di intensa attività umana	60 dB(A)	50 dB(A)
V - Aree prevalentemente industriali	65 dB(A)	55 dB(A)

Tabella 5 – Valori di emissione

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempo di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturno (22.00-06.00)
I - Aree particolarmente protette	50 dB(A)	40 dB(A)
III - Aree di tipo misto	60 dB(A)	50 dB(A)
IV - Aree di intensa attività umana	65 dB(A)	55 dB(A)
V - Aree prevalentemente industriali	70 dB(A)	60 dB(A)

Tabella 6 – Valori di immissione

4 VALUTAZIONE PREVISIONALE VIBRAZIONI

Sorgenti di vibrazione quali attività di cantiere, scoppio di mine, funzionamento di macchine e traffico stradale e ferroviario, possono essere causa di disturbo e apprensione degli occupanti di edifici e ciò può portare alla necessità di verificare se le vibrazioni siano tali da indurre o meno danni alla costruzione, soprattutto in presenza di evidenti danni architettonici generati da altre cause.

Le vibrazioni del cantiere sono dovute principalmente a scuotimenti o urti.

Le vibrazioni generate nell'area di cantiere possono trasmettersi nel terreno e da questo arrivare fin dentro ai locali degli edifici più vicini all'area di lavoro.

A differenza del rumore però, il disturbo generato dalle vibrazioni prodotte dalle lavorazioni di cantiere si attenua più rapidamente man mano che ci si allontana dalla fonte.

L'ampiezza della vibrazione dipende dalla stratigrafia del terreno, aumenta in terreni molto trasmissivi o molto compatti, l'ampiezza delle vibrazioni decresce in terreni molto fratturati e all'aumentare della distanza fra punto di misura e punto di origine della vibrazione.

Gli effetti delle vibrazioni e dei rumori trasmessi tramite il suolo possono essere descritti come movimenti percettibili dei pavimenti dell'edificio, scuotimento degli oggetti sugli scaffali o appesi alle pareti, e rumori come rombi bassi.

Le vibrazioni possono arrecare:

- danno alle strutture;
- disturbo alla popolazione.

In casi eccezionali le vibrazioni possono danneggiare gli edifici (qualora le vibrazioni siano intense, prolungate e ripetute).

In generale danni strutturali all'edificio nel suo insieme attribuibili a fenomeni vibratori sono estremamente rari e quasi sempre derivano dal concorso di altre cause.

Perché le vibrazioni possano arrecare danni strutturali è comunque necessario che le vibrazioni raggiungano livelli tali da causare, prima, fastidio e disturbo agli occupanti; sono invece frequenti altre forme di danno, di entità definita "di soglia", che, senza compromettere la sicurezza strutturale degli edifici, ne possono determinare una riduzione del valore d'uso.

I danni di soglia si presentano sotto forma di fessure nell'intonaco, accrescimenti di fessure già esistenti, danneggiamenti di elementi architettonici.

Il tema del danno delle vibrazioni negli ambienti di vita, attualmente, non è disciplinato da alcuna norma di legge in Italia.

Popolazioni o singoli che percepiscano la propria abitazione come vibrante entrano in uno stato ansioso, in un primo momento perché associano l'esperienza a qualcosa di simile ad un terremoto, con timore del crollo dell'abitazione; in un secondo tempo (visto che non c'è crollo) al danneggiamento di tutta o parte della struttura.

In questo secondo tempo inizia di regola una ispezione visiva della struttura, ispezione che può portare alla "scoperta" di lesioni filiformi o stacchi di intonaco o mattonelle a volte preesistenti l'inizio della esposizione a vibrazioni ma inosservate.

In alcune situazioni le vibrazioni, di entità relativamente elevata, possono essere tollerate.

Si tratta in genere di vibrazioni limitate nel tempo o associate a eventi di breve durata che si verificano non frequentemente.

In questi casi le lamentele possono essere convenientemente scongiurate mediante programmi di pubbliche relazioni, che possono prevedere annunci, avvisi, segnali di avvertimento, ecc..

Per quanto riguarda la sensibilità, deve essere tenuto presente che la soglia di percezione umana può variare significativamente da soggetto a soggetto.

Il 7 settembre 2017 è entrata in vigore la norma UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", che sostituisce la precedente versione (del 1990) e definisce il metodo di misurazione delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici e i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi.

La norma modifica, in modo sostanziale, la versione precedente introducendo un approccio innovativo e profondamente diverso nelle modalità di valutazione dei disturbi da vibrazione.

Essa fa riferimento alla ISO 2631-2:2003 ed alla norma norvegese NS 8176.E.

VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE PONDERATE IN FREQUENZA VALIDI PER L'ASSE z		
Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s²	dB
Aree critiche	$5{,}0\ 10^{-3}$	74
Abitazioni notte	$7{,}0\ 10^{-3}$	77
Abitazioni giorno	$10{,}0\ 10^{-3}$	80
Uffici	$20{,}0\ 10^{-3}$	86
Fabbriche	$40{,}0\ 10^{-3}$	92

Tabella 7 – Valori di immissione

VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE PONDERATE IN FREQUENZA VALIDI PER GLI ASSI x E y		
Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s²	dB
Aree critiche	$3{,}6\ 10^{-3}$	71
Abitazioni notte	$5{,}0\ 10^{-3}$	74
Abitazioni giorno	$7{,}0\ 10^{-3}$	77
Uffici	$14{,}4\ 10^{-3}$	83
Fabbriche	$28{,}8\ 10^{-3}$	89

Tabella 8 – Valori di immissione

Da un punto di vista costruttivo le gallerie naturali sono indubbiamente fra le opere di più complessa realizzazione per via dei rischi intrinseci posti dalla geologia e delle difficoltà logistiche connesse alle operazioni di scavo, di consolidamento e di smarino.

Lo scavo della galleria dello scolmatore del Bisagno avverrà adottando principalmente due metodi:

a) Il cosiddetto sistema tradizionale (esplosivo e martello idraulico per il disgaggio e per lo scavo dell'arco rovescio);
b) Il sistema meccanizzato (fresa a tutta sezione o TBM, fresa ad attacco puntuale e martello idraulico).

Galleria di servizio per accesso al camerone di montaggio della TBM

- Scavo in tradizionale
- Martello idraulico ed esplosivi.

Prima parte con martello idraulico e successivamente in funzione al profilo geologico con esplosivo.

Il martello idraulico risulta essere una macchina versatile, economica ed efficiente che rappresenta indubbiamente un metodo complementare, principalmente all'esplosivo, ideale per lo scavo di gallerie caratterizzate da profili geologici e da geometrie tali da rendere rischiosi, difficili o diseconomici altri metodi di scavo.

Galleria scolmatore del Bisagno

- Scavo in tradizionale dal camerone di montaggio fino all'alveo del Bisagno.
- Scavo con TBM dal camerone di montaggio fino allo sbocco in mare.

Gli effetti delle vibrazioni indotte durante lo scavo sono stati focalizzati sulle tratte di galleria caratterizzate da coperture inferiori a 40m.

Per ogni tratta è stata analizzata una fascia di ampiezza in pianta pari a 50m.

All'interno di queste zone sono stati esaminati i fabbricati residenziali e non con la minima distanza planimetrica e altimetrica dal tracciato della galleria,

Per tutto quanto riguarda l'inquadramento Geologico e Geomeccanico fare riferimento alle relative relazioni specialistiche incluse nel progetto esecutivo.

Raffronto delle due metodologie di scavo

TBM	Sistema Tradizionale
Maggiore produttività	Tempi più lunghi per la realizzazione della galleria
Costi elevati	Costi standard
Riduzione effetti delle vibrazioni	Rischio vibrazioni
Riduzione effetti acustici ed atmosferici	Aumento effetti acustici ed atmosferici
Maggior sicurezza per i lavoratori	Condizioni di lavoro più gravose
Allontanamento del materiale di scavo in minor tempo	Allontanamento del materiale di scavo con tempi più lunghi e con impiego di mezzi gommati
Minor impatto dei cantieri esterni	Maggior numero di cantieri esterni

Tabella 9 – Raffronto metodi di scavo

Durante gli scavi, in corrispondenza di Via Merello, per ridurre problemi di vibrazioni, non verranno usati esplosivo o martelli pneumatici ma un avanzamento con cunei idraulici per una fascia di competenza di 50m, 25m a monte e 25m a valle, in corrispondenza del recettore 87 (ricoprimento ~25m).

4.1 Analisi Geologia

Dal punto di vista geologico stratigrafico e litologico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di tre distinte formazioni che, dalla più antica alla più recente sono:

Argilliti di Montoggio

Costituite da argilliti laminate con limitate intercalazioni quarzoso arenacee e con un grado di fratturazione da medio ad elevato.

Flysch di Monte Antola

Costituito da alternanze ritmiche di calcari, calcari marnosi ed argilliti con grado di fratturazione medio ed accentuato nelle zone di disturbo tettonico.

Argille di Ortovero

Costituite da marne argillose ed argille marnose con sporadici livelli sabbioso calcarenitici.

Depositi alluvionali

Costituiti da ghiaie, ghiaie limose e ghiaie sabbiose con spessori fino a 25 – 30 m.

Coltri detritiche

Costituite da un abbondate scheletro grossolano di clasti calcarei immersi in una matrice sabbiosa o limo argillosa, gli spessori vanno da pochi metri fino a 10 – 15 m.

Depositi di spiaggia

Costituiti da depositi ciottolosi e/o rinascimenti sabbiosi artificiali.

Depositi antropici

Costituiti da materiali sciolti, eterogenei, ghiaie argillose con sabbie, frammenti calcarei a spigoli vivi, pezzi di calcestruzzo, chiodi metallici, ferri di armatura, ecc.

La galleria si sviluppa per la maggior parte del tracciato all'interno della formazione del Flysch di Monte Antola, interessato da alcune zone di taglio, in corrispondenza delle quali, l'ammasso roccioso è previsto essere intensamente fratturato.
Nel complesso l'ammasso calcareo e calcareo marnoso è costituito da bancate prevalentemente calcaree o calcareo marnose, lo stato di fratturazione della roccia non è elevato ed il valore medio di RQD è discreto.
La stratificazione, generalmente poco evidente in affioramento, è stata ben osservata e rilevata dalle carote dei sondaggi.
Le Argille di Ortovero sono previste per una estensione di 350 m, in corrispondenza dell'attraversamento della "fossa tettonica" (graben) posta all'altezza dell'Ospedale San Martino.
Nella stessa area, sulla verticale di Forte San Martino è previsto l'attraversamento di una limitata fascia di Argilliti di Montoggio.
Questo litotipo nella tratta indagata si presenta fortemente disturbato e tettonizzato, solo localmente sono presenti argilliti compatte, a chiara consistenza litoide.
Molto spesso le argilliti presentano una struttura fittamente scagliettata e si frantumano con estrema facilità con le mani, possono essere argillificate ed a consistenza terrosa.

4.2 Scavo con sistema tradizionale

Il sistema tradizionale che utilizza l'esplosivo per l'avanzamento in galleria è anche noto come N.A.T.M. (New Austrian Tunnelling Method) ed è stato sviluppato intorno agli anni '40 da Rabcewicz in base ad alcune osservazioni sul comportamento degli ammassi rocciosi.
Lo si può applicare in tutti i tipi di terreno, dalla terra alla roccia dura, e consiste nell'esecuzione ciclica di diverse operazioni che permettono di avanzare lungo il tracciato.

Fasi operative:

1. Perforazione e carica della volata;
2. Disgaggio e rimozione dello smarino;
3. Protezione del fronte;
4. Completamento della rimozione dello smarino;
5. Sostegno mediante bulloni;
6. Sostegno mediante calcestruzzo.

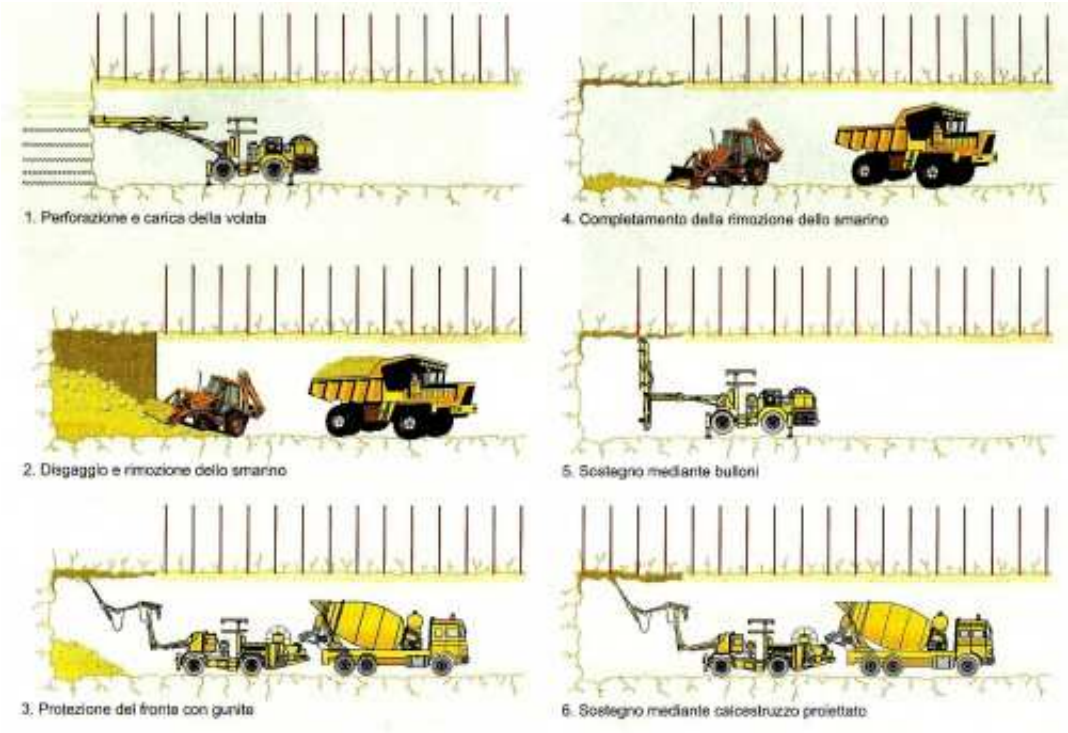


Figura 4-1 – Fasi operative scavo mediante esplosivo

L'energia che si sviluppa con il brillamento delle mine produce per buona parte lavoro che si traduce in frantumazione della roccia e relativo spostamento dal proprio sito.

Solo una parte dell'energia viene trasformata in onde sismiche che si propagano nel terreno, radialmente ed a forte velocità, (2000-5000 m/sec) provocando un'oscillazione del terreno stesso, che viene chiamata vibrazione, la cui intensità dipende direttamente dalla quantità di esplosivo fatta brillare.

In pratica si genera nell'ambiente circostante il foro da mina un fenomeno assimilabile, in grandi linee, ad un terremoto naturale dal quale si differenzia per la più elevata frequenza delle vibrazioni e per la minor ampiezza delle oscillazioni.

Sono stati fatti molti studi per individuare i vari parametri, che possono meglio caratterizzare le onde sismiche, al fine di valutare la loro attitudine a produrre danni.

La maggior parte dei ricercatori ha ritenuto che la velocità di vibrazione, associata alla frequenza, sia il parametro che meglio si adatta allo scopo per accertare il danno agi edifici.

Altri considerano, invece, valida l'associazione di accelerazione e frequenza in particolare quando si vuol tenere conto non solo della quantità di energia trasmessa ma anche dal modo in cui essa è trasmessa.

E' stato osservato che per distanze limitate, qualche decina di metri, le frequenze di vibrazioni trasmesse sono notevolmente maggiori nelle rocce rispetto alle terre.

Le ampiezze di oscillazione, invece, misurate nelle terre, sono 2-3 volte superiori a quelle misurate nelle rocce.

Le rocce compatte si comportano quasi elasticamente, assorbono meglio energia e trasmettono vibrazioni di frequenze ben maggiori, dell'ordine di 20-80 Hz, che non i terreni sciolti, ove difficilmente si superano i 10 Hz.

E' da notare che la frequenza tende, comunque, a diminuire col crescere della distanza dal punto di scoppio.

La presenza di fratture, faglie o stratificazioni può rinforzare, in direzioni preferenziali, le ampiezze di certe componenti delle vibrazioni trasmesse ed inoltre può dar luogo a interferenze, riflessioni di onda, complicando notevolmente il fenomeno dello smorzamento naturale da parte del terreno.

Ne consegue che nella roccia, in genere, si possono far esplodere cariche di esplosivo maggiori che non nel terreno sciolto senza danni dovuti alle vibrazioni.

La velocità è, comunque, la grandezza più comunemente adottata ai fini delle correlazioni con gli effetti dinamici delle vibrazioni.

Molti paesi stranieri hanno legiferato in merito, inserendo nelle loro norme, i parametri ed i rispettivi limiti da rispettare per consentire sia il brillamento delle mine ma anche la tutela delle strutture civili, ed in particolare degli edifici prossimi allo scoppio, da potenziali danni connessi alle vibrazioni indotte.

L'Italia non ha ancora legiferato in materia ma, secondo quanto disposto dalla normativa UNI 9916, i limiti di riferimento da non superare sono orientativamente quelli indicati dalla norma DIN 4150.

Le ditte operanti nel settore progettano le volate e le autorità preposte ai controlli rilasciano le relative autorizzazioni di sparo mine sulla base di dette normative.

Classe	**Tipo di edificio**	**Valori di riferimento per velocità di oscillazione (*ppv*)**			
		Frequenze alle fondazioni			*Ultimo solaio orizzontale*
		da 1 a 10 [Hz]	*da 10 a 50 [Hz]*	*da 50 a 100 [Hz] **	*tutte le frequenze*
1	Costruzioni per attività commerciali, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari per struttura e utilizzo	20	da 20 a 40	da 40 a 50	40
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione e/o utilizzo	5	da 5 a 15	da 15 a 20	15
3	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (per esempio monumenti storici)	3	da 3 a 8	da 8 a 10	8
* per frequenze superiori a 100 [Hz] possono essere adottati come minimo i valori per 100 [Hz]					

Tabella 10 – Valori di riferimento della velocità di vibrazione DIN4150

Per la categoria "edifici residenziali e simili" considerando un campo di frequenze compreso fra 10 – 50 Hz, i limiti ammissibili di velocità di vibrazione sono Vp adm= 5-15 mm/sec.

Measure	Units	Comments
Human perception	0.15 - 1.5 mm/s	
Visible damage	50 mm/s	Values in excess cause appreciable structural damage
British Standard BS 64722.1992	8.5 - 12.7 mm/s	90 per cent confidence limit – permissible impulsive vibration at residential property
Leicestershire County Council (UK)	6 mm/s	95 per cent confidence level – part of conditions covering blasting within modern planning permissions
Australian Standard Explosives Code (AS2187-1993)	5 mm/s	Common environmental limit (EPA) – depends on administering authority
Australian Standard Explosives Code (AS2187.2-2006)	2 mm/s	Historical buildings and monuments – displacement for frequencies less than 15 Hz
	10 mm/s	Houses and low rise residential buildings – resultant PPV for frequencies greater than 15 Hz
	25 mm/s	Commercial limit AS 2187.3
India	5 mm/s	Domestic houses/structures – frequencies less than 8 Hz
German Standard DIN 4150	5 mm/s	Domestic houses/structures – frequencies less than 10 Hz
	5 - 15 mm/s	Domestic houses/structures – frequencies 20 to 40 Hz
	15 - 20 mm/s	Domestic houses/structures – frequencies 50 to 100 Hz
Hungarian Standard	5 mm/	Panel houses
Swiss Standard	8 - 12 mm/s	Objects of historic interest or other sensitive structure – frequency bandwidth: 60 - 90 Hz
Swedish Standard National Museums	5 mm/s	Sensitive exhibits
	25 mm/s	Building structure

Tabella 11 – Valori di riferimento della velocità di vibrazione – Normativa internazionale

L'ampiezza della vibrazione dipende da:

- *trasmissività del terreno*
- *grado di confinamento delle cariche*
- *quantità di esplosivo Q attivato nel medesimo istante*
- *grado di disaccoppiamento della carica nel foro*
- *distanza del punto di scoppio dal punto di misura*

l'ampiezza delle vibrazioni aumenta:

- *in terreni molto trasmissivi o molto compatti*
- *all'aumentare della carica innescata simultaneamente*
- *al ridursi della distanza fra punto di misura e punto di scoppio*

l'ampiezza delle vibrazioni decresce:

- *in terreni molto fratturati al diminuire della carica innescata simultaneamente*
- *all'aumentare della distanza fra punto di misura e punto di scoppio*

I parametri che influenzano l'intensità delle vibrazioni sono:

a) Quantità e tipologia di esplosivo;
b) Distanza tra il punto di scoppio e la zona da salvaguardare;
c) Caratteristiche fisiche, chimiche, geologiche e litologiche del materiale nel quale si propagano le vibrazioni;
d) Tipo di innesco;
e) Distribuzione dell'esplosivo nei fori da mina;

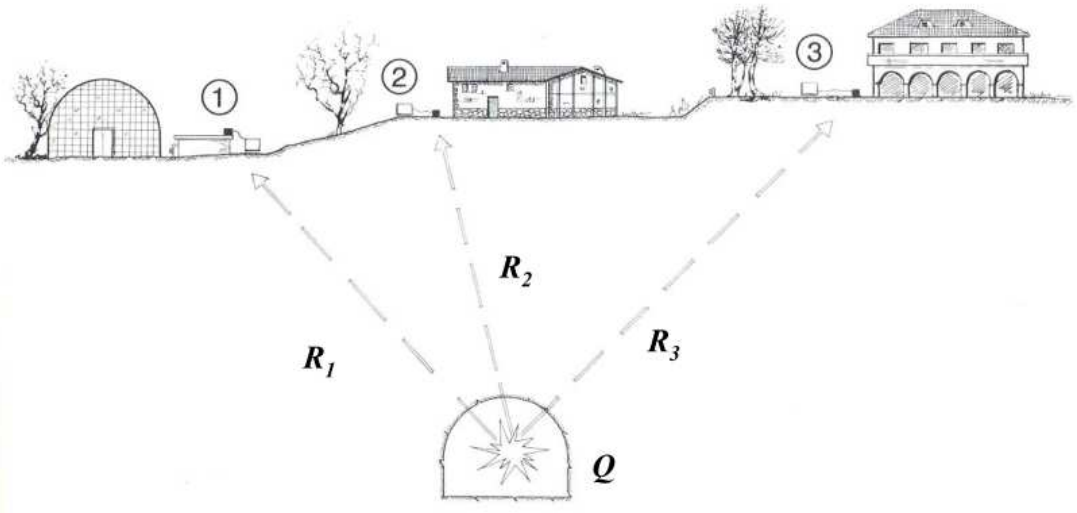


Figura 4-2 – Distanza carica esplosiva e recettori in superficie

Dal punto di vista teorico, la stima della sismicità indotta da volata è molto complessa, in quanto i parametri che intervengono nella funzione di trasferimento caratterizzante le onde sismiche che si propagano nell'ammasso roccioso sono molteplici ed, il più delle volte, è dispendioso in termini economici stimarli o misurarli con sufficiente precisione.
A questo proposito, un approccio comunemente utilizzato dagli sperimentatori per prevedere il valore della velocità delle particelle è l'applicazione della legge empirica della distanza scalata

$$V_p = A\, D_S^{\alpha}$$

Vp	massima velocità vibratoria attesa (m/s)
D_S	distanza scalata (m),
A - α	costanti adimensionali empirici, con significato puramente statistico.

La distanza scalata DS è definita come:

$$D_S = R/Q^{\beta}$$

R distanza tra la sorgente di vibrazione e la stazione di misura (m)

Q quantità di esplosivo che detona istantaneamente (kg).

In tutti i casi, le espressioni della legge empirica della distanza scalate sono formulazioni da utilizzare con cautela, perché i parametri A e α sono costanti dipendenti dal tipo di sparo, dalle caratteristiche geostrutturali del massiccio roccioso, dal tipo di esplosivo, dal disaccoppiamento carica foro, dalla geometria della volata, dall'innesco, dalla metodologia di misura adottata, ecc.

La valutazione quantitativa dei parametri suddetti è in generale molto complessa e conviene determinarli eseguendo prove in situ riportati in un grafico (v, D_S) a scala logaritmica.

Il tracciato è stato considerato interamente sviluppato entro la formazione lapidea del Flysch di Antola.

Per la definizione delle costanti di attenuazione si riportano i valori della costante A in relazione alla curva di resistenza di picco della roccia.

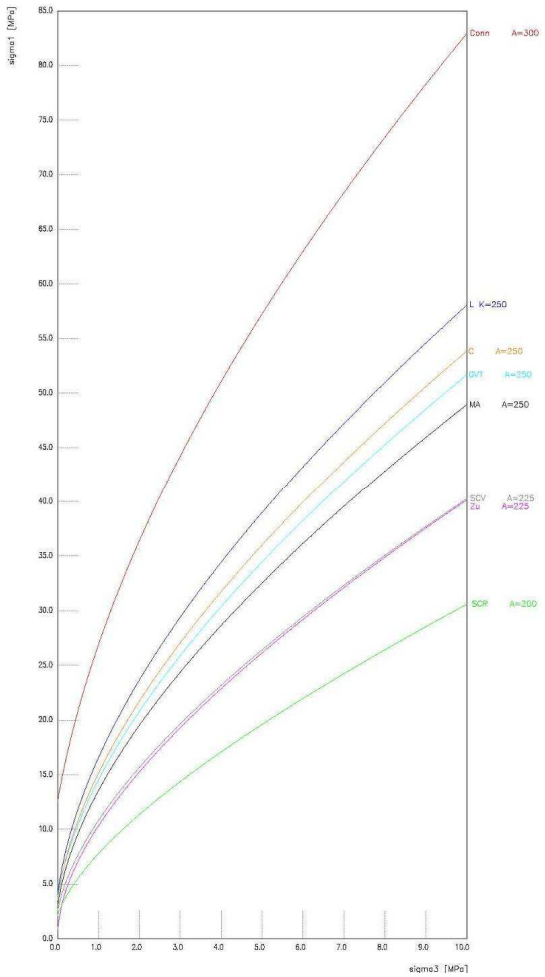


Figura 4-3 – Grafico relazione geotecnica e geomeccanica

Dall'analisi della relazione di caratterizzazione geotecnica e geomeccanica, si deduce che le carattesistiche geomeccaniche del Flysch di Antola sono assimilabili ad una roccia di medie caratteristiche.
Si assume A = 250.

4.2.1 Calcolo previsionale delle vibrazioni

Dati:

- A= 250
- α = 0.5 (valido per cariche cilindriche)
- β = 1.55
- Sezione scavo 90 mq

Per lavori in galleria sono consigliati per fronti scavo di circa 100mq, 1.2kg di esplosivo per mc di roccia.
Nella successiva tabella si riportano i valori presunti di velocità di vibrazione in funzione della profondità di sfondo, della carica, dei ritardi e della carica istantanea.

R Distanza [m]	Sezione scavo [mq]	Profondità di sfondo [m]	Volume Abbattuto [mc]	Carica totale [kg]	Ritardi	Q carica istantanea [kg]	DS	Vp [mm/s]
40	90	4	360	432	14	30.9	7.2	**11.7**
50	90	4	360	432	14	30.9	9.0	**8.3**
60	90	4	360	432	14	30.9	10.8	**6.3**
70	90	4	360	432	14	30.9	12.6	**4.9**
80	90	4	360	432	14	30.9	14.4	**4.0**
90	90	4	360	432	14	30.9	16.2	**3.3**
100	90	4	360	432	14	30.9	18.0	**2.8**
40	90	3	270	324	12	27.0	7.7	**10.6**
50	90	3	270	324	12	27.0	9.6	**7.5**
60	90	3	270	324	12	27.0	11.5	**5.6**
70	90	3	270	324	12	27.0	13.5	**4.4**
80	90	3	270	324	12	27.0	15.4	**3.6**
90	90	3	270	324	12	27.0	17.3	**3.0**
100	90	3	270	324	12	27.0	19.2	**2.6**
40	90	2	180	216	10	21.6	8.6	**8.9**
50	90	2	180	216	10	21.6	10.8	**6.3**
60	90	2	180	216	10	21.6	12.9	**4.7**
70	90	2	180	216	10	21.6	15.1	**3.7**
80	90	2	180	216	10	21.6	17.2	**3.0**
90	90	2	180	216	10	21.6	19.4	**2.5**
100	90	2	180	216	10	21.6	21.5	**2.1**

Tabella 12 – Valori stimati di della velocità di vibrazione

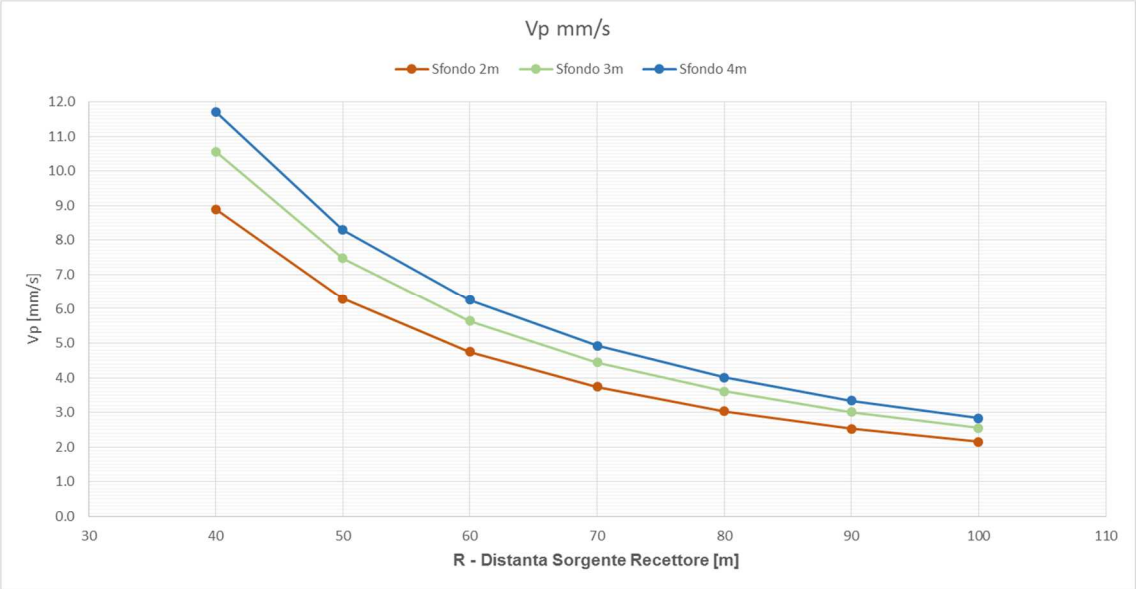


Figura 4-4 – Grafico Vp (mm/s)

Per non arrecare danni alle costruzioni considerando un valore cautelativo di 4mm/s è necessario avere una distanza compresa tra i 70 e 80m.

La galleria di servizio dall'imbocco area ex-canile fino al camerone sarà realizzata:

La prima parte, per una lunghezza indicativa di 200m, mediante martello penumatico, sia per ridurre le vibrazioni agli edifici soprastanti, sia per la presenza di uno strato di materiale freatico sopra uno strato roccioso più compatto.

La seconda parte, per una lunghezza indicativa di 200m, mediante cariche esplosive.

Nel secondo tratto è presente un solo edificio (V.fig 4-5) che intercetta la galleria con un una distanza sorgente recettore di circa R=70~80m.

I valori di velocità di vibrazione in prossimità del recettore risultano essere:

Vp=3.7mm/s con profondità di sfondo di 2m

Vp=4.4mm/s con profondità di sfondo di 3m

Vp=4.9mm/s con profondità di sfondo di 4m

Valori inferiori ai limiti previsti dalla normativa internazionale.

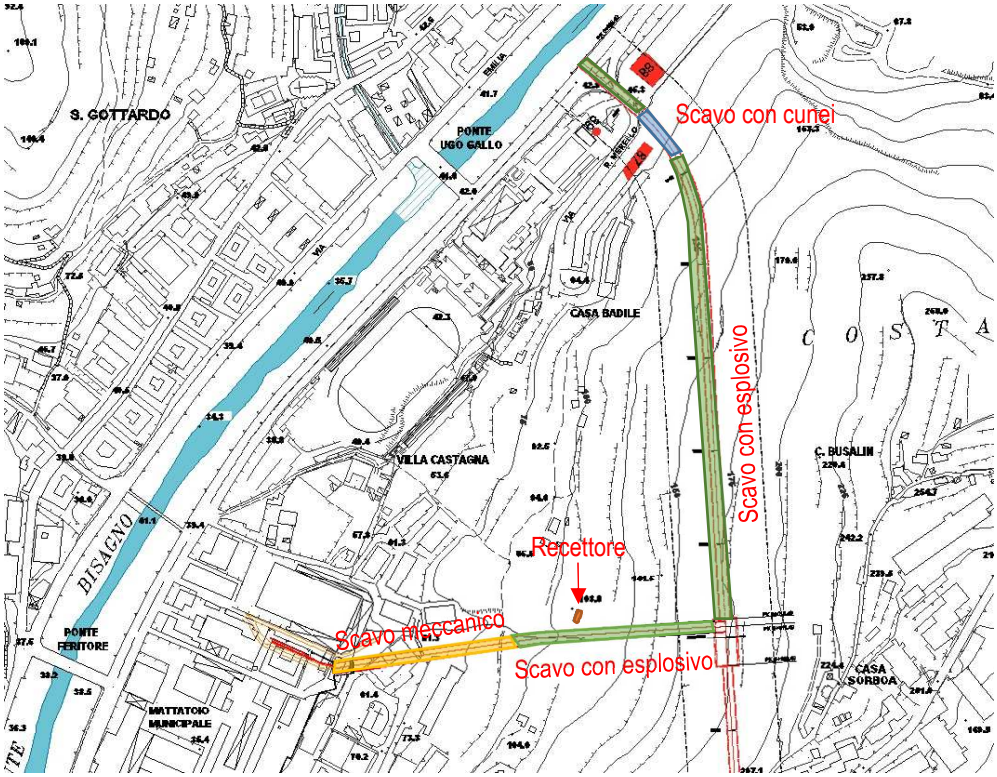


Figura 4-5 – Recettori a monte

La galleria dal camerone all'opera di presa:

Da PK 6+000 a PK 6+500 mediante cariche esplosive.

In questo tratto la galleria non intercetta nessun recettore.

Da PK 6+525 a PK 6+575 data l'eccessiva vicinanza del recettore 87 verrà usato un avanzamento con cunei idraulici.

4.3 Scavo meccanizzato con TBM

Durante lo scavo con TBM una parte della potenza istantanea dalla macchina viene dissipata sotto forma di vibrazioni nel terreno a contatto con la testa fresante.

L'energia immessa nel terreno si propaga nel mezzo circostante modificandosi in relazione alla diverse caratteristiche fisico-meccaniche del mezzo attraversato. Tra i vari metodi di scavo in sotterraneo, l'utilizzo di macchine TBM è la soluzione per minimizzare le emissioni di vibrazioni nel terreno durante l'avanzamento.

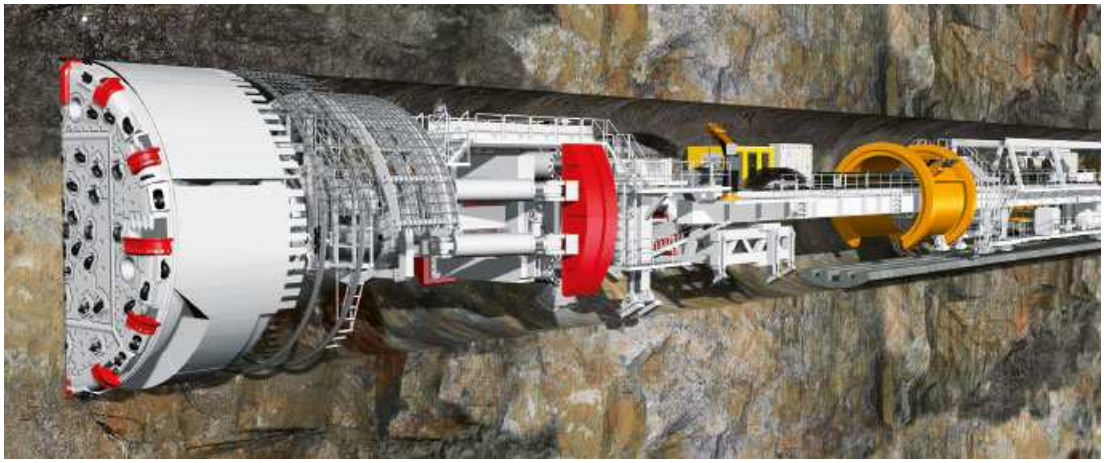


Figura 4-6 – Schema avanzamento con TBM

Lo scavo meccanizzato a differenza dei metodi tradizionali (esplosivi o martelloni) permette di raggiungere una media generale di scavo di 14/15 metri al giorno.

Quindi il disturbo arrecato da una TBM si esaurisce nell'arco di pochi giorni.

Una volta che la talpa è passata oltre l'edificio disturbato l'effetto delle vibrazioni si riduce notevolmente.

L'analisi della propagazione nei terreni delle vibrazioni indotte da una TBM è molto complessa, che richiede un'approfondita indagine geotecnica e l'utilizzo di sofisticati modelli di calcolo.

Attualmente è possibile adottare diversi modelli di calcolo semplificati basati su dati sperimentali di casi reali, che consentono di stimare analiticamente la velocità delle vibrazioni in superficie.

La formula per la determinazione della velocità delle vibrazioni attraverso il parametro (PPV=Peak Particle Velocity) è:

$$PPV(r)=Cr^{-\alpha}$$

Dove r è la distanza del punto d'interesse in superficie dalla sorgente di vibrazione, C ed α sono costanti legate alle caratteristiche del terreno [Tabella 13].

La formula esprime lo smorzamento geometrico e materiale della velocità di propagazione delle vibrazioni che si generano in corrispondenza della testa fresante.

In letteratura sono state proposte delle equazioni che definiscono i limiti superiori e inferiori dei valori di velocità di vibrazione che è possibile valutare in funzione della distanza r, per qualsiasi stratigrafia attraversata e per le diverse tipologie di TBM.

Autore Nishimatsu

Limite superiore $PPV(r)=176r^{-1.18}$ Limite inferiore $PPV(r)=7.4r^{-1.07}$

Autore Godio

Limite superiore $PPV(r)=180r^{-1.3}$ Limite inferiore $PPV(r)=18r^{-1.3}$

In tabella 13 si riportano una serie di dati misurati in superficie della velocità di vibrazione indotte dallo scavo in galleria mediante TBM.

Rif.	Litologia	Diametro scavo [m]	Copertura [m]	PPV in superficie [mm/s]	$PPV(r)=Cr^{-\alpha}$ [mm/s]
1	Sabbia/Argilla	5.1	21	0.020	$0.15r^{-0.66}$
2	Argilla/Gesso	8.7	22-55	0.372	$3.4^{-0.71}$
3	Argilliti	2.5	11	1.210	$133r^{-1.96}$
4	Rioliti	4.5	100	0.173	$0.6r^{-0.27}$
5	Arenaria	5	70	0.020	$7.6r^{-1.4}$
6	Calcare	11.8	23-30	1.50	$36r^{-1.16}$

Tabella 13

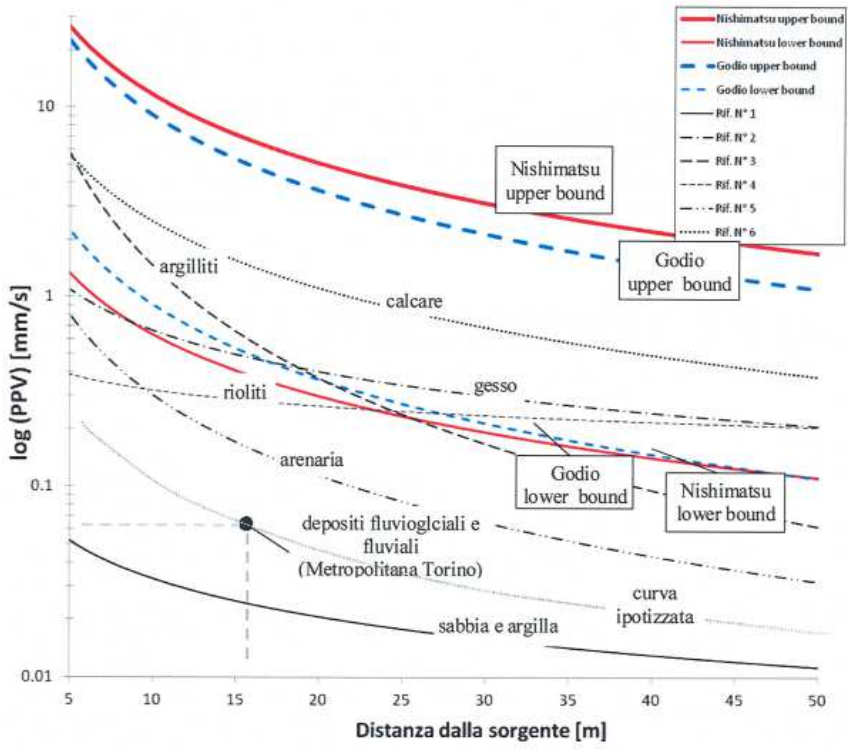
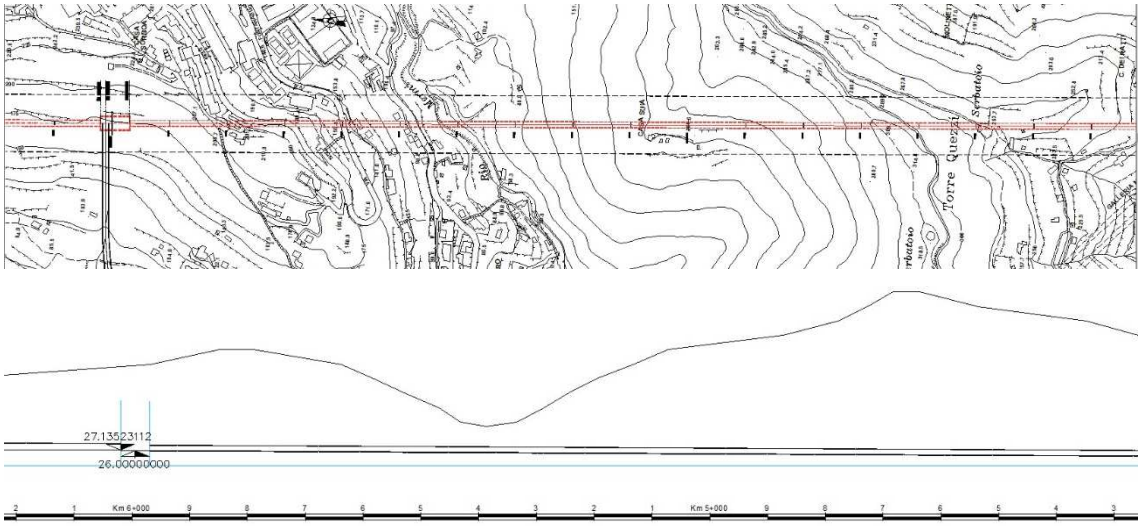


Figura 4-7 – Grafico PPV (mm/s) scavo con TBM

4.3.1 *Calcolo previsionale delle vibrazioni*

Primo tratto galleria con TBM da PK 6+100 a PK 4+200



Litologia	Flysch di Monte Antola
R distanza recettore - calotta della galleria	mini.60m – max 165m

Riferimento formula *Nishimatsu*

R= 60m PPV=1.4 /0.09 mm/s

Riferimento formula *Godio*

R= 60m PPV=0.88/0.09 mm/s

Riferimento formula $PPV(r)=Cr^{-\alpha}$

R= 60m PPV=0.44 mm/s

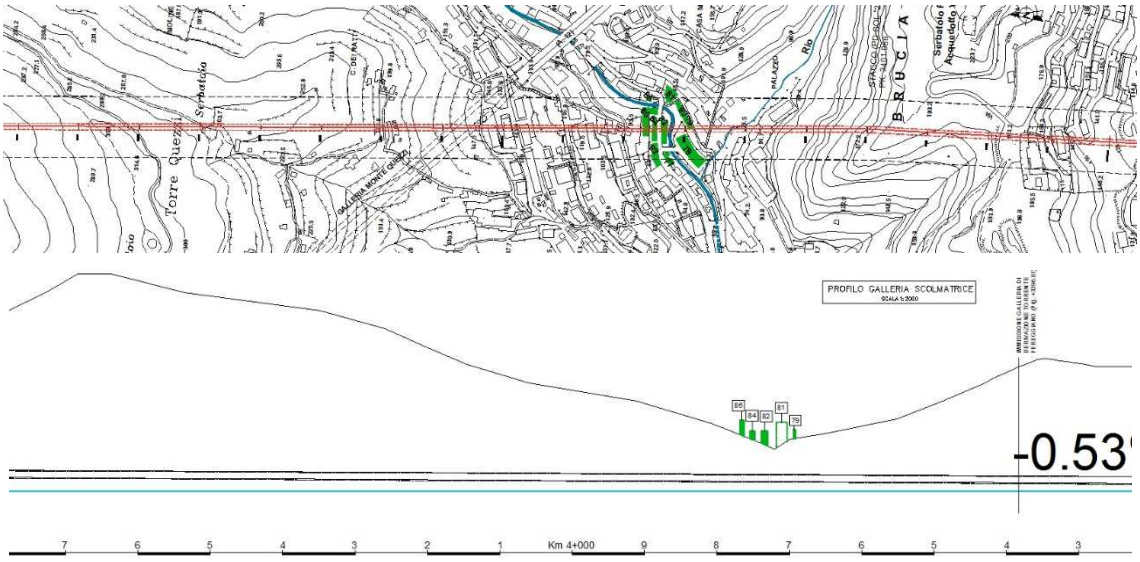
Valori medi

R= 60m **PPV**=0.90/0.20 mm/s = **0.55** mm/s

Valori inferiori ai limiti previsti dalla normativa internazionale (5mm/s).

I valori sono talmente bassi da non indurre sensazione di disturbo (annoyance) agli abitanti degli edifici oggetto di indagine.

Secondo tratto galleria con TBM da PK 4+200 a PK 3+100



Litologia	Flysch di Monte Antola
R distanza recettore - calotta della galleria	mini.40m – max 170m

Recettore più vicino N°82-84 (Recettori residenziali pluripiano)

Riferimento formula *Nishimatsu*

R= 40m PPV=2.27 /0.14 mm/s

Riferimento formula *Godio*

R= 40m PPV=1.49/0.15 mm/s

Riferimento formula $PPV(r)=Cr^{-\alpha}$

R= 40m PPV=0.69 mm/s

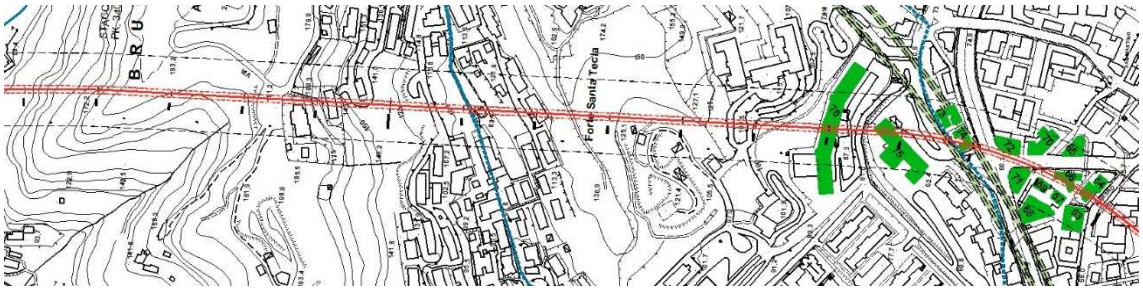
Valori medi

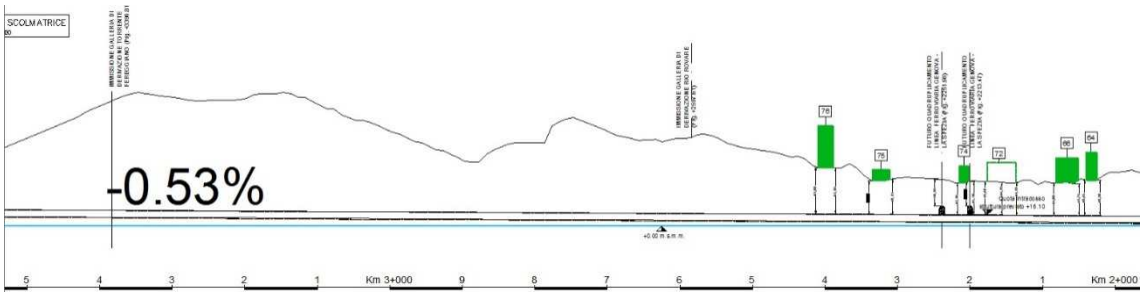
R= 40m **PPV**=1.48/0.32 mm/s =**0.9 mm/s**

Valori inferiori ai limiti previsti dalla normativa internazionale (5mm/s).

I valori sono talmente bassi da non indurre sensazione di disturbo (annoyance) agli abitanti degli edifici oggetto di indagine.

Terzo tratto galleria con TBM da PK 3+100 a PK 2+000





Litologia	Flysch di Monte Antola
R distanza recettore - calotta della galleria	mini.40m – max 150m

Recettore più vicino N°74 (Recettore residenziale pluripiano)

Riferimento formula *Nishimatsu*

R= 40m PPV=2.27 /0.14 mm/s

Riferimento formula *Godio*

R= 40m PPV=1.49/0.15 mm/s

Riferimento formula $PPV(r)=Cr^{-\alpha}$

R= 40m PPV=0.69 mm/s

Valori medi

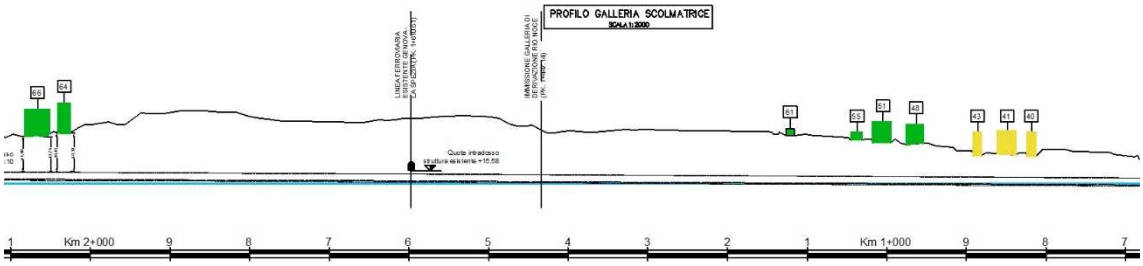
R= 40m **PPV**=1.48/0.32 mm/s =**0.9 mm/s**

Valori inferiori ai limiti previsti dalla normativa internazionale (5mm/s).

I valori sono talmente bassi da non indurre sensazione di disturbo (annoyance) agli abitanti degli edifici oggetto di indagine.

Quarto tratto galleria con TBM da PK 2+000 a PK 0+800





Litologia	Flysch di Monte Antola
R distanza recettore - calotta della galleria	mini.30m – max 75m

Recettore più vicino N°40 (Recettore residenziale pluripiano)

Riferimento formula *Nishimatsu*

R= 30m PPV=3.18 /0.19 mm/s

Riferimento formula *Godio*

R= 30m PPV=2.16/0.22 mm/s

Riferimento formula $PPV(r)=Cr^{-\alpha}$

R= 30m PPV=0.95 mm/s

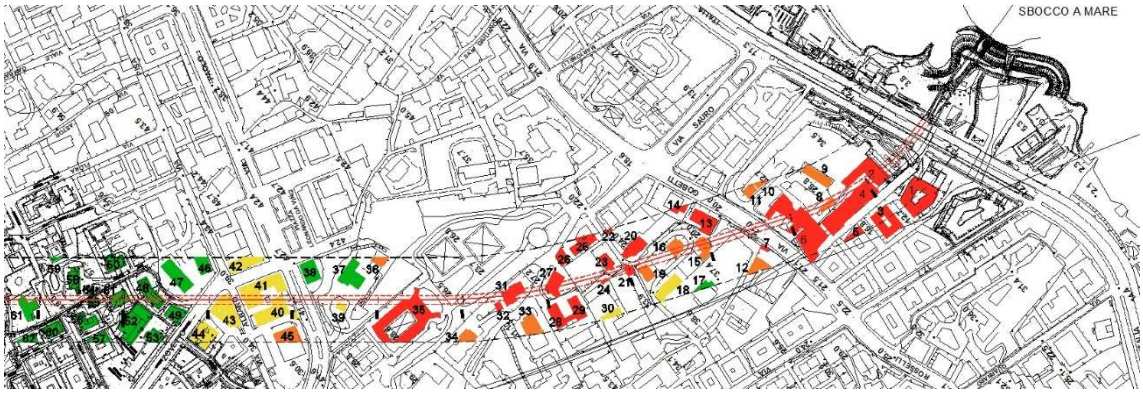
Valori medi

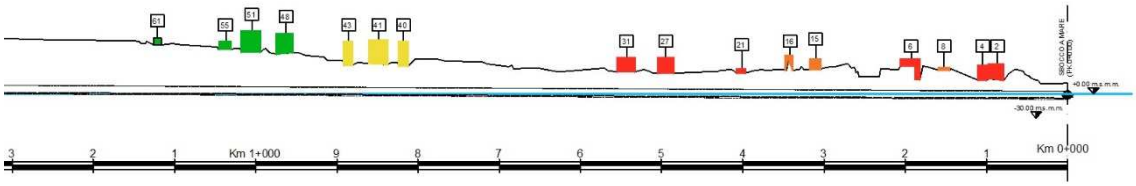
R= 30m **PPV**=2.10/0.45 mm/s = **1.28mm/s**

Valori inferiori ai limiti previsti dalla normativa internazionale (5mm/s).

I valori sono talmente bassi da non indurre sensazione di disturbo (annoyance) agli abitanti degli edifici oggetto di indagine.

Quinto tratto galleria con TBM da PK 0+800 a PK 0+000





Litologia	Flysch di Monte Antola
R distanza recettore - calotta della galleria	mini.15m – max 35m

Recettore più vicino N°4 (Recettore residenziale pluripiano)

Riferimento formula *Nishimatsu*

R= 30m PPV=7.21 /0.41 mm/s

Riferimento formula *Godio*

R= 30m PPV=5.33/0.53 mm/s

Riferimento formula $PPV(r)=Cr^{-\alpha}$

R= 30m PPV=2.03 mm/s

Valori medi

R= 30m **PPV**=4.85/1.00 mm/s = **3.00mm/s**

Valori inferiori ai limiti previsti dalla normativa internazionale (5mm/s).

Le vibrazioni potrebbero provocare (annoyance) agli abitanti degli edifici oggetto di indagine.

Bisogna precisare che l'eventuale disturbo su ogni edificio posto direttamente sopra alla galleria è possibile stimarlo in massimo 3/4 giorni consecutivi.

4.4 Monitoraggio vibrazioni

Data la tipologia di opere e il significativo sviluppo lineare, sarà necessario prevedere un monitoraggio in corso d'opera da svilupparsi secondo tempistiche articolate sulla base dell'effettivo andamento delle lavorazioni, previa verifica dell'assenza di condizioni al contorno tali da alterare in maniera significativa le risultanze del monitoraggio stesso.

Mediante il monitoraggio vibrometrico si consentirà di poter prontamente apportare, in funzione dei risultati ottenuti, eventuali modifiche o integrazioni ai tempi di lavorazione.

Monitoraggio preliminare

Prima dell'inizio dei lavori, si dovrà valutare, al fine di tutelare l'amministrazione da eventuali richieste di danno, l'opportunità di eseguire uno stato di consistenza in corrispondenza degli edifici potenzialmente soggetti a fenomeni vibratori.

Prima di procedere alla realizzazione della galleria di servizio per accesso al camerone di montaggio della TBM sarà necessario un monitoraggio sismico preliminare per valutare la possibilità di realizzare lo scavo con esplosivo.

Tipologia di misurazioni

- del disturbo alla popolazione (accelerazione m/s^2)
- del danno indotto alle strutture (velocità mm/s)

Frequenza delle misurazioni

Si procederà al riesame di tutti i punti di monitoraggio in base al cronoprogramma delle lavorazioni e si stabilirà per ogni tipologia di recettori un apposito monitoraggio che permetterà dove possibile la riduzione del periodo di monitoraggio o l'anticipazione del monitoraggio in base alla durata effettiva dei lavori e al tipo di parametri da indagare.

Postazioni di misura

Il monitoraggio strumentale dovrà essere condotto, con particolare attenzione e scrupolo, sugli edifici che intersecano il tracciato della galleria e caratterizzate da coperture inferiori a 40 m.

Recettori oggetto di indagine (Vedi tavola - Bis 2 E R Ril02 PL01):

Recettore	PK [m]	Ricoprimento [m]	Tipologia di scavo
6	0+200.00	15m	TBM
27	0+600.00	20m	TBM
74	2+200.00	40m	TBM
82	3+735.00	40m	TBM
87	6+550.00	25m	Cunei idraulici

Tabella 14

Durante le operazioni di scavo per la realizzazione della galleria di servizio l'impresa esecutrice dovrà predisporre delle stazioni di monitoraggio sugli edifici evidenziati in rosso sull'immagine sottostante.
Il monitoraggio dovrà essere effettuato fino al completamento della galleria di servizio.

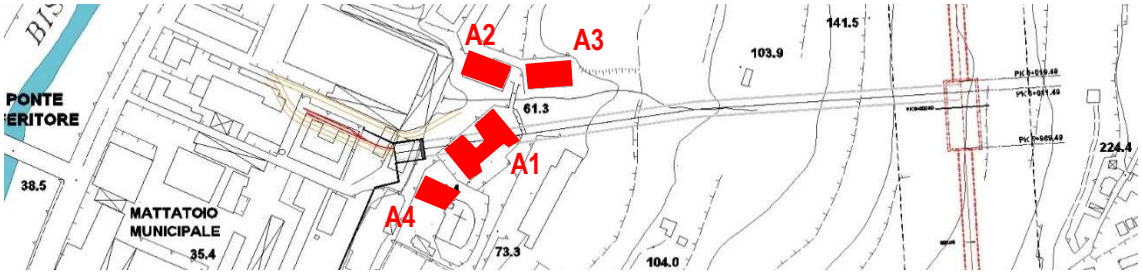


Figura 4-8 – Recettori con sistema di monitoraggio fisso

Si rende necessario realizzare ante-operam un'attenta indagine fotografica dei recettori evidenziati per la mappatura del quadro fessurativo e lo stato di conservazione.
Durante le lavorazioni si rende necessario sgombrare l'ambiente scolastico e precludere la presenza di persone all'interno dell'edificio fino al completamento della galleria di servizio.

Recettore	Destinazione d'uso
A1	Edificio scolastico
A2	Edificio residenziale pluripiano
A3	Edificio residenziale pluripiano
A4	Edificio religioso

Tabella 15

Le misure presso ambiente abitativo interno saranno condotte con una postazione di misura ubicata al primo piano fuori terra ed una all'ultimo piano dello stesso edificio nel caso di edifici a più piani, in quei locali abitativi nei quali, a seguito di sopralluogo ed analisi preliminare, sono prevedibili i livelli di vibrazione più elevati in concomitanza delle diverse sorgenti.

Strumentazione

I sensori di misura trasduttori atti a misurare grandezze fisiche (siano esse cinematiche, meccaniche o di altro tipo) sia in campo statico sia in campo dinamico.
La stazione di monitoraggio dovrà essere costituita da una unità di registrazione munita di geofono triassiale, per la misura della velocità di vibrazione, e di un microfono per la misura della sovrapressione aerea.
Il posizionamento e l'accoppiamento dei trasduttori sono i due fattori più importanti per assicurare la precisione della registrazione delle velocità di vibrazione indotte.
In caso di valori di accelerazione significativi è comunque meglio prevedere un ammorsamento rigido alle strutture.

Tempi di restituzione dei dati

4-5 gg dalla esecuzione della misura per la pubblicazione del report approvato.

Report dei dati

Per interpretare correttamente i valori misurati è necessario che siano accompagnati da una serie di informazioni sul contesto in cui sono stati raccolti:

- descrizione del punto di misura, inquadramento cartografico/territoriale e documentazione fotografica che mostri le modalità di installazione della strumentazione;
- ora di inizio e fine misurazione;
- descrizione delle lavorazioni in corso all'interno del cantiere e tipologia di macchine attive;
- descrizione delle altre sorgenti prevalenti nel rumore residuo;
- livelli rilevati (vettore velocità, vettore accelerazione);
- promemoria dei limiti applicabili a quel ricettore;
- conclusioni sul rispetto dei limiti e delle prescrizioni a cui il cantiere è soggetto per mitigare le vibrazioni;
- elenco nominativo degli osservatori che hanno presenziato alla misurazione;
- identificativo e firma leggibile del tecnico competente che ha eseguito le misure.
- certificato di taratura degli strumenti di misurazione.

Il monitoraggio dei fenomeni vibratori è da sempre oggetto di studio ed approfondimento alla ricerca di nuove tecnologie più precise allo scopo di misurare i livelli di vibrazione nel modo più affidabile possibile.
E' esclusivo compito delle imprese adottare tutti gli accorgimenti operativi finalizzati a garantire la compatibilità delle vibrazioni nei confronti dei possibili danni materiali alle strutture (fessurazioni, lesioni, cedimenti). Il giudizio sulle vibrazioni trasmesse ad un edificio non può prescindere dalla valutazione delle lamentele delle specifiche persone esposte.
In alcune particolari condizioni, le lamentele possono infatti insorgere anche in presenza di vibrazioni di entità sostanzialmente pari alla soglia di percezione.
In questi casi il grado di disturbo, e le lamentele che ne conseguono, non possono essere giustificati solo dalle vibrazioni, ma anche da altri fenomeni denominati effetti secondari delle vibrazioni.
Devono essere considerati come effetti secondari delle vibrazioni:

- il rumore trasmesso dalla sorgente per via strutturale.
  Le vibrazioni prodotte dalla sorgente si propagano attraverso le strutture e queste ultime re irradiano il rumore all'interno dei locali. Tale rumore va misurato, generalmente a finestre chiuse;
- l'oscillazione di lampadari, suppellettili, ecc.; il tremolio delle finestre; ecc.;
- lo scricchiolio di suppellettili, porte, finestre, ecc..

Tali fenomeni devono essere accuratamente descritti, distinguendo se essi sono, o meno, presenti all'atto dell'indagine, se sono avvertiti dal soggetto disturbato o anche dal tecnico preposto ai rilievi, ecc..

Le attività di monitoraggio in corso d'opera dovranno essere estese per tutta la durata dei lavori, con la possibilità di "regolare" i tempi di effettuazione delle campagne in relazione all'avanzamento dei lavori e alle specifiche problematiche che verranno riscontrate.

5 VALUTAZIONE PREVISIONALE RUMORE

Il cantiere edile è un'attività complessa, in quanto si compone di una molteplicità di attività, svolte su uno spazio spesso limitato.

L'impatto sul territorio si sviluppa in relazione alla tipologia delle lavorazioni, alla distribuzione temporale delle lavorazioni, alle tecnologie utilizzate, alla localizzazione del cantiere, alla presenza di recettori, agli approvvigionamenti, alla viabilità e ai trasporti.

I cantieri edili generano emissioni sonore per la presenza di numerose sorgenti e per l'utilizzo di ausili meccanici per la movimentazione dei materiali da costruzione.

Con riferimento alla componente ambientale rumore, le operazioni e le lavorazioni eseguite all'interno dei cantieri edili generalmente superano i valori limite fissati dalla normativa vigente, sia per la tipologia di lavorazione che per la tipologia di macchine e attrezzature utilizzate.

Pur non interessando le lavorazioni in progetto aree cittadine collocate in Classe I della Classificazione Acustica Comunale, e pur essendo limitata nel tempo la permanenza dei cantieri nei singoli lotti, dovranno essere comunque previsti accorgimenti tecnici e gestionali volti a ridurre al minimo l'impatto del rumore presso i ricettori.

In fase di esecuzione dei lavori, l'impresa esecutrice, dovrà adottare diversi accorgimenti ed operazioni, specifiche per ciascun singolo contesto, volte alla riduzione dei livelli di esposizione al rumore della popolazione e dei lavoratori.

Tutti gli accorgimenti tecnici intendono minimizzare sia le esposizioni agli agenti fisici (rumore e vibrazioni) sia gli effetti dovuti a diffusione di polveri, garantendo contemporaneamente che siano preservati per tutto il tempo i necessari accessi alla mobilità pubblica, senza eccessiva penalizzazione degli spazi.

In fase di stesura del cronoprogramma si presterà attenzione nel concentrare le attività caratterizzate da maggiori emissioni acustiche nei periodi della giornata già di per sé rumorosi, con l'obiettivo di preservare la popolazione da un'eccessiva differenza di livelli acustici tra i due scenari, rispettivamente di cantiere in esercizio e cantiere inattivo.

Le attività di cantiere caratterizzate da maggiori livelli di rumore saranno eseguite nelle fasce orarie 9:00-12.00 o 14.00-18.00.

Durante le lavorazioni in periodo notturno, solo all'interno delle gallerie, durante l'uso di mezzi in movimento, saranno utilizzati solo dispositivi di sicurezza luminosi e non acustici.

Durante le fasi lavorative i macchinari e le attrezzature saranno mantenuti in funzione solo nel periodo strettamente necessario.

Sarà necessario l'utilizzo di macchinari e attrezzature di ultima generazione, che rispettano e superano in senso migliorativo i requisiti di emissione acustica delle normative nazionali e comunitarie vigenti.

In fase esecutiva saranno controllate tutte le attrezzature, per essere utilizzate in conformità alle indicazioni del fabbricante, al fine di limitarne la rumorosità e l'esposizione dei lavoratori.

Sarà necessario segnalare e delimitare le aree a rischio uditivo (superiore a 87dB) nelle quali l'accesso sarà limitato ai soli lavoratori autorizzati e forniti di appropriati DPI.

5.1 Traffico veicolare

Il rumore generato dal traffico veicolare come è largamente noto, rappresenta uno dei fattori che maggiormente concorrono alla degradazione delle condizioni di benessere ambientale, soprattutto nell'ambito delle aree urbane.

Il trasporto su gomma e senza dubbio la principale fonte di inquinamento acustico a livello mondiale per l'alta diffusione di questa modalità di circolazione di persone e mezzi.

Gli effetti del rumore da traffico sulle persone sono molteplici e possono essere distinti in:

Effetti di danno, ne esistono due forme:

1. *danno specifico*: causato ai soggetti che si espongono per periodi prolungati a livelli di 75-80 dB(A) recando la perdita temporanea o irreversibile dell'udito (ipoacusia). Si riscontra soprattutto in ambiente lavorativo;
2. *danno non specifico*: causato da un'esposizione sonora non sufficientemente elevata da recare danni specifici, però può, col tempo, apportare danni al sistema uditivo e causare malesseri di tipo psicofisico. Si riscontra in ambito urbano.

Effetti di disturbo

1. *annoyance* (sensazione di scontento o di fastidio generico, spesso influenzata oltre che dalla specifica sensibilità del soggetto, da fattori extra esposizionali e motivazionali).

L'inquinamento acustico urbano ed in particolare quello dovuto a traffico di veicoli in superficie, determina in prevalenza effetti di annoyance e di disturbo, assai raramente si può parlare di danno.

La misura del rumore non è sufficiente per valutare il disturbo, vanno prese in considerazione anche le variabili non acustiche in grado di influire direttamente o indirettamente sull'intensità del disturbo arrecato.

Tra le variabili non acustiche un posto di rilievo hanno certamente le variabili psicologiche di ogni singolo soggetto. I dati del traffico su Via G. Adamoli e su Corso Italia sono stati forniti dall'ufficio settore regolazione della direzione mobilità del Comune di Genova che svolge regolarmente censimenti puntuali del traffico.

5.1.1 *Numero transiti su Via Adamoli*

Lunedì 9 maggio 2016

Strada – Via G.Adamoli	2016			
	TMd	%Pd	TMn	%Pe
Transiti	1890	18	298	12
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P –percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo				

Tabella 16

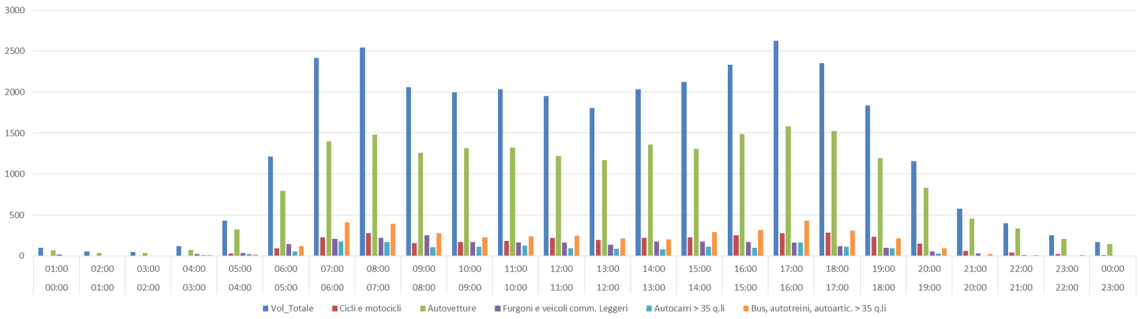


Figura 5-1 – Grafico traffico Via Adamoli 9 maggio 2016

Martedì 10 maggio 2016

Strada – Via G.Adamoli	2016			
	TMd	%Pd	TMn	%Pe
Transiti	1959	19	318	12
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P –percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo				

Tabella 17

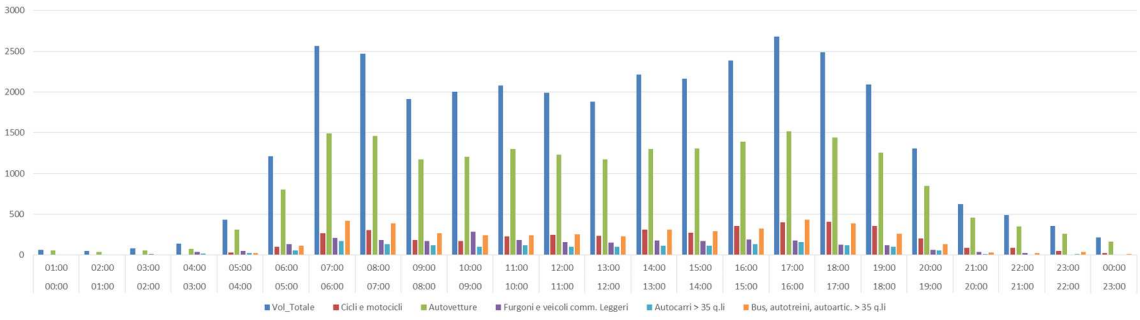


Figura 5-2 – Grafico traffico Via Adamoli 10 maggio 2016

Mercoledì 11 maggio 2016

Strada – Via G.Adamoli	2016			
	TMd	%Pd	TMn	%Pe
Transiti	2003	18	332	13
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P –percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo				

Tabella 18

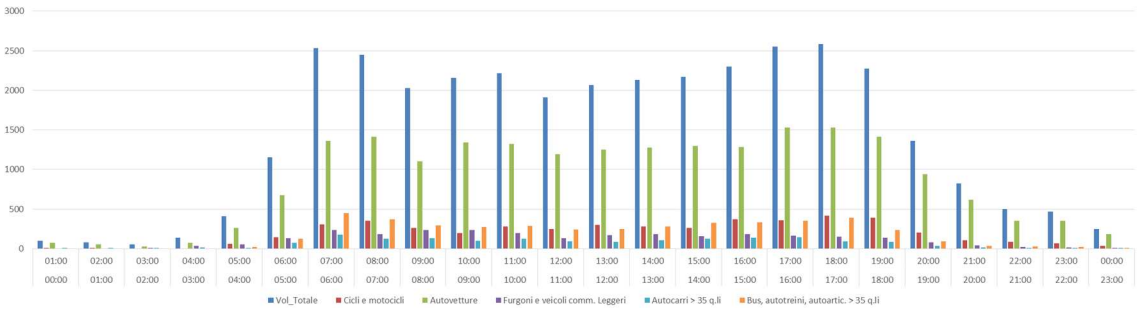


Figura 5-3 – Grafico traffico Via Adamoli 11 maggio 2016

Giovedì 05 maggio 2016

Strada – Via G.Adamoli	2016			
	TMd	%Pd	TMn	%Pe
Transiti	2009	19	336	12
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P –percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo				

Tabella 19

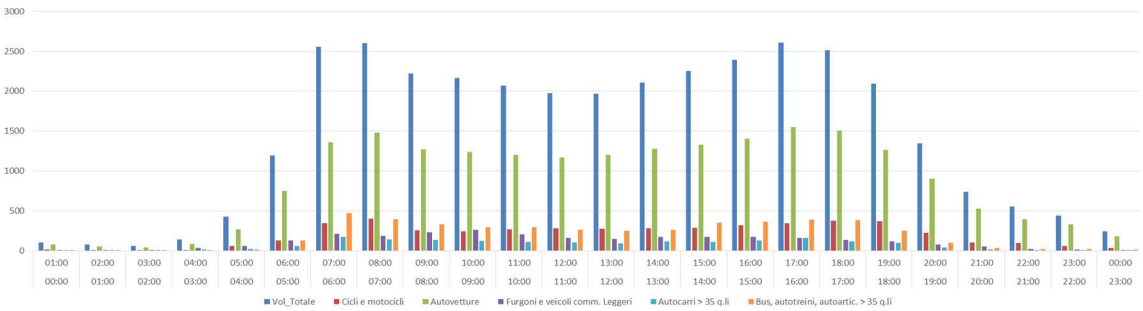


Figura 5-4 – Grafico traffico Via Adamoli 05 maggio 2016

Venerdì 06 maggio 2016

Strada – Via G.Adamoli	2016			
	TMd	%Pd	TMn	%Pe
Transiti	2076	19	377	11
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P –percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo				

Tabella 20

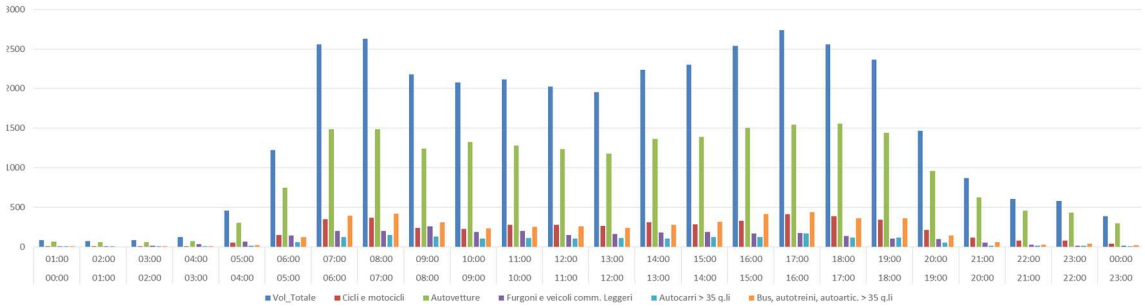


Figura 5-5 – Grafico traffico Via Adamoli 06 maggio 2016

Sabato 07 maggio 2016

Strada – Via G.Adamoli	2016			
	TMd	%Pd	TMn	%Pe
Transiti	1687	16	347	8
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P –percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo				

Tabella 21

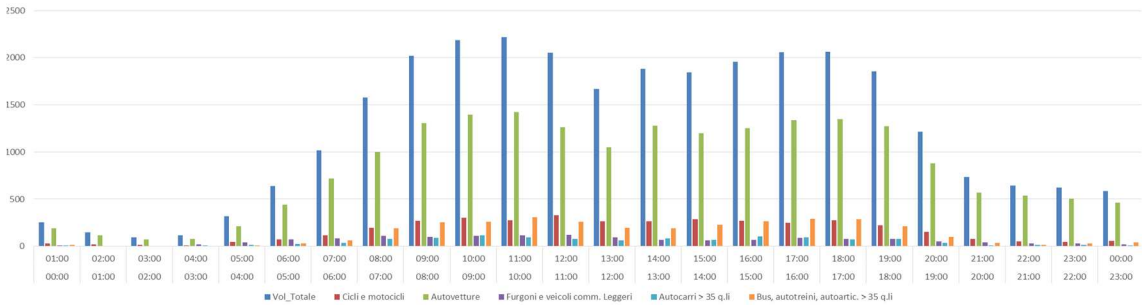


Figura 5-6 – Grafico traffico Via Adamoli 07 maggio 2016

Domenica 08 maggio 2016

Strada – Via G.Adamoli	2016			
	TMd	%Pd	TMn	%Pe
Transiti	1297	13	233	7
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00) %P –percentuale di veicoli pesanti durante ogni singolo periodo				

Tabella 22

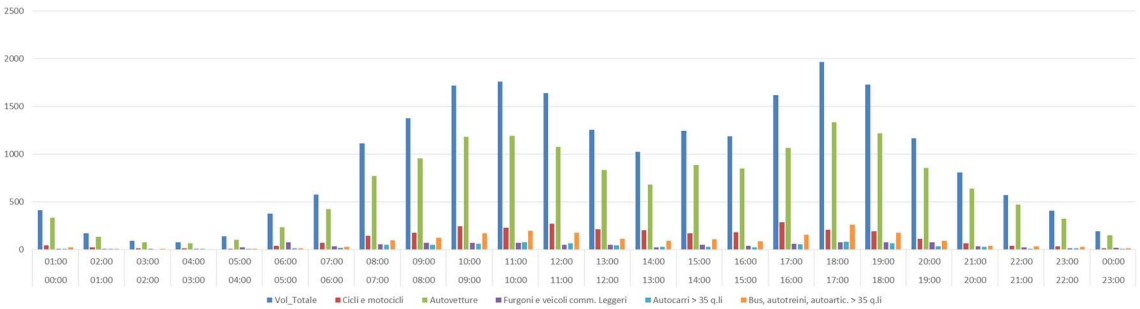


Figura 5-7 – Grafico traffico Via Adamoli 08 maggio 2016

5.1.2 Numero transiti su Corso Italia

Il sensore su Corso Italia rileva solo il flusso di traffico orario, ma non distingue tra autovetture, motocicli e mezzi pesanti.

Strada – Corso Italia	2017	
	TMd	TMn
Mercoledì 01 febbraio 2017	348	79
Giovedì 02 febbraio 2017	362	80
Venerdì 03 febbraio 2017	361	119
Sabato 04 febbraio 2017	295	211
Domenica 05 febbraio 2017	183	175
Lunedì 06 febbraio 2017	373	65
Martedì 07 febbraio 2017	382	75
Mercoledì 08 febbraio 2017	357	72
Giovedì 09 febbraio 2017	357	82
Venerdì 10 febbraio 2017	364	104
Sabato 11 febbraio 2017	237	190
Domenica 12 febbraio 2017	214	165
TMd – Numero medio di transiti orari durante il periodo diurno (06.00-22.00) TMn – Numero medio di transiti orari durante il periodo notturno (22.00-06.00)		

Tabella 23

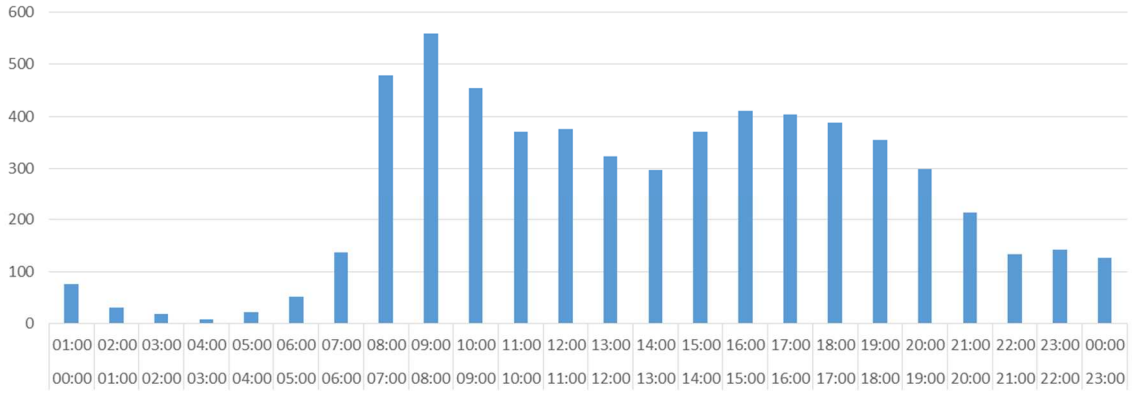


Figura 5-8 – Grafico traffico Corso Italia da lunedì a giovedì

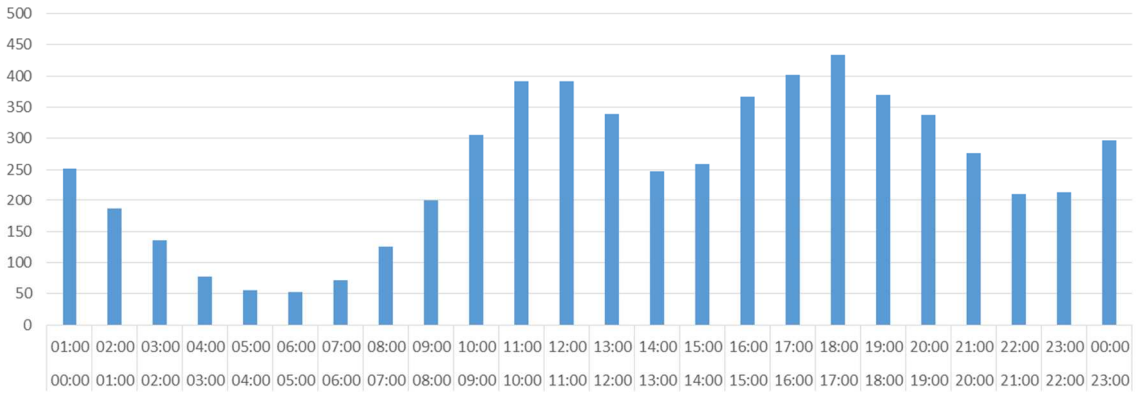


Figura 5-9 – Grafico traffico Corso Italia da venerdì a domenica

5.1.3 *Confronto volume orario di mezzi pesanti – periodo diurno*

Il transito dei mezzi da cantiere si svolge essenzialmente lungo la viabilità urbana circostante, ed il suo effetto si disperde in modo imprevedibile e senza specifiche conseguenze acustiche.

ID	12	25	31	34	37	50 e 51	54	56	60	65	69	72	83	
Attività	Realizzazione dei piazzali delle aree di accantieramento	Scavo pe realizzazione nuovi muri spondali e settore briglia selettiva in DX	Scavo per realizzazione nuovi muri spondali e settore briglia selettiva in SX	Scavo per completamento sbarramento (concio centrale)	Opera di sfioro - tappo di fondo e scavo	Sistemazione alveo briglia di monte	Paratia imbocco e dima	Scavo galleria servizio in tradizionale (410 m)	Camerone montaggio TBM	Galleria scolmatrice in tradizionale (646 m)	Scavo camera di lancio in tradizionale (120 m)	Scavo galleria in meccanizzato	Scavo in tradizionale sotto corso Italia	TOTALE
Durata totale fase	50	15	15	10	100	120	70	140	100	230	40	300	30	
Durata operazioni di scavo	40	15	15	10	40	60	10	140	70	200	40	300	20	
Demolizione Jet		910	910	455	975	0								**3.250**
Scavo ordinario		6.920	6.920	3.460	20700	33920								**71.920**
Volume totale scavato (in banco)	20.055	7.830	7.830	3.915	21.675	33.920	2.513	48.986	36.626	75.230	15.778	527.065	7.753	**809.176**
Cantiere origine	Ex Canile	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Corso Italia	
Recupero presso impianti														
% recupero	92%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	30%	30%	30%	30%	30%	100%	
Volume recupero	18.429	7.830	7.830	3.915	21.675	33.920	2.513	14.696	10.988	22.569	4.733	159.424	7.753	316.275
Trasporto a discarica rifiuti														
% discarica rifiuti	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Volume discarica rifiuti	1.626	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.626
Trasporto a discarica inerti														
% discarica inerti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	21%	21%	21%	21%	2%	0%	
Volume discarica inerti	0	0	0	0	0	0	0	10.287	7.691	15.798	3.313	12.877	0	49.967
Produzione inerti per cls in cantiere														
% produzione inerti cls	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	10%	0%	
Volume inerti cls	0	0	0	0	0	0	0	9.817	7.340	15.077	3.162	52.064	0	87.460
Ripascimenti														
% ripascimenti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	29%	29%	29%	29%	57%	0%	
Volume x ripascimenti	0	0	0	0	0	0	0	14.186	10.607	21.786	4.569	302.700	0	353.847
	nota 1	nota 2	nota 2	nota 2	nota 2		nota 7	nota 8	nota 9	nota 10	nota 11	nota 12	nota 13	
	20.055	7.830	7.830	3.915	21.675	33.920	2.513	48.986	36.626	75.230	15.778	527.065	7.753	**809.176**

Figura 5-10 – Quadro di sintesi dei flussi in uscita dalle aree di cantiere (Volumi)

	12	25	31	34	37	50 e 51	54	56	60	65	69	72	83	
	Realizzazione dei piazzali delle aree di accantieramento	Scavo pe realizzazione nuovi muri spondali e settore briglia selettiva in DX	Scavo per realizzazione nuovi muri spondali e settore briglia selettiva in SX	Scavo per completamento sbarramento (concio centrale)	Opera di sfioro - tappo di fondo e scavo	Sistemazione alveo briglia di monte	Paratia imbocco e dima	Scavo galleria servizio in tradizionale (410 m)	Camerone montaggio TBM	Galleria scolmatrice in tradizionale (646 m)	Scavo camera di lancio in tradizionale (120 m)	Scavo galleria in meccanizzato	Scavo in tradizionale sotto corso Italia	
Durata totale fase	50	15	15	10	100	120	70	140	100	230	40	300	30	
Durata operazioni di scavo	40	15	15	10	40	60	10	140	70	200	40	300	20	
Volume totale scavato (in banco)	20.055	7.830	7.830	3.915	21.675	33.920	2.513	48.986	36.626	75.230	15.778	527.065	7.753	809.176
Cantiere origine	Ex Canile	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Alveo Bisa	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Ex Canile	Corso Italia	
Volume recupero	18.429	7.830	7.830	3.915	21.675	33.920	2.513	14.696	10.988	22.569	4.733	159.424	7.753	316.275
Volume discarica rifiuti	1.626	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.626
Volume discarica inerti	0	0	0	0	0	0	0	10.287	7.691	15.798	3.313	12.877	0	49.967
Volume inerti cls	0	0	0	0	0	0	0	9.817	7.340	15.077	3.162	52.064	0	87.460
Volume x ripascimenti	0	0	0	0	0	0	0	14.186	10.607	21.786	4.569	302.700	0	353.847
Volume totale scavato (in banco)	20.055	7.830	7.830	3.915	21.675	33.920	2.513	48.986	36.626	75.230	15.778	527.065	7.753	809.176
Densità materiale (t/m³)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	
Peso materiale scavato (t)	44.121	17.226	17.226	8.613	47.685	74.624	6.534	127.364	95.228	195.598	41.023	1.235.002	20.158	1.930.401
portata media mezzi (t)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
mezzi totali a impianti recupero	1.622	689	689	345	1.907	2.985	261	1.528	1.143	2.347	492	16.580	806	31.395
mezzi totali a discarica rifiuti	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
mezzi totali a discarica inerti	0	0	0	0	0	0	0	1.070	800	1.643	345	1.339	0	5.197
mezzi totali a ripascimenti	0	0	0	0	0	0	0	1.475	1.103	2.266	475	31.481	0	36.800
														73.535
mezzi / giorno a impianti recupero IR	41	46	46	34	48	50	26	11	16	12	12	55	40	
mezzi / giorno a discarica rifiuti DR	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
mezzi / giorno a discarica inerti DI	0	0	0	0	0	0	0	8	11	8	9	4	0	
mezzi / giorno a ripascimenti RIP	0	0	0	0	0	0	0	11	16	11	12	105	0	
Numero mezzi in uscita totali	1.765	689	689	345	1.907	2.985	261	4.074	3.046	6.256	1.312	49.400	806	
Numero mezzi in uscita al giorno	44	46	46	34	48	50	26	29	44	31	33	165	40	

Figura 5-11 – Quadro di sintesi dei flussi in uscita dalle aree di cantiere (Mezzi)

ID	12	25	31	34	37	50 e 51	54	56	60	65	69	72	83
Attività	Realizzazione dei piazzali delle aree di accantieramento	Realizzazione nuovi muri spondali e settore briglia selettiva in DX	Realizzazione nuovi muri spondali e settore briglia selettiva in SX	Completamento sbarramento (concio centrale)	Opera di sfioro - tappo di fondo e scavo	Sistemazione alveo briglia di monte	Finestra servizio - paratia imbocco e dima	Scavo galleria servizio in tradizionale (410 m)	Camerone montaggio TBM	Galleria scolmatrice in tradizionale (646 m)	Scavo camera di lancio in tradizionale (120 m)	Scavo galleria in meccanizzato	Scavo in tradizionale sotto corso Italia
inizio lavori	44												
							26						
								29					
		46							44				
											33		
			46							31		165	
				34						31		165	
					48							165	
													40
fine lavori						50							

Figura 5-12 – Cronoprogramma schematico per la valutazione delle sovrapposizioni dei flussi in uscita

ORIGINE	TIPO DESTINAZIONE	MAX MEZZI/ORA	MAX MEZZI/ORA	RIPARTIZIONE	PERCORSO	MEZZI/ORA
EX CANILE	IR	4,8		80%	ADAMOLI NORD	3,8
				20%	ADAMOLI SUD AUTOSTRADA	1,0
	DR	1,0		100%	ADAMOLI SUD AUTOSTRADA	1,0
	DI	0,9	0,9	100%	ADAMOLI SUD AUTOSTRADA	0,9
	RIP	8,3	8,3	15%	ADAMOLI SUD DEPOSITO FOCE	1,2
				75%	ADAMOLI SUD AUTOSTRADA	6,2
				10%	ADAMOLI SUD LEVANTE	0,8
ORIGINE	TIPO DESTINAZIONE	MAX MEZZI/ORA		RIPARTIZIONE	PERCORSO	MEZZI/ORA
ALVEO BISAGNO	IR	3,6		100%	ADAMOLI NORD	3,6
	DR	0,0				0,0
	DI	0,0				0,0
	RIP	0,0				0,0
ORIGINE	TIPO DESTINAZIONE	MAX MEZZI/ORA		RIPARTIZIONE	PERCORSO	MEZZI/ORA
CORSO ITALIA	IR	2,9		100%	ADAMOLI SUD LEVANTE	2,9
	DR	0,0				
	DI	0,0				
	RIP	0,0				

Figura 5-13 – Cronoprogramma schematico per la valutazione delle sovrapposizioni dei flussi in uscita

Cantiere ex canile - Via G. Adamoli

Numero di transiti di veicoli pesanti rilevati dal Comune di Genova

N° medio totale transiti orari di veicoli pesanti su Via G.Adamoli nei due sensi di marcia *380 veicoli/h*

Numero di mezzi pesanti in ingresso e uscita dal Cantiere ex canile e opere di presa

N° minimo *3~4 veicoli/h*

N° massimo *34 veicoli/h*

Il transito, in uscita ed ingresso, comporta al massimo un aumento del 9% del traffico attuale di veicoli pesanti su Via G. Adamoli.

L'aumento del 9% di veicoli pesanti su Via G. Adamoli non è in grado di alterare in modo significativo il clima acustico attuale della zona oggetto di indagine.

Cantiere sbocco a mare – Corso Italia

N° medio totale transiti orari di veicoli pesanti e leggeri su C.Italia nei due sensi di marcia *180~390 veicoli/h*

Numero di mezzi pesanti in ingresso e uscita dal Cantiere Corso Italia

N° *6 veicoli/h*

I veicoli in uscita ed ingresso dal cantiere di Corso Italia hanno come unico accesso la Via al Forte di San Giuliano.

La Via al Forte di San Giuliano ha una carreggiata molto stretta che impone ai veicoli pesanti il transito ad una velocità molto ridotta.

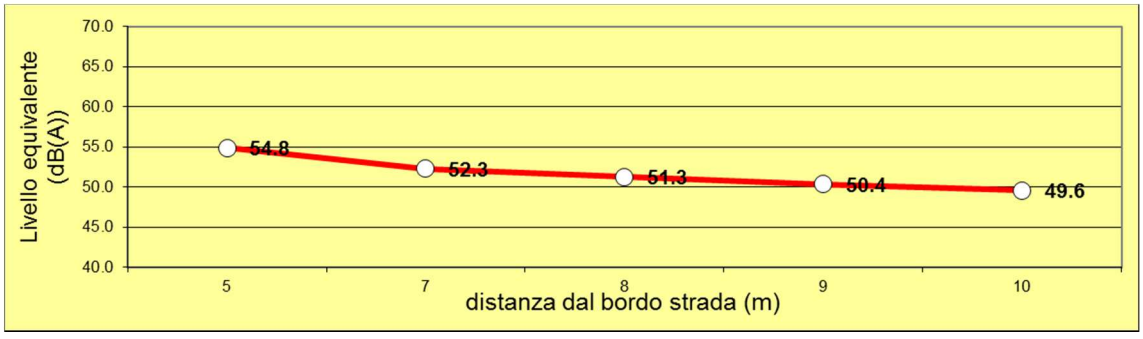
Ipotizzando una velocità bassa, per questioni di sicurezza, paria a 10/15 km/h, i livelli di emissione diurni ($LA_{eq,\,1}$ = 54.8 dB) in prossimità dei recettori risultano essere conformi ai limiti di legge diurni previsti dal piano di zonizzazione acustica del Comune di Genova.

Zona III - Area di tipo misto

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempo di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturno (22.00-06.00)
III - Aree di tipo misto	55 dB(A)	45 dB(A)

Velocità media (v) (km/h)	13
N° veicoli pesanti all'ora (p)	6
N° veicoli leggeri all'ora (l)	0
Distanza sorgente - ricevitore (d) (m)	5
$L_{Aeq,1}$	54.8

$$L_{A,eq} = 0{,}13\,v + 10{,}2\log_{10}(l + 6p) - 17{,}5\log_{10}(d) + 49{,}5 \quad \text{(dB(A))}$$



5.2 Valutazione clima acustico ante-operam

Per la caratterizzazione del clima acustico nelle aree interessate dall'intervento, è stata condotta dal sottoscritto Ing. Paolo Gallo, nel mese di ottobre 2017 una apposita campagna di monitoraggio.

I punti di misura sono stati scelti in corrispondenza dei recettori maggiormente esposti alle possibili emissioni sonore provenienti dai cantieri per la realizzazione dell'opera oggetto di indagine.

La ricostruzione del clima acustico complessivo ha fornito la base di partenza per la successiva valutazione fatta con il modello di simulazione "Cadna".

Con l'ausilio del software in questione è stato valutato il possibile contributo delle varie fasi di cantiere in riferimento al rumore preesistente.

Ai fini di una caratterizzazione del clima acustico lungo l'area di intervento oggetto dell'indagine, sono state effettuate misure di breve durata (25 a 30 minuti) con postazione mobile assistita da operatore.

Per una caratterizzazione attendibile del clima acustico abbiamo voluto predisporre più rilievi in diversi punti dell'area d'interesse sia nel periodo diurno (06:00-22:00) che in quello notturno (22:00-06:00).

Di seguito vengono riportati i punti di misura in periodo diurno e notturno per la caratterizzazione del clima acustico nei d'intorni della futura attività produttiva.

Area Cantiere Monte

Punto	Via	Latidudine	Longitudine
1B	Spalato	**44°26'32"**	**8°58'06"**
2B	Terpi	**44°26'25"**	**8°58'03"**
3B	Terpi	**44°26'27.6"**	**8°58'05"**
4B	Merello	**44°26'42.8"**	**8°58'14.55"**
5B	Adamoli	**44°26'51"**	**8°58'15.5"**

Tabella 24 – punti di rilievo fonometrico

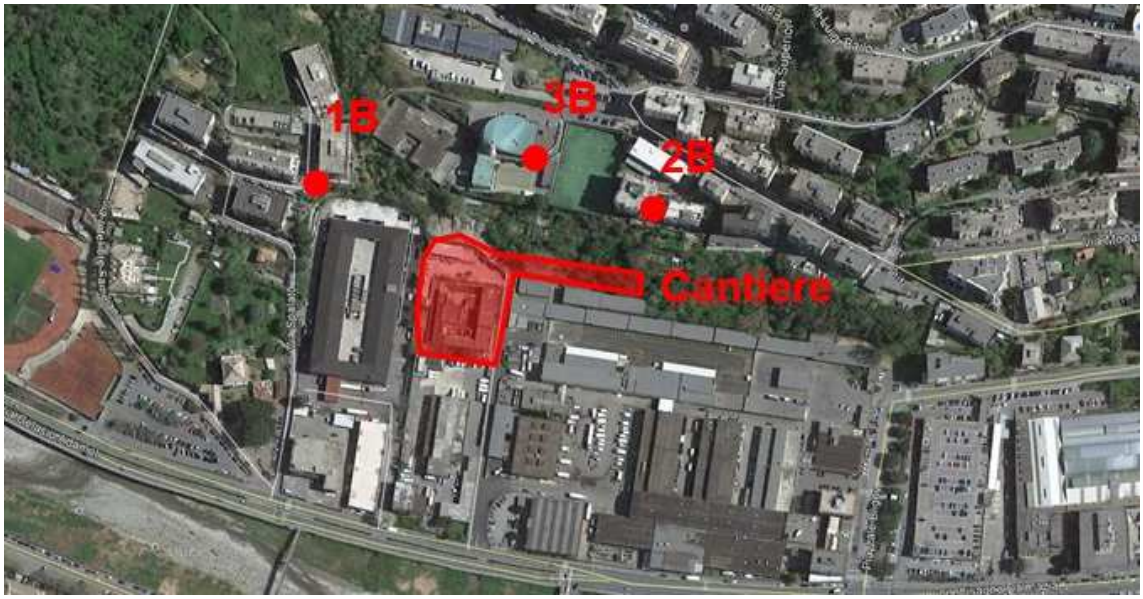


Figura 5-14 – Punti rilievo fonometrico cantiere ex-canile

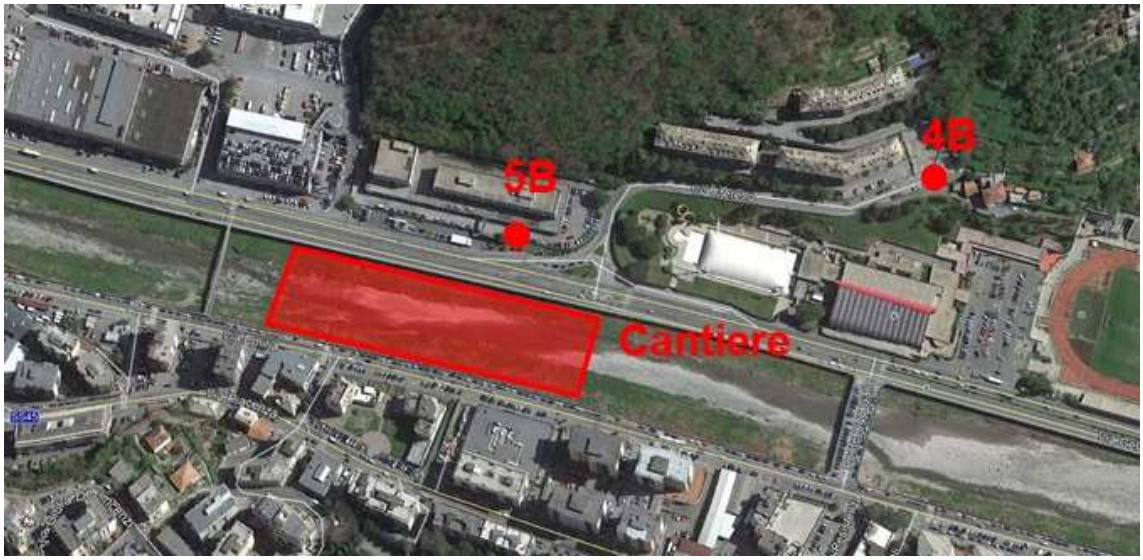


Figura 5-15 – Punti rilievo fonometrico cantiere opera di presa

Area cantiere Mare

Punto	Via	Latidudine	Longitudine
1M	Corso Italia	**44°23'32.7"**	**8°57'31.7"**
2M	Al Forte di San Giuliano	**44°23'33"**	**8°57'29.2"**

Tabella 25 - punti di rilievo fonometrico



Figura 5-16 – Punti rilievo fonometrico cantiere opera sbocco a mare

5.3 Condizioni ambientali durante i rilievi

Nell'ambito dell'elaborazione della documentazione previsionale di impatto acustico sono state svolte alcune indagini acustiche.

Tutte le misure sono state di breve durata e finalizzate alla determinazione del clima acustico ante operam.

Durante i rilievi diurni e notturni, le condizioni meteorologiche sono risultate buone con assenza di pioggia e vento.

Le condizioni meteorologiche sono state conformi a quanto stabilito dal **D.M. 16 marzo 1998** "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico" secondo l'allegato B art.7 "*Le misurazioni devono essere eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s. Il microfono deve essere comunque munito di cuffia antivento*".

Condizioni che hanno permesso di non invalidare i rilevamenti.

Durante le misure il microfono del fonometro integratore Delta ohm modello HD2010 è stato posto a circa 1,5 metri di altezza e in direzione della sorgente disturbante.

Al fine di ottenere una maggiore comprensione del clima acustico in esame si è proceduto all'acquisizione, ad intervalli di 10 secondi.

Tra i diversi valori memorizzati sono stati successivamente analizzati l'andamento dei livelli percentili L_5, L_{95} e naturalmente il livello sonoro equivalente di pressione sonora ponderato A (LAeq).

5.4 Strumenti di misura utilizzati

Lo strumento impiegato per le misure è un fonometro integratore di precisione idoneo alla misura del rumore secondo gli standard I.E.C 60651, I.E.C 60804 I.E.C. 61672 relativamente alla classe 1.

Fonometro integratore Delta Ohm, modello HD 2010, matricola 10020142135

Prima e dopo la serie di misurazioni la strumentazione è stata calibrata mediante calibratore:

Delta Ohm, modello HD 9101, matricola 09018560

Il fonometro è stato sottoposto a taratura presso il centro accreditato Delta Ohm srl di Via Marconi, 5 -35030 Caselle di Selvazzano (PD) in data 16.02.2017

(In allegato certificato di taratura)

Il calibratore è stato sottoposto a taratura presso il centro accreditato Delta Ohm srl di Via Marconi, 5 -35030 Caselle di Selvazzano (PD) in data 09.02.2016

(In allegato certificati di taratura)

5.5 Identificazione e discrezione dei recettori presenti

La definizione di recettore o recettore sensibile, sebbene non esplicitamente richiamata all'interno dei documenti legislativi e normativi è a tutti gli effetti entrata a far parte del glossario dell'acustica ambientale.

Per recettore sensibile si intende uno specifico luogo (area particolarmente protetta quale un parco cittadino, un'area oggetto di continua e assidua frequentazione da parte di persone spesso inserita in un particolare contesto storico-culturale) o una specifica struttura (scuola, ospedale, edificio residenziale, ecc.) presso i quali è individuabile una posizione significativa di misura per la verifica e il monitoraggio delle emissioni sonore delle sorgenti.

Recettori sensibili: scuola, ospedale, case di cura/riposo;

Recettore	Nome	Distanza cantiere ex-canile	Distanza cantiere opera di presa
RS1	***Scuola Comunale Vespertina Montesigniano***	40m	610m
Classe acustica I - Limiti emissione Diurno = 45dB - Limiti immissione Diurno = 50dB			
RS2	**Scuola Elementare Montesigniano**	454m	1120m
Classe acustica I - Limiti emissione Diurno = 45dB - Limiti immissione Diurno = 50dB			
RS3	**Scuola Media D'azzeglio**	600m	1280m
Classe acustica I - Limiti emissione Diurno = 45dB - Limiti immissione Diurno = 50dB			
RS4	**Asilo nido Ravasco**	490m	1115m
Classe acustica I - Limiti emissione Diurno = 45dB - Limiti immissione Diurno = 50dB			
RS5	**Residenza anziani San Gottardo**	600m	200m
Classe acustica IV *Limiti emissione Diurno = 60dB - Limiti emissione Notturno = 50dB* *Limiti immissione Diurno = 65dB - Limiti immissione Notturno = 55dB*			
RS6	**Istituto Comprensivo San Gottardo**	850m	195m
Classe acustica I - Limiti emissione Diurno = 45dB - Limiti immissione Diurno = 50dB			
RS7	**ITIS Ettore Majorana**	1280m	460m
Classe acustica I - Limiti emissione Diurno = 45dB - Limiti immissione Diurno = 50dB			

Tabella 26

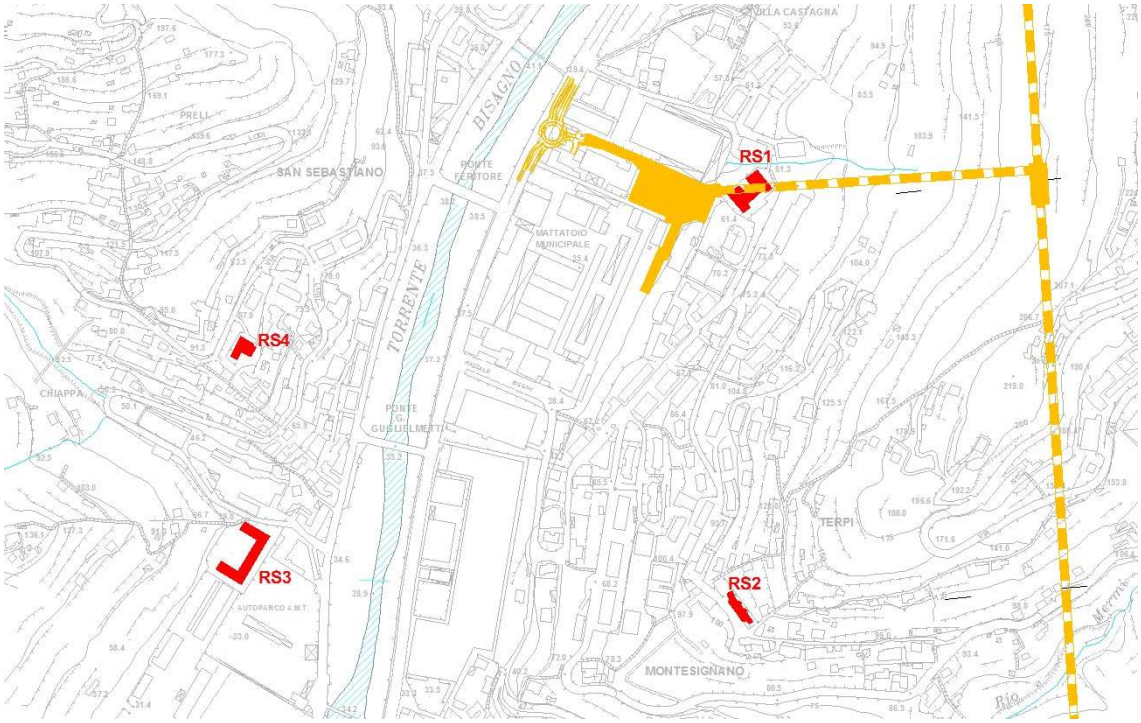


Figura 5-17 – Recettori sensibili in prossimità cantiere area ex-canile

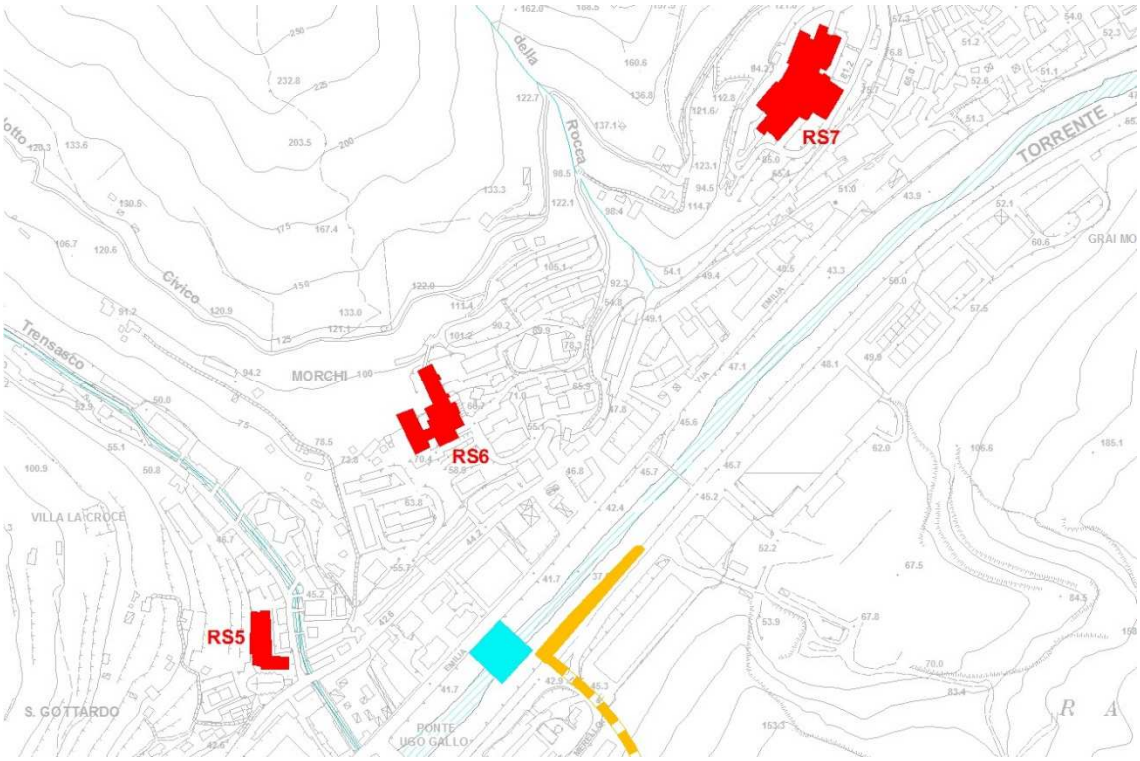


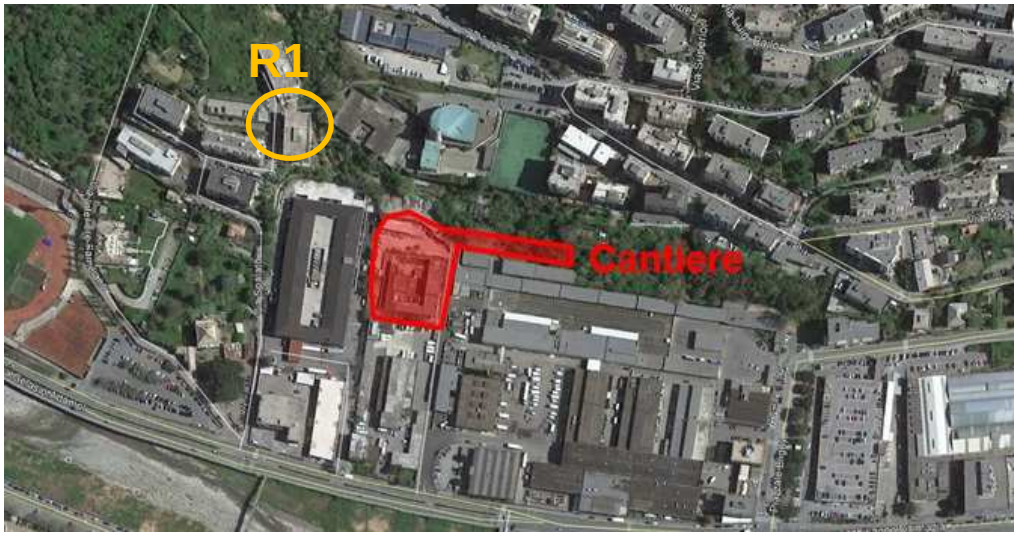
Figura 5-18 – Recettori sensibili in prossimità cantiere opera di presa

Recettori residenziali: edifici ad uso abitativo, costituenti la realtà residenziale in cui l'opera si inserisce e sua distribuzione nell'area oggetto di studio, in termini di agglomerati di ricettori o di edifici isolati;

Altri tipi di recettori: eventuali ricettori di diversa destinazione d'uso, quali ad es. edifici adibiti ad attività lavorativa o ricreativa, parchi pubblici, ecc.

I recettori sono stati scelti in funzione della distanza rispetto alle aree di cantiere.
Gli altri recettori non stati presi in considerazione in quanto disposti ad una distanza maggiore rispetto ai recettore esaminati.

Recettore R1 ad est dell'area cantiere ex-canile



Recettore residenziale pluripiano

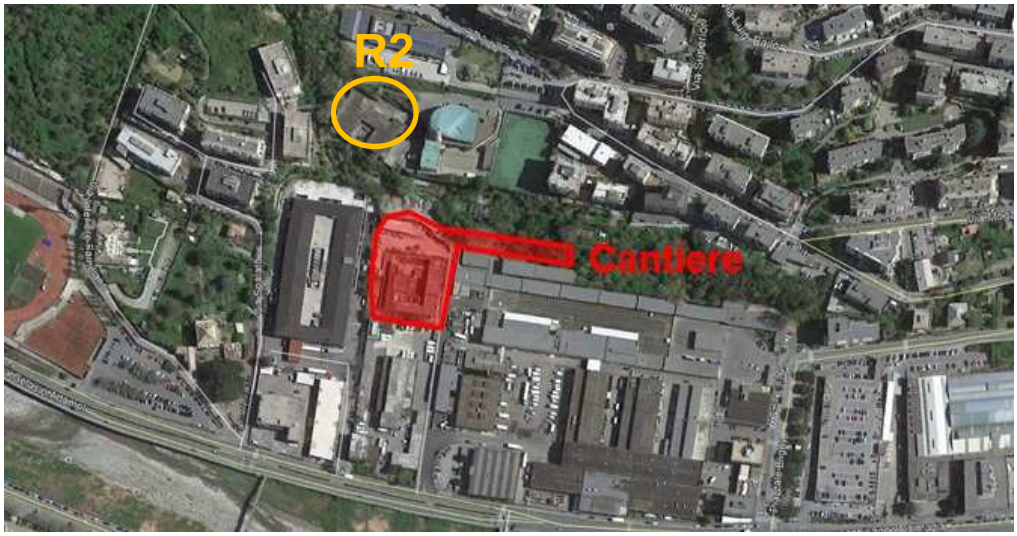
Classe acustica III

Limiti emissione Diurno = 55dB - Limiti emissione Notturno = 45dB

Limiti immissione Diurno = 60dB - Limiti immissione Notturno = 50dB



Recettore R2 ad est dell'area cantiere ex-canile

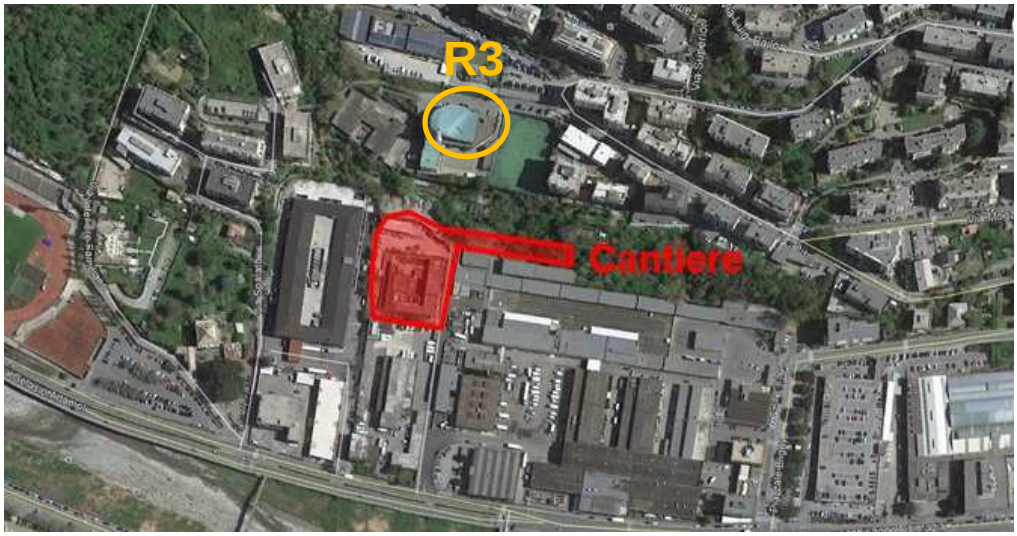


Recettore sensibile - Edificio scolastico

Classe acustica I - Limiti emissione Diurno = 45dB - Limiti immissione Diurno = 50dB



Recettore R3 ad est dell'area cantiere ex-canile

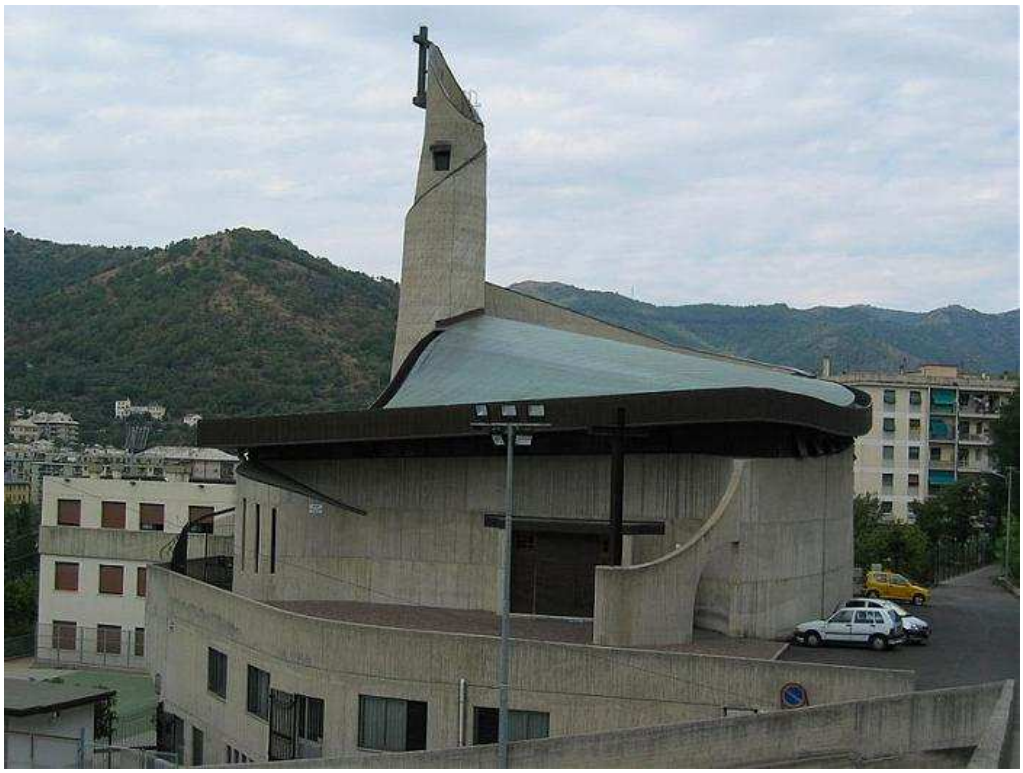


Altro tipo di recettore - Edificio religioso Parrocchia San Michele Arcangelo di Montesignano

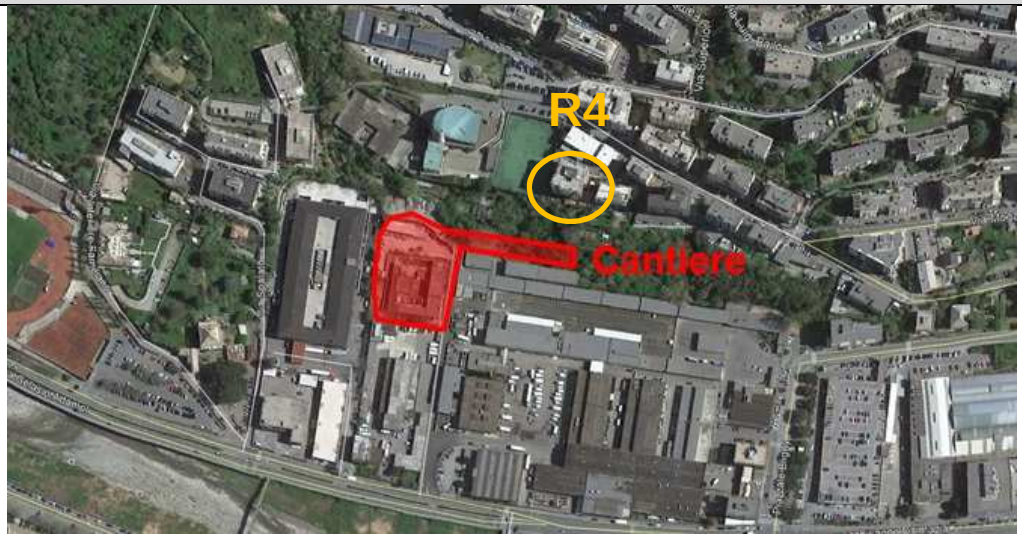
Classe acustica III

Limiti emissione Diurno = 55dB - Limiti emissione Notturno = 45dB

Limiti immissione Diurno = 60dB - Limiti immissione Notturno = 50dB



Recettore R4 ad est dell'area cantiere ex-canile



Recettore residenziale pluripiano

Adiacente al campetto di calcio dell'oratorio della parrocchia di San Michele

Classe acustica III

Limiti emissione Diurno = 55dB - Limiti emissione Notturno = 45dB

Limiti immissione Diurno = 60dB - Limiti immissione Notturno = 50dB



Recettore R5 ad est dell'area cantiere opera di presa



Recettore residenziale pluripiano

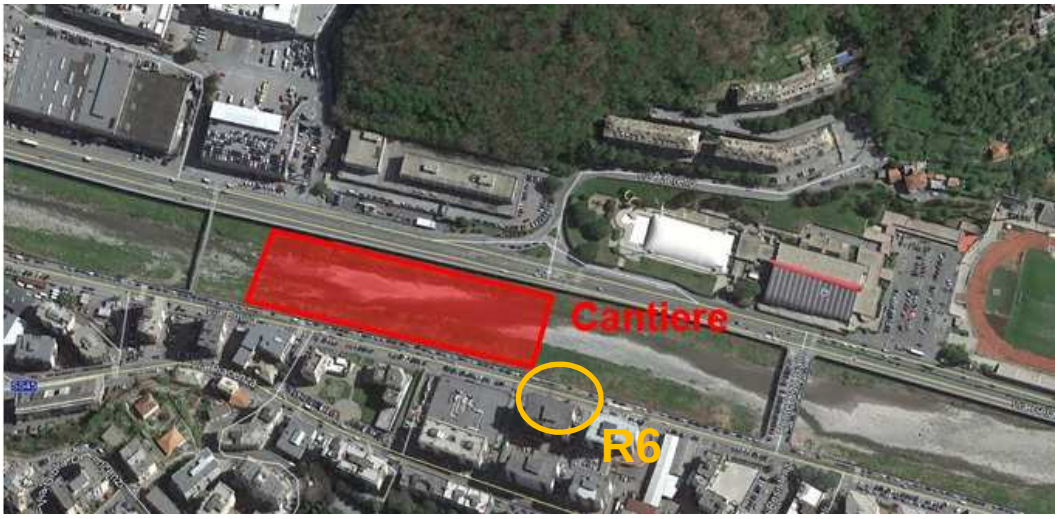
Classe acustica IV

Limiti emissione Diurno = 60dB - Limiti emissione Notturno = 50dB

Limiti immissione Diurno = 65dB - Limiti immissione Notturno = 55dB



Recettore R6 ad ovest dell'area cantiere opera di presa



Recettore residenziale pluripiano

Classe acustica IV

Limiti emissione Diurno = 60dB - Limiti emissione Notturno = 50dB

Limiti immissione Diurno = 65dB - Limiti immissione Notturno = 55dB



Recettore R7 a nord dell'area cantiere opera sbocco a mare



Recettore residenziale pluripiano

Classe acustica IV

Limiti emissione Diurno = 60dB - Limiti emissione Notturno = 50dB

Limiti immissione Diurno = 65dB - Limiti immissione Notturno = 55dB



Recettore R8 a nord dell'area cantiere opera sbocco a mare



Recettore residenziale pluripiano

Classe acustica III

Limiti emissione Diurno = 55dB - Limiti emissione Notturno = 45dB

Limiti immissione Diurno = 60dB - Limiti immissione Notturno = 50dB



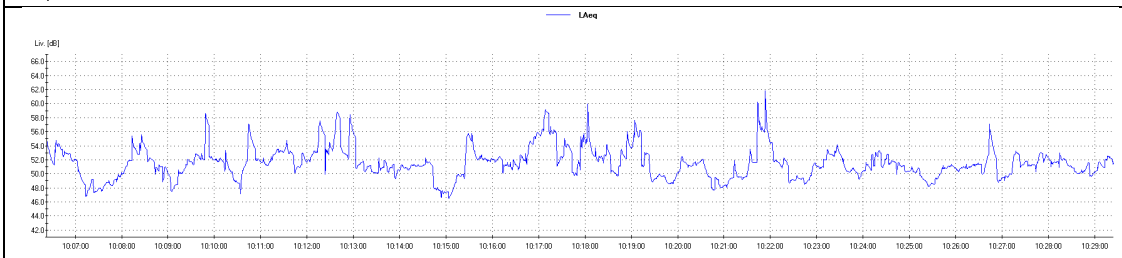
5.6 Report rilievi fonometrici

Punto 1B	**Rumore residuo diurno**		
METEO	24/10/2017 Martedì	V $_{vento}$ < 5 m/s	T°= 21°
	25/10/2017 Mercoledì	V $_{vento}$ < 5 m/s	T°= 18°

Sorgenti
Attività produttive
Transito mezzi su Lungo Bisagno Dalmazia e Via Emilia
Attività antropiche in prossimità del punto di misura

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_5**
TM_1= 25/10/2017	10.06.23	10.29.25	**51.50**	**50.00**	**53.50**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_1 = 9h dalle 06.00 alle 15.00

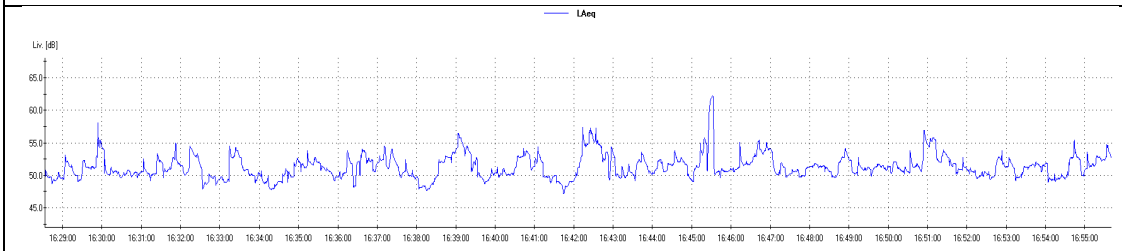


Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_5**
TM_2= 24/10/2017	16.28.33	16.55.41	**51.50**	**50.00**	**53.50**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_2 = 7h dalle 15.00 alle 22.00



Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

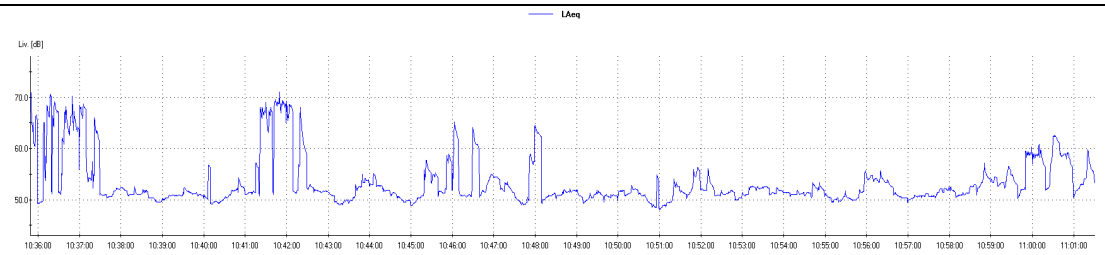
LAeq,TR= 10log[1/16(9·$10^{51.5/10}$ + 7·$10^{51.5/10}$) = **51.50 dB(A)**
L95,TR= 10log[1/16(9·$10^{50.0/10}$ + 7·$10^{50.0/10}$) = **50.00 dB(A)**
L5,TR= 10log[1/16(9·$10^{53.5/10}$ + 7·$10^{53.5/10}$) = **53.50 dB(A)**

Punto 2B-3B	**Rumore residuo diurno**		
METEO	24/10/2017 Martedì	V_{vento} < 5 m/s	T°= 21°
	25/10/2017 Mercoledì	V_{vento} < 5 m/s	T°= 18°

Sorgenti
Attività produttive
Transito mezzi su Lungo Bisagno Dalmazia e Via Emilia
Attività antropiche in prossimità del punto di misura

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_5**
TM_1= 25/10/2017	10.35.49	11.01.32	**53.50**	**50.50**	**56.00**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_1 = 9h dalle 06.00 alle 15.00

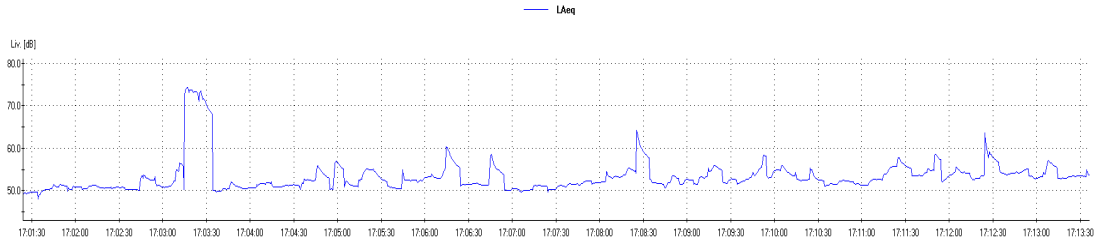


Grafici LAeq

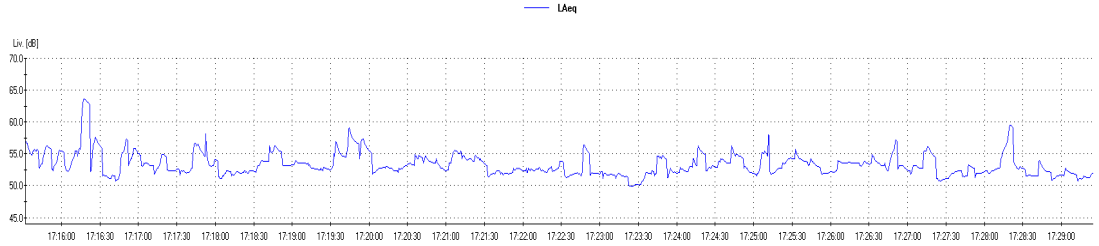
** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_5**
TM_2= 24/10/2017	17.01.24	17.13.37	**53.50**	**51.50**	**55.50**
TM_2= 24/10/2017	17.15.32	17.29.25	**53.50**	**52.00**	**55.50**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_2 = 7h dalle 15.00 alle 22.00



Grafici LAeq



Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

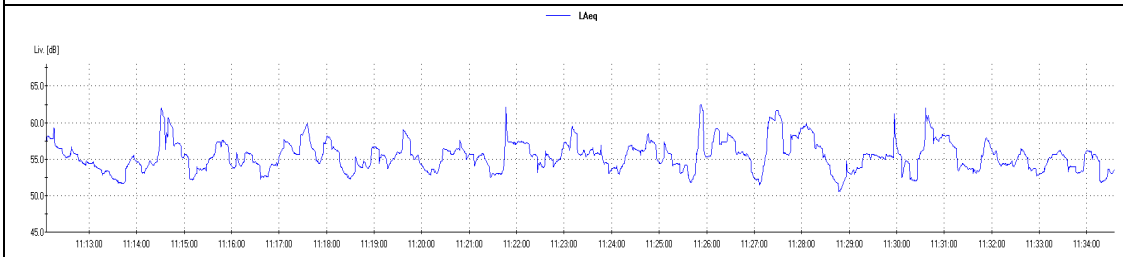
LAeq,TR= 10log[1/16(9·$10^{53.5/10}$ + 7·$10^{53.5/10}$) = **53.50 dB(A)**
L95,TR= 10log[1/16(9·$10^{50.5/10}$ + 7·$10^{51.5/10}$) = **51.00 dB(A)**
L5,TR= 10log[1/16(9·$10^{56.0/10}$ + 7·$10^{55.5/10}$) = **56.00 dB(A)**

Punto 4B	**Rumore residuo diurno**		
METEO	24/10/2017 Martedì	V_{vento} < 5 m/s	T°= 21°
	25/10/2017 Mercoledì	V_{vento} < 5 m/s	T°= 18°

Sorgenti
Attività produttive
Transito mezzi su Via Adamoli e Via Emilia
Attività antropiche in prossimità del punto di misura

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_{5}**
TM_1= 25/10/2017	11.12.06	11.34.36	**55.50**	**54.50**	**57.00**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_1 = 9h dalle 06.00 alle 15.00

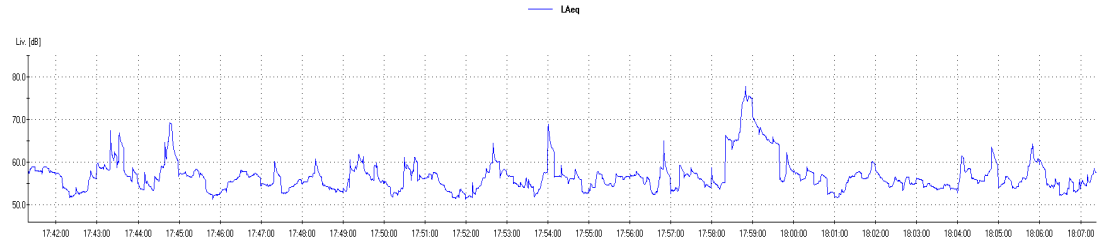


Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_{5}**
TM_2= 24/10/2017	17.41.19	18.07.24	**57.00**	**55.00**	**59.50**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_2 = 7h dalle 15.00 alle 22.00



Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

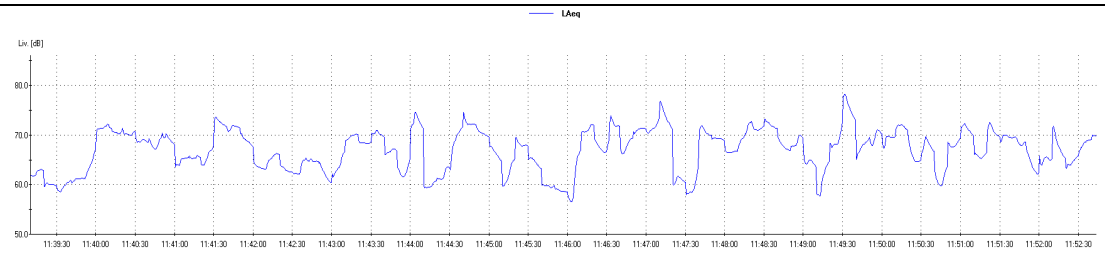
LAeq,TR= 10log[1/16(9·$10^{55.5/10}$ + 7·$10^{57.0/10}$) = **56.00 dB(A)**
L95,TR= 10log[1/16(9·$10^{54.5/10}$ + 7·$10^{55.0/10}$) = **54.50 dB(A)**
L5,TR= 10log[1/16(9·$10^{57.0/10}$ + 7·$10^{59.5/10}$) = **58.50 dB(A)**

Punto 5B	**Rumore residuo diurno**		
METEO	25/10/2017 Mercoledì	V $_{vento}$ < 5 m/s	T°= 18°

Sorgenti
Attività produttive
Transito mezzi su Via Adamoli e Via Emilia
Attività antropiche in prossimità del punto di misura

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L*$_{Aeq}$**	**L*$_{95}$**	**L*$_{5}$**
TM$_1$= 25/10/2017	11.39.10	11.52.44	**67.00**	**65.00**	**69.00**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO$_1$ = 16h dalle 06.00 alle 22.00



Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

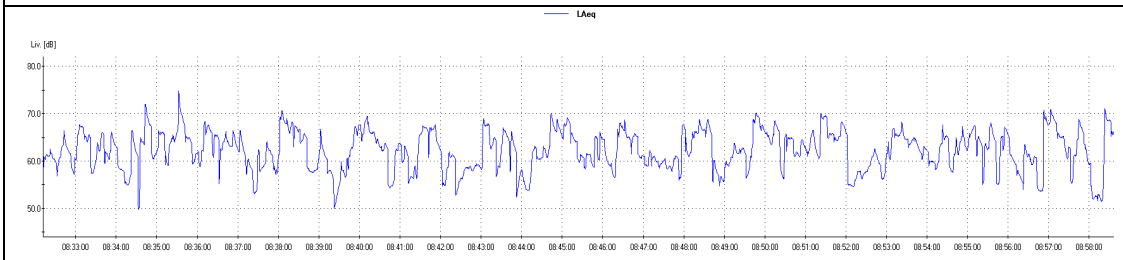
LAeq,TR= 67.00 dB(A)
L95,TR= 65.00 dB(A)
L5,TR= 69.00 dB(A)

Punto 1M	**Rumore residuo diurno**		
METEO	24/10/2017 Martedì	V_{vento} < 5 m/s	T°= 21°
	25/10/2017 Mercoledì	V_{vento} < 5 m/s	T°= 18°

Sorgenti
Attività di cantiere
Transito mezzi su Corso Italia
Attività antropiche in prossimità del punto di misura

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_5**
TM_1= 25/10/2017	08.32.12	08.58.37	**62.50**	**59.00**	**65.50**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_1 = 9h dalle 06.00 alle 15.00

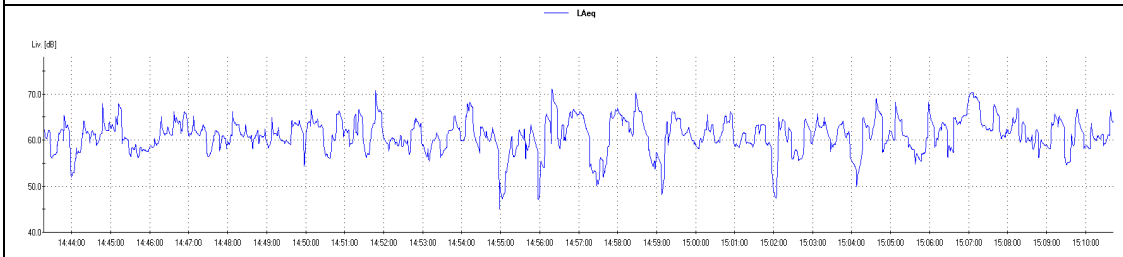


Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_5**
TM_2= 24/10/2017	14.43.17	15.10.43	**61.00**	**58.00**	**64.00**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_2 = 7h dalle 15.00 alle 22.00



Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

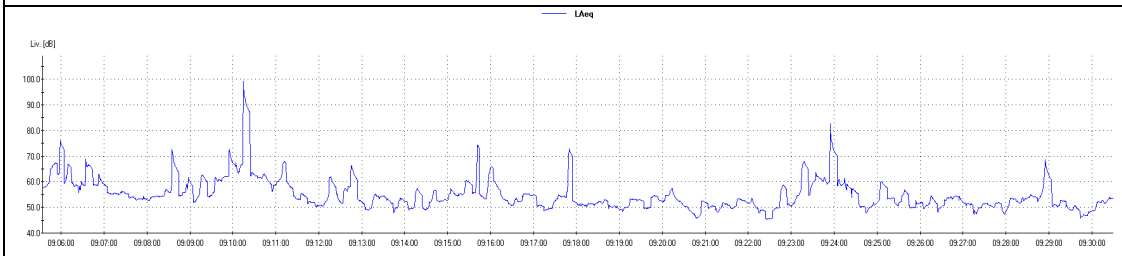
LAeq,TR= 10log[1/16(9·$10^{62.5/10}$ + 7·$10^{61.0/10}$) = **62.00 dB(A)**
L95,TR= 10log[1/16(9·$10^{59.0/10}$ + 7·$10^{58.0/10}$) = **58.50 dB(A)**
L5,TR= 10log[1/16(9·$10^{65.5/10}$ + 7·$10^{64.0/10}$) = **65.00 dB(A)**

Punto 2M	**Rumore residuo diurno**		
METEO	24/10/2017 Martedì	V $_{vento}$ < 5 m/s	T°= 21°
	25/10/2017 Mercoledì	V $_{vento}$ < 5 m/s	T°= 18°

Sorgenti
Attività di cantiere
Transito mezzi su Corso Italia
Attività antropiche in prossimità del punto di misura

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_5**
TM_1= 25/10/2017	09.05.34	09.30.31	**55.00**	**52.50**	**57.50**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_1 = 9h dalle 06.00 alle 15.00

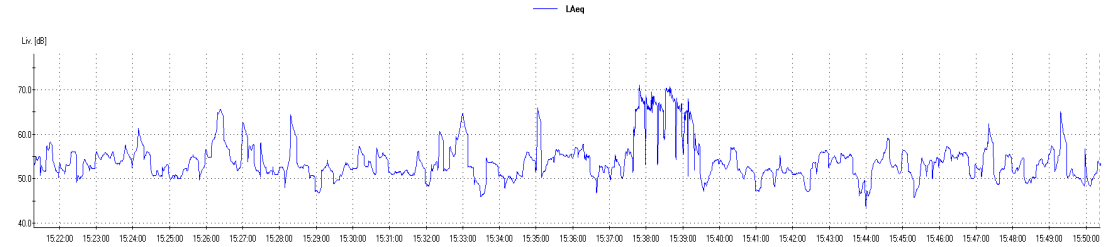


Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L^*_{Aeq}**	**L^*_{95}**	**L^*_5**
TM_2= 24/10/2017	15.21.18	15.50.24	**54.00**	**51.50**	**56.50**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO_2 = 7h dalle 15.00 alle 22.00



Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

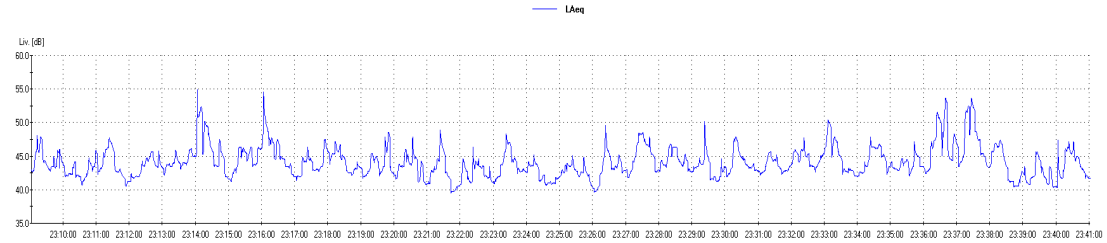
LAeq,TR= 10log[1/16(9·$10^{55.0/10}$ + 7·$10^{54.0/10}$) = **55.00 dB(A)**
L95,TR= 10log[1/16(9·$10^{52.5/10}$ + 7·$10^{51.5/10}$) = **52.00 dB(A)**
L5,TR= 10log[1/16(9·$10^{57.5/10}$ + 7·$10^{56.5/10}$) = **57.00 dB(A)**

Punto 1B	**Rumore residuo notturno**		
METEO	24/10/2017 Martedì	V $_{vento}$ < 5 m/s	T°= 14°

Sorgenti
Transito mezzi su Lungo Bisagno Dalmazia e Via Emilia
Attività antropiche in prossimità del punto di misura

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L*$_{Aeq}$**	**L*$_{95}$**	**L*$_{5}$**
TM$_1$= 24/10/2017	23.09.03	23.41.03	**44.00**	**43.00**	**46.00**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO$_1$ = 8h dalle 22.00 alle 06.00



Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

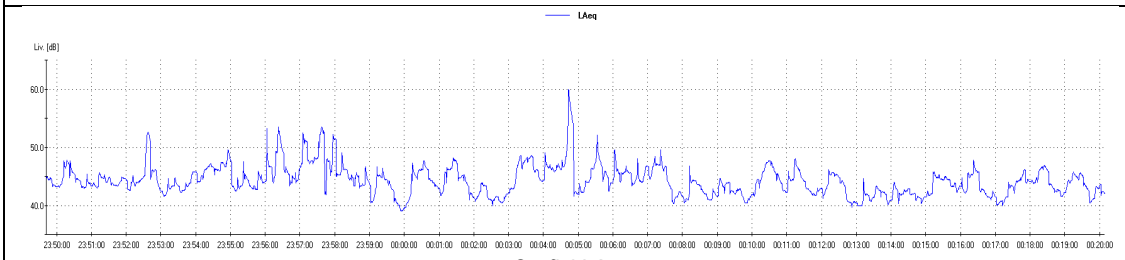
LAeq,TR= 44.00 dB(A)
L95,TR= 43.00 dB(A)
L5,TR= 46.00 dB(A)

Punto 3B	**Rumore residuo notturno**		
METEO	24/25/10/2017 Martedì	V $_{vento}$ < 5 m/s	T°= 14°

Sorgenti
Transito mezzi su Lungo Bisagno Dalmazia e Via Emilia
Attività antropiche in prossimità del punto di misura

DATA	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**	**L*$_{Aeq}$**	**L*$_{95}$**	**L*$_{5}$**
TM$_1$=24/25/10/2017	23.49.42	00.20.09	**44.00**	**43.00**	**46.00**

Si decide di associare al livello misurato il seguente periodo di osservazione
TO$_1$ = 8h dalle 22.00 alle 06.00



Grafici LAeq

** Livello sonoro arrotondato allo 0,5 dB(A) più prossimo come prescritto dal D.M.A. 16/03/1998*

LAeq,TR= 44.0 dB(A)
L95,TR= 43.00 dB(A)
L5,TR= 46.00 dB(A)

5.7 Riepilogo dei risultati delle misure acustiche

Nella successiva tabella sono riportati i risultati delle misure effettuate in periodo diurno.

Punto	Data rilievo	Orario Inizio	Orario fine	Pressione Equivalente	Livelli Percentili	
				L_{Aeq} [dB(A)]	L_{95} [dB]	L_5 [dB]
Diurno Mattina						
1B	25/10/2017	10.06.23	10.29.25	51.50	50.00	53.50
3B	25/10/2017	10.35.49	11.01.32	53.50	50.50	56.00
4B	25/10/2017	11.12.06	11.34.36	55.50	54.50	57.00
5B	25/10/2017	11.39.10	11.52.44	67.00	65.00	69.00
1M	25/10/2017	08.32.12	08.58.37	62.50	59.00	65.50
2M	25/10/2017	09.05.34	09.30.31	55.00	52.50	57.50
Diurno Pomeriggio						
1B	24/10/2017	16.28.33	16.55.41	51.50	50.00	53.50
2B	24/10/2017	17.01.24 17.15.32	17.13.37 17.29.25	53.50 53.50	51.50 52.00	55.50 55.50
4B	24/10/2017	17.41.19	18.07.24	57.00	55.00	59.50
1M	24/10/2017	14.43.17	15.10.43	61.00	58.00	64.00
2M	24/10/2017	15.21.18	15.50.24	54.00	51.50	56.50
Serale						
1B	24/10/2017	23.09.03	23.41.03	44.00	43.00	46.00
3B	24/25/10/2017	23.49.42	00.20.09	44.00	43.00	46.00

Tabella 27

5.8 Caratteristiche acustiche delle sorgenti di cantiere

Normalmente per le macchine da cantiere è disponibile il livello di potenza sonora garantita, certificata dal costruttore ai sensi della direttiva 2000/14 CE recepita in Italia con il Decreto Legislativo 4 settembre 2002 n° 262, tuttavia nella fase di progetto dell'opera normalmente non si conoscono marca e modello delle macchine.

Tenuto conto della collocazione dei macchinari e dei ricettori, può essere altrettanto utile, al posto della potenza sonora, la conoscenza di un livello di pressione sonora, misurato durante la lavorazione, a una distanza sufficiente dalla macchina (almeno 2 volte la dimensione massima del macchinario), in una direzione significativa per l'impatto sui ricettori vicini.

Lo scenario descrive anche la sovrapposizione di diversi macchinari da cui discendono gli impatti acustici.

Per ogni scenario si possono avere una o più mappe di simulazione dell'impatto acustico in funzione della variabilità della posizione delle lavorazioni durante tale scenario.

In molti casi l'apparente complessa varietà delle situazioni si può semplificare individuando configurazioni tipiche che si riproducono in maniera analoga su diversi ricettori, ad esempio per traslazione del fronte di lavorazione.

La prima attività da sviluppare per effettuare la valutazione degli impatti determinati dalle attività di cantiere relativamente alla componente rumore riguarda l'individuazione dei livelli di potenza sonora caratteristici dei macchinari impiegati. Questo passaggio generalmente costituisce un serio problema per il tecnico, almeno in questa fase, in quanto ogni impresa dispone di un proprio parco macchine con caratteristiche acustiche che possono cambiare radicalmente. E' evidente come, a seconda della specifica di macchina che andrà a lavorare e a seconda della specifica operazione che verrà svolta in un determinato periodo di tempo (escavazione, piuttosto che movimentazione materiale, ecc.), il livello sonoro possa variare moltissimo.

Nella tabella seguente vengono riportate le sorgenti sonore individuate, il periodo di funzionamento ed i livelli di potenza sonora utilizzati con i relativi riferimenti.

Sorgente	Funz. Diurno	Funz. Notturno	LwA (dBA)	Riferimento
Ventolino	X	X	80	Collaudo acustico effettuato da SPEA
Frantoio	X	X	110	Collaudo acustico effettuato da SPEA
Impianto di vagliatura	X	X	107	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Sfangatrice a botte	X	X	108	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Escavatore cingolato	X		110	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Demolitore con pinze	X		110	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Escavatore cingolato con martello	X		116	Rilievi Università di Parma
Rullo compressore	X		106	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Pala meccanica gommata	X		100	Rilievi Università di Parma
Autocarro	X		101	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Autobetoniera	X		101	Rilievi Università di Parma
Autopompa per cls	X		102	Rilievi Università di Parma
Macchina per pali fondazione	X		105	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Pompa da cemento	X		108	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Perforatrice	X		106	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino

Motogeneratore	X		100	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Impianto micropali - miscelatore	X		102	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino
Autogru	X		104	Valori costruttore
Impianto di betonaggio	X		102	Dati Bibliografici
Vibrofinitrice	X		107	CPP-comitato paritetico territoriale di Torino

Tabella 28

5.9 Cronoprogramma indicativo dei lavori

Si riporta di seguito il cronoprogramma indicativo per l'esecuzione delle opere della galleria scolmatrice.

PREDISPOSIZIONE AREA DI ACCANTIERAMENTO DI MONTE

Presidio di cantiere iniziale	5 g
Risoluzione interferenze	20 g
Demolizione edifici AMIU	30 g
Realizzazione nuovo capannone AMIU	30 g
Realizzazione rotatoria via Adamoli	30 g
Demolizione edifici ex-canile	15 g
Opere di sostegno perimetrali	45 g
Deviazione Rio Sciorba	15 g
Realizzazione dei piazzali delle aree di accantieramento	30 g
Allaccio ENEL	0 g
Installazione baraccamenti	10 g
Installazione impianti di cantiere fissi	15 g
Installazione impianti di cantiere mobili - FASE A	15 g
Installazione impianti di cantiere mobili - FASE B	15 g

INTERVENTI LUNGO IL TORRENTE BISAGNO

Interventi propedeutici e di spostamento dei sottoservizi	30 g
Realizzazione rampa e opere provvisionali in alveo	30 g
Realizzazione del nuovo ponticello pedonale	90 g
Spostamento sottoservizi ENEL	0 g

OPERA DI SBARRAMENTO

Opere provvisionali e tappo di fondo	30 g
Realizzazione opere di sostegno provvisorie lungo via Emilia	40 g
Realizzazione dei nuovi muri spondali e del settore di destra	150 g
Realizzazione del guado provvisorio in alveo	5 g
Realizzazione degli interventi di consolidamento dei muri spondali in sinistra	60 g
Adeguamento opere provvisionali e tappo di fondo	30 g
Completamento delle opere strutturali dell'opera di sbarramento	150 g

OPERA DI SFIORO

Tappo di fondo e scavo	60 g
Pareti laterali	60 g
Demolizione diaframma di collegamento con la galleria ultimata	10 g
Muri in elevazione	60 g
Solette di copertura	60 g
Riempimento spalla sinistra	20 g
Montaggio opere elettromeccaniche	60 g
Montaggio passerelle	30 g
Vano alloggiamento panconi	30 g
Realizzazione edificio di controllo	90 g
Opere complementari e sistemazioni finali	30 g

BRIGLIA DI TRATTENUTA CORPI GALLEGGIANDI DI MONTE

Opere provvisionali in alveo	10 g
Realizzazione carpenterie in c.a.	90 g
Realizzazione sistema di trattenuta corpi galleggianti	30 g

SISTEMAZIONE ALVEO

Sistemazione alveo	180 g

GALLERIA DI SERVIZIO

Paratia di imbocco e dima	45 g
Consolidamenti edifici esistenti	45 g
Scavo galleria di servizio in tradizionale	100 g
Rivestimento definitivo	100 g

CAMERONE MONTAGGIO TBM

Consolidamenti	100 g
Esecuzione scavo in tradizionale	100 g
Rivestimento definitivo	100 g

GALLERIA SCOLMATRICE

Tratto in tradizionale (verso opera di presa)	535 g
Consolidamenti	150 g
Scavo in tradizionale	150 g
Rivestimento definitivo	150 g
Apertura diaframma su muro spondale	10 g
Allestimento TBM	30 g
Scavo galleria	300 g
Realizzazione rivestimento definitivo	500 g
Scavo diaframma terminale	10 g
Opera di presa fosso Sciorba	165 g
Realizzazione opere provvisionali in alveo	15 g
Opera di presa - lavorazioni in superficie	90 g
Camera di dissipazione	60 g

PREDISPOSIZIONE AREA DI ACCANTIERAMENTO C.SO ITALIA

Realizzazione viabilità di accesso	5 g
Predisposizione aree	10 g
Installazione baraccamenti ed impianti di cantiere	15 g
Smantellamento cantiere	15 g

OPERA DI SBOCCO A MARE

Installazione sistema monitoraggio	10 g
Consolidamento volte Corso Italia	60 g
Scavo in tradizionale sotto Corso Italia - L = 40 m	20 g
Scavo fino bastioni di Forte San Giuliano - L = 180 m	50 g
Smontaggio TBM ed allontanamento dal cantiere	15 g
Realizzazione galleria artificiale di collegamento con convergente	60 g

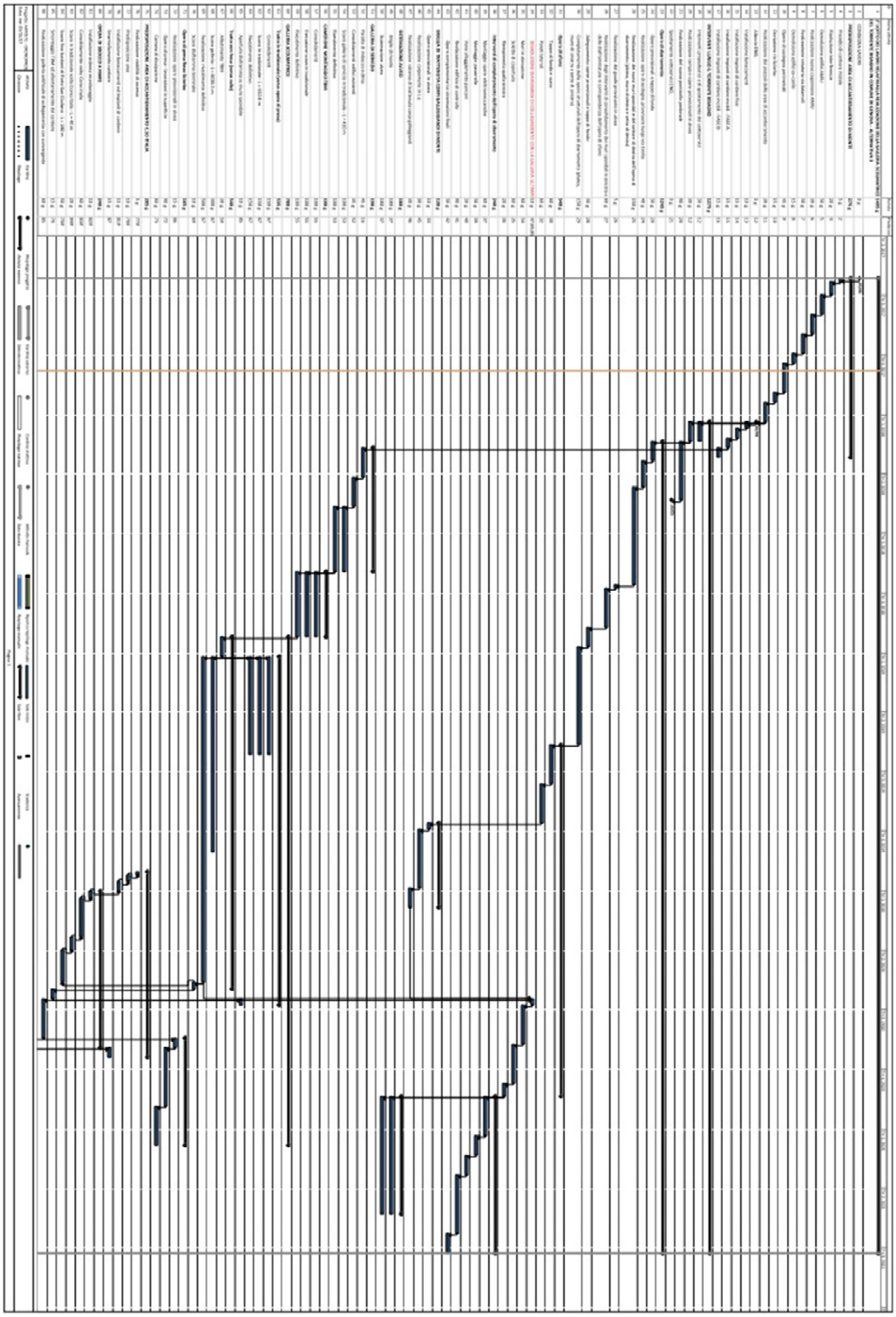


Figura 5-19 – Cronoprogramma indicativo

5.10 Analisi delle fasi critiche

Le fase di cantiere sono caratterizzate da una grande variabilità temporale.

Trascurando le fasi di lavoro manuale, il cui impatto è decisamente inferiore rispetto alla fase di costruzione dell'infrastruttura, si considera che le sorgenti sonore siano sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici ed in mezzi adibiti al trasporto.

Le macchine operatrici hanno una distribuzione spaziale abbastanza prevedibile e delimitata, mentre i mezzi di trasporto si distribuiscono lungo il percorso che collega la zona di lavorazione con il cantiere principale, discariche o ripascimento delle spiagge zona levante o ponente.

La caratterizzazione acustica del progetto rappresenta un momento cardine della valutazione di impatto acustico poiché è in quest'ambito che si quantifica la consistenza del cantiere, in termini di emissioni acustiche delle sorgenti, e si analizzano le fasi operative per definire la situazione emissiva critica sulla quale basare il calcolo previsionale.

Elencare le macrofasi del progetto consiste in una descrizione di massima della sequenza operativa necessaria alla realizzazione del manufatto.

La scelta sulla tipologia di lavorazione è ricaduta sulle lavorazioni potenzialmente più rumorose tra quelle previste per la realizzazione dell'opera.

Nelle tabelle seguenti si riportano, per ogni attività considerata, l'elenco dei macchinari impiegati, le ore di attività del cantiere, i rispettivi livelli di potenza sonora ed i livelli di potenza valutati considerando l'effettivo impiego dei macchinari.

Per ogni fase si è valutato sulla base delle operazioni da effettuare nel cantiere e degli spazi disponibili il numero massimo di macchine che potevano operare in contemporanea.

Ipotesi che possono cambiare in fase di esecuzione dell'opera, in quanto ogni impresa può cambiare radicalmente le fasi, il ciclo lavorativo e il numero di macchinari.

Le sorgenti sono state ipotizzate come puntuali e distribuite nelle zone di lavoro coerentemente con le tipologie di lavorazione. Le sorgenti sono state collocate a differenti quote dal piano di lavoro in base alla tipologia di macchinario.

Durante il periodo notturno saranno attive solamente i macchinari collegati allo scavo della galleria

- trasporto dello smarino all'esterno tramite nastro;
- impianto di ventilazione della galleria per ricircolo aria;
- impianto di frantumazione e vagliatura, presenti all'interno di un capannone chiuso.

Durante il periodo diurno saranno attive, oltre alle precedenti, anche le sorgenti operanti all'esterno.

Fase di cantiere	Descrizione attività
1	Demolizione edificio AMIU ed ex canile
2	Realizzazione opere di sostegno cantiere ex canile
3	Realizzazione piazzali e opere di ingresso al cantiere
4	Realizzazione nuovo capannone per contenimento frantoio, impianto di vagliatura e sfangatrice
5	Realizzazione ponticello pedonale
6	Realizzazione muri spondali
7	Scavo galleria di servizio con martello idraulico
8	Realizzazione in alveo di platee di fondazione e muri in elevazione
9	Scavo galleria scolmatrice periodo diurno
10	Scavo galleria scolmatrice periodo notturno
11	Realizzazione galleria di collegamento con scolmatore Ferraggiano

Tabella 29

Sovrapposizioni delle macrofasi:

Fase di cantiere	Sovrapposizioni
1S	Fase 5 + Fase 7
2S	Fase 6 + Fase 7
3S	Fase 8 + Fase 9

Tabella 30

5.11 Calcolo potenza sonora fasi critiche

Le informazioni sopra riportate consentono di definire la potenza sonora per ciascuna delle fasi di cantiere individuate.

Ogni fase è possibile classificarla in base ai livelli di potenza sonora emessa al fine di individuare quella caratterizzata dal maggiore livello di potenza sonora globale, da utilizzare nel calcolo previsionale di impatto come caso limite di riferimento, che cautelativamente rappresenta la condizione di normale attività del cantiere. Il livello associato ad ogni fase è stato considerato presente lungo tutto l'arco delle 8/10 ore per tutte le macchine previste in contemporanea.

Nelle tabelle seguenti si riportano, per ogni attività considerata, l'elenco dei macchinari impiegati con i rispettivi livelli di potenza sonora, le ore di attività del cantiere e delle singole macchine ed i livelli di potenza equivalenti, che corrispondono ai livelli di potenza valutati considerando l'effettivo impiego dei macchinari.

Fase 1 - Demolizione edificio AMIU ed ex canile

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
8-18	Autocarro	101	1	50	98
8-18	Escavatore con martello	116	1	50	113
8-18	Pala meccanica	100	1	50	97
8-18	Pinze idrauliche	110	1	50	107
Lw (A) - Totale					**114 dB(A)**

Fase 2 - Realizzazione opere di sostegno cantiere ex canile

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
8-18	Perforatrice	106	2	80	108
8-18	Pompa di cemento	108	2	60	108
8-18	Motogeneratore	100	2	100	103
8-18	Autogru	104	1	50	101
8-18	Autocarro	101	2	50	101
8-18	Escavatore	110	1	40	106
8-18	Pala meccanica	100	1	40	96
8-18	Autobetoniera	101	1	30	96
8-18	Autopompa cls	102	1	30	97
Lw (A) - Totale					**114 dB(A)**

Fase 3 - Realizzazione piazzali e opere di ingresso al cantiere

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
8-18	Escavatore	110	2	40	109
8-18	Autocarro	101	2	50	101
8-18	Pala meccanica	100	2	40	99
8-18	Autobetoniera	101	1	30	96
8-18	Vibrofinitrice	107	1	10	97
8-18	Rullo compressore	106	1	10	96
Lw (A) - Totale					**111 dB(A)**

Fase 4 - Realizzazione nuovo capannone

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
8-18	Escavatore	110	1	20	103
8-18	Autocarro	101	1	50	98
8-18	Auto gru	104	1	30	99
8-18	Autobetoniera	101	1	30	96
Lw (A) - Totale					**105 dB(A)**

Fase 5 - Realizzazione ponticello pedonale

Per la simulazione acustica della realizzazione del ponticello pedonale come fase critica sarà considerata la fase di demolizione della passerella esistente.

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
Demolizione passerella esistente					
8-18	Escavatore con martello	116	1	40	112
8-18	Autocarro	101	1	50	98
8-18	Pala meccanica	100	1	50	97
Lw (A) - Totale					**112 dB(A)**
Realizzazione fondazioni passerella					
8-18	Escavatore	110	1	50	107
8-18	Autocarro	101	1	50	98
8-18	Autobetoniera	101	1	30	96
8-18	Autopompa cls	102	1	30	97
8-18	Auto gru	104	1	20	97
8-18	Perforatrice	106	1	20	99
8-18	Pompa di cemento	108	1	20	101
8-18	Motogeneratore	100	1	20	93
Lw (A) - Totale					**110 dB(A)**
Posa passerella					
8-18	Autocarro	101	1	50	98
8-18	Auto gru	104	2	100	107
Lw (A) - Totale					**108 dB(A)**

Fase 6 - Realizzazione muri spondali

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
8-18	Perforatrice	106	1	100	106
8-18	Pompa di cemento	108	1	60	106
8-18	Motogeneratore	100	1	100	100
8-18	Autogru	104	1	50	101
8-18	Autocarro	101	1	50	98
Lw (A) - Totale					**110 dB(A)**

Fase 7 - Scavo galleria di servizio con martello idraulico

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
8-18	Escavatore con martello	116	1	90	115
8-18	Pala meccanica gommata	100	1	80	99
8-18	Impianto di betonaggio	102	1	80	101
8-18	Autopompa cls	102	1	50	99
Lw (A) - Totale					**115 dB(A)**

Fase 8 - Realizzazione in alveo di platee di fondazione e muri in elevazione

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
8-18	Escavatore	110	1	80	109
8-18	Autocarro	101	2	80	103
8-18	Autogru	104	1	60	102
8-18	Autobetoniera	101	2	50	101
8-18	Autopompa cls	102	2	50	102
Lw (A) - Totale					**111 dB(A)**

Fase 9 - Scavo galleria scolmatrice periodo diurno

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
7-20	Autocarro	101	1	60	98
24h	Ventolino	80	2	100	83
7-20	Pala meccanica gommata	100	1	80	99
Lw (A) - Totale					**101 dB(A)**
Il resto delle lavorazioni avviene all'interno della galleria e del capannone per la frantumazione e vagliatura dello smarino					

Fase 10 - Scavo galleria scolmatrice periodo notturno

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
24h	Ventolino	80	2	100	83
Lw (A) - Totale					**83 dB(A)**
Il resto delle lavorazioni avviene all'interno della galleria e del capannone per la frantumazione e vagliatura dello smarino. NESSUNA LAVORAZIONE SARA' EFFETTUATA SUL PIAZZALE ESTERNO					

Fase 11 - Realizzazione galleria di collegamento con scolmatore Ferraggiano

Periodo	Tipologia mezzi utilizzati	Lw(A)	N° Mezzi	% utilizzo	Lw (A) medio
8-18	Escavatore	110	1	80	109
8-18	Autocarro	101	2	80	103
8-18	Autogru	104	1	50	101
8-18	Autobetoniera	101	2	50	101
8-18	Autopompa cls	102	2	50	102
Lw (A) - Totale					**112 dB(A)**

5.12 Impostazioni di calcolo

Risulta alquanto problematico poter stimare in modo esauriente quelli che potrebbero risultare i livelli di rumore internamente al cantiere e conseguentemente in corrispondenza dei recettori limitrofi a causa delle numerose variabili in gioco.

Si tenga conto infatti che salvo casi particolari non è possibile a priori conoscere:

- lo specifico macchinario che verrà utilizzato in una determinata fase lavorativa;
- il numero di macchinari che si troveranno a lavorare contemporaneamente;
- la durata temporale di utilizzo di ciascun macchinario;
- la dislocazione di un determinato macchinario rispetto agli altri (visto che si tratta di attrezzature mobili su ruote);
- il rumore prodotto dagli automezzi esterni che di volta in volta accederanno al cantiere, ad esempio con le autobetoniere per le forniture di cls o per trasportare la terra rimossa;

Tutte variabili che inevitabilmente possono comportare consistenti fluttuazioni del rumore ambientale in corrispondenza dei ricettori.

La valutazione dell'impatto acustico è stata effettuata mediante il software di simulazione numerica CadnaA versione 2017, prodotto della ditta tedesca DataKustik e commercializzato in Italia da AESSE Misure s.r.l. di Trezzano sul Naviglio (MI).

L'algoritmo di calcolo si basa sulle ipotesi dell'acustica geometrica e permette di stimare i livelli di pressione sonora in corrispondenza di un insieme di punti ricettori, tenendo conto della geometria tridimensionale del dominio di simulazione (effetti di riflessione e di diffrazione), dell'assorbimento acustico delle superfici, dell'assorbimento dell'aria e dell'attenuazione per divergenza dei raggi acustici.

La modellizzazione acustica di CadnaA è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti, fornendo i livelli globali e la loro scomposizione lungo i diversi percorsi di propagazione. Nel calcolo della propagazione il programma tiene conto degli ostacoli (edifici, barriere, terrapieni), delle loro dimensioni e del terreno.

I calcoli e la documentazione dei livelli di rumore è in accordo con gli standard nazionali ed internazionali, la rappresentazione dei risultati avviene mediante tabelle, mappe e linee di rumore a colori.

Standard e linee guida contemporanei implementati in CadnaA:

CadnaA implementa tutti gli standard richiesti dalla Direttiva Europea 2002/49/CE e dalla Raccomandazione 2003/613/CE:

- per il rumore del traffico veicolare: metodo di calcolo ufficiale francese "**NMPB-Routes-96**"
- per il rumore ferroviario: **metodo di calcolo ufficiale dei paesi bassi**
- per il rumore degli aeromobili: **ECAC.CEAC doc.29**
- per il rumore dell'attività industriale: **ISO 9613-2**

La norma ISO 9613-2 riguarda il calcolo dell'attenuazione del suono nella sua propagazione in ambiente esterno, proponendo un metodo di calcolo.

Lo scopo principale è il calcolo del livello continuo equivalente ponderato "A" della pressione sonora efficace (LAeq,T) come definito nella ISO 1996-1,2,3 in condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono.

Un'altra grandezza che viene determinata è il livello sonoro mediato su un tempo lungo (LAeq,LT) ISO 1996-1,2. Tali condizioni sono sottovento (paragrafo 5.4.3.3 della ISO 1996-2) ovvero:

- direzione del vento compresa entro un angolo di … dalla linea congiungente il centro della principale sorgente sonora ed il ricevitore, con vento che soffia dalla sorgente al ricevitore;
- velocità del vento compresa tra 1 e 5 m/s misurata tra 3 e 11 m da terra.

Le formule suggerite dalla norma sono da considerarsi valide in riferimento a sorgenti sonore puntiformi, qualora si abbia a che fare con sorgenti più estese (assi viari o installazioni industriali) esse dovranno essere suddivise in sezioni, ognuna con propria potenza sonora e direttività.

L'attenuazione calcolata in riferimento ad un punto rappresentativo della sezione viene attribuita all'intera sezione.

Un gruppo di sorgenti puntiformi può essere rappresentato da una sola sorgente puntiforme equivalente situata al suo centro in taluni casi specificati dalla norma.

Il livello medio di pressione in condizioni di sottovento $L_{Downwind}$ viene calcolato per ogni sorgente puntiforme e per ogni banda di ottava (come specificato nella IEC 255) nel range di frequenze da 63 a 8000 Hz utilizzando la seguente relazione:

$$L_{Downwind} = LWD - A \text{ dB}$$

dove il termine A, che rappresenta l'attenuazione totale in bande di ottava durante la propagazione, è composto dai seguenti contributi:

$$A = Adiv + Aatm + Agrond + Arefl + Ascreen + Amisc \text{ dB}$$

Adiv = attenuazione da divergenza geometrica (sferica nel caso della sorgente puntiforme in questione)
Aatm = attenuazione dovuta all'assorbimento da parte dell'aria
Aground = attenuazione dovuta all'effetto suolo
Arefl = attenuazione dovuta a riflessioni da parte di ostacoli
Ascreen = attenuazione dovuta a effetti schermanti
Amisc = attenuazione dovuta alla somma di altri effetti

CadnaA interpolando i dati di input inseriti in un modello tridimensionale, crea una mappa basata sulla teoria del "Ray Tracyng", ovvero l'emissione di raggi conici aventi ciascuno una certa porzione di energia, e, tenuto

conto della riflessione dei raggi rispetto a superfici solide ed in funzione della distanza, elabora la quantità di energia che compete alla superficie interessata, ricavando una mappa di distribuzione energetica dei valori di SPL ovvero Sound Pressure Level.

Ogni raggio possiede una certa energia che viene persa durante le riflessioni o contribuisce, se in via diretta, alla formazione del livello sonoro al ricettore.

La tolleranza del sistema è compresa entro ±1.5 dB.

Durante il calcolo vengono considerati automaticamente i fattori che influenzano la propagazione del rumore, quali ad esempio la riflessione e la diffrazione sugli eventuali ostacoli presenti, l'assorbimento del terreno e l'assorbimento sugli edifici.

5.13 Modellazione acustica

Configurazione programma:

Assorbimento del suolo	G=0.0
Edifici riflettenti	G=0.0
Strade/parcheggi riflettenti	G=0.0
Massimo ordine di riflessione	5
Temperatura e Umidità	20°C - 70%

5.13.1 Cantiere area ex canile

Punti oggetto di monitoraggio attraverso la simulazione acustica.

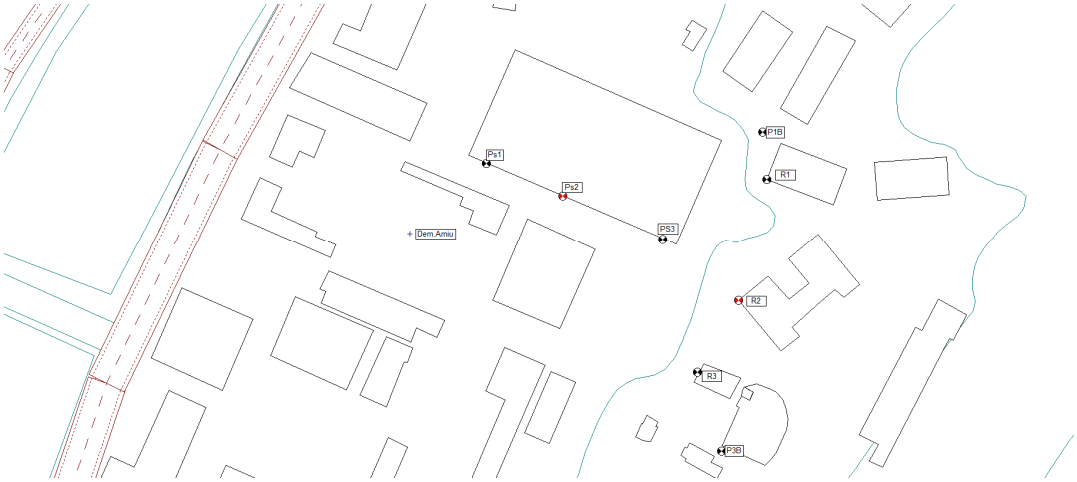


Figura 5-20 – Punti di monitoraggio area ex canile

PS1 – Centro smistamento delle poste (h=4m rispetto alla quota piazzale AMIU)

PS2 – Centro smistamento delle poste (h=4m rispetto alla quota piazzale AMIU)

PS3 – Centro smistamento delle poste (h=4m rispetto alla quota piazzale AMIU)

P1B– Punto rilievo fonometrico recettore R1 (h=1.5m rispetto al piano ingresso edificio)

R1–Recettore R1 residenziale (altezza finestra piano primo)

R2–Recettore R2 scolastico (altezza finestra piano terra)

R3–Recettore R3 religioso (altezza finestra piano primo)

P2B– Punto rilievo fonometrico recettore R4 (h=1.5m rispetto al piano ingresso edificio)

R4–Recettore R4 residenziale (altezza finestra piano primo)

L'immissione sonora riportata nelle tabelle sottostanti è stata determinata mediante la somma energetica tra le emissioni sonore generate dal cantiere e le emissioni generate dal traffico su Via Adamoli, Via Emilia. La somma è stata realizzata mediante simulazione con software CADNA.

Fase 1 - Demolizione edificio AMIU

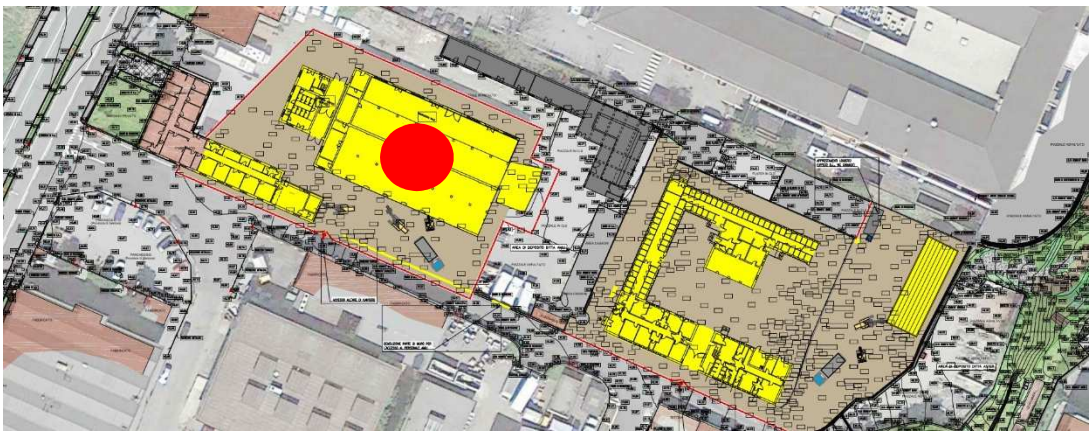
Cronoprogramma: Nessuna sovrapposizione temporale tra le due lavorazioni.

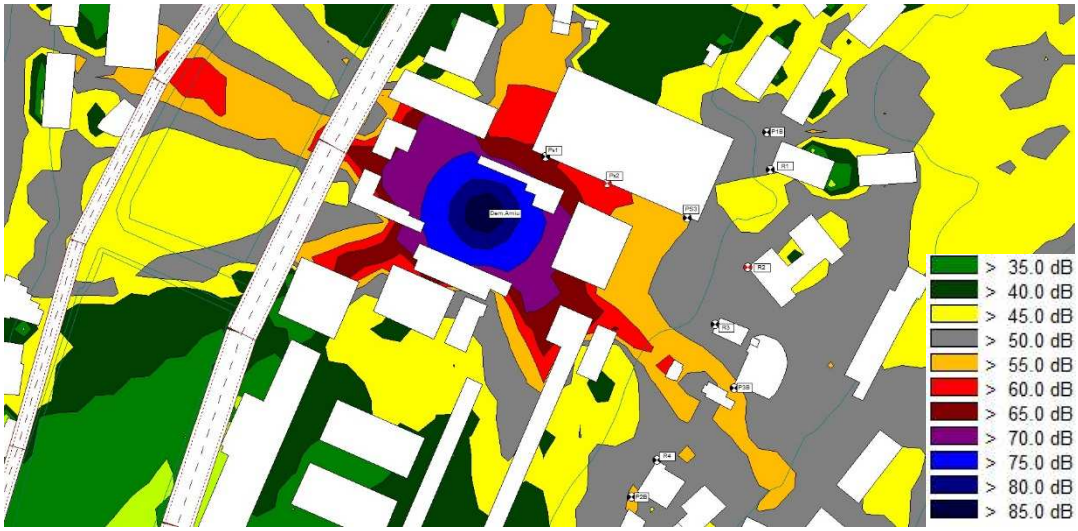
Demolizione edificio AMIU

Demilizione edificio ex canile

Mezzi operativi esterni: Autocarro - Escavatore con martello - Pala meccanica - Pinze idrauliche

Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)





Nome	Emissione cantiere Giorno (dBA)	Limite Emiss. Zona Giorno (dBA)	Immissione sonora* Giorno (dBA)	Limite Immiss. Zona Giorno (dBA)
R1	52.2	55.0	55.1	60.0
R2	52.8	45.0	55.5	50.0
R3	53.2	55.0	56.2	60.0
R4	53.1	55.0	56.2	60.0
PS1	64.9	65.0	67.0	70.0
PS2	61.3	65.0	63.5	70.0
PS3	55.5	65.0	58.0	70.0
P1B	50.8	55.0	54.0	60.0
P2B	56.3	55.0	58.0	60.0
P3B	56.1	55.0	57.5	60.0

Fase 1 - Demolizione edificio ex canile

Cronoprogramma: Nessuna sovrapposizione temporale tra le due lavorazioni.

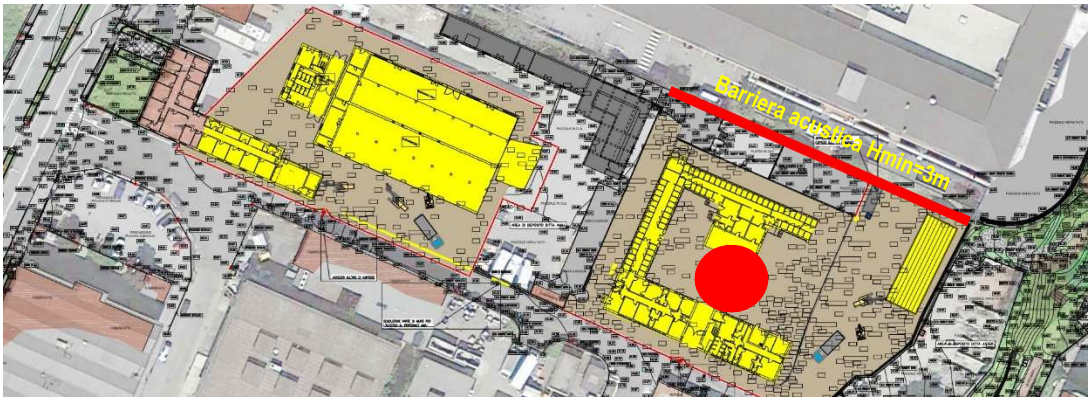
Demolizione edificio AMIU

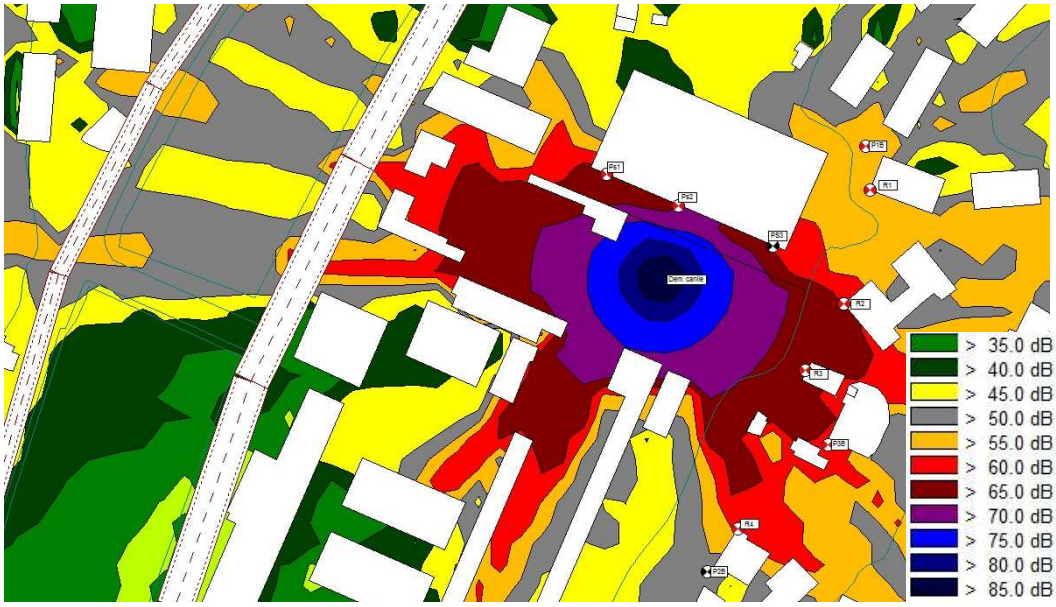
Demilizione edificio ex canile

Mezzi operativi esterni: Autocarro - Escavatore con martello - Pala meccanica - Pinze idrauliche

Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)

Prescrizioni: Predisporre barriera acustica (Hmin=3m) da cantiere per schermatura edificio delle POSTE





Nome	Emissione cantiere con barriera	Limite Emiss. Zona	Immissione sonora	Limite Immiss. Zona
	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)
R1	56.5	55.0	58.0	60.0
R2	66.9	45.0	67.0	50.0
R3	67.5	55.0	68.0	60.0
R4	63.7	55.0	64.0	60.0
PS1	67.9	65.0	68.0	70.0
PS2	67.8	65.0	68.0	70.0
PS3	64.6	65.0	65.0	70.0
P1B	55.2	55.0	56.5	60.0
P2B	54.3	55.0	56.5	60.0
P3B	64.6	55.0	65.0	60.0

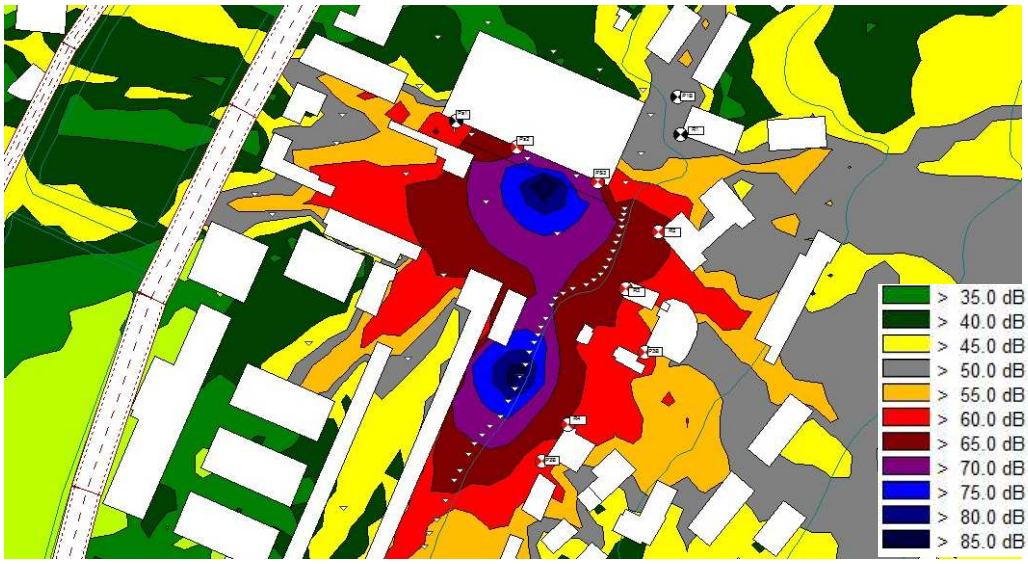
Fase 2 - Realizzazione opere di sostegno cantiere ex canile

Mezzi operativi esterni: Perforatrice - Pompa di cemento – Motogeneratore – Autogru – Autocarro – Escavatore Pala meccanica – Autobetoniera - Autopompa cls

Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)

Prescrizioni: Predisporre barriera acustica (Hmin=3m) da cantiere per schermatura edificio delle POSTE





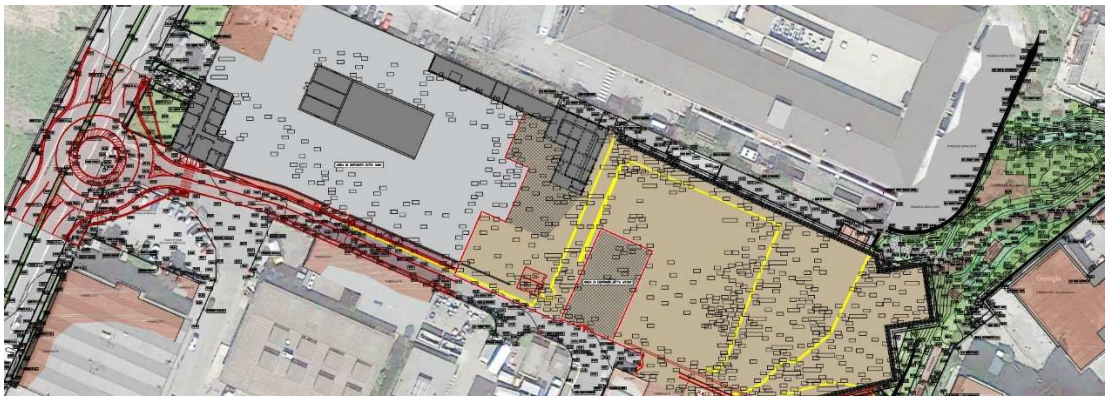
Nome	Emissione cantiere	Limite Emiss. Zona	Immissione sonora	Limite Immiss. Zona
	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)
R1	53.3	55.0	55.0	60.0
R2	66.3	45.0	67.0	50.0
R3	66.0	55.0	66.5	60.0
R4	64.7	55.0	65.0	60.0
PS1	62.7	65.0	63.0	70.0
PS2	66.3	65.0	66.5	70.0
PS3	66.3	65.0	66.3	70.0
P1B	51.7	55.0	54.0	60.0
P2B	63.3	55.0	64.0	60.0
P3B	62.3	55.0	63.0	60.0

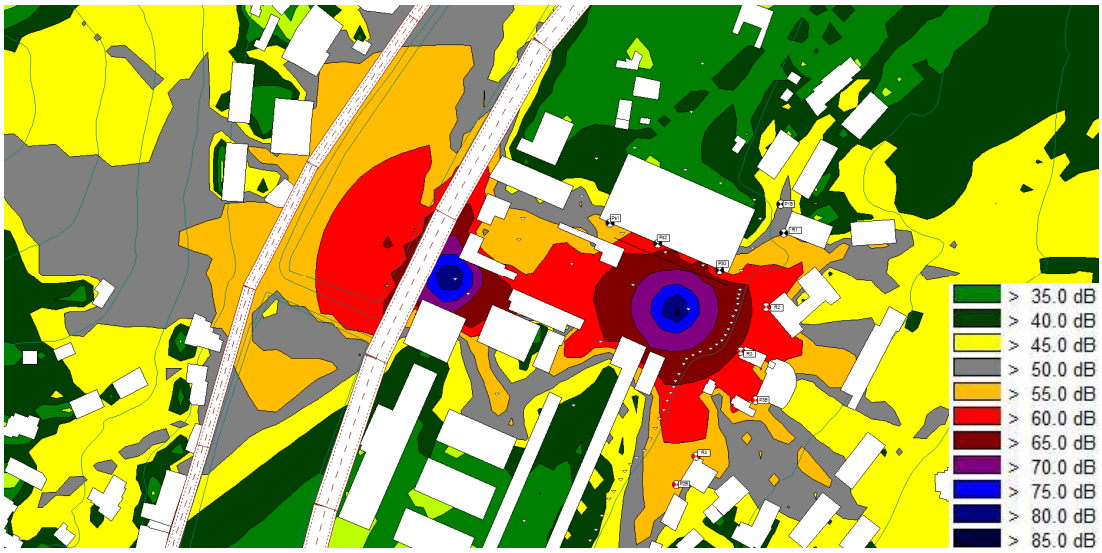
Fase 3 - Realizzazione piazzali e opere di ingresso al cantiere

Mezzi operativi esterni: Escavatore – Autocarro - Pala meccanica – Autobetoniera – Vibrofinitrice - Rullo compressore

Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)

Prescrizioni: Predisporre barriera acustica (Hmin=3m) da cantiere per schermatura edificio delle POSTE





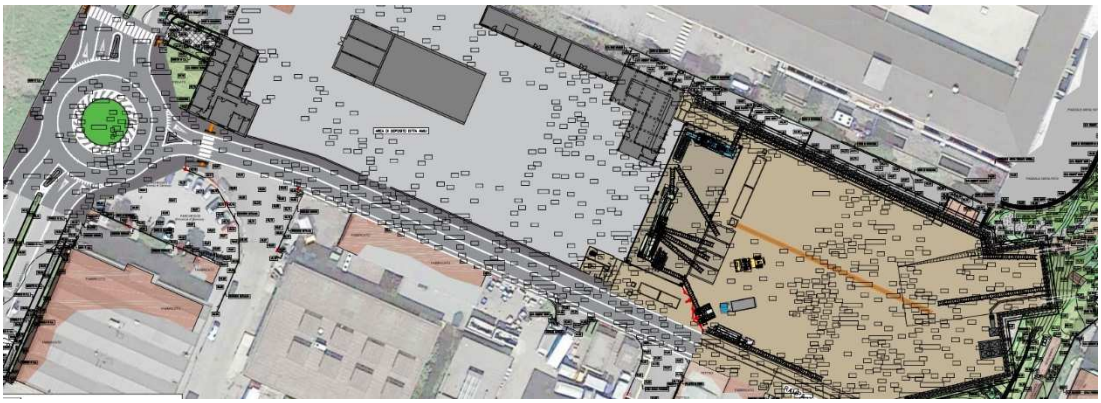
Nome	Emissione cantiere	Limite Emiss. Zona	Immissione sonora	Limite Immiss. Zona
	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)
R1	50.0	55.0	52.9	60.0
R2	63.6	45.0	63.8	50.0
R3	64.7	55.0	65.0	60.0
R4	59.1	55.0	60.0	60.0
PS1	55.0	65.0	56.0	70.0
PS2	59.2	65.0	59.5	70.0
PS3	60.7	65.0	61.0	70.0
P1B	49.1	55.0	52.4	60.0
P2B	57.6	55.0	58.6	60.0
P3B	60.8	55.0	61.5	60.0

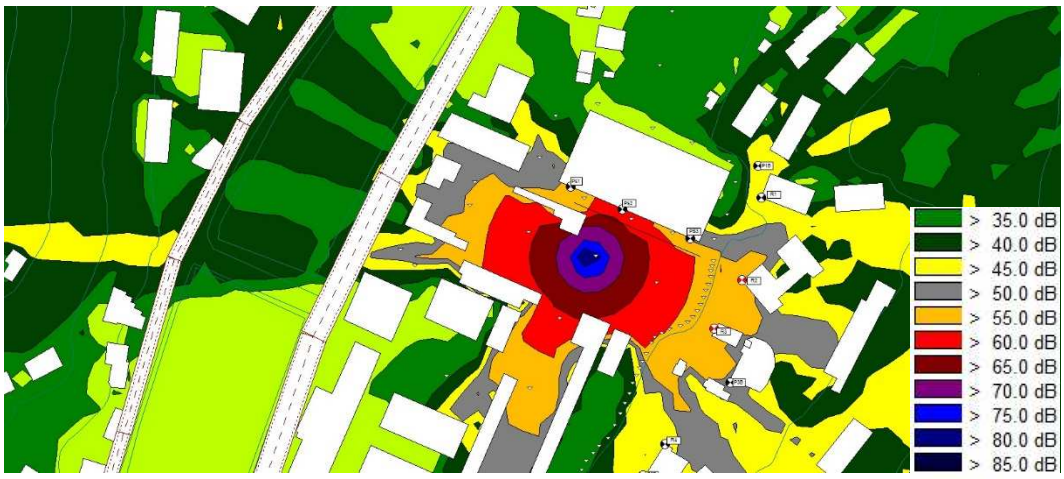
Fase 4 - Realizzazione nuovo capannone

Mezzi operativi esterni: Escavatore – Autocarro - Auto gru - Autobetoniera

Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)

Prescrizioni: Predisporre barriera acustica (Hmin=3m) da cantiere per schermatura edificio delle POSTE





Nome	Emissione cantiere	Limite Emiss. Zona	Immissione sonora	Limite Immiss. Zona
	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)
R1	46.7	55.0	51.6	60.0
R2	56.6	45.0	57.8	50.0
R3	57.3	55.0	58.4	60.0
R4	47.2	55.0	53.3	60.0
PS1	55.3	65.0	56.3	70.0
PS2	62.0	65.0	62.5	70.0
PS3	54.8	65.0	55.5	70.0
P1B	45.6	55.0	51.1	60.0
P2B	45.5	55.0	52.6	60.0
P3B	54.8	55.0	56.3	60.0

Fase 1S - Realizzazione ponticello pedonale + Scavo galleria di servizio con martello idraulico

Fase 5 - Realizzazione ponticello pedonale

Mezzi operativi esterni: Escavatore con martello – Autocarro – Pala meccanica

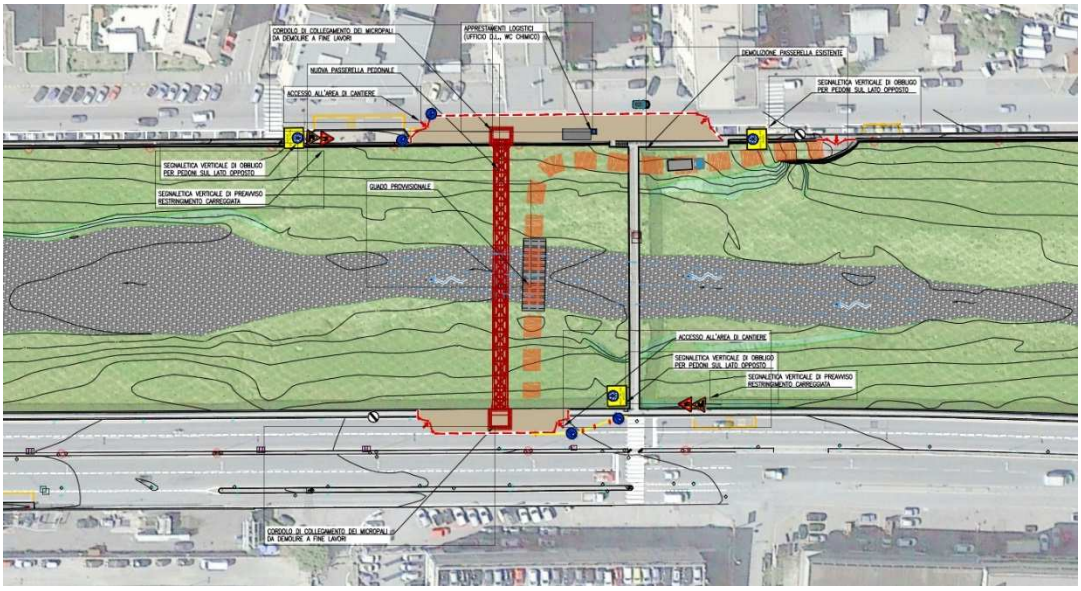
Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)

Prescrizioni: Predisporre barriera acustica (Hmin=3m) per delimitazione area cantiere

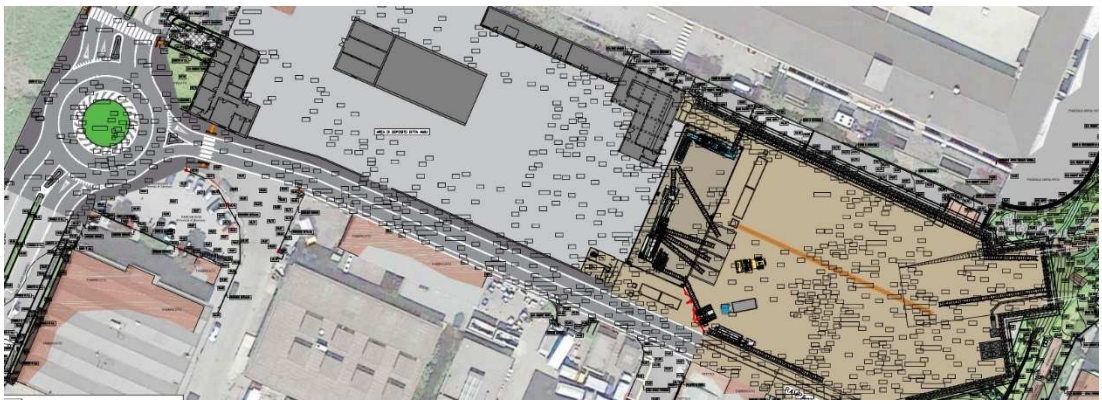
Fase 7 - Scavo galleria di servizio con martello idraulico

Mezzi operativi esterni: Escavatore con martello – Pala meccanica gommata – Impianto di betonaggio - Autopompa cls

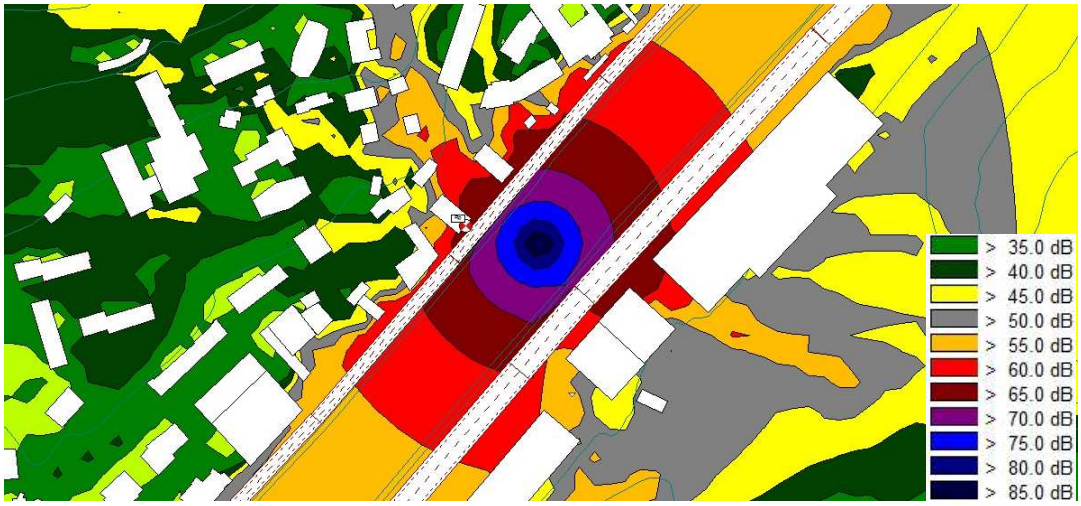
Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)



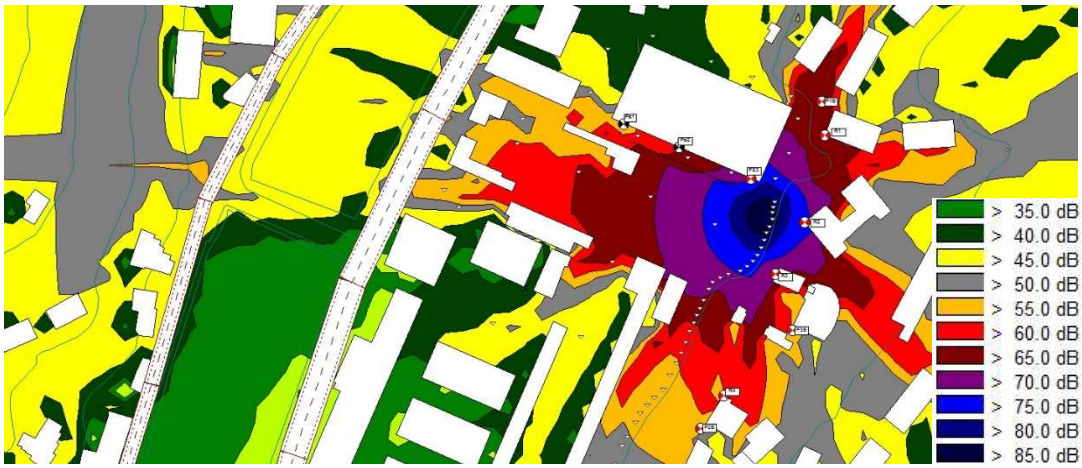
Fase 5



Fase 7



Fase 5



Fase 7

Nome	Emissione cantiere	Limite Emiss. Zona	Immissione sonora	Limite Immiss. Zona
	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)
R1	67.4	55.0	67.5	60.0
R2	75.9	45.0	75.9	50.0
R3	72.6	55.0	72.6	60.0
R4	59.6	55.0	60.3	60.0
R5	45.9	60.0	58.8	65.0
R6	49.9	60.0	65.4	65.0
PS1	59.0	65.0	59.4	70.0
PS2	63.0	65.0	63.2	70.0
PS3	73.6	65.0	73.6	70.0
P1B	68.7	55.0	68.8	60.0
P2B	58.9	55.0	59.7	60.0
P3B	57.7	55.0	58.6	60.0
P4B	42.4	60.0	58.1	65.0
P5B	54.1	60.0	66.8	65.0
RP	66.9	60.0	70.3	65.0

La parte critica della fase 7 si esaurisce dopo qualche giorno. Quando l'escavatore con martello sarà all'interno della galleria il livello di pressione sonora in uscita si attenua in modo rilevante, riducendo le emissioni in prossimità dei recettori.

Fase 2S - Realizzazione muri spondali + Scavo galleria di servizio con martello idraulico

Fase 6 - Realizzazione muri spondali

Mezzi operativi esterni: Perforatrice - Pompa di cemento – Motogeneratore – Autogru - Autocarro

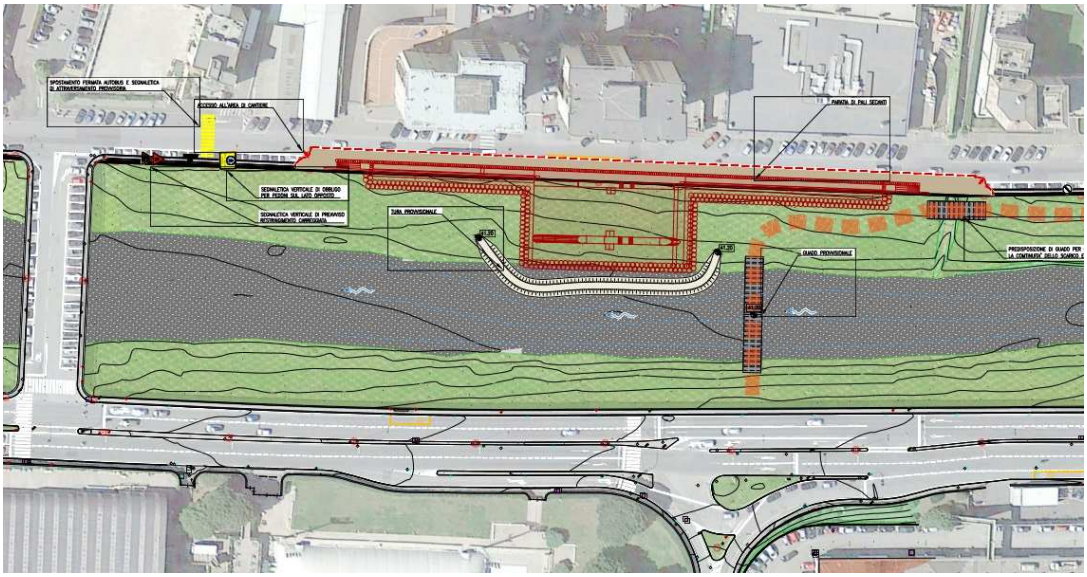
Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)

Prescrizioni: Predisporre barriera acustica (Hmin=3m) per delimitazione area cantiere

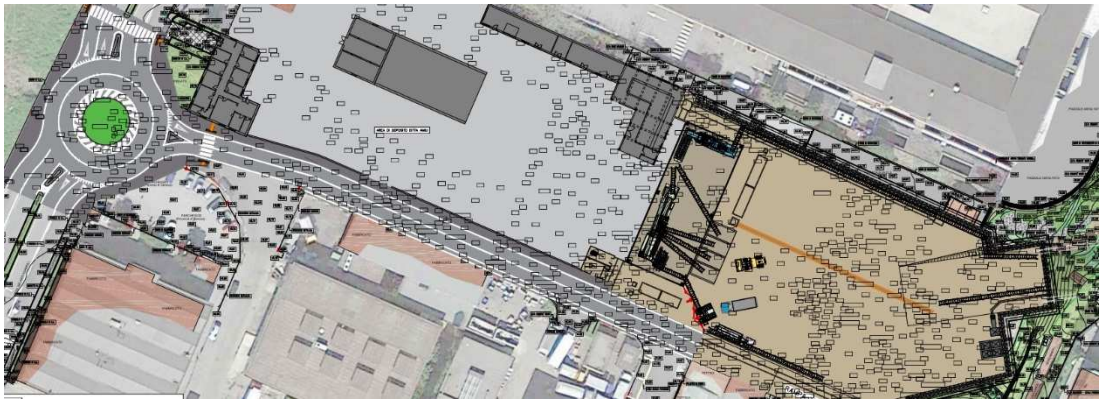
Fase 7 - Scavo galleria di servizio con martello idraulico

Mezzi operativi esterni: Escavatore con martello – Pala meccanica gommata – Impianto di betonaggio - Autopompa cls

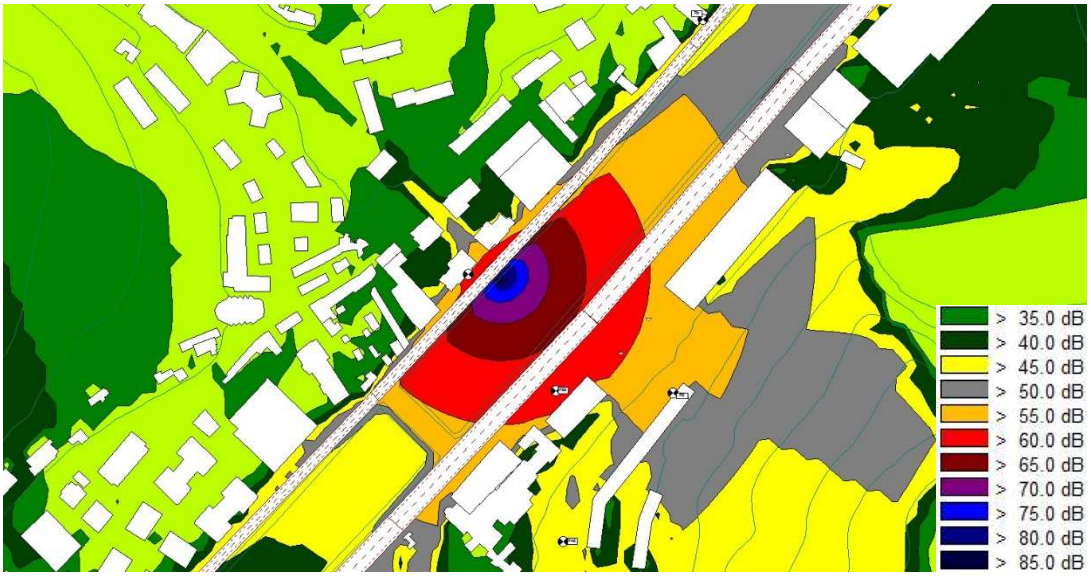
Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)



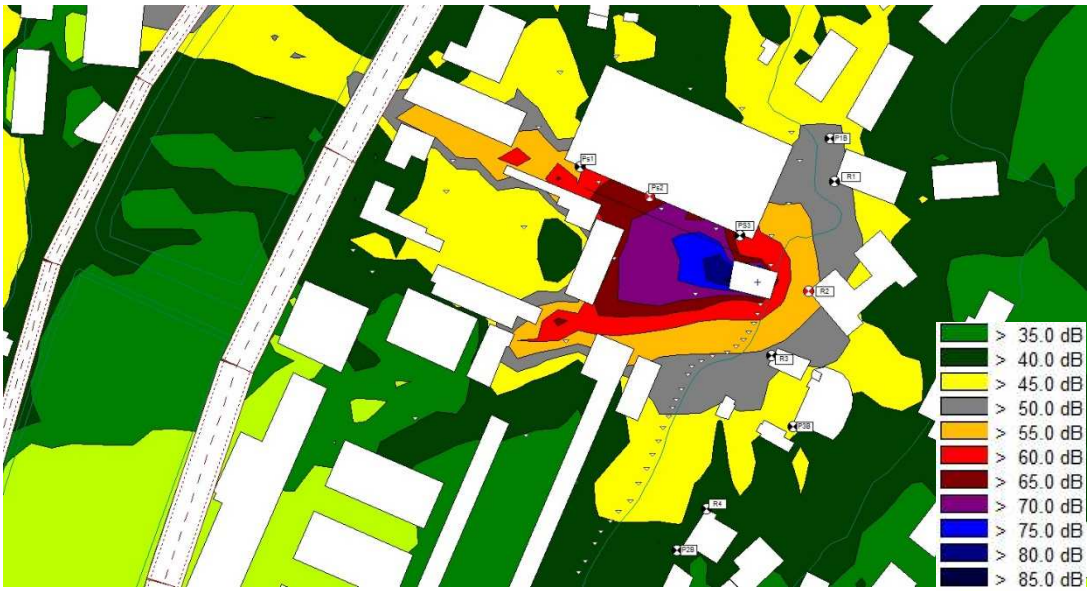
Fase 6



Fase 7



Fase 6



Fase 7

Nome	Emissione cantiere	Limite Emiss. Zona	Immissione sonora	Limite Immiss. Zona
	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)
R1	52.0	55.0	54.9	60.0
R2	56.1	45.0	57.1	50.0
R3	54.2	55.0	55.6	60.0
R4	41.9	55.0	52.5	60.0
R5	56.9	60.0	60.7	65.0
R6	59.6	60.0	67.3	65.0
PS1	61.8	65.0	62.0	70.0
PS2	65.9	65.0	66.0	70.0
PS3	61.3	65.0	61.4	70.0
P1B	49.9	55.0	53.5	60.0
P2B	43.4	55.0	52.3	60.0
P3B	45.6	55.0	52.0	60.0
P4B	46.6	60.0	58.5	65.0
P5B	61.4	60.0	67.7	65.0
RP	46.9	60.0	67.2	65.0

Fase 3S - Realizzazione in alveo di fondazione e muri + Scavo galleria scolmatrice

Fase 8 - Realizzazione in alveo di platee di fondazione e muri in elevazione

Mezzi operativi esterni: Escavatore – Autocarro – Autogru – Autobetoniera - Autopompa cls

Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)

Prescrizioni: Predisporre barriera acustica (Hmin=3m) per delimitazione area cantiere

Fase 9 - Scavo galleria scolmatrice

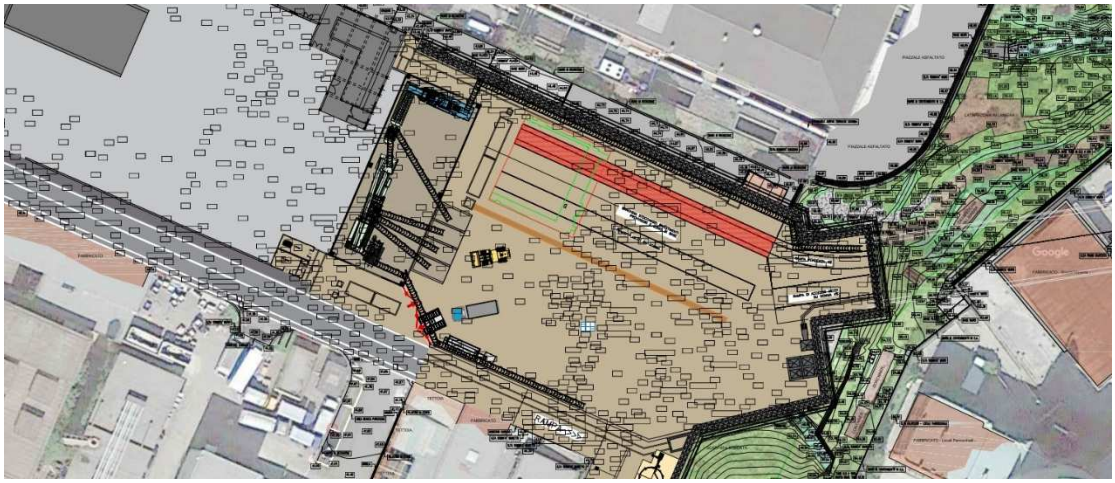
Mezzi operativi esterni: Autocarro – Ventolino – Pala meccanica gommata

Ore di lavoro: Dalle 7-20 (con pausa pranzo)

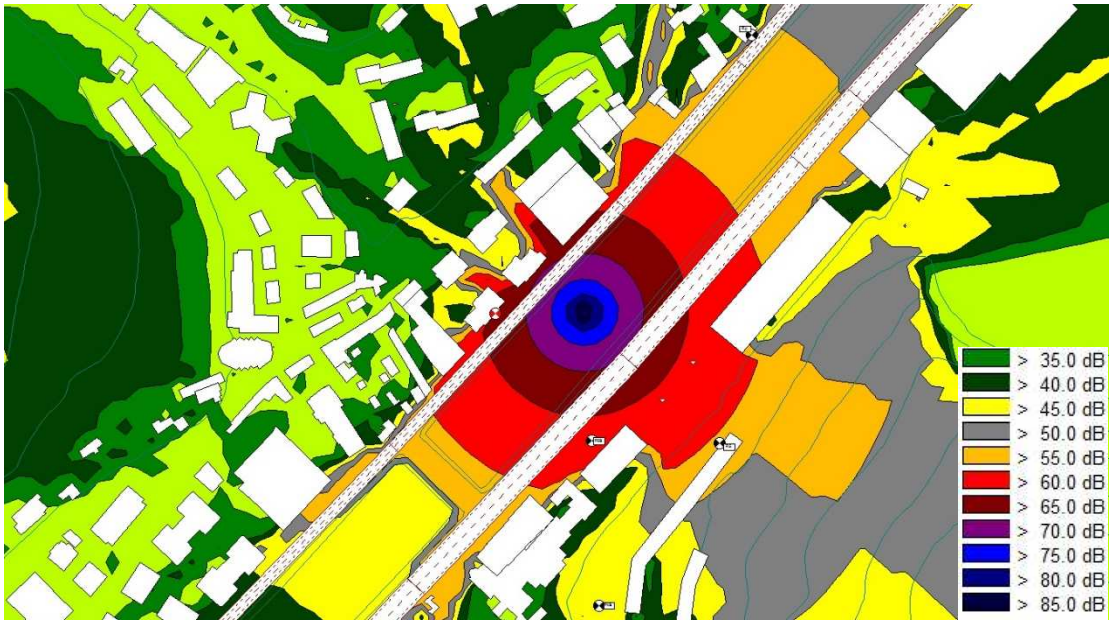
Il resto delle lavorazioni avviene all'interno della galleria e del capannone per la frantumazione e vagliatura dello smarino



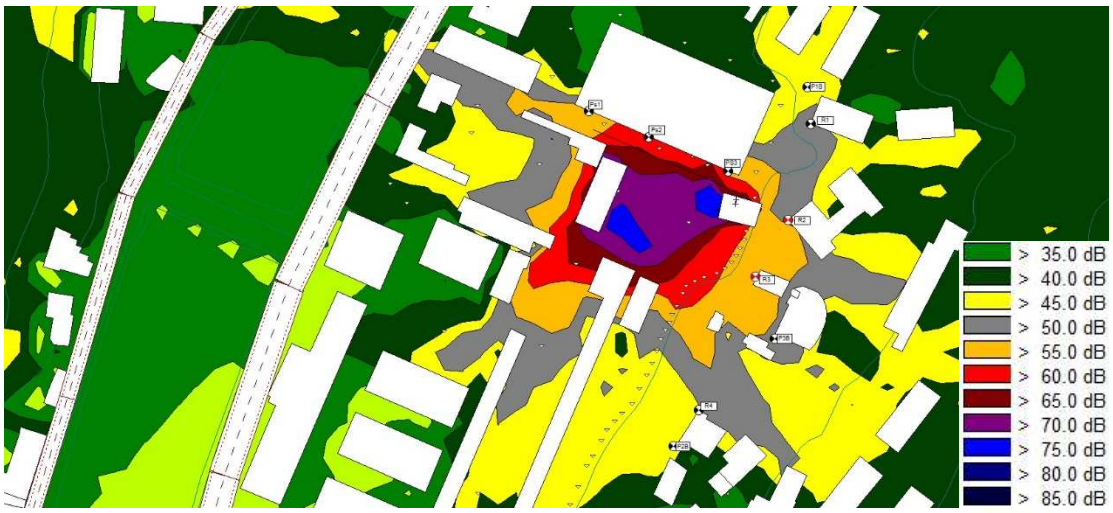
Fase 8



Fase 9



Fase 8



Fase 9

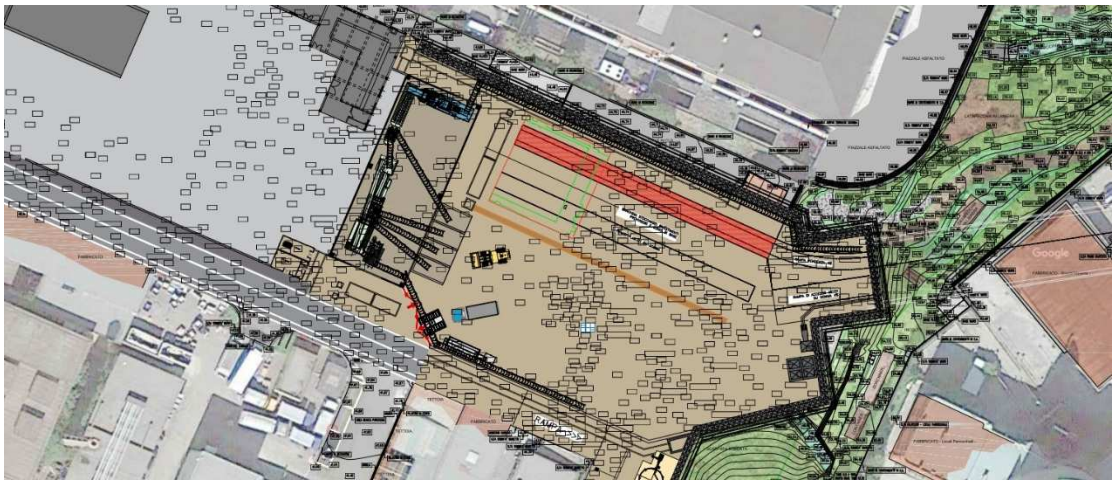
Nome	Emissione cantiere	Limite Emiss. Zona	Immissione sonora	Limite Immiss. Zona
	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)
R1	49.9	55.0	54.0	60.0
R2	54.1	45.0	55.6	50.0
R3	57.6	55.0	58.3	60.0
R4	49.0	55.0	53.8	60.0
R5	59.5	60.0	62.1	65.0
R6	66.3	60.0	68.9	65.0
PS1	56.4	65.0	57.1	70.0
PS2	60.0	65.0	60.3	70.0
PS3	58.8	65.0	59.0	70.0
P1B	47.9	55.0	52.8	60.0
P2B	46.2	55.0	52.8	60.0
P3B	54.5	55.0	56.0	60.0
P4B	45.4	60.0	58.4	65.0
P5B	63.1	60.0	68.2	65.0
RP	55.5	60.0	67.4	65.0

Fase 10 - Scavo galleria scolmatrice notturno

Mezzi operativi esterni: Ventolino

Ore di lavoro: Dalle 20-7

IL RESTO DELLE LAVORAZIONI AVVIENE ALL'INTERNO DELLA GALLERIA E DEL CAPANNONE PER LA FRANTUMAZIONE E VAGLIATURA DELLO SMARINO



Fase 9



Nome	Emissione cantiere	Limite Emiss. Zona	Immissione sonora	Limite Immiss. Zona
	Notte (dBA)	Notte (dBA)	Notte (dBA)	Notte (dBA)
R1	40.0	45.0	45.0	50.0
R4	42.5	45.0	46.5	50.0
P1B	39.0	45.0	44.4	50.0
P2B	40.5	45.0	45.7	50.0

Durante gli orari notturni in cui non è consentita l'esecuzione di lavorazioni disturbanti e l'impiego di macchinari rumorosi, le lavorazioni all'interno della galleria e del capannone rispettano i valori limite assoluti di immissione individuati dalla classificazione acustica comunale. Restano derogati i limiti di immissione differenziali e le penalizzazioni per componenti impulsive e tonali.

5.13.2 Cantiere sbocco a mare

Punti oggetto di monitoraggio attraverso la simulazione acustica.



Figura 5-21 – Punti di monitoraggio area ex canile

P1M – Punto rilievo fonometrico recettore R7 (h=4m rispetto al piano ingresso edificio)

P2M – Punto rilievo fonometrico recettore R8 (h=1.5m rispetto al piano ingresso edificio)

R1–Recettore R7 residenziale (altezza finestra piano primo)

R8–Recettore R8 residenziale (altezza finestra piano primo)

L'immissione sonora riportata nelle tabelle sottostanti è stata determinata mediante la somma energetica tra le emissioni sonore generate dal cantiere e le emissioni generate dal traffico su Corso Italia.

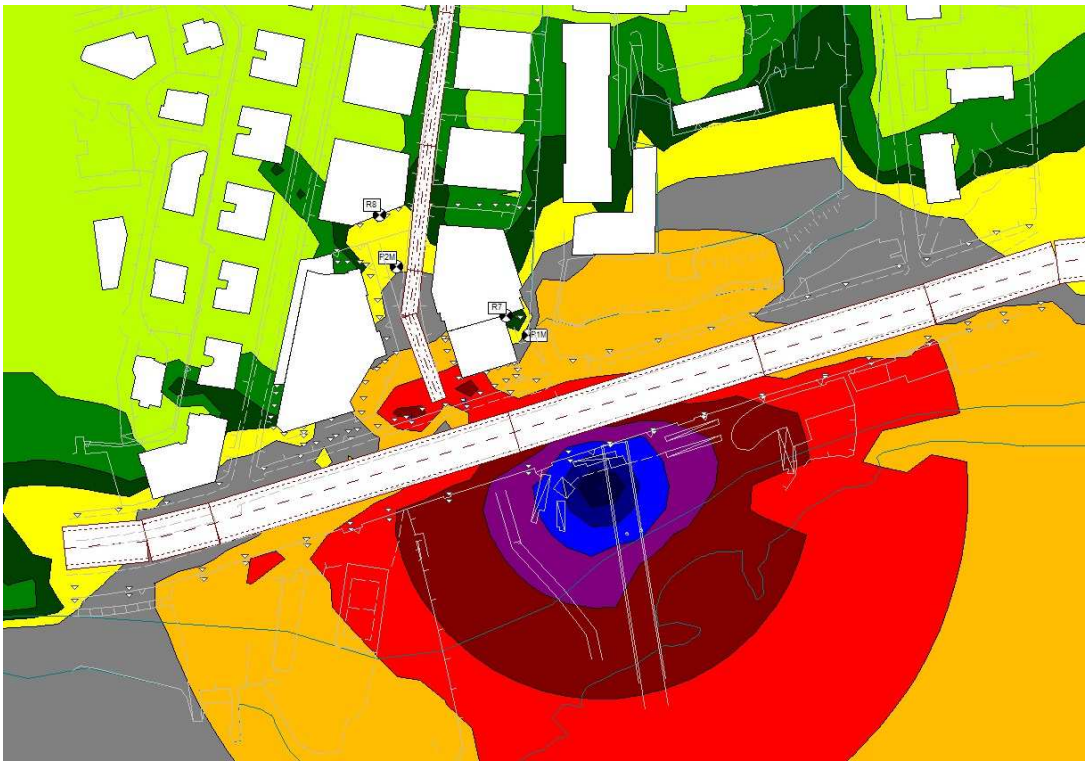
La somma è stata realizzata mediante simulazione con software CADNA.

Fase 11 - Realizzazione galleria di collegamento con scolmatore Ferraggiano

Mezzi operativi: Escavatore – Autocarro – Autogru – Autobetoniera - Autopompa cls

Ore di lavoro: Dalle 8-18 (con pausa pranzo)





Nome	Emissione cantiere	Limite Emiss. Zona	Immissione sonora	Limite Immiss. Zona
	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)	Giorno (dBA)
P1M	59.2	60.0	63.4	65.0
P2M	50.0	55.0	54.9	60.0
R7	50.0	60.0	56.6	65.0
R8	45.5	55.0	51.4	60.0

5.14 Monitoraggio rumore

Scopo del monitoraggio acustico in corso d'opera e quello di fornire una garanzia del rispetto dei limiti e delle prescrizioni a cui il cantiere è soggetto.

Per assicurare la necessaria imparzialità e garanzia di un servizio sopra le parti è necessario che il monitoraggio non sia effettuato direttamente dall'impresa affidataria ed esecutrice.

Il soggetto che sarà incaricato di eseguire l'attività di monitoraggio dovrà interagire con l'impresa affidataria per essere al corrente dell'effettiva evoluzione del cronoprogramma dei lavori ed eseguire le misure durante le fasi lavorative potenzialmente più rumorose.

Il monitoraggio è finalizzato alla verifica dell'impatto acustico sui recettori prossimi al cantiere e all'adozione di azioni correttive piuttosto che ad una semplice funzione informativa.

I cantieri per la realizzazione della galleria scolmatrice del Bisagno si trovano in contesti urbanistici in cui altre sorgenti producano livelli sonori comparabili con quelli del cantiere.

Le principali sorgenti interferenti sono le infrastrutture di trasporto e i ricettori più esposti spesso si trovano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, cosicché la loro rumorosità non va aggiunta a quella del cantiere per verificare il rispetto dei limiti di zona (vedi D.P.C.M. 14/11/97 art 3 comma 2 e 3).

Quindi in presenza di altre sorgenti il monitoraggio dovrà essere eseguito in modo da garantire la determinazione della immissione sonora del solo cantiere "*UNI 10855 del dicembre 1999 – "Misura e valutazione del contributo acustico di singole sorgenti".*

Tipologia di misurazioni

- Misurazione breve e non in continuo
- Misura presidiata

Durante i rilievi fonometrici è necessaria la presenza di un operatore per poter distinguere il caso in cui il superamento dei limiti sia attribuibile al cantiere o ad altre sorgenti diversamente regolate o comunque non sotto il controllo dell'impresa affidataria.

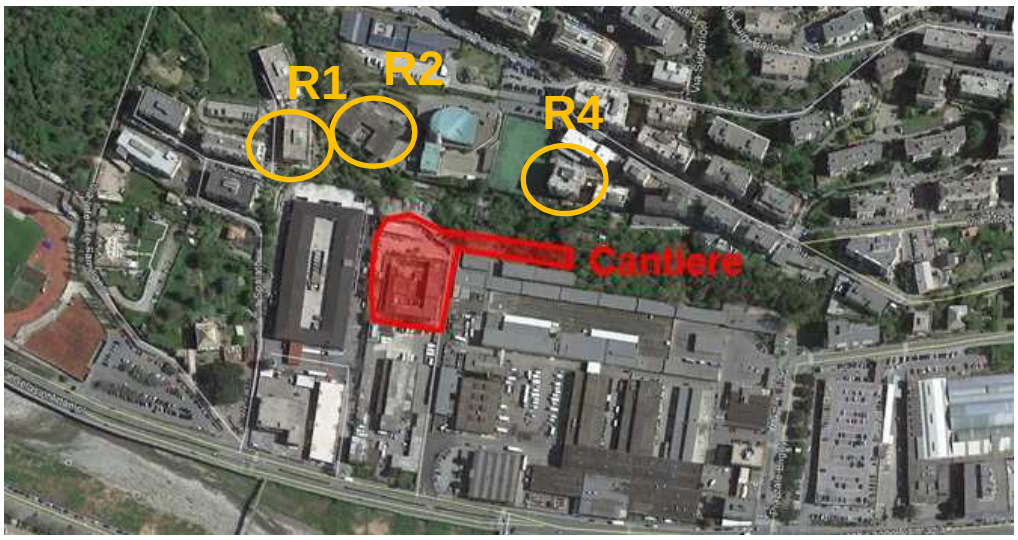
Frequenza delle misurazioni

- Per ogni nuova fase critica
- Ad ogni impiego di nuovi macchinari

Postazioni di misura

- All'interno dell'unità abitativa
- In prossimità della facciata a non meno di 1m

Cantiere principale area ex-canile

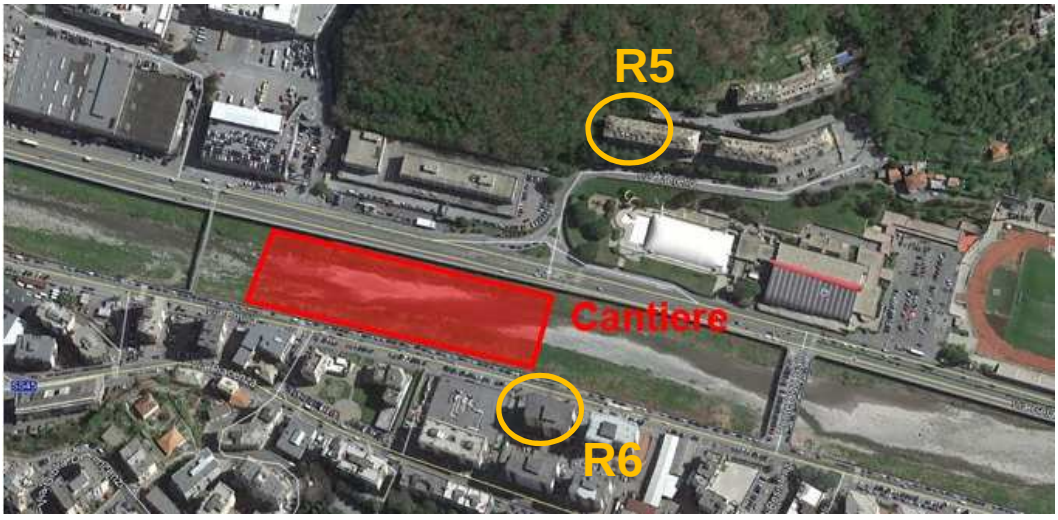


Recettore R1 - Recettore residenziale pluripiano

Recettore R2 – Recettore sensibile (edificio scolastico)

Recettore R4 - Recettore residenziale pluripiano

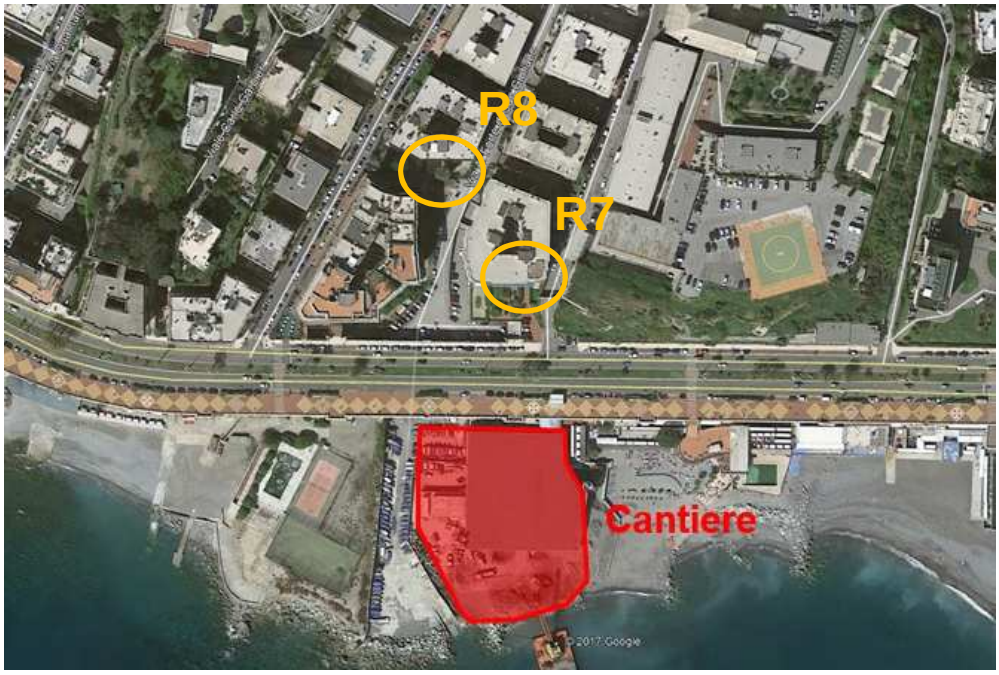
Cantiere opera di presa



Recettore R5 - Recettore residenziale pluripiano

Recettore R6 - Recettore residenziale pluripiano

Cantiere sbocco a mare



Recettore R7 - Recettore residenziale pluripiano

Recettore R8 - Recettore residenziale pluripiano

Strumentazione

Le misure di monitoraggio acustico devono essere effettuate con fonometro mediatore integratore e analizzatore di spettro conforme alla Classe 1 di precisione, calibrato con calibratore di Classe 1, in accordo con le specifiche imposte dal D.M. 16 marzo 1998.

Personale addetto alle misure acustiche

Le misure acustiche devono essere effettuate e sottoscritte, ai sensi dell'art. 2, comma 6 della L. n. 447/95, da un Tecnico Competente in Acustica Ambientale.

Tempi di restituzione dei dati

4-5 gg dalla esecuzione della misura per la pubblicazione del report approvato.

Report dei dati

Per interpretare correttamente i livelli sonori misurati è necessario che siano accompagnati da una serie di informazioni sul contesto in cui sono stati raccolti:

- descrizione del punto di misura, inquadramento cartografico/territoriale e documentazione fotografica che mostri le modalità di installazione della strumentazione e visuale del cantiere dal punto di misura stesso;
- ora di inizio e fine misurazione;
- condizioni meteo;
- descrizione delle lavorazioni in corso all'interno del cantiere e tipologia di macchine attive;
- descrizione delle altre sorgenti prevalenti nel rumore residuo;
- livelli di rumori rilevati (LAeq, Livelli percentili Ln)
- promemoria dei limiti applicabili a quel ricettore relativamente a quelle lavorazioni;
- conclusioni sul rispetto dei limiti e delle prescrizioni a cui il cantiere è soggetto per mitigare le emissioni;
- elenco nominativo degli osservatori che hanno presenziato alla misurazione;
- identificativo e firma leggibile del tecnico competente che ha eseguito le misure.
- certificato di taratura del fonometro e del calibratore.

6 Conclusioni

Attraverso i rilievi strumentali in opera e simulazioni con idoneo programma di calcolo è stata valutata la probabile situazione acustica del sito interessato dall'intervento progettato.

I risultati dell'analisi relativa allo stato di progetto mostrano il generalizzato rispetto dei limiti di rumorosità vigenti nell'area di intervento, pur nell'ambito di una lieve redistribuzione e leggerissimo aumento della rumorosità complessiva in zone esterne all'area di intervento.

Il valore massimo di immissione, generato solo dalle attività di cantiere, in prossimità della facciata dei recettori più esposti non superano mai il limite di 70dB(A).

Nonostante questo si consiglia all'impresa esecutrice dei lavori di presentare la richiesta in Comune per il rilascio del nulla-osta acustico.

Copia dell'autorizzazione e della relazione tecnica dovranno essere tenute sul luogo ove viene svolta l'attività.

All'interno dei cantieri edili, le macchine in uso dovranno operare in conformità alle direttive CE in materia di emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto, così come recepite dalla legislazione italiana. All'interno dei cantieri dovranno comunque essere utilizzati tutti gli accorgimenti tecnici e gestionali al fine di minimizzare l'impatto acustico verso l'esterno.

Gli avvisatori acustici potranno essere utilizzati solo se indispensabili ai fini del rispetto delle vigenti disposizioni in materia di sicurezza e salute sul luogo di lavoro.

I macchinari dovranno essere mantenuti accesi solo durante il periodo di utilizzo.

Durante la sosta dovranno essere spenti per ridurre il disturbo acustico ai reccettori di zona.

Per la delimitazione delle aree di cantiere in prossimità dell'alveo del Bisagno si rende necessario utilizzare delle recinzioni fonoimpedenti alte circa 3m.

Realizzate mediante new jersey in cemento armato alla base e pannello tipo Acustiko Silte in sommità.



Figura 6-1 – Cronoprogramma indicativo

Il capannone per la frantumazione dello smarino dovrà avere le seguenti caratteristiche per minimizzare l'emissione sonora verso l'esterno.

- Copertura mediante tegoli a doppio T e getto di completamento in cls spessore minimo 10cm;
- La copertura deve essere priva di lucernari;
- Pareti di tamponamento in Cap sp.20cm;
- Finestra a nastro o singola con vetro camera (doppio vetro stratificato con pellicola antirumore 6/7+15+6/7 Rw=40dB);
- Le finestre ed il portone di ingresso durante il periodo notturno dovranno essere sempre chiuse;
- I fori per l'ingresso e l'uscita dei nastri trasportatori dovranno essere schermati acusticamente mediante dei tunnel afonici da predisporre all'interno.

Il tunnel afonico dovrà essere realizzato da un telaio perimetrale composto da tubo 100x100x3 S235JR zincato verniciato lunghezza 1.5m, sul quale sarà applicata la pannellatura fonoisolante fonoassorbente 2Z-98ZLM con coefficiente di fonoisolamento Rw 34 dB.

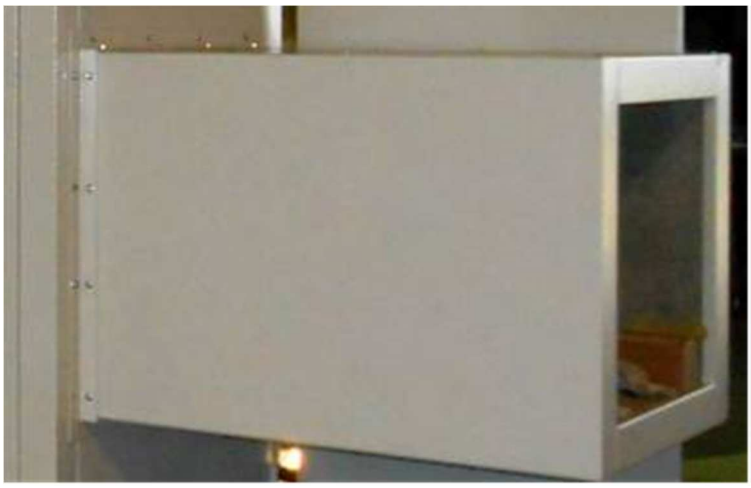


Figura 6-2 – Tunnel afonico

La composizione della pannellatura sarà la seguente (partendo dal lato opposto alla sorgente rumore), di spessore 98 mm:

- lamiera esterna sp. 20/10 verniciata;
- materassino fonoassorbente in lana di roccia densità 80 Kg m³;
- film protettivo;
- antispolvero;
- lamiera microstirata vuoto per pieno 60% sp. 10/10 zincata a vista.

La pannellatura dovrà essere fissata alla muratura e macchinario esistente tramite appositi rivetti.

I motori dei ventolini per l'areazione della galleria in fase di costruzione sarebbe preferibile disporli all'interno del camerone della galleria scolmatrice, predisponendo dei silenziatori, in grado di abbattere le basse frequenze, che consentono di avere un livello di pressione sonora in uscita della galleria di servizio non superiore a 80dB(A) (singolo ventolino).
La presa o mandata dell'aria dovrà essere posizionata sotto la dima di attacco della galleria di servizio, tale da non poter essere visibile ai recettori R1, R2, R3 ed R4.

Si ritiene che il grado di approfondimento sia adeguato al caso in esame.

Allegato 1 - Attestato tecnico acustico

La presente relazione è stata redatta in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente in materia dall'Ing. Paolo Gallo iscritto all'ordine degli ingegneri di Sondrio n.605 e abilitato dalla regione Lombardia come tecnico competente in acustica con D.R n° 5874 del 10/06/2010.

RegioneLombardia

SI RILASCIA SENZA BOLLO PER GLI USI CONSENTITI DALLA LEGGE

DECRETO N° 005874 Del 10 GIU. 2010

Identificativo Atto n. 305

DIREZIONE GENERALE AMBIENTE, ENERGIA E RETI

Oggetto VALUTAZIONE DELLE DOMANDE PRESENTATE ALLA REGIONE LOMBARDIA PER IL RICONOSCIMENTO DELLA FIGURA PROFESSIONALE DI "TECNICO COMPETENTE" NEL CAMPO DELL'ACUSTICA AMBIENTALE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 2, COMMI 6 E 7, DELLA LEGGE 447/95.

GIUNTA REGIONALE REGIONE LOMBARDA

L'atto si compone di _____ pagine
di cui _____ pagine di allegati,
parte integrante

Regione Lombardia
La presente copia, composta di n. 4 fogli, è conforme all'originale depositata agli atti di questa Direzione Generale.
Milano, 10-06-10

RegioneLombardia

Giunta Regionale
DIREZIONE GENERALE AMBIENTE, ENERGIA E RETI
PREVENZIONE INQUINAMENTO ATMOSFERICO
PROTEZIONE ARIA E PREVENZIONE INQUINAMENTI FISICI

Protocollo T1.2010.0011631 del 16/06/2010
Firmato digitalmente da GIAN LUCA GURRIERI

Egr. Sig.

GALLO PAOLO
Via Marcora, 1
23017 MORBEGNO (SO)

TC 1244

Oggetto : Decreto del 10 giugno 2010, n. 5874, avente per oggetto: Valutazione delle domande presentate alla Regione Lombardia per il riconoscimento della figura professionale di "tecnico competente" nel campo dell'acustica ambientale, ai sensi dell'articolo 2, commi 6 e 7, della Legge 447/95.

Si trasmette, in allegato, copia conforme all'originale del decreto indicato in oggetto, con il quale Lei è stato riconosciuto "tecnico competente" in acustica ambientale.

Distinti saluti.

IL DIRIGENTE

GIAN LUCA GURRIERI

Allegati:
decreto "tecnico competente"

Firma autografa sostituita con indicazione a stampa del nominativo del soggetto responsabile ai sensi del D.Lgs. 39/93 art. 3 c. 2.

Referente per l'istruttoria della pratica: ENRICO POZZI - Tel. 02/6765.5067

PROTEZIONE ARIA E PREVENZIONE INQUINAMENTI FISICI
Via Taramelli, 12 – 20124 Milano – e-mail: ambiente@pec.regione.lombardia.it
Tel. 02/6765.5461 Fax. 02/6765.4406

Allegato 2 – Certificato taratura fonometro

DELTA OHM S.r.l.
Via Marconi, 5
35030 Caselle di Selvazzano (PD)
Tel. 0039-0498977150
Fax 0039-049635596
e-mail: info@deltaohm.com
Web Site: www.deltaohm.com

Laboratorio Misure di Elettroacustica

Centro di Taratura LAT N° 124
Calibration Centre

Laboratorio Accreditato
di Taratura

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAT N° 124

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 124 17000507
Certificate of Calibration

- data di emissione *date of issue*	2017-02-16
- cliente *customer*	Orione di Bistulfi S.r.l. – Via Moscova, 27 - 20121 Milano (MI)
- destinatario *receiver*	Ing. Paolo Gallo – Via Fabani, 33 - 23017 Morbegno (SO)
- richiesta *application*	072/17
- in data *date*	2017-02-09
Si riferisce a *Referring to*	
- oggetto *item*	Fonometro
- costruttore *manufacturer*	Delta Ohm S.r.l.
- modello *model*	HD2010
- matricola *serial number*	10020142135
- data delle misure *date of measurements*	2017/2/15
- registro di laboratorio *laboratory reference*	35184

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 124 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).
Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 124 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura *k* corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore *k* vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre
Pierantonio Benvenuti

Allegato 3 – Certificato taratura calibratore

DELTA OHM S.r.l.
Via Marconi, 5
35030 Caselle di Selvazzano (PD)
Tel. 0039-0498977150
Fax 0039-049635596
e-mail: info@deltaohm.com
Web Site: www.deltaohm.com

Laboratorio Misure di Elettroacustica

Centro di Taratura LAT N° 124
Calibration Centre

Laboratorio Accreditato
di Taratura

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAT N° 124

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 124 16000511
Certificate of Calibration

- data di emissione *date of issue*	2016-02-09
- cliente *customer*	Orione di Bistulfi S.r.l. – Via Moscova, 27 - 20121 Milano (MI)
- destinatario *receiver*	Ing. Paolo Gallo – Via Fabani, 33 - 23017 Morbegno (SO)
- richiesta *application*	075/16
- in data *date*	2016-02-03
Si riferisce a *Referring to*	
- oggetto *item*	Calibratore
- costruttore *manufacturer*	Delta Ohm S.r.l.
- modello *model*	HD9101A
- matricola *serial number*	09018560
- data delle misure *date of measurements*	2016/2/8
- registro di laboratorio *laboratory reference*	33077

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 124 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).
Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 124 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura *k* corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore *k* vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre
Pierantonio Benvenuti