

PROGETTO

METROPOLITANA LEGGERA AREA VASTA DI CAGLIARI
Direttrice Sestu

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

PROGETTAZIONE

ARST S.p.A. - Servizio Tecnico

COORDINATORE

Ing. Marco Demuro

IL CONSULENTE IN ACUSTICA

Ing. Alberto Collu



OGGETTO

Rumore e vibrazioni

ELABORATO

Relazione impatto acustico

CODICE ELABORATO

SE_F_17RV_RE_040_00

FORMATO

SCALA

/

REV.

DATA

MODIFICHE

0 Gennaio 2023

Prima emissione

1

2

3

4

1 Introduzione

La presente relazione costituisce la documentazione preliminare d'impatto ambientale acustico richiesta dalla vigente normativa, connessa alla progettazione del sistema metropolitano nell'Area Vasta di Cagliari, in particolare della Direttrice Sestu.

Il tracciato metrotranviario della Direttrice Sestu, prevede la realizzazione di una tratta che collega l'attuale Linea 3 1° lotto, Gottardo - Policlinico, al Comune di Sestu, attraverso un percorso articolato in un unico stralcio funzionale che parte dalla fermata esistente in viadotto Policlinico e arriva all'ingresso di Sestu (Corso d'Italia), attraverso le aree agricole e lungo la viabilità podereale "Pitzu Pardu", (anche nota nella recente cartografia "strada comunale Sestu Monserrato") per una lunghezza complessiva di circa 4,86 km

Per impatto acustico si intende la variazione delle condizioni sonore, preesistenti in una determinata porzione di territorio, nonché gli effetti indotti, conseguenti all'inserimento di nuove opere, infrastrutture, impianto o attività generiche.

Lo studio è stato condotto dal Dott. Ingegnere Alberto Collu iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari nonché Tecnico Competente in Acustica Ambientale iscritto negli elenchi della R.A.S. al n° 75.

1.1 Scopo del documento

La seguente relazione ha lo scopo di individuare già a livello del progetto preliminare tutte quelle eventuali criticità che il territorio attraversato dall'opera potrebbe presentare.

A differenza di quanto accade con lo Studio d'Impatto Ambientale (SIA), che è uno studio di dettaglio che considera tutti gli impatti sul territorio per una data opera, lo studio di prefattibilità ambientale permette di acquisire una conoscenza del territorio prima che si arrivi alla definizione del progetto definitivo evitando quindi che in fase di procedura di VIA si evidenzino problematiche rilevanti che costringano ad una rielaborazione parziale o addirittura totale del progetto dell'opera. Con lo studio di prefattibilità ambientale, grazie alle informazioni sul territorio ottenute è possibile contenere il verificarsi di tali condizioni.

Grazie ad un'analisi approfondita del territorio, che consenta di definire nella maniera rigorosa le proprietà acustiche degli elementi costituenti la configurazione ambientale e le proprietà delle sorgenti, scopo dello studio è quello di verificare se la realizzazione dell'opera in progetto comporti un maggiore inquinamento acustico ai recettori e se comunque il contributo dato dalle nuove sorgenti consenta il rispetto dei limiti.

1.2 Acronimi ed abbreviazioni

ACRONIMO	SPIEGAZIONE
L _{Aeq}	Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A
SEL (single Event Level)	Livello di rumore continuo, della durata di 1 secondo, che possiede lo stesso contenuto energetico dell'evento considerato
END	Environmental Noise Directive Raccomandazione Commissione europea 6.8.2003

2 Norme di riferimento

NORMA	DESCRIZIONE
Legge 26.10.1995 n. 447	Legge quadro sull'inquinamento acustico
D.P.C.M. 14.11.1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
Decreto 16.3.1998	Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico
D.P.R. 18.11.1998 n. 459	Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26.10.1995 n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario
D.P.R. 142/2004	Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare)
Parere Ministero Ambiente 10.5. 2001	Normativa applicabile per valutare l'impatto acustico prodotto da una tranvia
Deliberazione R.A.S. 14.11.2008 n. 62/9	Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale
Direttiva 2002/49/CE	Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale
Raccomandazione Commissione europea 6.8.2003	Linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità
UNI EN ISO 3095:2013	Applicazioni ferroviarie - Misurazione del rumore emesso dai veicoli su rotaia
UNI ISO 1996-1 2016	Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale - Parte 1: Grandezze fondamentali e metodi di valutazione
UNI ISO 14837-1:2013	Vibrazioni meccaniche e urti - Vibrazioni e rumore re-irradiato dovuti a sistemi su rotaia
UNI CEN/TS 16272-7:2015	Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea
UNI EN 15461:2011	Emissione del rumore - Caratterizzazione delle proprietà dinamiche delle sezioni del binario per la misurazione del rumore del treno in transito
UNI ISO 1996-2:2010	Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale - Parte 2: Determinazione dei livelli di rumore ambientale
UNI 11143-1:2005	Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 1: Generalità
UNI 11143-2:2005	Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 2: Rumore stradale
UNI 11143-3:2005	Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 3: Rumore ferroviario

2.1 Analisi del quadro legislativo

2.2 Le norme e i limiti ammissibili

Il legislatore italiano a partire dal 1991 ha promulgato diverse norme al fine di inquadrare e di conseguenza disciplinare la materia dell'inquinamento da rumore ambientale.

Le normative e linee-guida che descrivono i metodi e i criteri di indagine alle quale si è fatto riferimento sono le seguenti:

Legge quadro L. 447 del 26/10/95

- Obbliga i Comuni a provvedere alla zonizzazione acustica del territorio comunale e alla verifica dei livelli di rumorosità rispetto a quelli minimi stabiliti dalla legge. Introduce gli strumenti di pianificazione urbanistica per il controllo dell'inquinamento acustico: la zonizzazione acustica ed il piano di risanamento acustico.

DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

- Definisce i criteri di attuazione della legge quadro I livelli di rumore che segnalano una potenziale situazione di rischio per la salute umana e l'ambiente Definisce i limiti di qualità. Fissa i limiti e i valori assoluti di immisione e di emissione e i valori di qualità diversificati per classi di destinazione d'uso.

Decreto 16/3/98 del Ministero dell'Ambiente G.U. n.120 del 26/5/98, Allegato B "Norme tecniche per l'esecuzione delle misure".

- Definisce le tecniche di rilevazione e di misurazione dell'inquinamento acustico con particolare riferimento alle infrastrutture di trasporto, ed una metodologia di misurazione del rumore stradale.

DPR 18/11/1998 n. 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario.

- Il decreto stabilisce le norme per la prevenzione e l'inquinamento da rumore originato dalle infrastrutture delle ferrovie e delle linee metropolitane di superficie, con l'esclusione delle tramvie e delle funicolari.

DPR 30/3/2004 n. 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".

- Il decreto stabilisce le norme per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento derivante da rumore originato dal traffico veicolare. Il provvedimento completa il quadro di regolamentazione del rumore derivante dai mezzi di trasporto (gli altri decreti hanno regolamentato l'inquinamento acustico originato da aeromobili, traffico ferroviario e dalle attività motoristiche).

Deliberazione della Giunta della Regione Autonoma della Sardegna 14 novembre 2008 n. 62/9 – Criteri e linee guida sull'inquinamento acustico (art. 4 della Legge Quadro 26 ottobre 1995 n. 447).

- la Deliberazione riporta alla parte IV, le procedure per la valutazione di clima e impatto acustico.

2.2.1 Legge Quadro sull’Inquinamento Acustico – Legge n. 447 del 26.10.1995

La Legge quadro sull’inquinamento acustico, definisce tutta la materia dell’inquinamento da rumore nell’ambiente esterno; per la sua caratteristica di Legge quadro rimanda a numerosi decreti di attuazione che definiscono nello specifico le modalità di effettuazione delle misure e i limiti da rispettare.

Allo stato attuale sono stati approvati la maggior parte dei decreti attuativi previsti, e pertanto, la quasi totalità delle sorgenti specifiche è essenzialmente normata.

Rispetto al D.P.C.M. del 1991 vengono disciplinate sia le sorgenti sonore fisse che quelle mobili. All’articolo 2 della Legge in oggetto vengono descritte analiticamente le sorgenti definite fisse (nel dettaglio impianti ed installazioni industriali, infrastrutture, parcheggi, depositi di mezzi di trasporto, e le aree adibite ad attività sportive e ricreative), mentre per quelle mobili si deve attuare una valutazione per esclusione rispetto alla definizione di sorgente fissa.

Con l’emanazione della Legge 447/95 viene ampliato e in parte modificato, l’aspetto normativo dell’inquinamento acustico ambientale; oltre a prendere in considerazione l’aspetto delle sorgenti mobili, viene modificata in parte, la modalità del riconoscimento delle componenti tonali e impulsive, la valutazione in ambienti confinati (introducendo i rilievi a finestre aperte e chiuse) nonché l’introduzione del concetto di difesa passiva dal rumore mediante la definizione dei requisiti acustici dei materiali impiegati in edilizia.

La Legge definisce:

- limiti di emissione, intesi come i valori massimi che possono essere emessi da una qualsiasi sorgente sonora, sia fissa che mobile misurati in prossimità della sorgente stessa;
- limiti di immissione, intesi come i valori massimi che possono essere immessi nell’ambiente abitativo o nell’ambiente esterno, dal complesso delle sorgenti sonore considerate, misurati in prossimità dei ricettori. Essi si distinguono in valori limite assoluti (riferiti al rumore risultante "dall'insieme di tutte le sorgenti" sonore attive nell'ambiente) e differenziali (riguardano la differenza tra il rumore ambientale, ovvero il livello di pressione sonora prodotta da tutte le sorgenti acustiche esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo, ed il rumore residuo, rappresentato dal livello di pressione sonora che si rileva dopo l’esclusione delle specifiche sorgenti sonore considerate).

Il criterio differenziale

I valori limite differenziali di immissione sono fissati in 5dB(A) per il periodo diurno e 3dB(A) per quello notturno, da applicarsi all’interno degli ambienti abitativi. I limiti differenziali non si applicano nelle aree esclusivamente industriali (classe VI), nonché al rumore provocato dalle infrastrutture di trasporto, dalle attività non produttive, commerciali, professionali, ed infine dai servizi comuni dell’edificio (art. 4, D.P.C.M. 14 novembre 1997). Questi limiti non si applicano altresì se il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50dB(A) di giorno e 40dB(A) di notte, ovvero a finestre chiuse è inferiore a 35dB(A) e 25dB(A), “in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile” (art. 4, D.P.C.M. 14 novembre 1997).

La Legge quadro inoltre, ha esteso la portata degli studi di impatto acustico oltre l'ambito previsto dalla normativa sulla valutazione d'impatto ambientale, introducendo il concetto che, oltre ai fini della richiesta di concessione edilizia, il progetto deve essere accompagnato da uno studio acustico che persegue in definitiva due obiettivi:

- prevedere l'impatto che il progetto determinerà sul territorio circostante sia per l'impianto di attrezzature rumorose, sia per il traffico veicolare indotto;
- verificare che il clima acustico esistente nella determinata area sia compatibile alla realizzazione di una costruzione ad elevata sensibilità al rumore (quali ospedali, scuole etc.).

Nel dettaglio i soggetti titolari dei progetti o delle opere predispongono una documentazione di impatto acustico relativa alla realizzazione, alla modifica o al potenziamento delle seguenti opere:

- a) aeroporti, aviosuperfici, eliporti;
- b) strade di tipo A (autostrade), B (strade extraurbane principali), C (strade extraurbane secondarie), D (strade urbane di scorrimento), E (strade urbane di quartiere) e F (strade locali), secondo la classificazione di cui al decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, e successive modificazioni;
- c) discoteche;
- d) circoli privati e pubblici esercizi ove sono installati macchinari o impianti rumorosi;
- e) impianti sportivi e ricreativi;
- f) ferrovie e altri sistemi di trasporto collettivo su rotaia.

La documentazione per gli studi di impatto acustico dovrà essere conforme a quanto stabilito dalle singole regioni sulla base dei criteri stabiliti dalla Legge.

2.2.2 D.P.C.M. 14 novembre 1997

Il Decreto in attuazione alla Legge quadro 447/95, determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori di attenzione e di qualità. I limiti di emissione sono anch'essi definiti in funzione della classe di destinazione d'uso del territorio, e sono in pratica sempre inferiori di 5dB(A) rispetto ai relativi limiti di immissione.

Tali classi coincidono con quelle già individuate con il D.P.C.M. 1° marzo 1991. Nei confronti della disciplina precedente, le differenze di maggiore rilievo riguardano la fissazione di valori limite differenziati per emissione (tab. B), immissione (tab. C) e qualità sonora (tab. D).

Valore limite assoluto di immissione di rumore: 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

Valore limite di emissione: Valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.

Valore limite di qualità: Valore di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla Legge 447/95.

Nel dettaglio i valori definiti dal Decreto

Classi di destinazioni d'uso del territorio		Immissione		Emissione		Qualità	
		diurno (6-22)	notturno (22-6)	diurno (6-22)	notturno (22-6)	diurno (6-22)	notturno (22-6)
I	aree particolarmente protette	50	40	45	35	47	37
II	aree prevalentemente residenziali	55	45	50	40	52	42
III	aree di tipo misto	60	50	55	45	57	47
IV	aree di intensa attività umana	65	55	60	50	62	52
V	aree prevalentemente industriali	70	60	65	55	67	57
VI	aree esclusivamente industriali	70	70	65	60	70	70

Per la determinazione dei valori di attenzione viene attuata la seguente classificazione:

- se riferiti a un'ora, equivalgono ai valori limite di immissione, aumentati di 10 dB per il periodo diurno e di 5 dB per il periodo notturno;
- se relativi ai tempi di riferimento, sono identici a quelli definiti come valori limite di immissione. In questo caso, il periodo di valutazione viene scelto in base alle realtà specifiche locali in modo da avere la caratterizzazione del territorio dal punto di vista della rumorosità ambientale.

Il superamento di uno dei due valori, a) o b), ad eccezione delle aree industriali in cui vale il superamento del solo valore di cui al punto b), comporta l'adozione dei piani di risanamento di cui all'art. 7 della L.447/95.

Il Decreto definisce i valori limite differenziali di immissione come definiti dalla Legge 447/95. I valori limite differenziali di immissione sono fissati in 5dB per il periodo diurno e 3dB per quello notturno, da applicarsi all'interno degli ambienti abitativi. I limiti differenziali non si applicano nelle aree esclusivamente industriali (classe VI), nonché al

rumore provocato dalle infrastrutture di trasporto, nonché da attività e comportamento non connessi con esigenze produttive, commerciali, professionali, ed infine dai servizi comuni dell'edificio (art. 4, D.P.C.M. 14 novembre 1997). Questi limiti non si applicano altresì se il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50dB(A) di giorno e 40dB(A) di notte, ovvero a finestre chiuse è inferiore a 35dB(A) e 25dB(A), "in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile".

2.2.3 Decreto Ministero dell'Ambiente 16 marzo 1998

Il decreto individua le specifiche tecniche che devono essere soddisfatte dal sistema di misura, nonché le modalità tecniche e operative da seguire nel rilevamento e nella misurazione del rumore.

Vengono introdotte una sequenza di definizioni che meglio inquadrano le problematiche intorno alla normativa in materia di inquinamento ambientale.

Nel dettaglio:

Tempo a lungo termine TL	Insieme sufficientemente ampio di TR all'interno del quale si valutano i valori di attenzione
Tempo di riferimento TR	Periodo all'interno del quale si eseguono le misure. In particolare i due tempi di riferimento sono quello diurno 06.00-22.00 e quello notturno 22.00 – 06.00
Tempo di osservazione TO	Periodo compreso nel TR durante il quale si verificano le condizioni di rumorosità che si devono valutare
Tempo di misura TM	Periodo compreso all'interno del TO definito in maniera tale da rappresentare in maniera idonea il fenomeno oggetto dell'indagine

Si attuano delle precisazioni riguardo il livello di rumore ambientale e quello residuo. Il primo riprendendo la definizione delle precedenti normative viene definito come l'insieme del rumore residuo e quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti (con l'esclusione di eventi sonori di natura eccezionale); nel caso di confronto con i limiti assoluti è riferito al TR.

Il secondo viene definito come quello prodotto dalla totalità delle sorgenti escludendo la sorgente disturbante oggetto della valutazione (anch'esso misurato con le modalità impiegate per il livello ambientale e escludendo eventi atipici).

Viene inoltre definita nel dettaglio la metodologia per l'effettuazione dei rilievi in ambiente esterno e all'interno degli ambienti abitativi. Le misure in esterno devono essere effettuate posizionando il microfono ad almeno un metro dalla facciata degli edifici (in area fruibile da possibili ricettori) con un'altezza del microfono in accordo con la posizione effettivamente tenuta dal ricettore e in assenza di condizioni meteorologiche avverse o compatibilmente con le condizioni del periodo e del luogo in esame. Le misure in ambiente abitativo devono altresì essere effettuate con il microfono distante almeno 1.50 m da superfici riflettenti e ad una altezza di 1.50 m dal pavimento (inoltre si attua una differenziazione per le misure a finestre chiuse o aperte).

Il decreto introduce delle specifiche tecniche di rilevamento per il rumore stradale e ferroviario.

Per quanto riguarda il rilevamento del rumore prodotto dal traffico stradale, il decreto prevede un rilevamento in continuo per 1 settimana, in tale periodo deve essere rilevato il livello continuo ponderato A per ogni ora sull'arco delle 24 ore, ai fini del calcolo dei valori riferiti al TR diurno e notturno; il microfono inoltre a differenza del caso generale deve essere posizionato all'altezza di 4.00 m. da terra (solo nel caso di assenza di edifici deve essere posizionato in corrispondenza della posizione assunta dai ricettori). I valori medi settimanali diurno e notturni devono essere confrontati con i livelli massimi di immissione stabiliti con il regolamento di esecuzione previsto dall'articolo 11 della Legge 26 ottobre 1997 n. 447 (D.P.R. 30 marzo 2004 n. 142).

Per quanto riguarda la misurazione del rumore ferroviario il Decreto all'allegato C definisce la seguente metodologia: Le misure devono essere eseguite in condizioni di normale circolazione del traffico ferroviario e nelle condizioni meteorologiche di cui al punto 7 dell'allegato B. Il microfono, dotato di una cuffia antivento ed orientato verso la sorgente di rumore, deve essere posto ad una distanza di 1 m dalle facciate di edifici esposti ai livelli sonori più elevati e ad una quota da terra pari a 4 m. Il misuratore di livello sonoro deve essere predisposto per l'acquisizione dei livelli di pressione sonora con costante di tempo "Fast" e consentire la determinazione dell'orario di inizio, del valore del livello di esposizione sonora LAE e del profilo temporale LAF(t) dei singoli transiti dei convogli. Per una corretta determinazione dei livelli di esposizione, occorre che i valori di LAFmax siano almeno 10 dB(A) superiori al livello sonoro residuo. Il tempo di misura TM deve essere non inferiore a 24 h. La determinazione dei valori LAeq,TR deve essere effettuata in base alla relazione seguente:

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \sum_{i=1}^n (T_0) 10^{0.1(L_{AE})_i} - k$$

dove:

- TR è il periodo di riferimento diurno e notturno
- n è il numero di transiti avvenuti nel periodo TR
- K vale 47.6 dB(A) per il periodo diurno e 44.6 dB(A) per quello notturno

Sulla base dell'orario in cui si è verificato l'evento e dall'esame dei profili temporali devono essere individuati gli eventi sonori non attribuibili al transito dei treni oppure caratterizzati da fenomeni accidentali. I valori di LAE corrispondenti a transiti di convogli ferroviari invalidati da eventi eccezionali devono essere sostituiti dal valore medio aritmetico di LAE calcolato su tutti i restanti transiti. Ai fini della validità del valore di LAeq,TR il numero di transiti di convogli ferroviari invalidati da altri fenomeni rumorosi, non deve superare il 10% del numero di transiti n. Qualora il rumore residuo non consenta la corretta determinazione dei valori di LAE nel punto di misurazione, ovvero se il numero di transiti invalidati è superiore al 10% del numero totale n, si deve applicare una metodologia basata sulla misurazione in un punto di riferimento PR posto in prossimità dell'infrastruttura ferroviaria e in condizioni di campo sonoro libero. Nel punto PR le misurazioni devono avvenire su un tempo TM non inferiore a 24 h ed i valori di LAE misurati in PR devono essere correlati ai corrispondenti valori misurati nel punto di ricezione per almeno 10 transiti per ognuno dei binari presenti.

Per ciascun binario sarà determinata la media aritmetica delle differenze dei valori LAE misurati in PR

e nel punto di ricezione. Tale valore medio, per ottenere il corrispondente valore nel punto di ricezione, deve essere sottratto al valore $L_{Aeq,TR}$ determinato nel punto PR. Il livello equivalente continuo complessivo nel punto di ricezione si determina mediante la relazione:

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \left[\frac{1}{T_R} \sum_{k=1}^n 10^{0.1(L_{Aeq,TR})_k} \right] dB(A)$$

essendo n il numero dei binari.

2.2.4 D.P.R. 18 novembre 1998 n. 459

Il decreto stabilisce le norme per la prevenzione e l'inquinamento da rumore originato dalle infrastrutture delle ferrovie e delle linee metropolitane di superficie, con l'esclusione delle tramvie e delle funicolari.

In particolar modo vengono identificate diverse fasce di pertinenza entro le quali non si applicano i valori limite di emissione (definendo dei limiti maggiori), di attenzione e di qualità in base ad una differenziazione a seconda della velocità di progetto dell'infrastruttura.

Per le linee ferroviarie esistenti e per quelle di nuova realizzazione a bassa velocità (velocità di progetto inferiore a 200 Km/h), vengono previste due fasce di pertinenza, con limiti differenziati. La fascia più interna ha ampiezza pari a 100 m. a partire dalla mezzzeria del binario più esterno, ed all'interno della stessa vige un limite di immissione del solo rumore ferroviario pari a 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni. La fascia più esterna ha ampiezza di ulteriori 150 m (va dunque dai 100 ai 250 m dalla mezzzeria del binario più esterno): entro tale seconda fascia, il limite di immissione del solo rumore ferroviario scende a 65 dB(A) diurni e 55 dB(A) notturni.

Per le linee di nuova costruzione ad alta velocità, invece, esiste una unica fascia di pertinenza ampia 250 m, all'interno della quale vigono i limiti di immissione di 65 dB(A) diurni e di 55 dB(A) notturni.

Riguardo i ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura e case di riposo), per entrambe le differenziazioni della velocità di progetto, i limiti sono inferiori e in particolare per il periodo diurno 50 dB(A), per il periodo notturno 40 dB(A).

Tipo di infrastruttura	Velocità di progetto Km/h	Ampiezza fascia di pertinenza	Scuole ¹ , ospedali, case di cura e riposo		Altri recettori	
			diurno	notturno	diurno	notturno
Esistente *		A 100	50	40	70	60
		B 150	50	40	65	55
Nuova	≤ 200	A 100	50	40	70	60
		B 50	50	40	65	55
Nuova	≥ 200	250	50	40	65	55

* infrastrutture esistenti, loro varianti ed infrastrutture di nuova realizzazione in affiancamento a quelle esistenti;

Il decreto in oggetto attua una precisa esclusione per le tramvie, escludendo quindi dalla norma la realizzazione della tramvia oggetto della seguente valutazione.

Tuttavia l'amministrazione comunale di Verona nell'anno 2001 ha richiesto un parere al Ministero dell'Ambiente in relazione alla realizzazione della tramvia di superficie. Il Ministero in merito ha identificato delle analogie al decreto su citato e ha precisato delle linee da seguire in attesa della predisposizione di un decreto specifico.

Con lettera n. 1442/2001/SIAR del 10 maggio 2001, l'allora dirigente del SIAR di tale Ministero (Dott. Biondi), ha fornito un'esauriente e documentata risposta in cui viene chiarito che:

- Trattandosi di infrastrutture di trasporto correlate con il tessuto urbano, in attesa di specifici regolamenti che disciplinino la realizzazione e gestione della specifica infrastruttura di trasporto, ci si può riferire a fasce di pertinenza in analogia a quelle riportate nel decreto in fase di approvazione per le strade, e cioè di 30 metri per le tratte di attraversamento urbano e di 60 metri per le tratte extraurbane;
- All'interno della fascia di rispetto di 30 metri vigono i limiti di immissione relativi al solo rumore prodotto dall'infrastruttura, che in attesa di specifici regolamenti, devono intendersi quelli presiti ad D.P.R. n. 459 per le infrastrutture esistenti con velocità di progetto inferiore a 200 km/h, pari pertanto a 70 dB(A) per il periodo diurno e 60 dB(A) per il periodo notturno, ad esclusione di scuole, ospedali, case di cura e di riposo (identificate in classe I) per le quali si deve avere il rispetto dei limiti pari a 50 dB(A) per il periodo diurno e 40 dB(A) per il periodo notturno. Per le strutture scolastiche trova validità il solo limite relativo al periodo diurno;
- I limiti differenziali di immissione non si applicano alla rumorosità prodotta dalle infrastrutture stradali e ferroviarie a cui è possibile assimilare le infrastrutture tranviarie;
- le modalità e i criteri di misura dal rumore prodotto da questa tipologia di infrastruttura devono riferirsi a quanto previsto al punto 2 dell'allegato C del D.M. 16 marzo 1998.

Si riporta nella pagina seguente il parere del Ministero dell'Ambiente

¹ Per le scuole vale solo il limite diurno



Ministero dell'Ambiente
SERVIZIO INQUINAMENTO ATMOSFERICO E ACUSTICO
E LE INDUSTRIE A RISCHIO

Mod. 80

Roma 9 MAG 2001 19

Al Comune di Verona
Servizio ecologia
Via Pallone, 9
37121 Verona

Comune di Verona
Settore mobilità e traffico
Via Campo Marzo, 10
37100 Verona

N.° 1447/2001/5101
Risposta al foglio del
N.°

OGGETTO Metrotramvia moderna di superficie a guida vincolata per la città di Verona.
Normativa applicabile per valutare l'impatto acustico prodotto da una tramvia.

In riferimento Vs Prot. 110960 del 7/12/2000 si fa presente che le norme applicabili per la valutazione dell'impatto acustico prodotto da una tramvia sono:

- la legge 26/10/95 n. 447 Legge Quadro sull'inquinamento acustico;
- il D.P.C.M. 14/11/97 recante Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore;
- il D.M. 16/03/98 recante Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico;
- il D.M. 29/11/2000 recante Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.

Per quanto riguarda l'interpretazione di tale normativa, in riferimento alla Vs nota si osserva che:

- a) trattandosi di infrastrutture correlate al tessuto urbano ci si può riferire - in attesa dell'emanazione di regolamenti regionali e/o comunali che disciplinino la realizzazione e la gestione della specifica tipologia di infrastruttura di trasporto (incluse eventuali fasce di pertinenza) esclusa dal campo di applicazione del D.P.R. 18/11/98 n. 459, recante *Regolamento recante norme di esecuzione dell'art. 11 della legge 26 ottobre 1995 n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario* - a fasce di pertinenze in analogia a quelle riportate nel decreto in fase di approvazione per le strade, e cioè di 30 m per le tratte di attraversamento urbano e di 60 m per le tratte extraurbane;
- b) il D.P.C.M. 14/11/97 indica all'art. 2 i valori limite di emissione delle singole sorgenti fisse (tabella B). Per quanto riguarda i valori limite assoluti di immissione (art. 3), i limiti di cui

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

alla tabella C si applicano all'esterno delle fasce di pertinenza; all'interno di tali fasce di pertinenza, sempre in attesa dei citati regolamenti regionali e/o comunali, si possono riguardare come valori guida i limiti fissati dal D.P.R. 459/98 per le *infrastrutture ferroviarie esistenti e con velocità di progetto non superiore a 200 km/h* (art.5, comma 1 per i ricettori di cui alla lettera a) e b) (scuole, ospedali, case di cura e case di riposo, e altri ricettori ricadenti all'interno della fascia "A");

- c) e d) i valori limite differenziali di immissione (art. 4, comma 3) non si applicano alla rumorosità prodotta dalle infrastrutture stradali e ferroviarie a cui è possibile assimilare le infrastrutture tramviarie;
- e) per quanto riguarda i criteri e le modalità di misura del rumore prodotto dalle infrastrutture tramviarie, può essere fatto riferimento al punto 2 dell'allegato C del D.M. 16/03/98.

Il Dirigente della Divisione 3^

Giuseppe Biondi



2.2.5 Decreto del Ministro dell'Ambiente 29 novembre 2000

Il decreto stabilisce i criteri tecnici per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento ed abbattimento del rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture stesse, in ottemperanza alla Legge 447/1995.

2.2.6 Normativa Comunitaria

Come è stato evidenziato nel Libro Verde della Commissione Europea sulle politiche future in materia di inquinamento acustico (ed. 1996), il rumore è la quinta causa di preoccupazione per l'ambiente. I sistemi di trasporto contribuiscono considerevolmente all'immissione del rumore nell'ambiente, e considerando le tre modalità di trasporto principali (stradale, ferroviario e aereo), sicuramente quella stradale risulta la sorgente di rumore maggiormente significativa.

La Commissione Europea ha, quindi, avviato i lavori per la preparazione di una Direttiva quadro sul rumore ambientale convocando un primo incontro tra esperti dei paesi membri per il mese di settembre 1998 al fine di armonizzare le legislazioni dei vari Stati in tempi abbastanza brevi.

Il lavoro è proceduto attraverso sei tematiche ritenute prioritarie: indici, dose/effetti, misurazioni, mappe di rumore, abbattimento del rumore, ferrovia.

Il 26 luglio 2000, la Commissione Europea ha pubblicato la proposta di direttiva relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (COM-2000- 468).

L'obiettivo della proposta è definire un approccio comune per la gestione del rumore ambientale. Questo è composto di tre elementi principali: determinazione secondo metodi comuni, informazione e interventi opportuni.

Si introducono gli indicatori L_{den} e L_{night} quali descrittori relativi al rumore da utilizzare nella politica UE in materia, nella nuova legislazione sulla mappatura, nella pianificazione acustica, nella delimitazione di zone isolivello e nel riesame della legislazione vigente su questa materia.

Negli allegati vengono definiti in modo più puntuale i descrittori acustici, le tecniche di determinazione, l'utilizzo di software di mappatura, i requisiti delle mappe acustiche nonché i requisiti dei piani di risanamento.

Con la Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002, relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale è stato aggiunto un cardine fondamentale quale futura base della normativa italiana.

La direttiva fornisce una base per lo sviluppo e il completamento delle misure comunitarie già intraprese e, in modo particolare, fornisce una linea guida relativamente alle emissioni acustiche prodotte dalle principali sorgenti per i veicoli stradali e su rotaia e relative infrastrutture.

All'articolo 3 (tra l'altro) si definisce:

Rumore Ambientale	Suoni indesiderati o nocivi in ambiente prodotti dalle attività umane, compreso il rumore emesso da mezzi di trasporto, dovuto al traffico veicolare, al traffico ferroviario omissis
Effetti nocivi	Effetti negativi per la salute umana;
Fastidio	La misura in cui, in base ad indagini sul campo, il rumore risulta sgradevole a una comunità di persone;
Lden	Descrittore acustico giorno-sera-notte per il fastidio globale
Lday	Descrittore acustico diurno, per il fastidio durante il periodo diurno
Levening	Descrittore acustico serale per il fastidio durante il periodo serale
Lnight	Descrittore acustico relativo ai disturbi del sonno
Mappatura acustica	Rappresentazione di dati relativi ad una situazione di rumore esistente o prevista in funzione di un descrittore acustico, che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti omissis
Valore limite	Un valore di Lden, Lday e se del caso, di Levening o Lnight stabiliti dallo Stato membro, il cui superamento induce le autorità competenti ad esaminare o applicare provvedimenti di attenuazione del rumore omissis

All'articolo 6 della Direttiva pur confermando quali metodi comuni per la determinazione dei valori di Lden e Lnight conferma che finché tali metodi non saranno adottati, gli Stati membri potranno usare metodi di determinazione adeguati ai sensi dell'allegato II e basati sui metodi autorizzati dalle loro rispettive legislazioni.

All'allegato II si raccomandano degli standard di calcolo propri di alcuni Paesi della comunità europea.

2.2.7 Raccomandazione del 6 agosto 2003

Tale Raccomandazione adegua le definizioni di Lden e Lnight date nell' Allegato II alla Direttiva 2002/49/CE ed aggiorna i metodi provvisori di calcolo definendo gli standard per le diverse tipologie di rumore:

- rumore da traffico veicolare: metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes96.
- rumore ferroviario: metodo ufficiale dei Paesi Bassi pubblicato in "Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaa '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996".
- rumore degli aeromobili: ECAC doc. 29 "Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports", 1997.
- rumore da attività industriali: ISO 9613-2.

Inoltre, in questo documento viene indicato come ottenere dati mediante misurazioni poiché i dati di rumorosità riportati non sono sufficienti a ricoprire l'intera casistica di situazioni che possono verificarsi, in particolar modo per ciò che riguarda il traffico stradale e ferroviario

2.2.8 D.P.R. 30 marzo 2004 n. 142

Il decreto stabilisce le norme per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento derivante da rumore originato dal traffico veicolare. Il provvedimento completa il quadro di regolamentazione del rumore derivante dai mezzi di

trasporto (gli altri decreti hanno regolamentato l'inquinamento acustico originato da aeromobili, traffico ferroviario e dalle attività motoristiche).

L'inquinamento dovuto al traffico stradale è una delle cause predominanti dell'inquinamento acustico con conseguenze che portano disturbi del sonno, danni uditivi o fisiologici (prevalentemente cardiovascolari) e difficoltà di comunicazione.

In maniera analoga al D.P.R. 459 che regola l'inquinamento dovuto al traffico ferroviario vengono definite diverse fasce di pertinenza entro le quali non si attuano i valori limite definiti del D.P.C.M. 14 novembre 1997 ma si attua una differenziazione in base alla tipologia della strada.

Il decreto in oggetto nel definire il campo di applicazione fa riferimento alla classificazione delle strade descritta nel decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, "Nuovo codice della strada" e, attua una distinzione tra strade esistenti e di nuova realizzazione.

Le strade vengono definite in riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

A Autostrade

strada extraurbana o urbana a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico invalicabile, ciascuna con almeno due corsie di marcia, eventuale banchina pavimentata a sinistra e corsia di emergenza o banchina pavimentata a destra, priva di intersezioni a raso e di accessi privati, dotata di recinzione e di sistemi di assistenza all'utente lungo l'intero tracciato, riservata alla circolazione di talune categorie di veicoli a motore e contraddistinta da appositi segnali di inizio e fine. Deve essere attrezzata con apposite aree di servizio ed aree di parcheggio, entrambe con accessi dotati di corsie di decelerazione e di accelerazione

B Strade extraurbane principali

strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico invalicabile, ciascuna con almeno due corsie di marcia e banchina pavimentata a destra, priva di intersezioni a raso, con accessi alle proprietà laterali coordinati, contraddistinta dagli appositi segnali di inizio e fine, riservata alla circolazione di talune categorie di veicoli a motore; per eventuali altre categorie di utenti devono essere previsti opportuni spazi. Deve essere attrezzata con apposite aree di servizio, che comprendano spazi per la sosta, con accessi dotati di corsie di decelerazione e di accelerazione.

C Strade extraurbane secondarie

strada ad unica carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia e banchine.

D Strade urbane di scorrimento

strada a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico, ciascuna con almeno due corsie di marcia, ed un'eventuale corsia riservata ai mezzi pubblici, banchina pavimentata a destra e marciapiedi, con le eventuali intersezioni a raso semaforizzate; per la sosta sono previste apposite aree o fasce laterali esterne alla carreggiata, entrambe con immissioni ed uscite concentrate.

E Strade urbane di quartiere

strada ad unica carreggiata con almeno due corsie, banchine pavimentate e marciapiedi; per la sosta sono previste aree attrezzate con apposita corsia di manovra, esterna alla carreggiata.

F Strade locali

strada urbana od extraurbana non facente parte degli altri tipi di strade.

F bis Strade locali

strada locale, urbana, extraurbana o vicinale, destinata prevalentemente alla percorrenza pedonale e ciclabile e caratterizzata da una sicurezza intrinseca a tutela dell'utenza debole della strada

I valori limite di immissione stabiliti dal presente decreto sono verificati, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione, in conformità a quanto disposto dal decreto del Ministro dell'ambiente in data 16 marzo 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 76 del 1° aprile 1998, e devono essere riferiti al solo rumore prodotto dalle infrastrutture stradali.

Per le infrastrutture di nuova realizzazione il proponente l'opera individua i corridoi progettuali che possano garantire la migliore tutela dei ricettori presenti all'interno della fascia di studio di ampiezza pari a quella di pertinenza, estesa ad una dimensione doppia in caso di presenza di scuole, ospedali, case di cura e case di riposo mentre per quanto riguarda le infrastrutture esistenti i valori limite di immissione definiti nel decreto dovranno essere conseguiti mediante attività pluriennale di risanamento come da decreto del Ministro dell'ambiente in data 29 novembre 2000. L'attività di risanamento dovrà considerare come interventi prioritari quelli riguardanti ricettori sensibili quali scuole ospedali e case di riposo.

I limiti per le varie tipologie di strade esistenti sono i seguenti:

Tipo	Sottotipo	Ampiezza fascia di pertinenza	Scuole ² , ospedali, case di cura e riposo		Altri recettori	
			diurno	notturno	diurno	notturno
A-Autostrada		A 100	50	40	70	60
		B 150			65	55
B-Extraurbana principale		A 100	50	40	70	60
		B 150			65	55
C-Extraurbana secondaria	Ca	A 100	50	40	70	60
		B 150			65	55
	Cb	A 100	50	40	70	60
		B 50			65	55
D-Urbana di scorrimento	Da	100	50	40	70	60
	Db	100			65	55
E-Urbana di quartiere		30	*			
F-Locale		30				

Note:

Ca strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980;

Cb tutte le strade extraurbane secondarie;

Da strade a carreggiate separate e interquartiere;

Db tutte le strade urbane a scorrimento

* definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.

² Per le scuole vale solo il limite diurno

2.2.9 Deliberazione Giunta Regione Autonoma della Sardegna 14 novembre 2008 n. 62/9

La Deliberazione 62/9 del 14 novembre 2008, abroga la precedente 30/9 pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Autonoma della Sardegna nel 2005, che ha colmato il notevole ritardo accumulato rispetto ai tempi definiti dalla Legge 447/95.

Parte integrante della Deliberazione è il Documento Tecnico che definisce e regola:

i criteri per la classificazione acustica del territorio;

- la metodologia operativa;
- la zonizzazione in prossimità di aeroporti;
- l'individuazione delle aree destinate a spettacolo a carattere temporaneo, ovvero mobile, nonché le procedure autorizzative;
- l'ottimizzazione e verifica del progetto di zonizzazione;
- la procedura e i tempi di approvazione del Piano di classificazione acustica;
- il risanamento del territorio comunale;
- i criteri e le procedure per la redazione della documentazione di impatto e clima acustico.
- I criteri definiti dal documento tecnico su citato sono stati considerati quale riferimento per la redazione della documentazione di impatto acustico e verranno precisati nel dettaglio nella seguente relazione.

Come previsto dalla Legge 447/95 il documento riporta i criteri e le procedure per la redazione della documentazione di impatto acustico. Per impatto acustico si intende la variazione delle condizioni sonore, preesistenti in una determinata porzione di territorio, nonché gli effetti indotti conseguenti all'inserimento di nuove infrastrutture, impianti, attività e/o manifestazioni.

In dettaglio riporta le opere soggette alla predisposizione della documentazione di impatto acustico:

- opere sottoposte a procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.) nazionale e regionale, ai sensi del comma 1 dell'articolo 8 della Legge n. 447/95;
- per le opere sotto indicate anche se non sottoposte a procedure di V.I.A. ai sensi del comma 2 del citato articolo 8:
 - aeroporti, aviosuperfici, eliporti;
 - strade di tipo A, B, C, D, E, e, secondo la classificazione di cui al Decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285 e successive modifiche e integrazioni;
 - discoteche;
 - circoli privati e pubblici esercizi ove sono installati macchinari o impianti rumorosi;
 - impianti sportivi e ricreativi;
 - ferrovie e altri sistemi di trasporto su rotaia.

Per i nuovi impianti e infrastrutture adibiti ad attività produttive, sportive, ricreative e a postazioni di servizi commerciali polifunzionali, anche se non sottoposte a procedure di V.I.A. ai sensi del comma 4 dell'articolo 8.

La documentazione di impatto acustico è una relazione capace di fornire, in maniera chiara ed inequivocabile, tutti gli elementi necessari per una previsione, la più accurata possibile, degli effetti acustici derivabili dalla realizzazione del progetto o dall'esercizio dell'attività.

La documentazione di impatto acustico dovrà essere tanto più dettagliata e approfondita quanto più rilevanti potranno essere gli effetti di disturbo da rumore e, più in generale, di inquinamento acustico, derivanti dalla realizzazione del progetto stesso o dalla tipologia dell'attività svolta.

La documentazione di impatto acustico deve contenere:

- a) Descrizione della tipologia dell'opera o attività in progetto, del ciclo produttivo e tecnologico, degli impianti, delle attrezzature e dei macchinari che verranno utilizzati, dell'ubicazione dell'insediamento e del contesto in cui viene inserita;
- b) Descrizione delle caratteristiche costruttive dei locali (coperture, murature, serramenti, vetrate ecc.) con particolare riferimento alle caratteristiche acustiche dei materiali utilizzati;
- c) Descrizione delle sorgenti rumorose connesse con l'opera o attività, con indicazione dei dati di targa relativi alla potenza acustica e loro ubicazione. In situazioni di incertezza progettuale sulla tipologia e sul posizionamento delle sorgenti sonore che saranno effettivamente installate è ammessa l'indicazione di livelli di emissione stimati per analogia con quelli derivanti da sorgenti simili (nel caso non siano disponibili i dati di potenza acustica, dovranno essere riportati i livelli di emissione sonora);
- d) Indicazione degli orari di attività e di quelli di funzionamento degli impianti principali e sussidiari. Dovranno essere specificate le caratteristiche temporali dell'attività e degli impianti, indicando l'eventuale carattere stagionale, la durata del periodo diurno e notturno e se tale durata è continua o discontinua, la frequenza di esercizio, la possibilità (o necessità) che durante l'esercizio vengano mantenute aperte le superfici vetrate (porte o finestre), la contemporaneità di esercizio delle sorgenti sonore, eccetera;
- e) Indicazione della classe acustica cui appartiene l'area di studio. Nel caso in cui l'amministrazione comunale non abbia ancora approvato e adottato il Piano di classificazione acustica è cura del proponente ipotizzare, sentita l'Amministrazione comunale, la classe acustica da assegnare all'area interessata;
- f) Identificazione e descrizione dei recettori presenti nell'area di studio, con indicazione delle loro caratteristiche utili sotto il profilo acustico, quali ad esempio la destinazione d'uso, l'altezza e la distanza intercorrente dall'opera o dall'attività in progetto, con indicazione della classe acustica da assegnare a ciascun recettore presente nell'area di studio avendo particolare riguardo per quelli che ricadono nelle classi I e II;
- g) Individuazione delle principali sorgenti già presenti nell'area di studio e indicazione dei livelli di rumore preesistenti in prossimità dei recettori di cui al punto precedente. L'individuazione dei livelli di rumore consegue da misure articolate sul territorio con riferimento a quanto stabilito dal D.M. Ambiente 16 marzo 1998 (Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico);
- h) Calcolo previsionale dei livelli sonori generati dall'opera o attività nei confronti dei recettori e dell'ambiente esterno circostante indicando i parametri e i modelli di calcolo utilizzati. Particolare attenzione deve essere posta alla valutazione dei livelli sonori di emissione e di immissione assoluti, nonché ai livelli differenziali, qualora applicabili,

all'interno o in facciata dei recettori individuati. La valutazione del livello differenziale deve essere effettuata nelle condizioni di potenziale massima criticità del livello differenziale;

i) Calcolo previsionale dell'incremento dei livelli sonori in caso di aumento del traffico veicolare indotto da quanto in progetto nei confronti dei recettori e dell'ambiente circostante;

l) Descrizione degli eventuali interventi da adottarsi per ridurre i livelli di emissioni sonore al fine di ricondurli al rispetto dei limiti associati alla classe acustica assegnata o ipotizzata per ciascun recettore. La descrizione degli interventi è supportata da ogni informazione utile a specificare le loro caratteristiche e a individuare le loro proprietà di riduzione dei livelli sonori, nonché l'entità prevedibile delle riduzioni stesse;

m) Analisi dell'impatto acustico generato in fase di realizzazione, o nei siti di cantiere, secondo il percorso logico ai punti precedenti, e puntuale indicazione di tutti gli appropriati accorgimenti tecnici e operativi che saranno adottati per minimizzare il disturbo e rispettare i limiti (assoluto e differenziale) vigenti all'avvio di tale fase, fatte salve le eventuali deroghe per le attività rumorose temporanee di cui all'art. 6, comma 1, lettera h, della Legge 447/1995 e dell'art. 9;

n) Indicazione del provvedimento regionale con cui il tecnico competente in acustica ambientale, che ha predisposto la documentazione di impatto acustico, è stato riconosciuto "competente in acustica ambientale" ai sensi della Legge 447/1995, art. 2, comma 6 e 7.

3 valutazione impatto acustico

La valutazione di impatto acustico segue come riferimento quanto richiesto alla Deliberazione 62/9, e successive modifiche e integrazione, della Giunta Regionale della Sardegna.

3.1 a.

Descrizione della tipologia dell'opera o attività in progetto, del ciclo produttivo e tecnologico, degli impianti, delle attrezzature e dei macchinari che verranno utilizzati, dell'ubicazione dell'insediamento e del contesto in cui viene inserita

L'intervento riguarda la realizzazione della linea 5 della metropolitana leggera per l'area vasta di Cagliari nel tratto di prolungamento della linea 3 – lotto 1, al fine di realizzare il collegamento tra la fermata Policlinico e l'abitato di Sestu. Gli interventi in progetto attengono alla realizzazione dell'infrastruttura di trasporto a guida vincolata prevalentemente in ambito extraurbano, in doppio binario a scartamento ridotto (950 mm.). La linea di nuova realizzazione partirà dalla fermata Policlinico, percorrerà in affiancamento prima la strada provinciale n°8 e in seguito la vicinale Pitzu Par-du, fino a raggiungere l'ingresso dell'abitato del comune di Sestu attestandosi nel primo tratto del corso Italia. Il tracciato si svilupperà totalmente in doppio binario e avrà una lunghezza complessiva pari a 4.785,87 metri. Si riporta di seguito la descrizione della tipologia del tracciato con specifica del territorio attraversato:

tipologia tracciato		Territorio comunale		
		Mon serrato	Selargius	Sestu
viadotto	m.	550.0		
a raso		530.0	1898.00	1807.87

Lungo l'intero percorso, è prevista una fermata intermedia in corrispondenza della progressiva Km. 3+664, in territorio comunale di Sestu).

3.2 b.

Descrizione delle caratteristiche costruttive dei locali (coperture, murature, serramenti, vetrate ecc.) con particolare riferimento alle caratteristiche acustiche dei materiali utilizzati

Punto non pertinente per la valutazione in oggetto relativa all'impatto acustico generato dalla linea metro tranviaria.

3.3 c.

Descrizione delle sorgenti rumorose connesse con l'opera o attività, con indicazione dei dati di targa relativi alla potenza acustica e loro ubicazione. In situazioni di incertezza progettuale sulla tipologia e sul posizionamento delle sorgenti sonore che saranno effettivamente installate è ammessa l'indicazione di livelli di emissione stimati per analogia con quelli derivanti da sorgenti simili (nel caso non siano disponibili i dati di potenza acustica, dovranno essere riportati i livelli di emissione sonora);

Le sorgenti di rumore che caratterizzeranno lo stato post-operam saranno essenzialmente i rotabili che transiteranno nell'infrastruttura di nuova realizzazione.

Il tram che verrà utilizzato è quello attualmente in servizio nella linea 1 e 3, del tipo 06 T della Skoda. E' un rotabile bidirezionale a cinque casse a pianale ribassato, con scartamento di 950 mm.

Il tram è alloggiato su due carrelli motori a due assili e su un carrello portante con due traverse. Il movimento del tram è assicurato dall'equipaggiamento elettrico con convertitori di trazione dotati di moduli IGBT e con motori asincroni di trazione. Il rotabile è destinato al servizio singolo. Il rotabile vuoto può essere trainato o spinto da un altro rotabile dello stesso tipo nel solo caso d'emergenza e nel rispetto, in ogni momento, delle norme di sicurezza ed esercizio.

La tensione nominale di linea è 750 V DC con variazione ammessa di 525 V ÷ 900 V (al recupero).

Il rotabile è dotato di numerosi provvedimenti volti all'abbattimento della rumorosità tra i quali ad esempio l'applicazione di diversi stadi di elementi in gomma all'interno del carrello per separare le fonti di rumore; i teloni fonoassorbenti dei carrelli; la vernice antirombo applicata a spruzzo in sottocassa; gli isolamenti combinati, termici e fonoassorbenti, delle pareti e dell'imperiale del rotabile; l'adozione di opportune frequenze di lavoro dell'equipaggiamento elettronico, e non ultimo ruote con interposti elementi di gomma, del tipo SAB WABCO progettate in modo da contenere la rumorosità e le vibrazioni

L'intero rotabile è costituito da cinque casse collegate mediante articolazioni. Le casse d'estremità sono alloggiate su due carrelli motori; quella centrale sul carrello portante. Tra la cassa d'estremità e quella centrale si trova la cassa intermedia sospesa. La cassa centrale è collegata con quelle intermedie mediante articolazioni che ne consentono sia la rotazione reciproca intorno all'asse verticale, sia l'oscillazione laterale.

Il veicolo monta sotto le casse d'estremità due carrelli a due sale di assili. Il singolo azionamento dell'assile in ogni carrello motore è assicurato da due motori di trazione asincroni alloggiati trasversalmente, avvitati alla traversa centrale.

Caratteristiche di frenatura

Il veicolo è destinato alla velocità massima di 70 km/h e per questa velocità è munito di tre sistemi di freno autonomi.

Si tratta dei seguenti sistemi:

- a) freno elettrodinamico (ED);
- b) freno elettroidraulico (EH);
- c) freno elettromagnetico di binario (MG freno).

a) Freno elettrodinamico

Freno principale, utilizzato in tutti i tipi di frenatura (durante la frenatura d'emergenza compensa l'effetto d'occupazione del tram).

b) Freno a dischi elettroidraulico

Durante la frenatura d'esercizio il freno a dischi viene utilizzato solo a velocità minori, ovverosia per cautelare il veicolo in sosta, subito prima dell'arresto l'effetto frenante viene attuato dal freno a dischi al posto del freno elettrodinamico. Il freno a dischi adempie allo stesso tempo la funzione di freno di stazionamento, vale a dire che mantiene in stato frenato il veicolo durante la sosta.

c) Freno elettromagnetico

La forza di frenatura del freno a pattino non dipende dall'aderenza, questo freno viene adottato soprattutto in caso di frenatura d'emergenza. La liberazione del freno meccanico sopraggiunge immediatamente dopo l'impostazione del momento d'avvio alla marcia. La grandezza del momento minimo è imposta in modo da impedire un involontaria marcia indietro del veicolo.

Per quanto riguarda il rumore emesso in fase di frenatura, si evidenzia che il rotabile utilizza il freno meccanico (idraulico) solo nella fase precedentemente all'arresto o in caso di stazionamento; pertanto il rumore in fase di frenatura è generato, come nella fase di marcia, principalmente dai motori, reostati di frenatura in accoppiamento con il raddrizzatore e dai ventilatori del sistema di condizionamento.

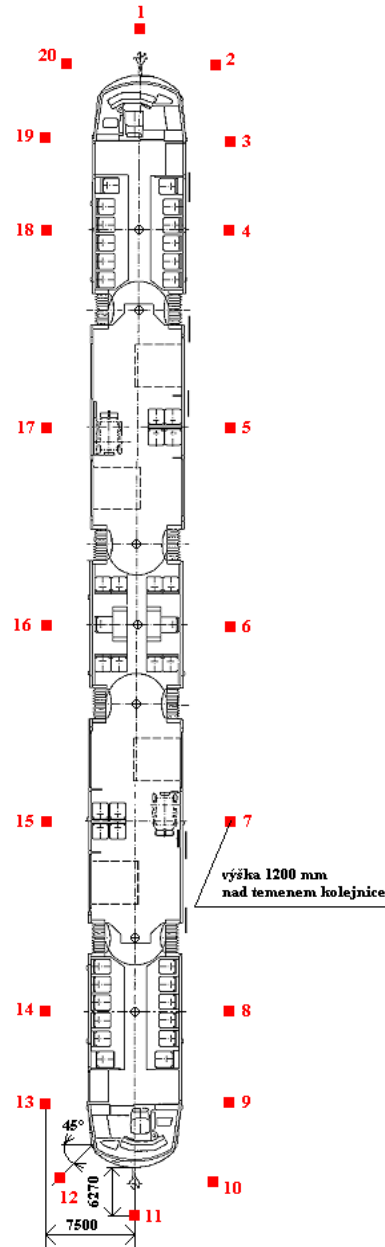
Per quanto riguarda il rumore generato in curva, dovuto alle forze assiali agenti sul contatto ruota-rotaia che portano lo scivolamento laterale del bordino sulla rotaia, è predominante la frequenza di vibrazione caratteristica. Questa è dipendente dalla geometria e dal materiale.

Per la valutazione della rumorosità dovuta al transito dei rotabili, sono state oggetto di analisi sia le prove eseguite dalla Skoda in occasione della fornitura dei rotabili per la linea 1, che misurazioni dirette in prossimità della linea metropolitana attualmente in esercizio. E' da rimarcare il fatto che le rilevazioni fonometriche effettuate durante il transito dei rotabili sulla linea attuale, risentono delle condizioni della linea stessa, quale l'usura della rotaia principalmente, e della differente tipologia di armamento rispetto a quello previsto in progetto per la linea 5 (linea 1 su ballast, linea 5 con cassonetto in cls, tra le differenze sostanziali).

Si riportano di seguito i dati rilevati nell'anno 2007 in occasione della fornitura dei rotabili 06T Skoda.

1. Prova stazionaria

La misurazione della rumorosità emessa del veicolo in sosta è stata eseguita con accese tutte le apparecchiature ausiliarie. Il microfono è stato posizionato ad una altezza di 1,2 m sopra al p.d.f., perpendicolarmente rispetto alla fiancata del veicolo. La distanza tra il microfono e la fiancata del veicolo era continua, pari a 7,5 m dalla mezzeria del binario. la dislocazione dei singoli punti di misurazione è rappresentata nella figura seguente



risultati delle misurazioni

Punti misurati		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valori rilevati LA [dB]	1.rilievo	47	49	47	45	46	46	47	48	49	50
	2.rilievo	46	47	47	48	47	47	47	48	48	50
	3.rilievo	44	48	48	46	46	47	47	48	49	50
	media	45,7	48,0	47,3	46,3	46,3	46,7	47,0	48,0	48,7	50,0
Punti misurati		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Valori rilevati LA [dB]	1.rilievo	50	49	50	50	50	49	51	52	50	51
	2.rilievo	49	51	49	51	49	51	51	52	51	49
	3.rilievo	50	52	48	50	49	49	51	51	50	49
	media	49,7	50,7	49,0	50,3	49,3	49,7	51,0	51,7	50,3	49,7

2. Prova in marcia

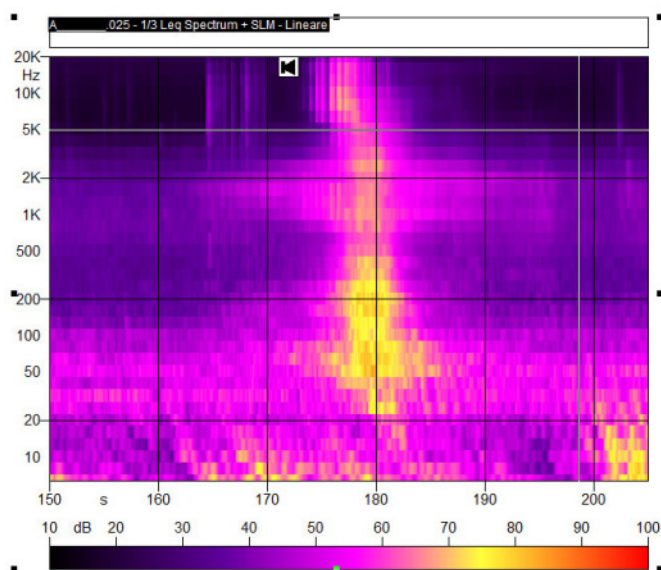
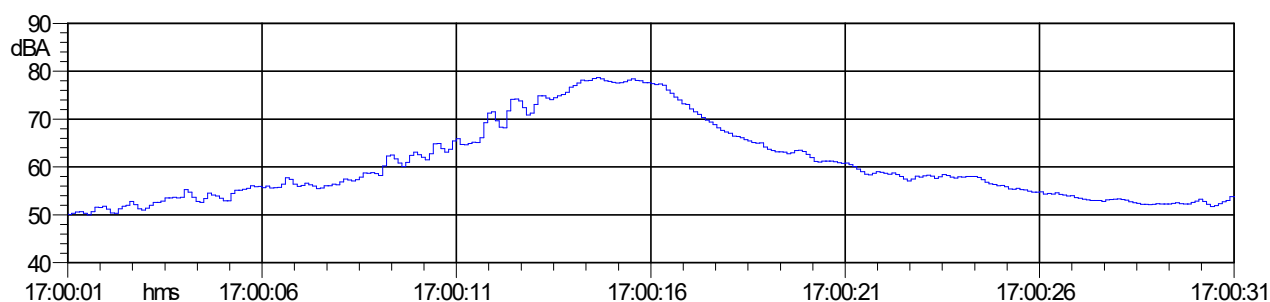
Durante la misurazione del rumore esterno, il veicolo si muoveva ad una velocità stabile $v = 40 \text{ km.h}^{-1}$ e tutti gli aggregati ausiliari che influiscono sul livello di rumore erano in esercizio erano attivati.

Punti di misurazione		Lato sinistro	Lato destro
Valori rilevati L_A (dB)	1ª misurazione	72	75
	2ª misurazione	73	75
	3ª misurazione	72	75
	Media	72.3	75

Le rilevazioni effettuate con il transito dei rotabili sull'attuale linea sono state effettuate in corrispondenza di tratti dove il contributo di altre sorgenti potesse essere considerato minimo. Le rilevazioni hanno avuto quale scopo quello di rilevare il SEL, che rappresenta l'energia totale del passaggio di un singolo rotabile mediato su 1 secondo. La rilevazione del SEL permette una stima più accurata per il calcolo del Livello equivalente nelle misure di controllo del modello di calcolo.

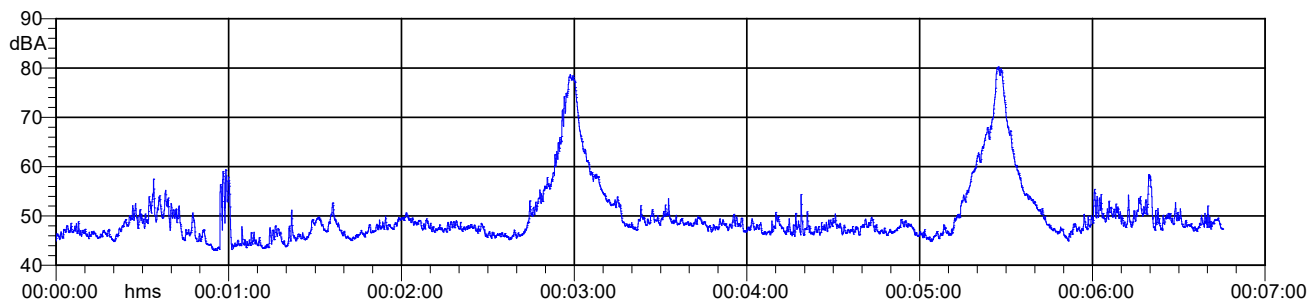
- rilievo eseguito a 7.5 m dal binario

Storia temporale con relativo sonogramma

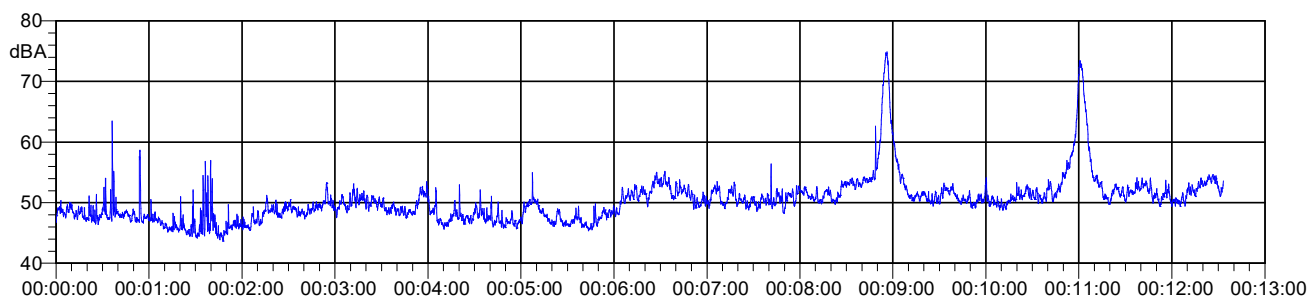


SEL pari a 84 dB(A)

Ulteriori rilevazioni sono state effettuate nella stessa posizione richiamata sopra. Le rilevazioni hanno considerato il transito di diversi tram in entrambe le direzioni. Si riportano i tracciati relativi a 4 differenti passaggi



Rilievo 1



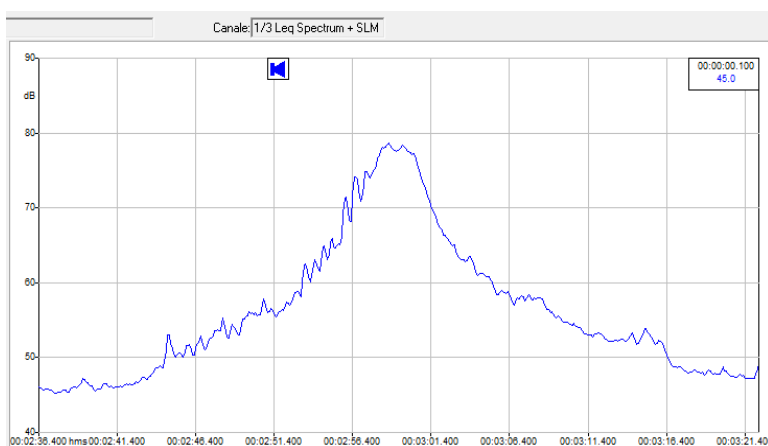
Rilievo 2

Il rilievo 2 ha evidenziato velocità inferiori rispetto al primo, è evidente che durante il primo rilievo la rumorosità rilevata durante i due passaggi è intorno a 80 dB(A), mentre per il secondo rilievo risulta intorno a 75 dB(A).

Si riporta di seguito l'analisi dei 4 passaggi con evidenza del SEL e dei dati di maggiore interesse.

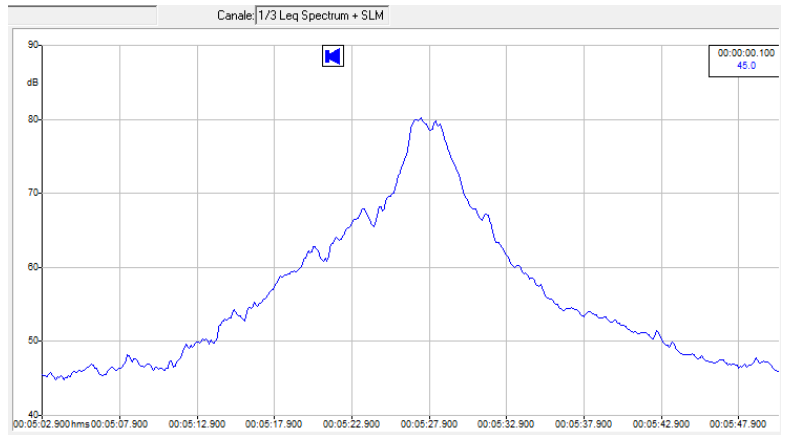
Rilievo 1 primo transito

	Parte selezionata	Parte non selezionata
Ora	00:00:46	00:05:59,300
Leq	67.2 dBA	59.5 dBA
SEL	83.9 dBA	85.1 dBA
Media	56.1 dBA	49.0 dBA
Max.	78.7 dBA	80.2 dBA
Min.	45.2 dBA	43.0 dBA
StdDev	9.1 dBA	4.9 dBA
L1	78.1 dBA	73.0 dBA
L10	71.5 dBA	52.6 dBA
L30	58.3 dBA	49.0 dBA
L50	53.6 dBA	47.9 dBA
L90	46.3 dBA	45.6 dBA
L95	45.8 dBA	44.8 dBA



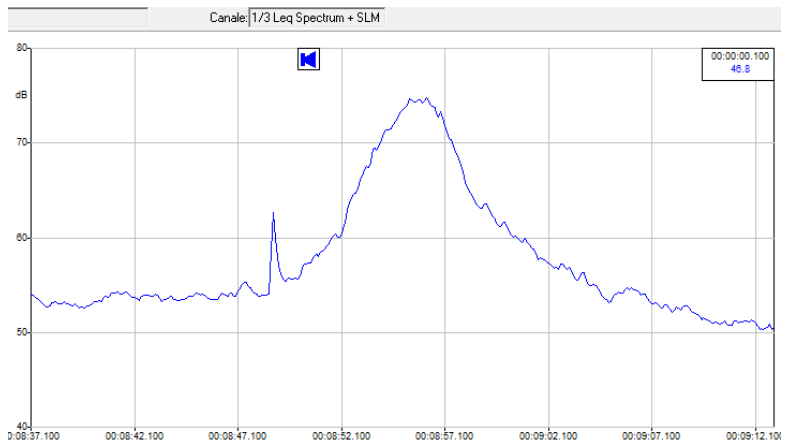
Rilievo 1 secondo transito

	Parte selezionata	Parte non selezionata
Ora	00:00:47.700	00:05:57.600
Leq	68.0 dBA	58.7 dBA
SEL	84.7 dBA	84.3 dBA
Media	55.8 dBA	49.0 dBA
Max.	80.2 dBA	78.7 dBA
Min.	44.8 dBA	43.0 dBA
StdDev	9.6 dBA	4.7 dBA
L1	79.8 dBA	74.2 dBA
L10	69.6 dBA	52.7 dBA
L30	59.8 dBA	49.0 dBA
L50	53.2 dBA	47.9 dBA
L90	46.3 dBA	45.7 dBA
L95	45.7 dBA	44.8 dBA



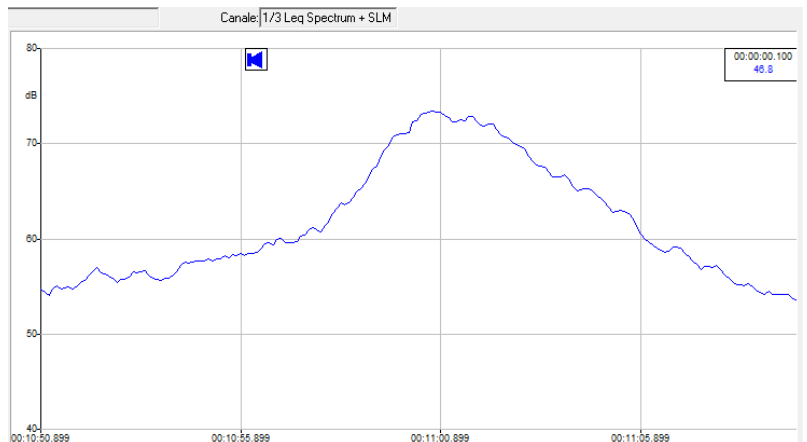
Rilievo 2 primo transito

	Parte selezionata	Parte non selezionata
Ora	00:00:36	00:11:57.200
Leq	64.4 dBA	53.2 dBA
SEL	80.0 dBA	81.8 dBA
Media	57.5 dBA	50.0 dBA
Max.	74.9 dBA	73.5 dBA
Min.	50.3 dBA	43.6 dBA
StdDev	6.6 dBA	3.1 dBA
L1	74.6 dBA	62.9 dBA
L10	69.6 dBA	52.8 dBA
L30	58.3 dBA	51.1 dBA
L50	54.2 dBA	49.9 dBA
L90	51.6 dBA	46.6 dBA
L95	51.0 dBA	45.9 dBA



Rilievo 2 secondo transito

	Parte selezionata	Parte non selezionata
Ora	00:00:19	00:12:14.200
Leq	66.1 dBA	53.7 dBA
SEL	78.9 dBA	82.4 dBA
Media	61.7 dBA	50.0 dBA
Max.	73.5 dBA	74.9 dBA
Min.	53.6 dBA	43.6 dBA
StdDev	6.1 dBA	3.2 dBA
L1	73.4 dBA	62.1 dBA
L10	72.0 dBA	53.0 dBA
L30	65.1 dBA	51.2 dBA
L50	59.5 dBA	50.0 dBA
L90	55.0 dBA	46.6 dBA
L95	54.4 dBA	46.0 dBA



3.4 d.

Indicazione degli orari di attività e di quelli di funzionamento degli impianti principali e sussidiari. Dovranno essere specificate le caratteristiche temporali dell'attività e degli impianti, indicando l'eventuale carattere stagionale, la durata del periodo diurno e notturno e se tale durata è continua o discontinua, la frequenza di esercizio, la possibilità (o necessità) che durante l'esercizio vengano mantenute aperte le superfici vetrate (porte o finestre), la contemporaneità di esercizio delle sorgenti sonore, eccetera;

In linea generale il funzionamento della linea metro tranviaria ricalcherà l'orario attuale.

La caratterizzazione della frequenza di passaggio dei singoli convogli metropolitani, sarà pari a 10'

G>Li elaborati di progetto riportano i seguenti dati:

- frequenza minima: 10 minuti;
- velocità massima: 50 Km/h;
- velocità commerciale: 22 Km/h.

Per la valutazione relativa alla condizione di massimo impatto, è stato preso quale riferimento l'orario ufficiale per il tratto San Gottardo – Policlinico. Questo riporta per il periodo dell'anno caratterizzato a maggior frequenza, una differente frequenza di passaggio in funzione dell'orario della giornata. Considerando i due periodi di riferimento "giorno" e "notte" ossia dalle ore 06:00 alle ore 22:00 per il primo e di conseguenza il restante per il periodo notturno, si rileva il passaggio di 60 mezzi in direzione Policlinico e 61 direzione San Gottardo per il periodo diurno e 3 in direzione Policlinico e 2 direzione San Gottardo per il periodo notturno. Per la linea in progetto potrebbe essere prevista una circolazione di mezzi inferiore, tuttavia al fine di valutare la situazione maggiormente penalizzante, è stato preso in esame quanto sopra riportato che è da considerarsi la situazione maggiormente impattante.

3.5 e.

Indicazione della classe acustica cui appartiene l'area di studio. Nel caso in cui l'amministrazione comunale non abbia ancora approvato e adottato il Piano di classificazione acustica è cura del proponente ipotizzare, sentita l'Amministrazione comunale, la classe acustica da assegnare all'area interessata;

Il tracciato in progetto attraversa tre differenti territori: il territorio comunale di Monserrato, quello Selargius e quello di Sestu. Tutti e tre i comuni interessati hanno provveduto alla predisposizione del Piano di Classificazione Acustica, in particolare:

- Comune di Monserrato: Adozione definitiva con Deliberazione del Consiglio Comunale Numero 49 del 04/12/2009;
- Comune di Selargius: Adozione definitiva con Deliberazione del Consiglio Comunale Numero 45 del 23/06/2009
- Comune di Sestu: Adozione definitiva con Deliberazione del Consiglio Comunale Numero 57 del 27/10/2008.

Tutti e tre i comuni interessati hanno provveduto alla predisposizione del piano nell'ambito del progetto DISIA, voluto l'amministrazione provinciale quale stimolo e coordinamento per l'area di progetto costituita da 10 comuni dell'area

vasta di Cagliari: Assemini, Cagliari, Elmas, Maracalgonis, Monserrato, Quartucciu, Quartu S.Elena, Selargius, Sestu, Settimo S.Pietro.

Ciò ha portato alla stipula di accordi di programma con i Sindaci delle amministrazioni succitate per la predisposizione dei piani di classificazione acustica comunale e della bozza del relativo regolamento di attuazione. Gli elaborati sono stati consegnati a ciascuna amministrazione nel mese di maggio del 2008 per il successivo iter di approvazione.

La prima parte del tracciato della nuova linea, interessa il territorio comunale di Monserrato nell'area tra la S.S. 554 e i fabbricati del Policlinico Universitario. Il territorio attraversato è stato classificato parte in classe I e parte in classe III. L'area del policlinico e dell'università è classificata in classe I e non presenta una fascia cuscinetto in classe II, ma confina direttamente con un'area in classe III. Il tracciato, seppur vicino al tracciato della S.S. 554, non è interessato dalle fasce di pertinenza di quest'ultima (seppur risentendo della rumorosità del traffico veicolare). Nel tratto in avvicinamento alla S.P. 8 l'area ricade nella classe IV, per poi, una volta abbandonata quest'ultima, interessare l'intero restante tracciato un'area classificata in classe III (sia per il territorio di Selargius che di Sestu). Si rimanda alle tavole allegate, la classificazione precisa delle differenti aree interessate con evidenza dei limiti di immissione per ciascuna.

3.6 f.

Identificazione e descrizione dei recettori presenti nell'area di studio, con indicazione delle loro caratteristiche utili sotto il profilo acustico, quali ad esempio la destinazione d'uso, l'altezza e la distanza intercorrente dall'opera o dall'attività in progetto, con indicazione della classe acustica da assegnare a ciascun recettore presente nell'area di studio avendo particolare riguardo per quelli che ricadono nelle classe I e II

Al fine di valutare la presenza di eventuali recettori particolarmente significativi, è stato effettuato censimento che ha permesso di identificare tutti i fabbricati all'interno della fascia di pertinenza acustica della metro tranvia integrando gli edifici immediatamente oltre la fascia dei 30 e 60 m dove ciò potesse essere rilevante (assenza di fabbricati e quindi possibile trasmissione del rumore vista l'assenza di schermature).

Il censimento ha permesso di individuare 69 fabbricati o gruppi di fabbricati nell'intorno acustico considerato. Per ciascun edificio è stata riportata una scheda con indicazione dei seguenti dati:

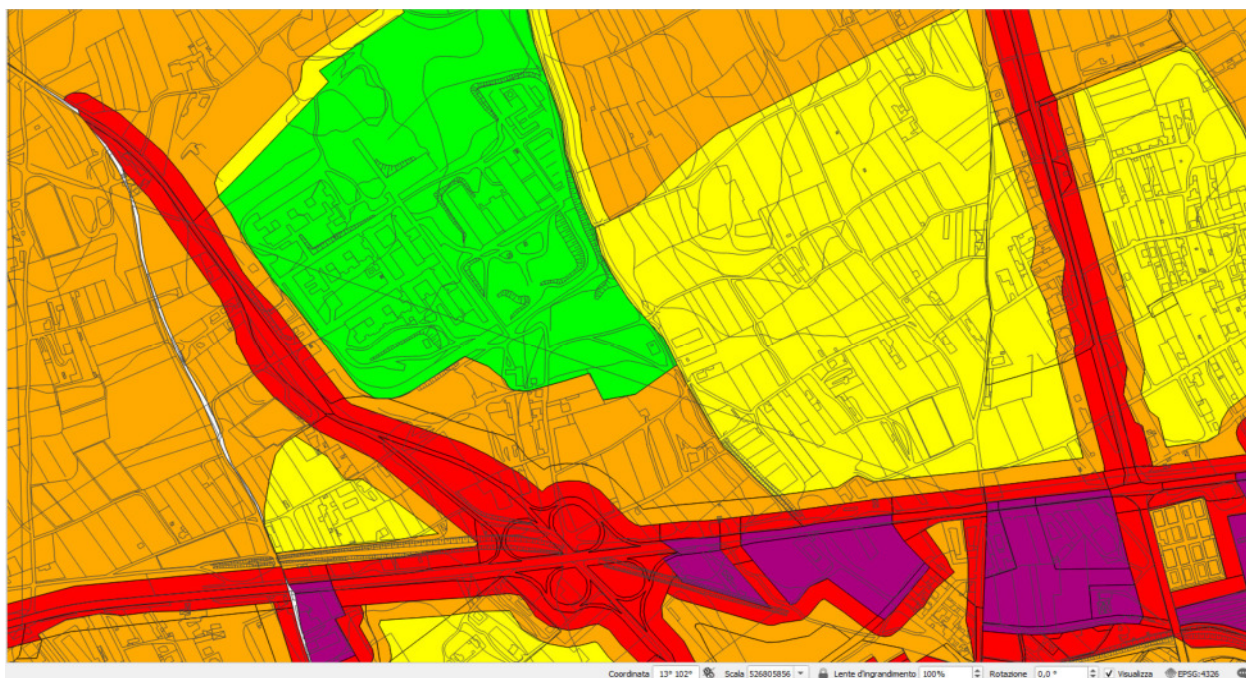
- Ubicazione;
- Distanza dalla carreggiata;
- Lato rispetto al tracciato
- n° piani fabbricato;
- Destinazione d'uso presunta;
- Eventuali note.

Possiamo dividere l'intero tracciato in tre aree con differenti caratteristiche:

- una prima, dove si trovano principalmente i fabbricati del Policlinico e dell'Università e pochi altri edifici ad uso residenziale;

- una seconda interamente in area extraurbana, dove la maggior parte delle costruzioni sono ad uso agricolo e in parte anche ad uso di abitazione abituale;
- una terza all'interno del perimetro abitato di Sestu, con essenzialmente edifici a carattere residenziale.

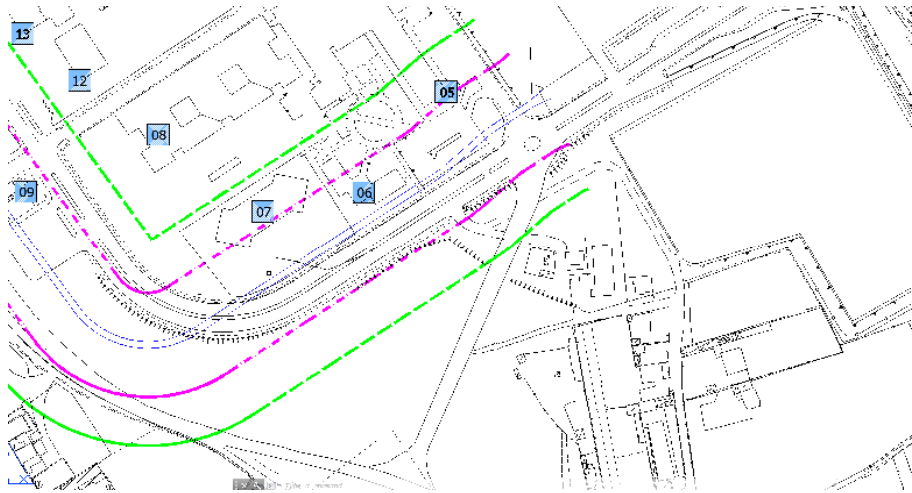
Il primo tratto del tracciato è quello interessato dalla presenza di fabbricati inseriti all'interno della classe I. Per la valutazione delle immissioni di rumore, gli edifici interessati sono essenzialmente quelli posti fronte al viadotto in quanto maggiormente prossimi al tracciato e in ragione del fatto che attuano una efficace schermatura per gli edifici posti in seconda linea.



Si nota l'intera area caratterizzata dalla presenza del Policlinico e dell'Università, inserita nella classe I.

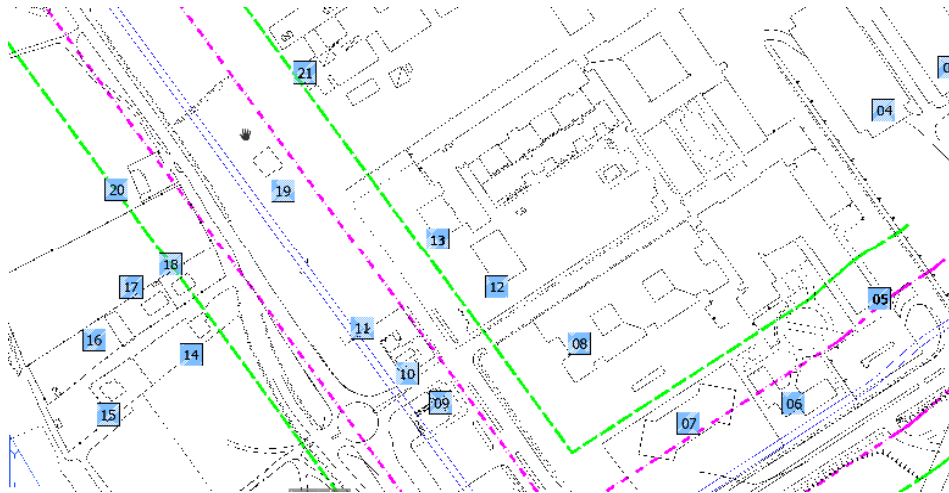
E' da rilevare che vista la vicinanza con la S.S. 554, la fonte maggiormente significativa è sicuramente quella dovuta al traffico veicolare. Considerando necessario attuare tutti i provvedimenti a maggior tutela dell'ambiente, per il tratto che interessa l'area del Policlinico e l'università è stata considerata una fascia di pertinenza acustica di soli 30 m. anziché di 60 m. In quanto l'area può essere assimilata ad area di tipo urbano. Ciò considerato, i fabbricati situati all'interno della fascia di pertinenza (30 m.) sono essenzialmente 3 oltre i locali adibiti a servizi. I fabbricati inseriti all'interno della fascia acustica sono i recettori identificati con i numeri 5,6 e 7.

I limiti per questi tre recettori devono intendersi tuttavia differenziati in quanto solo il primo è adibito a scuola (blocco H con assi didattici) mentre gli altri due fabbricati hanno una destinazione d'uso di locali di segreteria e nell'altro sono presenti laboratori vari. Considerando tuttavia la necessità di attuare le necessarie misure per un minor inquinamento acustico possibile, si è cercato con la modellazione di impatto acustico, di raggiungere anche per i fabbricati con limiti pari a 70 e 60 dB rispettivamente per il periodo giorno e notte, valori inferiori a quelli previsti per i recettori con destinazione d'uso di scuola (limiti pari a quelli della classe I di appartenenza).



Recettori 5,6 e 7 all'interno della fascia di pertinenza di 30 m. In viola la fascia di 30 m.

Sempre all'interno della fascia dei 30 m. sono presenti delle costruzioni facenti parte dell'università ma non ad utilizzo scolastico, per le quali pertanto i limiti devono intendersi pari a 70 e 60 dB(A).



Recettori 9,10,11 e 19 all'interno della fascia di pertinenza di 30 m. In viola la fascia di 30 m.

I fabbricati sopra individuati hanno all'interno impianti a servizio del polo universitario (10 e 11) e parte sono utilizzati come guardiola (09) e ufficio tecnico (10). Per questi ultimi due, i limiti da considerare sono 70 e 60 dB(A).

3.7 g.

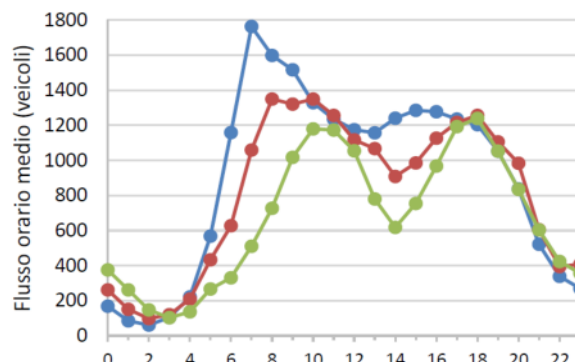
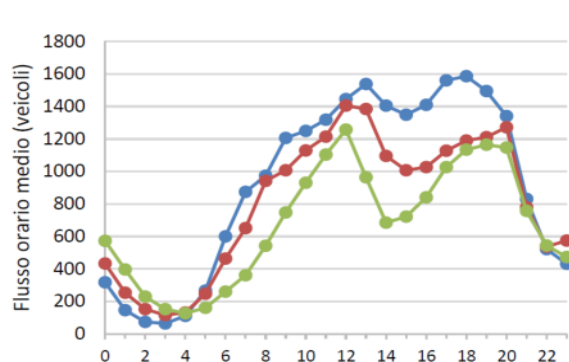
Individuazione delle principali sorgenti già presenti nell'area di studio e indicazione dei livelli di rumore preesistenti in prossimità dei recettori di cui al punto precedente. L'individuazione dei livelli di rumore consegue da misure articolate sul territorio con riferimento a quanto stabilito dal D.M. Ambiente 16 marzo 1998 (Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico).

Il tracciato della nuova linea metro-tranviaria è principalmente in ambito extraurbano; l'area interessata dal primo tratto è caratterizzata da rilevanti volumi di traffico veicolare sia per la presenza del policlinico/università, sia per l'adiacenza con la strada statale n. 554.

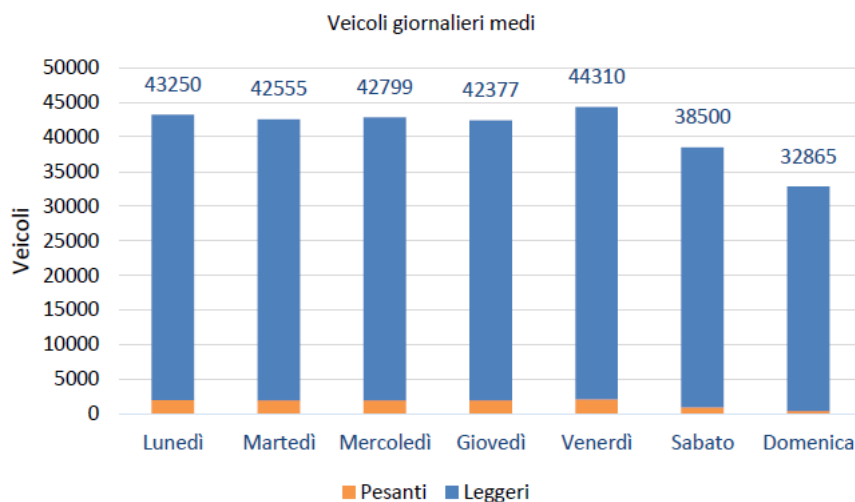
Le sorgenti già presenti nell'area di indagine possono riassumersi essenzialmente nei veicoli che attraversano le diverse strade interessate dal tracciato e quelle immediatamente adiacenti (S.S. n.554).

Per una maggiore comprensione della rilevanza del traffico veicolare che transita lungo la S.S. 554 si riportano i dati di traffico degli ultimi anni:

S.S. 554	ANNO 2019	SEZIONE 3523 LAT. 39.265077 – LON: 9.12524
-----------------	------------------	---



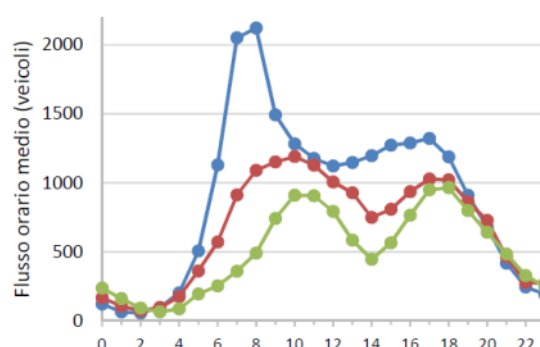
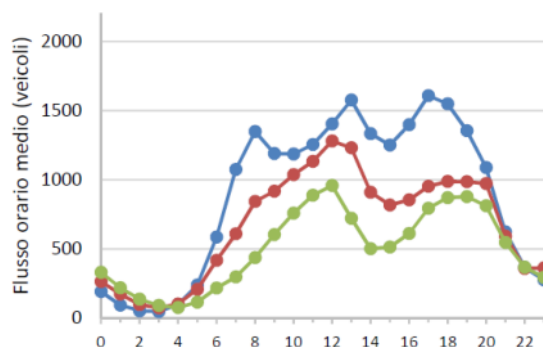
DIREZIONE ASCENDENTE			DIREZIONE DISCENDENTE			
FLUSSI MEDI ORARI		FERIALI		PRE FESTIVI		FESTIVI






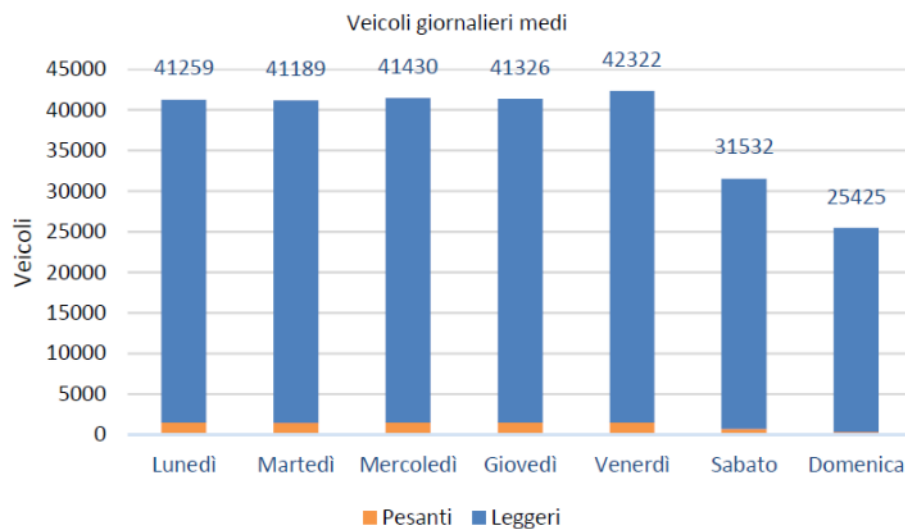
DATI RELATIVI ALL'INTERO ANNO 2019 IN TERMINI DI TGM (TRAFFICO GIORNALIERO MEDIO)

S.S. 554	ANNO 2019						CENTRALINA KM. 4+829		
DIREZIONE FLUSSO	VEICOLI LEGGERI. VOLUMI MEDI			VEICOLI PESANTI. VOLUMI MEDI			VELOCITÀ MEDIE LEGGERI		
	06-20	20-22	22-06	06-20	20-22	22-06	06-20	20-22	22-06
ASCENDENTE	15807	2086	2087	689	24	48	80	82	87
DISCENDENTE	16101	1380	1863	817	28	37	80	83	87

ANNO 2020



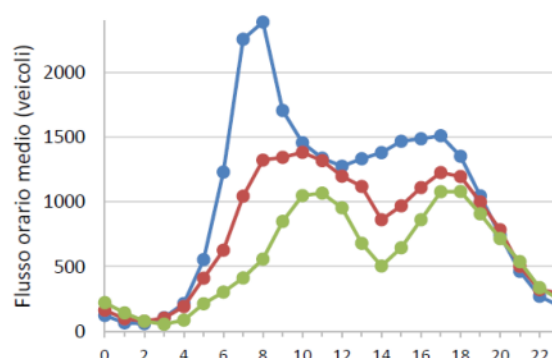
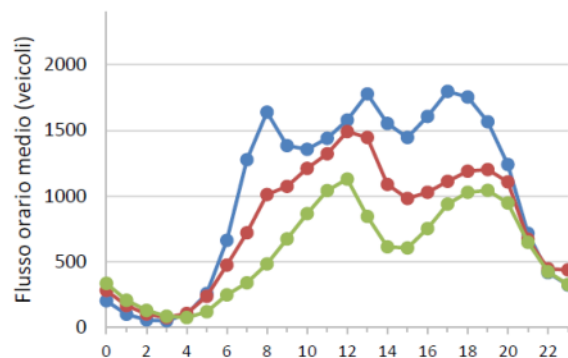
DIREZIONE ASCENDENTE			DIREZIONE DISCENDENTE			
FLUSSI MEDI ORARI		FERIALI		PRE FESTIVI		FESTIVI




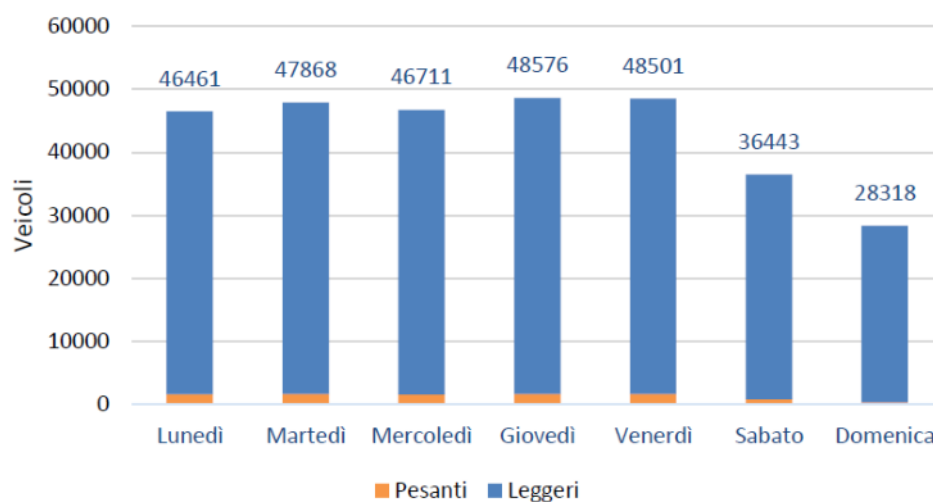
DATI RELATIVI ALL'INTERO ANNO 2019 IN TERMINI DI TGM (TRAFFICO GIORNALIERO MEDIO)

S.S. 554			ANNO 2020			CENTRALINA KM. 4+829			
DIREZIONE FLUSSO	VEICOLI LEGGERI. VOLUMI MEDI			VEICOLI PESANTI. VOLUMI MEDI			VELOCITÀ MEDIE LEGGERI		
	06-20	20-22	22-06	06-20	20-22	22-06	06-20	20-22	22-06
ASCENDENTE	15285	1612	1411	498	17	49	84	85	89
DISCENDENTE	15745	1098	1442	573	22	41	83	86	88

ANNO 2021



DIREZIONE ASCENDENTE			DIREZIONE DISCENDENTE			
FLUSSI MEDI ORARI		FERIALI		PRE FESTIVI		FESTIVI



DATI RELATIVI ALL'INTERO ANNO 2019 IN TERMINI DI TGM (TRAFFICO GIORNALIERO MEDIO)

S.S. 554			Anno 2020			Centralina Km. 4+829			
Direzione flusso	Veicoli leggeri. Volumi medi			Veicoli pesanti. Volumi medi			Velocità medie leggeri		
	06-20	20-22	22-06	06-20	20-22	22-06	06-20	20-22	22-06
ascendente	17741	1851	1544	572	21	58	82	85	89
discendente	18036	1205	1530	654	25	46	81	86	88

Come si legge dai dati sopra riportati, il traffico veicolare lungo la S.S. 554 è molto rilevante e anche dal punto di vista dell'inquinamento acustico può essere considerato significativo. E' da rilevare inoltre che il tracciato della nuova metro tranvia non è situato all'interno della fascia di pertinenza dell'infrastruttura stradale. Pertanto in detta area la S.S. 554 deve rispondere ai limiti assoluti di immissione.

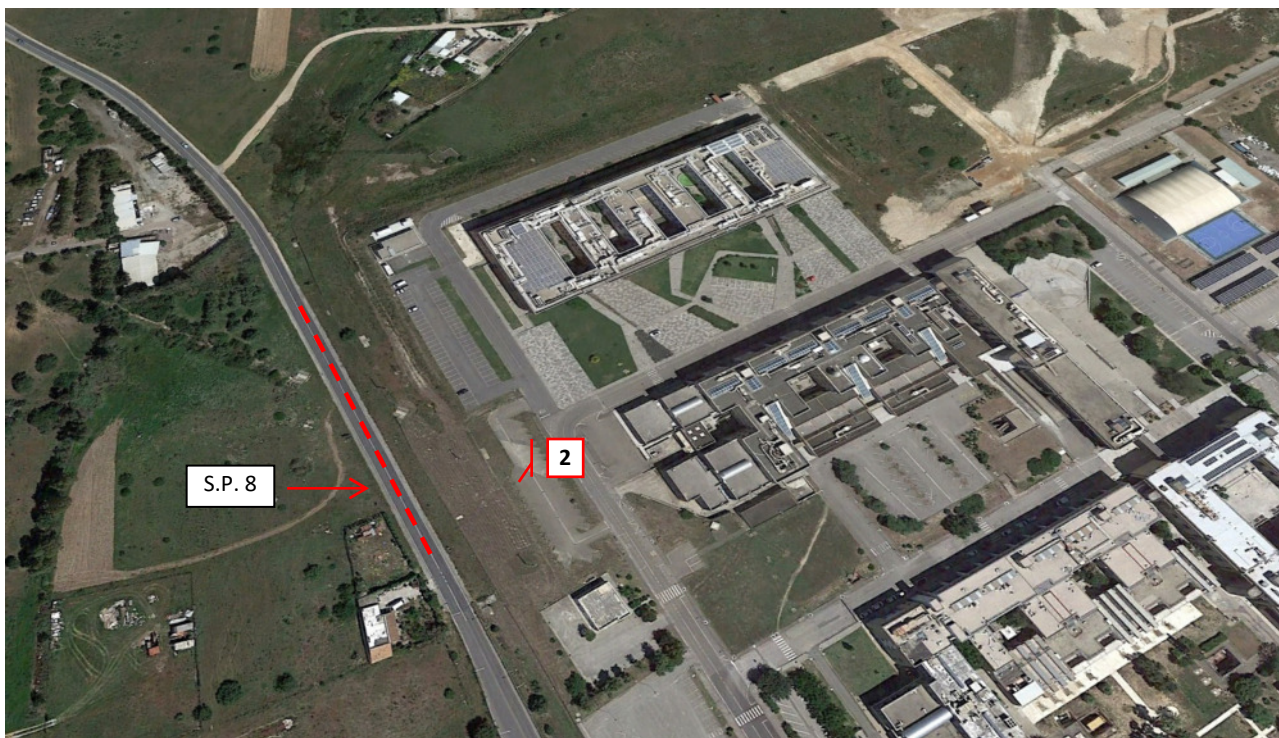
Al fine di caratterizzare l'area di studio sono stati effettuati diversi rilievi della durata di 60' prendendo quale riferimento le diverse caratteristiche del tracciato (influenza di altre sorgenti, tipologia di area urbana e extraurbana). I rilievi sono stati fatti in orari significativi considerando quelli che meglio approssimano il traffico medio giornaliero (periodo diurno).

Si riporta per ciascun rilievo effettuato una scheda con i principali parametri di rilievo e, dove rilevante, la tipologia e quantificazione del traffico veicolare che ha interessato la posizione di rilievo. Per ciascun punto di misura sono stati eseguiti due differenti rilievi in diversi orari al fine di avere un'analisi maggiormente significativa. In alcune situazioni è stato effettuato anche il censimento del traffico.

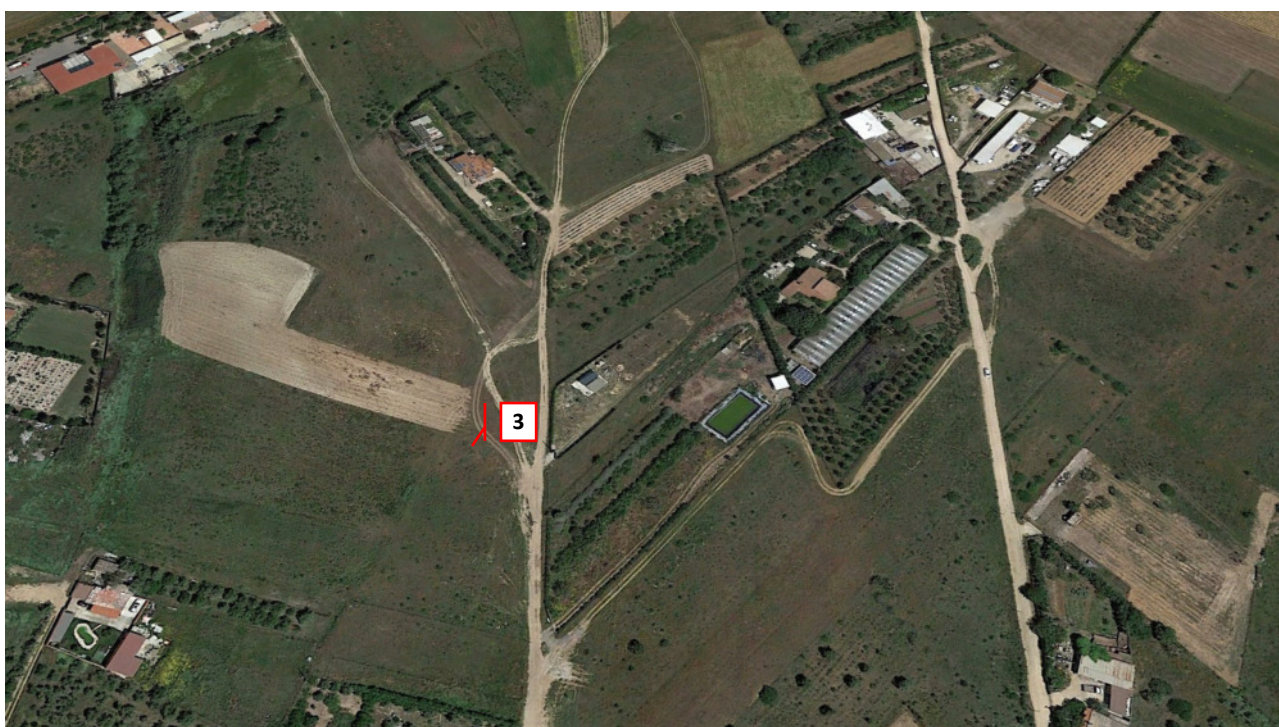
Si riporta l'inquadramento planimetrico dei punti di misura e di seguito le indicazioni e specifiche per ciascuno:



Posizione rilievo 1 ridosso edificio del policlinico



Posizione rilievo 2 ridosso edificio dell'università, fronte SP 8



Posizione rilievo 3. Area extra urbana territorio comune di Selargius



Posizione rilievo 4 Ingresso abitato di Sestu

Strumentazione di misura:

E' stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Fonometro integratore e analizzatore di spettro in bande di terzi di ottava in tempo reale Larson & Davis mod.831, n. serie 2610;
- Calibratore Larson & Davis mod. cal 200, n. serie 2988.

Il sistema di misura scelto soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. Le misure di livello equivalente sono state effettuate direttamente con un fonometro conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994.

I filtri e i microfoni utilizzati per le misure risultano conformi, rispettivamente, alle norme EN 61260/1995 (IEC 1260) e EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/ 1995, EN 61094-4/1995. Il calibratore è conforme alle norme CEI 29-4.

La strumentazione e/o la catena di misura, prima e dopo ogni ciclo di misura, è stata controllata con un calibratore di classe 1, secondo la norma IEC 942/1988. Detti controlli non hanno riscontrato differenze maggiori o uguali a 0.5 dB. Entrambi gli strumenti sono stati sottoposti alla taratura.

In allegato si riportano i certificati di taratura della strumentazione impiegata; pertanto risulta rispettata la validità stabilità dalla legge che richiede che ogni due anni venga controllata la strumentazione al fine di la conformità alle specifiche tecniche.

Modalità di esecuzione delle misure:

Tutti i rilievi sono stati eseguiti in conformità di quanto disposto dal Decreto 16 marzo 1998 ed in particolare prima dell'inizio delle misure sono state acquisite tutte le informazioni che hanno condizionato la scelta dei tempi, del metodo e delle posizioni di misura; pertanto sono state identificate le condizioni al contorno che influiscono sul rumore ambientale delle zone interessate (sorgenti industriali attualmente in essere, tipologia e variabilità del traffico stradale etc.) Il microfono da campo libero è stato orientato verso la sorgente di rumore. Il microfono è stato montato su apposito treppiede e collegato al fonometro con cavo di lunghezza tale da consentire all'operatore di porsi alla distanza non inferiore a 3 m dal microfono stesso.

DEFINIZIONI

1. Sorgente specifica: sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del potenziale inquinamento acustico.
2. Tempo a lungo termine (TL): rappresenta un insieme sufficientemente ampio di TR all'interno del quale si valutano i valori di attenzione. La durata di TL è correlata alle variazioni dei fattori che influenzano la rumorosità di lungo periodo.
3. Tempo di riferimento (TR): rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misure. La durata della giornata è articolata in due tempi di riferimento: quello diurno compreso tra le h 6,00 e le h 22,00 e quello notturno compreso tra le h 22,00 e le h 6,00.

4. Tempo di osservazione (TO): è un periodo di tempo compreso in TR nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare.

5. Tempo di misura (TM): all'interno di ciascun tempo di osservazione, si individuano uno o più tempi di misura (TM) di durata pari o minore del tempo di osservazione in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misura sia rappresentativa del fenomeno.

6. Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A": valore del livello di pressione sonora ponderata "A" di un suono costante che, nel corso di un periodo specificato T, ha la medesima pressione quadratica media di un suono considerato, il cui livello varia in funzione del tempo:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] dB(A)$$

dove LAeq è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" considerato in un intervallo di tempo che inizia all'istante t1 e termina all'istante t2 ; pA (t) è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata "A" del segnale acustico in Pascal (Pa); p0 = 20 micro Pa è la pressione sonora di riferimento.

7. Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine TL (LAeq,TL): il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine (LAeq,TL) può essere riferito:

a) al valore medio su tutto il periodo, con riferimento al livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo a tutto il tempo TL, espresso dalla relazione:

$$L_{Aeq,TL} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1(L_{Aeq,TR})_i} \right] dB(A)$$

essendo N i tempi di riferimento considerati;

b) al singolo intervallo orario nei TR. In questo caso si individua un TM di 1 ora all'interno del TO nel quale si svolge il fenomeno in esame. (LAeq,TL) rappresenta il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" risultante dalla somma degli M tempi di misura TM, espresso dalla seguente relazione:

$$L_{Aeq,TL} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^M 10^{0,1(L_{Aeq,TR})_i} \right] dB(A)$$

dove i è il singolo intervallo di 1 ora nell'iesimo TR.

E' il livello che si confronta con i limiti di attenzione.

8. Livello di rumore ambientale (LA): è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona.

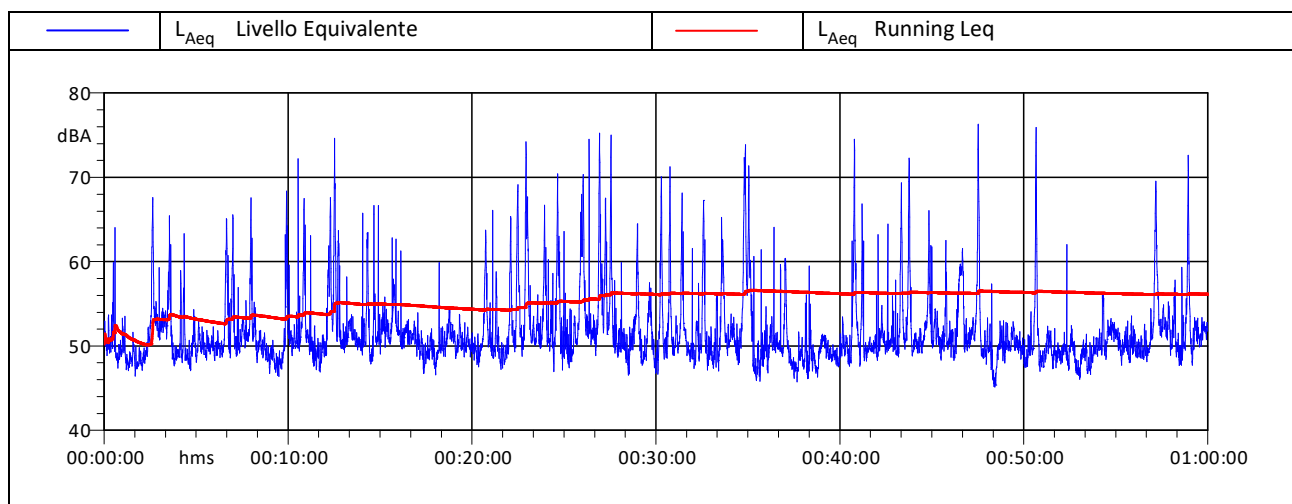
Si riportano alle pagine seguenti le schede di rilevamento per ciascuna postazione di rilievo.

PUNTO DI MONITORAGGIO	ID.	POSIZIONE	DATA
1.A	POLICLINICO	39°16'11.98"N - 9° 7'31.19"E	04.01.2023

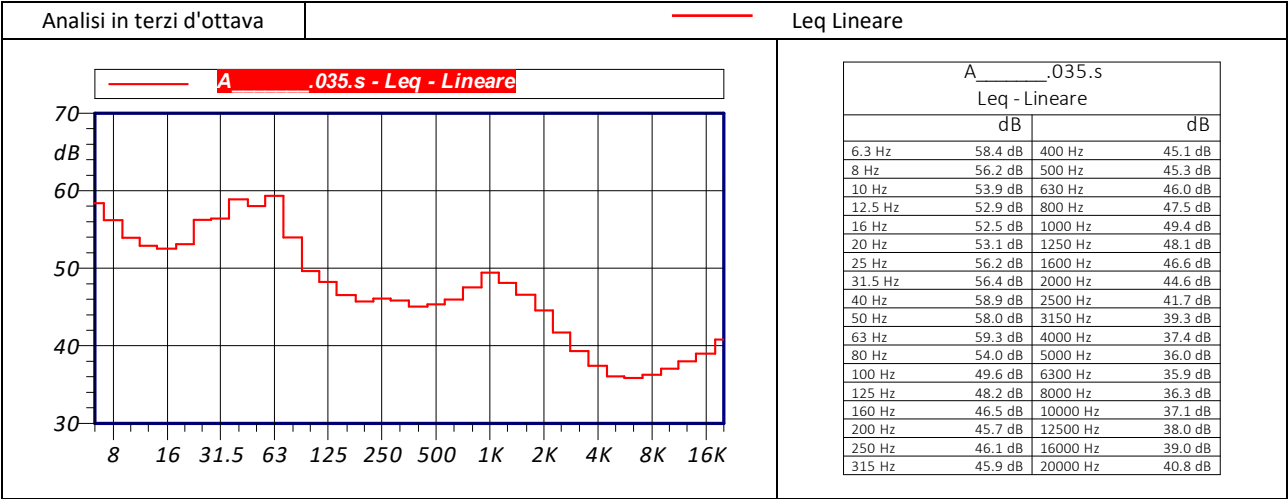
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	12:00-18:00
Tempo di misura	60' - 15:00-16:00
Operatore	Dott. Ing. Alberto Collu
Posizione microfono	h. 1,5 metri
Analizzatore	Larson Davis 831 (certificato allegato)
Calibratore	Larson Davis CAL 200 (certificato allegato)

Note:	traffico veicolare interno complesso universitario - policlinico
-------	--

Leq = 56.1 dB(A)	L ₁ :	68.7 dB(A)	L ₅ :	61.1 dB(A)
	L ₁₀ :	57.0 dB(A)	L ₅₀ :	51.4 dB(A)
	L ₉₀ :	49.8 dB(A)	L ₉₅ :	49.3 dB(A)



<p>Note al rilievo</p> <p>Rumore caratterizzato principalmente dal traffico veicolare che transita nella strada di attraversamento dell'area policlinico-università e in parte dal rumore del traffico veicolare che transita sulla S.S. 554.</p> <p>Considerata la vicinanza del Policlinico e del fabbricato che ospita il day hospital, parte della rumorosità è dovuta al traffico di ambulanze e alle persone che accedono al fabbricato.</p> <p>L'arrivo in stazione e la successiva ripartenza dei convogli metro tranviari, non comporta alcun incremento del rumore di fondo; la velocità dei mezzi in arrivo e partenza è minima e sul punto di rilievo è minimamente rilevante.</p>



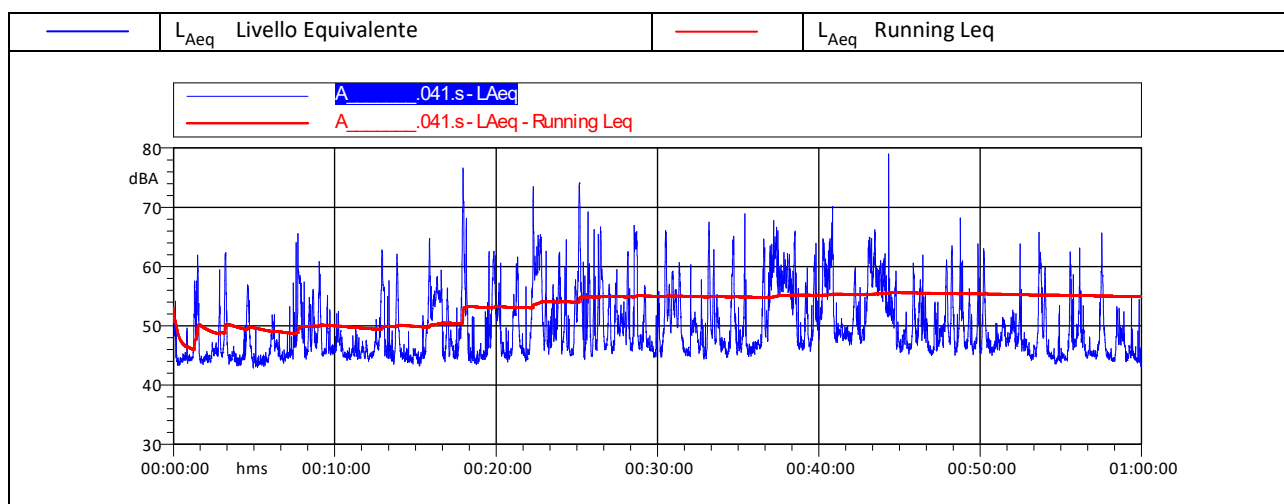
Condizioni meteo climatiche	
cfr. D.M. 16/03/1998 Allegato B, punto 7	
Precipitazioni: assenti	Velocità del vento: inferiore a 5 m/s
Nel corso del rilievo è stata utilizzata la protezione antivento per il microfono	
Dati meteo	
Temperatura	15.0°
Pioggia	/
Vento	7 Km/h (medio)

PUNTO DI MONITORAGGIO	ID.	POSIZIONE	DATA
1.B	POLICLINICO	39°16'11.98"N - 9° 7'31.19"E	13.01.2023

Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	08:00-12:00
Tempo di misura	60' - 10:00-11:00
Operatore	Dott. Ing. Alberto Collu
Posizione microfono	h. 1,5 metri
Analizzatore	Larson Davis 831 (certificato allegato)
Calibratore	Larson Davis CAL 200 (certificato allegato)

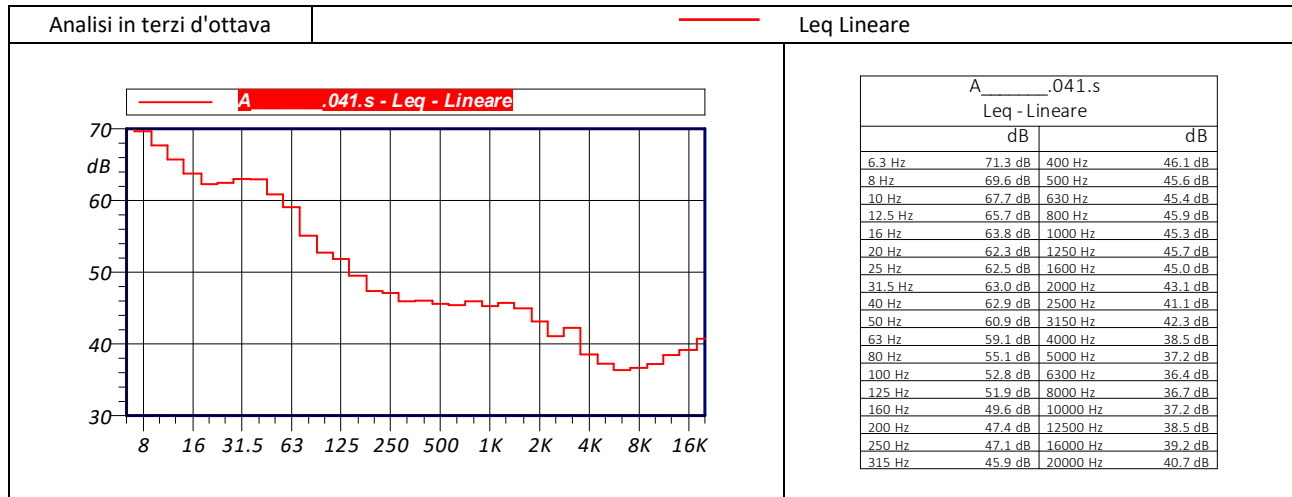
Note:	traffico veicolare interno complesso universitario - policlinico
-------	--

	L_1 : 65.3 dB(A)	L_5 : 60.8 dB(A)
Leq = 54.9 dB(A)	L_{10} : 58.3 dB(A)	L_{50} : 49.2 dB(A)
	L_{90} : 47.4 dB(A)	L_{95} : 47.2 dB(A)



Note al rilievo

Rumore caratterizzato principalmente dal traffico veicolare che transita nella strada di attraversamento dell'area policlinico-università e in parte dal rumore del traffico veicolare che transita sulla S.S. 554. Considerata la vicinanza del Policlinico e del fabbricato che ospita il day hospital, parte della rumorosità è dovuta al traffico di ambulanze e alle persone che accedono al fabbricato. Si è rilevato inoltre una discreta influenza di movimenti connessi con l'università rispetto al rilievo effettuato durante il pomeriggio. L'arrivo in stazione e la successiva ripartenza dei convogli metro tranviari, non comporta alcun incremento del rumore di fondo; la velocità dei mezzi in arrivo e partenza è minima e sul punto di rilievo è minimamente rilevante.



Condizioni meteo climatiche	
cfr. D.M. 16/03/1998 Allegato B, punto 7	
Precipitazioni: assenti	Velocità del vento: inferiore a 5 m/s
Nel corso del rilievo è stata utilizzata la protezione antivento per il microfono	

Dati meteo	
Temperatura	13.0°
Pioggia	/
Vento	11 Km/h (medio)

Rilievo di traffico. Censimento della circolazione durante il rilievo	
Postazione di rilievo	Strada interna policlinico-università
Durata rilievo 60'	
Note: strada caratterizzata da traffico medio - basso. Strada Statale n. 554 traffico medio - alto	

Strada interna	II*				Totale
	Veicoli leggeri	% sul totale	Veicoli pesanti	% sul totale	
Dir Università	42		/		72
Dir Monserrato	30		/		
Totale	72	100%	/	/	

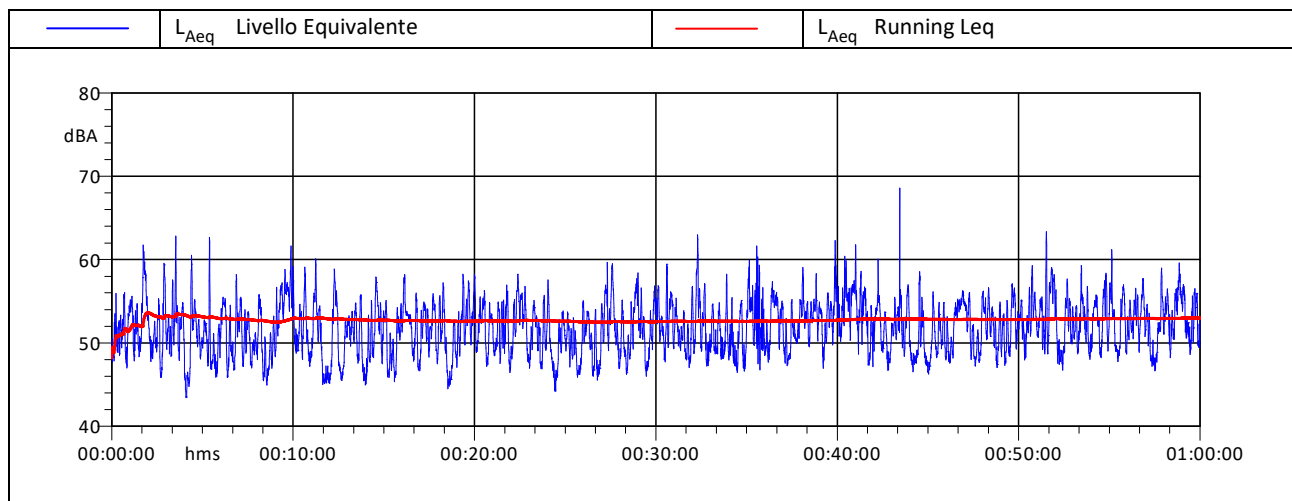
*All'interno della classe II sono stati inseriti i bus e gli autoveicoli con tre o più assi

PUNTO DI MONITORAGGIO	ID.	POSIZIONE	DATA
2.A	UNIVERSITÀ	39°16'13.79"N - 9° 7'15.55"E	04.01.2023

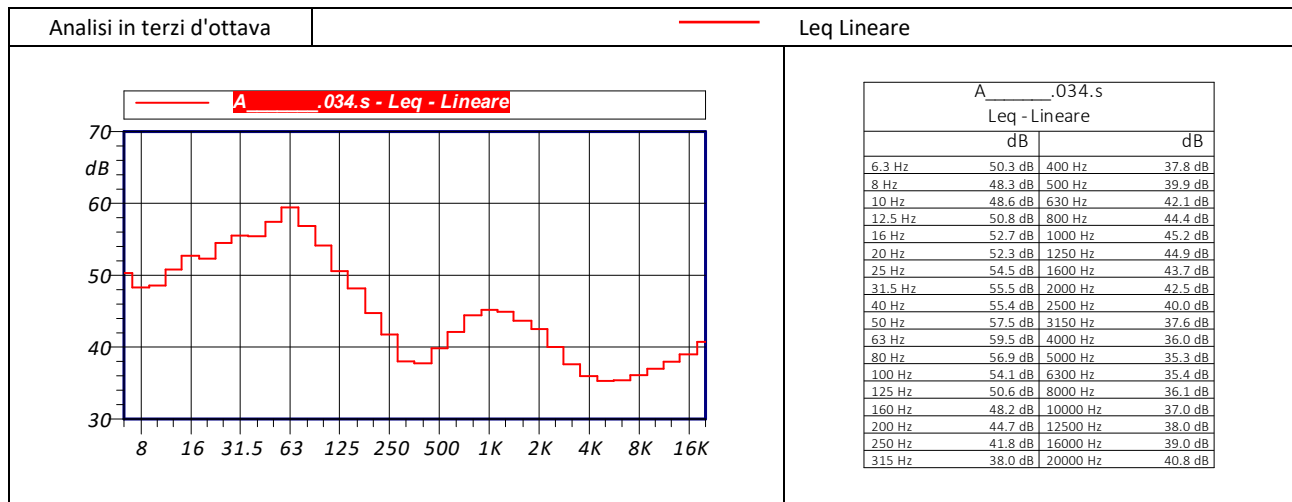
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	12:00-16:00
Tempo di misura	60' - 16:30-17:30
Operatore	Dott. Ing. Alberto Collu
Posizione microfono	h. 1,5 metri
Analizzatore	Larson Davis 831 (certificato allegato)
Calibratore	Larson Davis CAL 200 (certificato allegato)

Note:	traffico veicolare S.P. 8
-------	---------------------------

	L_1 : 59.3 dB(A)	L_5 : 57.1 dB(A)
Leq = 53.0 dB(A)	L_{10} : 56.2 dB(A)	L_{50} : 52.5 dB(A)
	L_{90} : 49.3 dB(A)	L_{95} : 48.7 dB(A)



NOTE AL RILIEVO



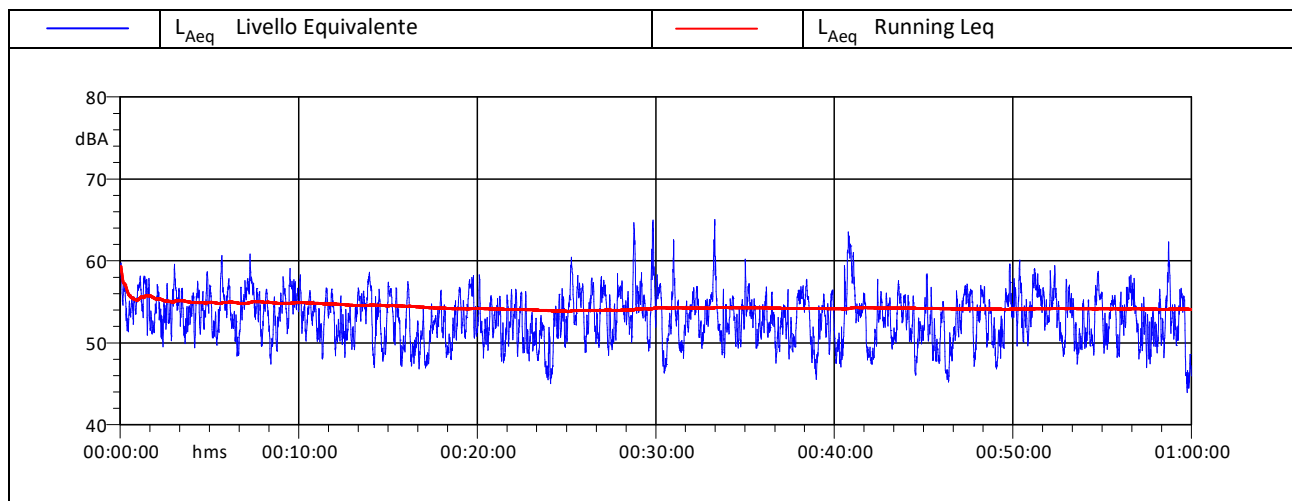
Condizioni meteo climatiche	
cfr. D.M. 16/03/1998 Allegato B, punto 7	
Precipitazioni: assenti	Velocità del vento: inferiore a 5 m/s
Nel corso del rilievo è stata utilizzata la protezione antivento per il microfono	
Dati meteo	
Temperatura	14.5°
Pioggia	/
Vento	5 Km/h (medio)

PUNTO DI MONITORAGGIO	ID.	POSIZIONE	DATA
2.B	UNIVERSITÀ	39°16'13.79"N - 9° 7'15.55"E	11.01.2023

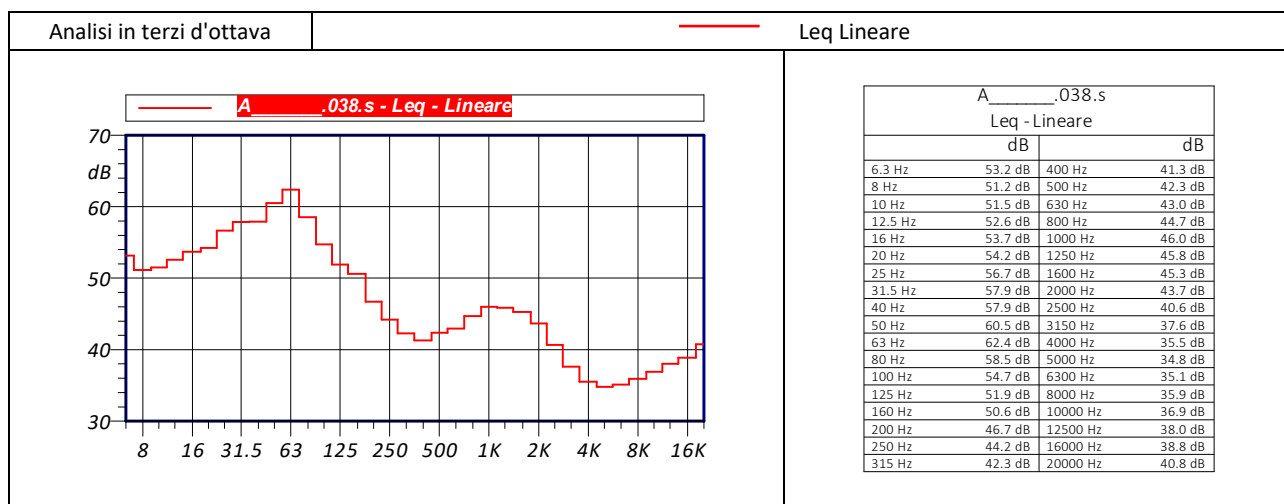
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	08:00-11:00
Tempo di misura	60' - 08:30-09:30
Operatore	Dott. Ing. Alberto Collu
Posizione microfono	h. 1,5 metri
Analizzatore	Larson Davis 831 (certificato allegato)
Calibratore	Larson Davis CAL 200 (certificato allegato)

Note:	traffico veicolare S.P. 8
-------	---------------------------

	L_1 : 60.3 dB(A)	L_5 : 57.5 dB(A)
Leq = 54.1 dB(A)	L_{10} : 56.6 dB(A)	L_{50} : 53.2 dB(A)
	L_{90} : 49.2 dB(A)	L_{95} : 48.2 dB(A)



NOTE AL RILIEVO



Condizioni meteo climatiche	
cfr. D.M. 16/03/1998 Allegato B, punto 7	
Precipitazioni: assenti	Velocità del vento: inferiore a 5 m/s
Nel corso del rilievo è stata utilizzata la protezione antivento per il microfono	
Dati meteo	
Temperatura	12°
Pioggia	/
Vento	6 Km/h (medio)

Rilievo di traffico. Censimento della circolazione durante il rilievo	
Postazione di rilievo	Strada interna policlinico-università fronte SP 8
Durata rilievo 60'	
Note: strada caratterizzata da traffico medio.	

SP 8	II*				Totale
	Veicoli leggeri	% sul totale	Veicoli pesanti	% sul totale	
Dir Monserrato	498		20		914
Dir Sestu	378		18		
Totale	876	96%	38	4%	

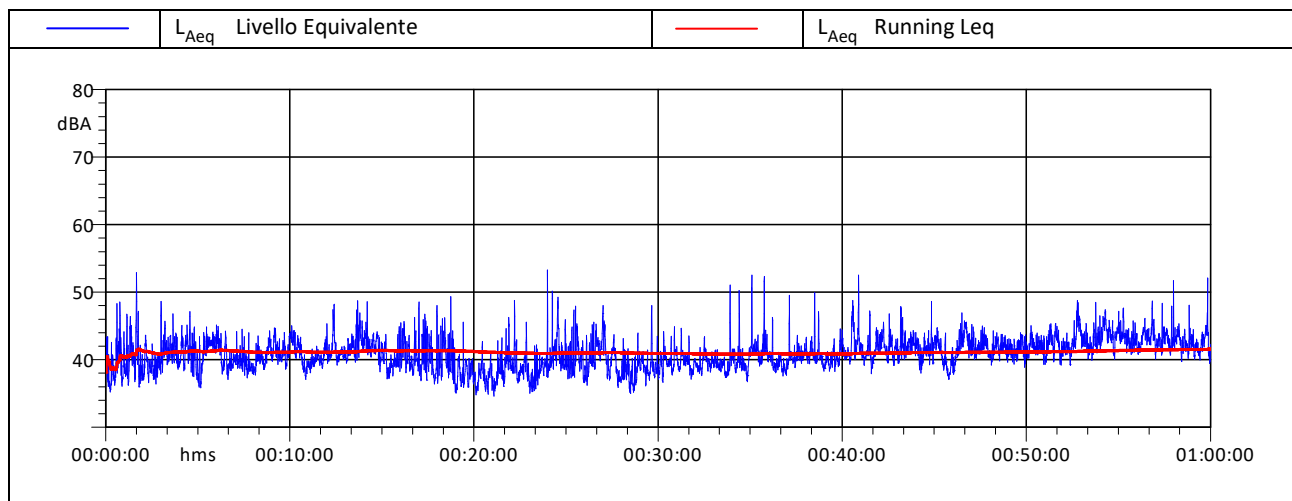
*All'interno della classe II sono stati inseriti i bus e gli autoveicoli con tre o più assi

PUNTO DI MONITORAGGIO	ID.	POSIZIONE	DATA
3.A	EXTRAURBANO	39°16'41.89"N - 9° 6'52.45"E	04.01.2023

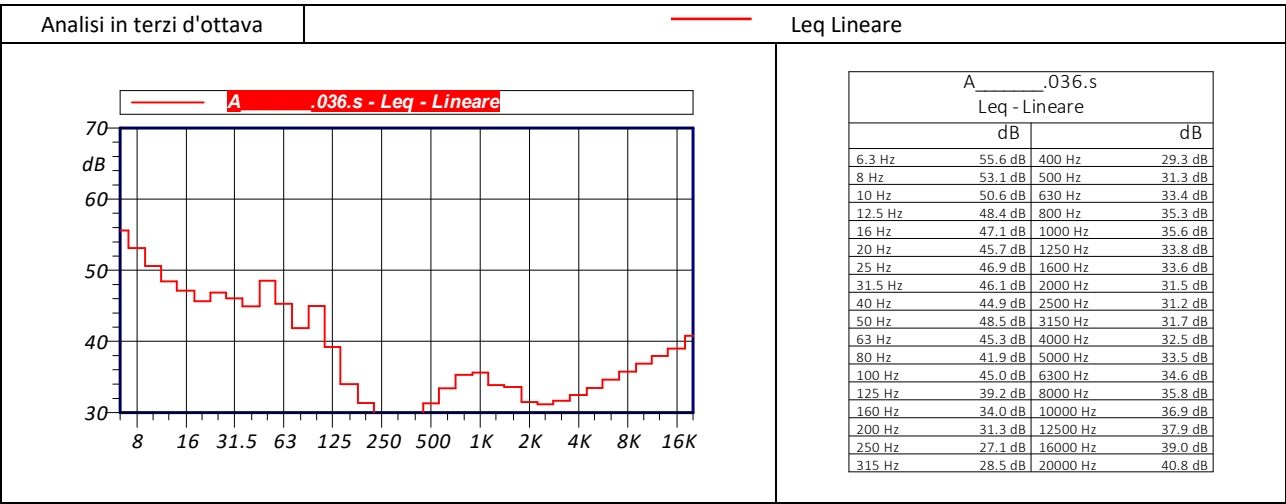
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	12:00-18:00
Tempo di misura	60' - 16:00-17:00
Operatore	Dott. Ing. Alberto Collu
Posizione microfono	h. 1,5 metri
Analizzatore	Larson Davis 831 (certificato allegato)
Calibratore	Larson Davis CAL 200 (certificato allegato)

Note:	traffico veicolare interno complesso universitario - policlinico
-------	--

	L_1 : 48.9 dB(A)	L_5 : 47.3 dB(A)
Leq = 41.5 dB(A)	L_{10} : 46.9 dB(A)	L_{50} : 45.7 dB(A)
	L_{90} : 45.0 dB(A)	L_{95} : 44.9 dB(A)



<p>Note al rilievo</p> <p>la posizione del rilievo è in area extraurbana, in posizione sopra elevato rispetto alla S.P. 8</p> <p>La rumorosità di fondo è essenzialmente dovuta al traffico veicolare che percorre la strada provinciale sottostante e a alcuni rumori antropici dovuti ad attività delle aziende poste nelle vicinanze.</p>
--



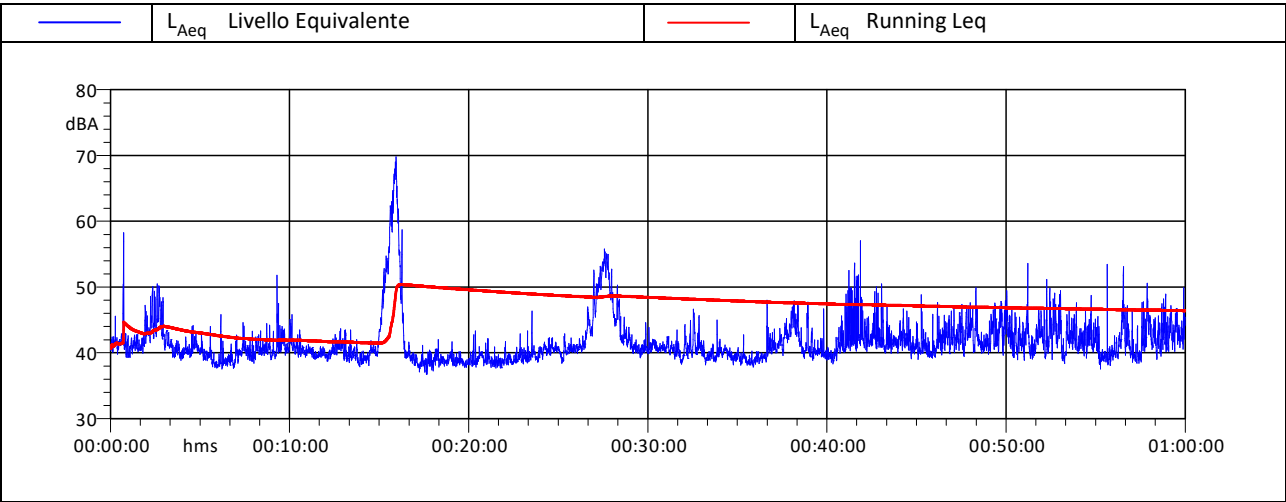
Condizioni meteo climatiche	
cfr. D.M. 16/03/1998 Allegato B, punto 7	
Precipitazioni: assenti	Velocità del vento: inferiore a 5 m/s
Nel corso del rilievo è stata utilizzata la protezione antivento per il microfono	
Dati meteo	
Temperatura	13.0°
Pioggia	/
Vento	3 Km/h (medio)

PUNTO DI MONITORAGGIO	ID.	POSIZIONE	DATA
3.B	EXTRAURBANO	39°16'41.89"N - 9° 6'52.45"E	11.01.2023

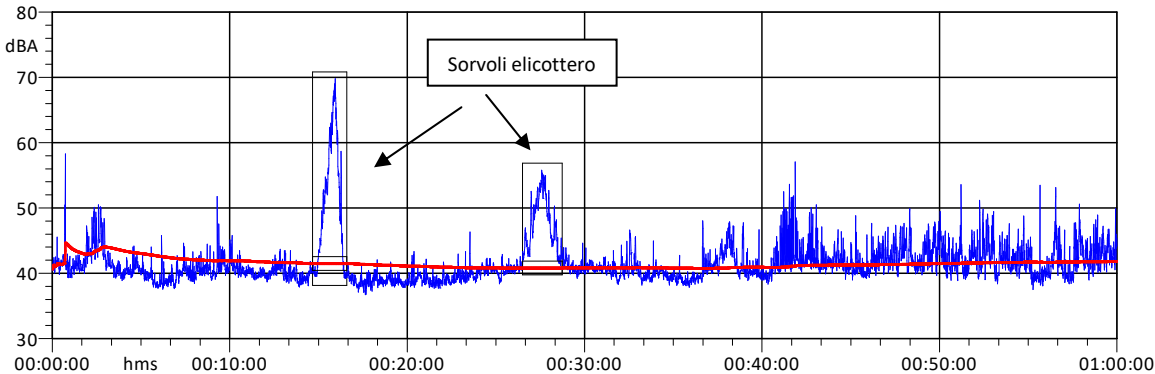
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	08:00-14:00
Tempo di misura	60' - 10:00-11:00
Operatore	Dott. Ing. Alberto Collu
Posizione microfono	h. 1,5 metri
Analizzatore	Larson Davis 831 (certificato allegato)
Calibratore	Larson Davis CAL 200 (certificato allegato)

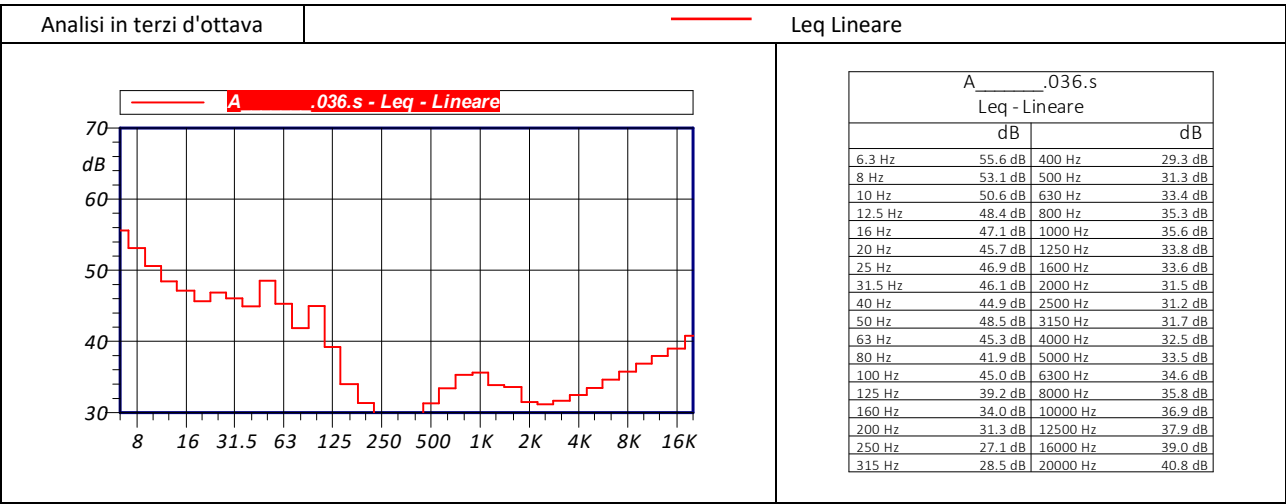
Note:	traffico veicolare interno complesso universitario - policlinico
-------	--

Leq = 46.4 dB(A)	L ₁ :	55.4 dB(A)	L ₅ :	47.6 dB(A)
	L ₁₀ :	45.0 dB(A)	L ₅₀ :	40.7 dB(A)
	L ₉₀ :	38.8 dB(A)	L ₉₅ :	38.5 dB(A)



Note al rilievo
la posizione del rilievo è in area extraurbana, in posizione sopra elevato rispetto alla S.P. 8
Durante la rilevazioni si sono avuti due sorvoli da parte di un elicottero (rimarcati nella figura seguente). Escludendo questi eventi atipici il livello equivalente sull'intera misura risulta pari a 41.8 dB(A)





Condizioni meteo climatiche	
cfr. D.M. 16/03/1998 Allegato B, punto 7	
Precipitazioni: assenti	Velocità del vento: inferiore a 5 m/s
Nel corso del rilievo è stata utilizzata la protezione antivento per il microfono	

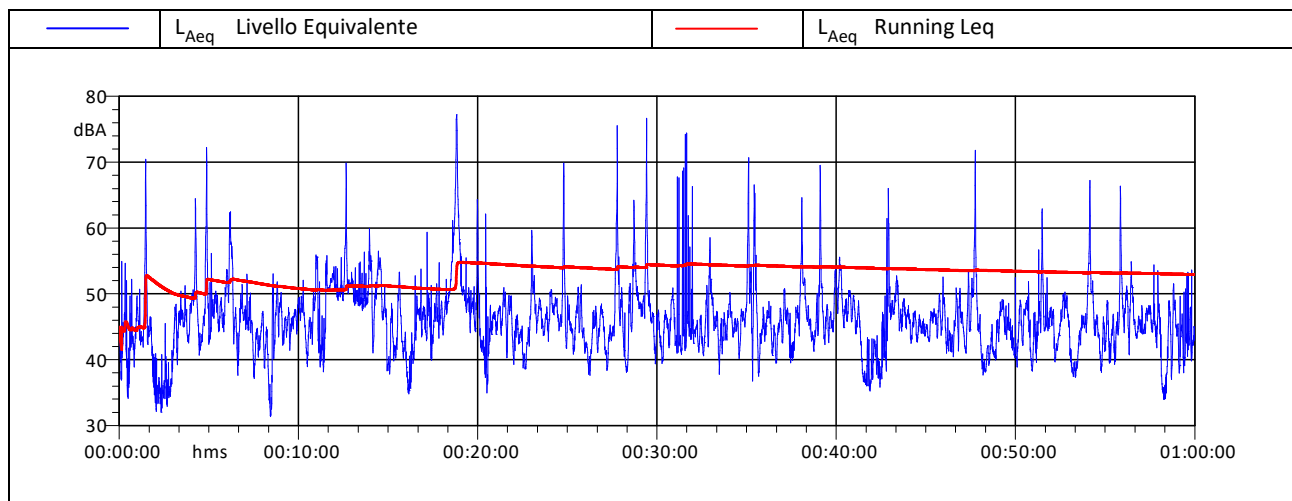
Dati meteo	
Temperatura	12°
Pioggia	/
Vento	4 Km/h (medio)

PUNTO DI MONITORAGGIO	ID.	POSIZIONE	DATA
4.A	URBANO SESTU	39°17'45.18"N- 9° 5'59.14"E	07.01.2023

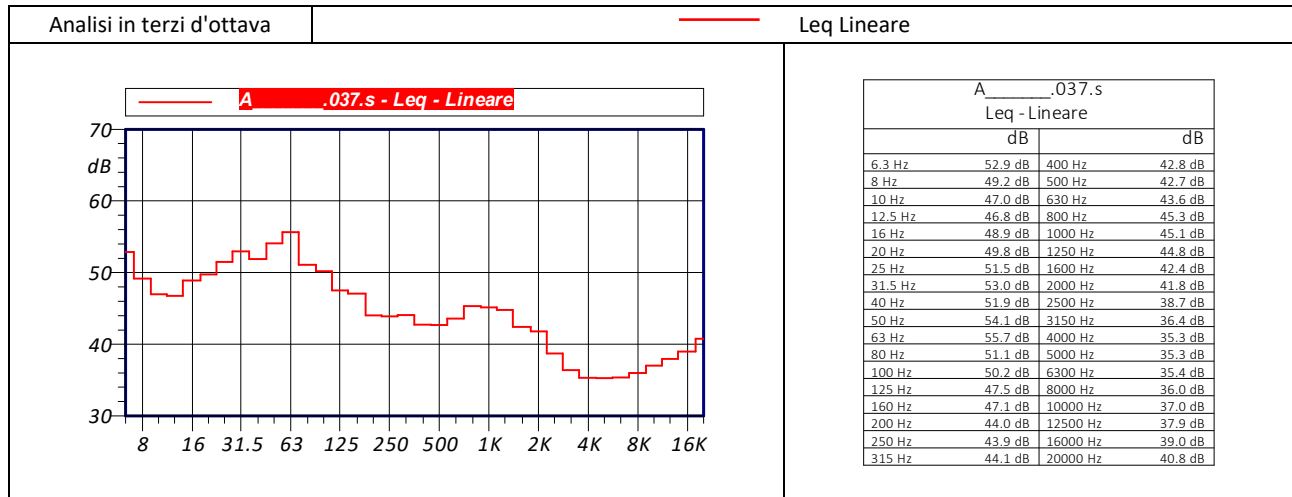
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	13:00-17:00
Tempo di misura	60' - 15:00-16:00
Operatore	Dott. Ing. Alberto Collu
Posizione microfono	h. 1,5 metri
Analizzatore	Larson Davis 831 (certificato allegato)
Calibratore	Larson Davis CAL 200 (certificato allegato)

Note:	traffico veicolare corso Italia – via Bologna
-------	---

	L_1 : 64.2 dB(A)	L_5 : 55.2 dB(A)
Leq = 52.9 dB(A)	L_{10} : 52.1 dB(A)	L_{50} : 48.0 dB(A)
	L_{90} : 45.6 dB(A)	L_{95} : 45.1 dB(A)



Note al rilievo
la posizione del rilievo è fronte il Corso Italia nelle vicinanze del fabbricato dove si trova il ristorante Su Stentu. La rumorosità di fondo è essenzialmente dovuta al traffico veicolare che percorre la via Bologna – Corso Italia.



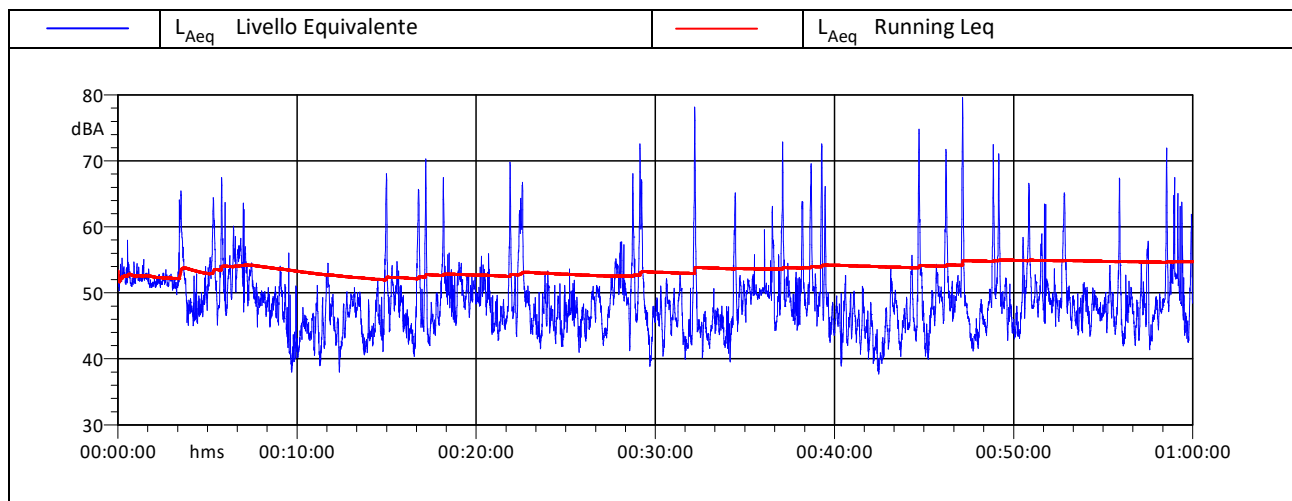
Condizioni meteo climatiche	
cfr. D.M. 16/03/1998 Allegato B, punto 7	
Precipitazioni: assenti	Velocità del vento: inferiore a 5 m/s
Nel corso del rilievo è stata utilizzata la protezione antivento per il microfono	
Dati meteo	
Temperatura	14.0°
Pioggia	/
Vento	7 Km/h (medio)

PUNTO DI MONITORAGGIO	ID.	POSIZIONE	DATA
4.B	URBANO SESTU	39°17'45.18"N- 9° 5'59.14"E	11.01.2023

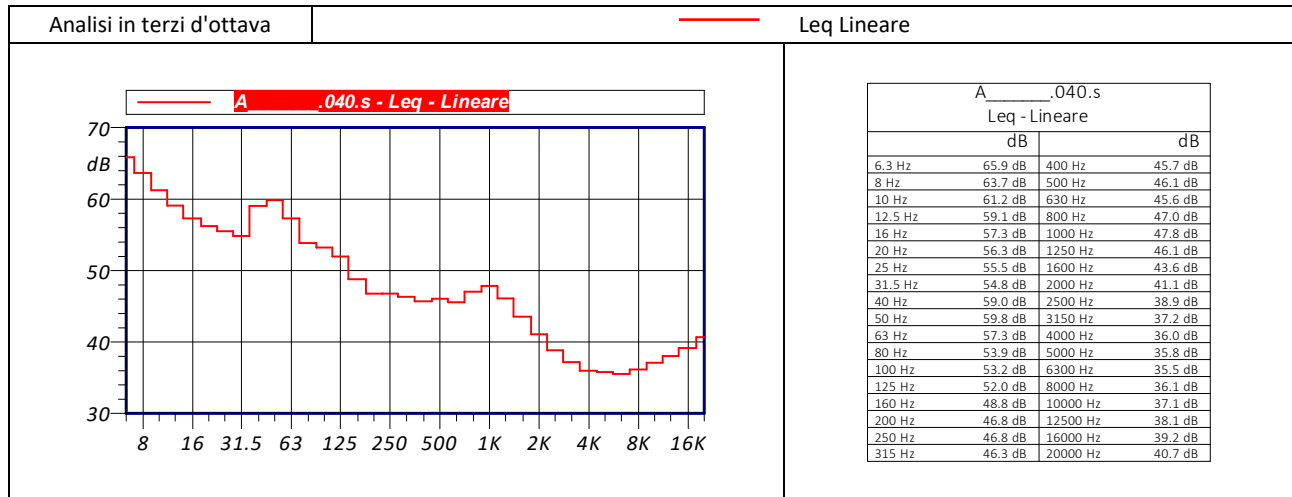
Tempo di riferimento	Diurno
Tempo di osservazione	08:00-14:00
Tempo di misura	60' - 12:00-13:00
Operatore	Dott. Ing. Alberto Collu
Posizione microfono	h. 1,5 metri
Analizzatore	Larson Davis 831 (certificato allegato)
Calibratore	Larson Davis CAL 200 (certificato allegato)

Note:	traffico veicolare corso Italia – via Bologna
-------	---

	L_1 : 66.7 dB(A)	L_5 : 58.3 dB(A)
Leq = 54.7 dB(A)	L_{10} : 54.1 dB(A)	L_{50} : 48.2 dB(A)
	L_{90} : 43.3 dB(A)	L_{95} : 42.2 dB(A)



Note al rilievo
la posizione del rilievo è fronte il Corso Italia nelle vicinanze del fabbricato dove si trova il ristorante Su Stentu. La rumorosità di fondo è essenzialmente dovuta al traffico veicolare che percorre la via Bologna – Corso Italia.



Condizioni meteo climatiche	
cfr. D.M. 16/03/1998 Allegato B, punto 7	
Precipitazioni: assenti	Velocità del vento: inferiore a 5 m/s
Nel corso del rilievo è stata utilizzata la protezione antivento per il microfono	

Dati meteo	
Temperatura	15°
Pioggia	/
Vento	6 Km/h (medio)

Rilievo di traffico. Censimento della circolazione durante il rilievo	
Postazione di rilievo	Corso Italia
Durata rilievo 60'	
Note: strada caratterizzata da traffico basso.	

Strada interna	II*				Totale
	Veicoli leggeri	% sul totale	Veicoli pesanti	% sul totale	
Dir Monserrato	18		/		31
Dir Sestu	13				
Totale	31	100%	/	/	

*All'interno della classe II sono stati inseriti i bus e gli autoveicoli con tre o più assi

Riepilogo rilevazioni

n.	Id.	Classe PCA	Leq	L ₉₀	V. limite di attenzione diurno		conforme
					(1 ora)	TL	
1	Policlinico	I	56.1	49.8	60	50	<input checked="" type="checkbox"/>
1.a	Policlinico		54.9	47.4			<input checked="" type="checkbox"/>
2	Università	III	53.0	49.3	70	60	<input checked="" type="checkbox"/>
2a	Università		54.1	49.2			<input checked="" type="checkbox"/>
3	Extraurbano	III	41.5	38.8	70	60	<input checked="" type="checkbox"/>
3a	Università		41.8	49.2			<input checked="" type="checkbox"/>
4	Università	III	52.9	45.6	70	60	<input checked="" type="checkbox"/>
4a	Università		54.7	43.3			<input checked="" type="checkbox"/>

I valori rilevati hanno evidenziato in tutti i punti di misura il rispetto del valore di attenzione (relativo al tempo di misura di 1 ora). I rilievi possono essere considerati rappresentativi dello stato di fatto acustico nell'area oggetto di indagine.

3.8 h.

Calcolo previsionale dei livelli sonori generati dall'opera o attività nei confronti dei recettori e dell'ambiente esterno circostante indicando i parametri e i modelli di calcolo utilizzati. Particolare attenzione deve essere posta alla valutazione dei livelli sonori di emissione e di immissione assoluti, nonché ai livelli differenziali, qualora applicabili, all'interno o in facciata dei recettori individuati. La valutazione del livello differenziale deve essere effettuata nelle condizioni di potenziale massima criticità del livello differenziale.

Il calcolo previsionale è stato generato attraverso il software SoundPlan. Per il calcolo della situazione post-operam per la valutazione del contributo della sola linea metro-tranviaria, è stata valutata attentamente l'area immediatamente prossima all'infrastruttura stessa, caratterizzata da due fasce di pertinenza della larghezza complessiva pari a 30 e 60 metri per lato da ciascun binario, considerando in totale una fascia pari a circa 150 metri per ciascun lato dell'infrastruttura.

La caratterizzazione della rumorosità riportata nelle mappe acustiche deve ritenersi esaustiva per la sola dell'area interessata dall'infrastruttura in progetto.

Dal punto di vista operativo, si è operato secondo le seguenti fasi:

- rappresentazione della configurazione ambientale in esame;
- modellazione numerica dell'emissione sonora della sorgente immessa in una prefissata posizione di riferimento;
- modellazione numerica della propagazione sonora della sorgente ai ricettori;
- rappresentazione in forma numerica e grafica tramite curve di isolivello, dei risultati del calcolo.

L'indagine sul campo ha consentito di definire nella maniera più rigorosa le proprietà acustiche degli elementi costituenti la configurazione ambientale; oltre alla definizione delle proprietà delle sorgenti, le proprietà acustiche del terreno e delle superfici interessate (da acusticamente riflettenti ad assorbenti).

SoundPLAN è un programma che opera in ambiente tridimensionale ed è basato sulla tecnica del "ray tracing". Per ottimizzare i tempi di calcolo il "ray tracing" è implementato con un accorgimento particolare: la ricerca dei percorsi di propagazione è effettuata partendo dal ricettore e non dalla sorgente, come avviene nell'applicazione classica del metodo. L'area sottoposta ad analisi è divisa in una moltitudine di superfici di piccola entità e, ognuna di queste, è collegata ad un punto detto ricettore. Da ogni singolo ricettore partono onnidirezionalmente i raggi che, dopo molteplici riflessioni e diffrazioni, intercettano la sorgente rumorosa. Il percorso di ogni singolo raggio descrive, mediante i principi dell'ottica geometrica, in che modo è attenuata l'onda incidente a partire da una determinata sorgente di rumore. Non vi è alcun limite al numero delle riflessioni o delle diffrazioni che il modello può considerare, se non quello che è stato imposto per la valutazione in oggetto. Si è quindi potuto simulare con estrema precisione gli effetti dovuti alla propagazione sonora anche in considerazione di alcuni tratti del tracciato, particolarmente complesso dal punto di vista acustico.

Affinché l'operazione di mappatura dell'area possa essere definita efficacemente, è necessario individuare la porzione del territorio oggetto dello studio con un alto grado di precisione al fine di identificare geometricamente il territorio in termini tridimensionali. A tal riguardo ci si è avvalsi della Cartografia in formato digitale in scala 1:2.000 e 1:5.000, tramite i quali si sono dedotte le informazioni utili a rappresentare il modello tridimensionale dell'area oggetto d'indagine. L'intera area d'indagine in termini di entità geometriche tridimensionali, quali orografia del territorio, edifici, strade, e quant'altro di interesse è stata disegnata su un programma CAD per poi essere inserita nel programma specifico di simulazione SoundPLAN. Si è provveduto pertanto ad acquisire, utilizzando una cartografia in formato digitale relativa alla zona oggetto della nuova infrastruttura ferro-tranviaria effettuando un'accurata campagna di rilievi, l'orografia del terreno e le coordinate spaziali e altimetriche degli insediamenti antropici (edifici, altre infrastrutture di trasporto ecc.).

Il censimento dei recettori, oltre che identificare se vi è la presenza di recettori sensibili e quindi caratterizzati da limiti di rumore maggiormente restrittivi, è necessario per verificare la tipologia di edifici presenti (ruderi, edifici non abitativi etc.) e identificare approssimativamente le altezze di ciascuno. I principali schermi alla propagazione sonora sono appunto gli edifici che, oltre a costituire una superficie riflettente, sono gli elementi su cui dovrà essere verificato il rispetto dei limiti imposti dalla legge. In tal senso sono stati inseriti tutti gli edifici presenti nell'intorno acustico preso in esame e non solo i recettori individuati nell'apposito elaborato.

Per la modellazione sono stati utilizzati i modelli di calcolo ufficiali europeo come richiamato alla Raccomandazione CE 6.08.2003 e quindi nel D. Lgs 194/2005.

Nella Raccomandazione citata sono stati definiti quali ufficiali i seguenti modelli:

- traffico stradale: XPS 31-133
- traffico ferroviario: RMR 1996
- traffico aereo: doc. 29 ECAC.CEAC 1997 sez. 7.5
- rumore industriale: ISO 9613 – 2

Modello per il calcolo della rumorosità ferro tranviaria

Il metodo provvisorio di calcolo proposto dalla raccomandazione 2003/613/CE per il rumore ferroviario è quello nazionale dei Paesi Bassi, denominato RMR.

Il modello prevede il calcolo dell'emissione di ciascun tratto di ferrovia a partire dalla conoscenza del traffico ferroviario secondo una ripartizione dei convogli in nove classi distinte. Per ciascuna tipologia di convoglio, e per ciascun tratto, si deve conoscere la velocità di percorrenza e la percentuale di veicoli che, durante il transito, hanno i freni azionati. La potenza sonora media di ciascun tratto dipende anche dalla tipologia dell'armamento ferroviario utilizzato, dalla presenza di discontinuità sul binario (quali i giunti non saldati e quelli saldati che presentino, comunque, discontinuità altimetrica) ed eventualmente dalla presenza di particolari opere architettoniche legate all'infrastruttura (ponti, gallerie, passaggi a livello, ecc.). Il metodo prevede anche la possibilità di stimare l'emissione sonora di alcuni tratti non modellabili direttamente dalla misurazione dei livelli sonori prodotti dai convogli in transito.

Di seguito è riportata una breve descrizione dell'algoritmo usato dal metodo di calcolo.

Descrizione del modello

Il modello RMR fornisce inizialmente una classificazione delle categorie di veicoli ferroviari, quindi un modello d'emissione di tratta, considerando la velocità, l'altezza delle sorgenti specifiche e il contributo delle opere in cemento o acciaio (massicciata, ponti ecc). Sono indicate due metodologie di calcolo:

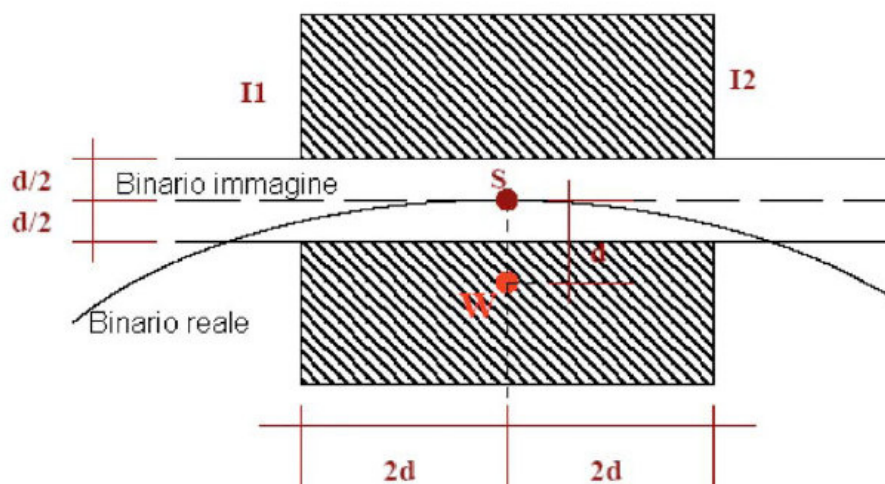
- SRM I (metodologia di calcolo standard di tipo I - semplificata);
- SRM II (metodologia di calcolo standard di tipo II - dettagliata).

Metodo di calcolo standard semplificato (SRM I)

Il metodo semplificato considera la sorgente come lineare e posta al centro del binario a 0,25 m di altezza dal piano della massicciata. L'area d'indagine viene suddivisa in settori individuati secondo il seguente criterio (come riportato in figura alla pagina successiva): dalla posizione W del ricettore si traccia il segmento congiungente il centro del binario S, di lunghezza d , e parallelamente a WS si tracciano due rette I1 e I2 a distanza $2d$ da W; perpendicolarmente a WS si traccia il binario immagine passante per S.

Si può applicare il modello semplificato (che considera solo livelli complessivi pesati A) se sono applicabili le seguenti condizioni nell'area compresa fra I1 e I2:

- l'asse del binario reale non può tagliare una delle zone tratteggiate indicate in figura sotto;
- la vista del binario dalla posizione del ricettore non può essere ostacolata per un angolo maggiore di 30°;
- se la ferrovia è costituita da più tratti d'emissione il valore d'emissione di ogni tratto non può differenziarsi più di 10 dB dagli altri;
- la distanza (d) dal ricettore W al centro del binario deve essere almeno 1,5 volte la distanza fra le rotaie esterne della ferrovia;
- dentro la zona d'interesse della ferrovia non ci possono essere opere architettoniche e non ci devono essere differenze d'altezza superiori a 3 m rispetto all'altezza media.



Suddivisione dell'area di immagine in settori omogenei

In questa approssimazione non si tiene conto né di oggetti schermanti né di edifici fra la ferrovia e il ricettore. Ai fini del calcolo, il piano di riferimento è il piano del ferro e la linea di riferimento è il centro dei binari.

La riflessione proveniente da superfici poste dalla parte opposta della ferrovia rispetto al ricettore è considerata nel calcolo se le superfici:

- sono acusticamente riflettenti;
- sono verticali e parallele alla ferrovia;
- sono più alte dell'altezza del ricettore;
- la distanza orizzontale dalla linea di sorgente è inferiore a 100 m ed inoltre inferiore a quattro volte la distanza d dal ricettore alla linea di sorgente.

La posizione di calcolo in facciata agli edifici è posta all'altezza di 5 m sopra il piano di campagna. Per edifici alti più di tre piani è in corrispondenza del soffitto del piano terra. Per il clima acustico all'esterno la posizione di misura è a 1,5 m di altezza dal piano di campagna. Questo modello tiene in considerazione sia l'attenuazione media del terreno, che può essere scelta fra un numero limitato di valori predefiniti, che di un termine di correzione meteorologica dipendente dalla distanza e dalle altezze del ricevitore e della sorgente.

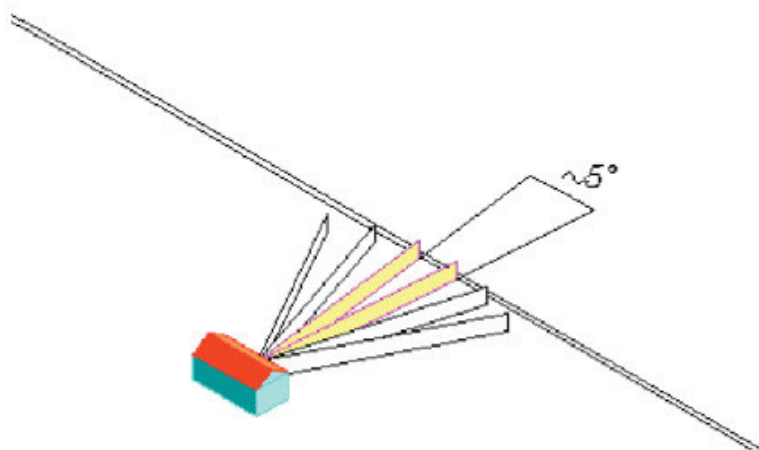
Descrizione della sorgente

La END, nel definire il modello ad interim per il rumore ferroviario, ha fornito come indicazione la versione rivista del modello olandese RMR del '96. Tale revisione, datata 2002, si distingue dalla versione del '96 essenzialmente per l'introduzione di due procedure per la determinazione dei parametri descrittivi della sorgente treno e di una ulteriore procedura per la caratterizzazione della sorgente binario.

In particolare, le due procedure per i treni sono:

- A. Procedura semplificata, che permette di inserire i treni originariamente non presenti nelle nove categorie sopra citate;
- B. Procedura completa, che permette la creazione di nuove categorie di treni.

Chiaramente queste procedure risultano utili nel contesto della END, che deve fornire una linea guida che sia valida per tutti i Paesi europei, quindi compatibilmente con una grande varietà di treni. Gli Stati Membri devono prima identificare i tipi di treno che percorrono le loro ferrovie, e definire anche le caratteristiche emissive dei binari presenti, quindi assegnare questi o ad una categoria RMR esistente (usando la procedura A) o, se necessario, creando una nuova categoria mediante la procedura B.



Tecnica di calcolo utilizzata dal modello RMR II

L'attenuazione geometrica applicata è di tipo cilindrico e lo spazio attorno al ricettore sia diviso in settori angolari; il livello globale d'emissione di sorgente è calcolato sommando i contributi di ogni settore. L'apertura di ogni settore dipende dalle discontinuità di emissione e geometriche e, su terreno omogeneo, è di 5°.

Il modello di calcolo richiede la descrizione della situazione in esame nei seguenti termini:

1. Definizione di un sistema di coordinate relativamente a:
 - Linea ferroviaria;
 - Ostacoli quali edifici;
 - Eventuali barriere;
 - Punti rilevanti
2. Tipologia del tracciato;
3. Numero e tipologia dei treni che transitano;
4. Velocità dei treni;
5. Tipologia di frenata;
6. Eventuali superfici assorbenti (in modo particolare tra il tracciato e il ricettore);

Per procedere al calcolo del Livello continuo equivalente, i veicoli devono dapprima essere identificati in una precisa categoria differenziata per il sistema di trazione e di frenatura secondo il seguente schema:

CAT. 1	Treno passeggeri con freni a ceppo
	Esclusivamente treni elettrici passeggeri con freni a ceppo in ghisa; Veicoli postali a motore elettrico
CAT. 2	Treno passeggeri con freni a disco e a ceppo
	principalmente treni elettrici con freni a disco e eccezionalmente con freni a ceppo addizionali; treni specifici delle ferrovie SNCF, TEE e ferrovie Belghe
CAT. 3	Treno passeggeri con freni a disco
	treni con freno a disco e caratterizzati da rumorosità accentuata del motore;
CAT. 4	Treno merci con freni a ceppo
	tutti i tipi di treno con freno a ceppo in ghisa
CAT. 5	Treno diesel con freni a ceppo
	esclusivamente treni elettrici diesel, con freno a ceppo in ghisa e le corrispondenti locomotive
CAT. 6	Treno diesel con freni a disco
	esclusivamente treni diesel-idraulici con freni a disco e caratterizzate da rumorosità del motore
CAT. 7	Treno comprensoriali e tranvie rapide con freni a disco
	metropolitane urbane e tram rapidi
CAT. 8	Treno interCity e treni a lunga percorrenza, treni lenti con freni a disco
	esclusivamente treni passeggeri elettrici con freni a disco e relative locomotive; treni passeggeri elettrici con freni a disco e eventualmente con freni a ceppo addizionali.
CAT. 9	Treno ad alta velocità con freni a disco e a ceppo
	treni elettrici con freni a disco e addizionali freni a ceppo di stazionamento.
CAT. 10	Treno ad alta velocità ICE
	veicoli non inseriti in nessuna categoria e caratterizzati da alta velocità.

Si attua inoltre una distinzione a seconda del tipo di infrastruttura ferroviaria secondo la seguente classificazione:

1. tracciati con traverse in monoblocco o biblocco in calcestruzzo, su di un letto di ballast;
2. tracciati con traverse in legno su di un letto di ballast;
3. tracciati su di un letto di ballast con binari non saldati
 - binari con giunti o scambi,
 - binari con giunti (massimo 2 ogni 50 m.);
4. tracciati con traverse in monoblocco;
5. tracciati con traverse in monoblocco su di un letto di ballast;
6. Tracciati con fissaggio del binario adattabile;
7. Tracciati con fissaggio del binario adattabile su di un letto di ballast;
8. tracciati con rotaie annegate in piastre di calcestruzzo;

Una ulteriore distinzione va fatta relativamente a:

- tratti del tracciato con giunti saldati con o senza scambi e passaggio a livello;
- tratti con giunti;
- scambi e passaggi a livello con giunti (2 ogni 100 m.);
- più di due passaggi a livello ogni 100 m.

I dati di ingresso ai fini del calcolo, inoltre, prendono in considerazione altri valori come ovviamente, il numero di transiti durante il periodo giorno e notte, il numero medio di unità frenate e non e, infine, la velocità media dei veicoli frenati e non.

Lo standard tiene in considerazione diverse altezze di emissione della sorgente:

- al livello del piano del ferro (valore di emissione L_E^{bs});
- 0.5 m sopra il piano del ferro (valore di emissione L_E^{as});
- 2.0 m sopra il piano del ferro (valore di emissione L_E^{2m});
- 4.0 m sopra il piano del ferro (valore di emissione L_E^{4m});
- 5.0 m sopra il piano del ferro (valore di emissione L_E^{5m});

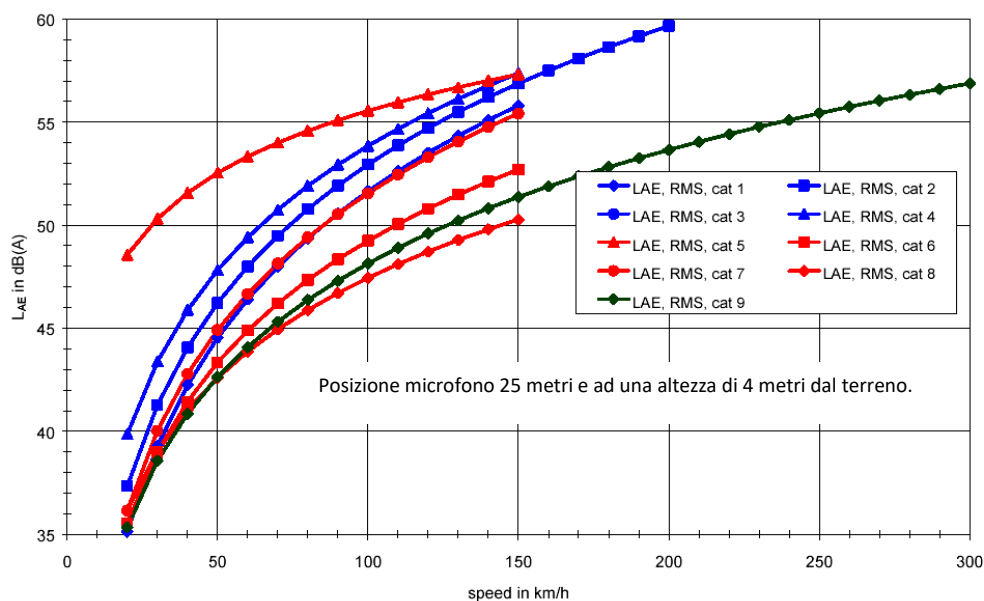
In particolare, i treni con velocità elevate hanno livelli di emissione dominanti alle altezze maggiori mentre per i veicoli a velocità inferiori, i valori dell'emissione alle altezze maggiori possono essere intorno allo zero.

In considerazione del fatto che lo standard è stato tarato considerando rotabili e rotaie olandesi, sono state definite due distinte procedure per determinare categorie di treni per rotabili non olandesi (procedura A e B) e un'ulteriore procedura che si riferisce a rotaie non olandesi (procedura C).

In questa sede si ritiene opportuno descrivere brevemente solamente la procedura A, in quanto quella utilizzata.

La procedura anzidetta consiste in una metodologia semplificata, che consente di determinare se un veicolo ferroviario possa essere assegnato ad una categoria esistente. E' opportuno utilizzare il metodo anzidetto in caso di rotabili nuovi su cui è impossibile effettuare misurazioni acustiche. L'assegnazione del rotabile avviene (come già visto sopra) in base al tipo di trazione e al sistema di frenatura.

Il grafico seguente mostra la differenza in termini di livello equivalente di pressione acustica per le diverse categorie di treno, comparandolo con la velocità. Le misure sono state eseguite ad una distanza di 25 m e ad una altezza pari a 4 m da terra



Per la modellazione post-operam sono stati inseriti i valori pertinenti nel modello di calcolo. In tal senso è stata utilizzata la frequenza attualmente in essere della linea metro tranviaria 3. Per il periodo diurno sono previsti 61 mezzi per senso di marcia, mentre per il periodo notturno circa 3 sempre per senso di marcia. Quale velocità media è stato inserito il valore di 40 Km/h (velocità massima del binario 70 Km/h) per il primo tratto in aderenza al policlinico/università e 50 Km/h per il restante, sia per i veicoli frenanti che non frenanti. Quale tipologia di treno la scelta è ricaduta sul tipo 7 in quanto la tipologia in esame appartiene ai tram rapidi. Non sono stati inserite dei giunti in quanto la rotaia sarà del tipo interamente saldata e per il binario la classificazione è stata del tipo annegato nel cls. Nella modellazione non si è tenuto conto di eventuali correttivi quali interventi di mitigazione sulla rotaia (che comunque verranno attuati).

Diversamente nella modellazione si è tenuto conto della posa in opera delle barriere antivento che verranno posate in opera nel primo tratto della linea. Le barriere, come meglio specificato negli elaborati di progetto, saranno realizzate in PMMA con spessore di 10 cm. Nel dettaglio è prevista la posa di una barriera lato edifici Policlinico – università di altezza pari a 3.50 e una barriera sempre in PMMA sul lato opposto di altezza 1.50 m. La barriera di altezza 3.50 m dovrà essere fatta proseguire fino alla fine del fabbricato individuato come recettore 22 (fabbricato universitario).

Per una accurata analisi sono state effettuate diverse simulazioni considerando differenti altezze dal suolo (di rilievo soprattutto in ambito urbano). Le elaborazioni sono state effettuate impostando l'elaboratore del software con i seguenti parametri:

Ordine di riflessione:	2
Distanza massima delle riflessioni dai ricevitori:	200 m.
Distanza massima delle riflessioni dalle sorgenti:	50 m.
Maximal search radius	5000
Ponderazione:	dB(A)
Standard treni	RMR (2002) EU
Assorbimento dell'aria	ISO 9613
Cmet	3.5 (06:00-22.00 ; 22:00-06:00)
Ambiente	
Pressione atmosferica	1013,3 mbar
Umidità rel.	80,0 %
Temperatura	10,0 °C
Dimensione griglia:	3,00 m
Altezza sul terreno (p.d.c.) mappa:	2-4-6 m

È stato considerato il fattore di correzione meteorologica CMet; il termine che tiene conto delle condizioni meteo locali (CO) è fissato a 3,5 dB, come indicato dalla "Raccomandazione 2003/613/CE concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e relativi dati di rumorosità".

I parametri anzidetti sono da ritenersi sufficientemente approssimati visto la situazione in esame.

In allegato sono presentate le mappe acustiche in scala 1:2000 per l'intero tracciato confrontando le differenti situazioni. Le planimetrie con le curve di isolivello sono state riportate più esaurientemente per il solo periodo diurno; per la situazione in esame durante il periodo notturno si ha il transito di soli 5 mezzi tra le 22:00 e le 23:00. L'incidenza sul rumore di fondo dovuto al traffico veicolare è da considerarsi perfettamente ininfluenza.

Tuttavia, è sempre stata fatta la modellazione e alla tabella sotto riportata sono presentati i risultati anche per il periodo notturno. Al fine di ottenere una valutazione maggiormente esaustiva, si riporta alla tabella seguente l'elenco dei recettori principali, e per ciascuno dei quali i livelli di rumore per la situazione Post-operam per la rumorosità dovuta alla sola metro-tranvia.

Nell'ultima colonna si riporta il differenziale tra il limite ammesso e il valore di immissione

Ricevitore	Classe	Piano	Lg,lim dB(A)	Ln,lim dB(A)	Lg dB(A)	Ln dB(A)	Lg,diff dB(A)	Ln,diff dB(A)
R1-2-3	I	piano terra	50	40	24,7	14,7	25,3	25,3
R1-2-3	I	piano 1	50	40	24,9	14,9	25,1	25,1
R1-2-3	I	piano 2	50	40	25,2	15,2	24,8	24,8
R1-2-3	I	piano 3	50	40	25,4	15,4	24,6	24,6
R4	I	piano terra	50	40	25,4	15,4	24,6	24,6
R4	I	piano 1	50	40	26	16	24	24
R4	I	piano 2	50	40	25,4	15,4	24,6	24,6
R5	I	piano terra	50	40	27,1	17,1	22,9	22,9
R5	I	piano 1	50	40	28,1	18,1	21,9	21,9
R5	I	piano 2	50	40	29,3	19,3	20,7	20,7
R5	I	piano 3	50	40	30,9	20,9	19,1	19,1
R5	I	piano 4	50	40	33,5	23,5	16,5	16,5
R6	I *	piano terra	70	60	47,2	37,2	22,8	22,8
R6	I*	piano 1	70	60	47,2	37,2	22,8	22,8
R7	I	piano terra	50	40	41	31	9	9
R7	I	piano 1	50	40	42,5	32,5	7,5	7,5
R13	I	piano terra	50	40	32,4	22,4	17,6	17,6
R13	I	piano 1	50	40	32,1	22,1	17,9	17,9
R14	IV	piano terra	65	55	44,4	34,4	20,6	20,6
R14	IV	piano 1	65	55	45,5	35,5	19,5	19,5
R15	III	piano terra	60	50	37,3	27,3	22,7	22,7
R15	III	piano 1	60	50	39,4	29,4	20,6	20,6
R17	IV	piano terra	65	55	42,1	32,1	22,9	22,9
R17	IV	piano 1	65	55	44,2	34,2	20,8	20,8
R18	IV	piano terra	65	55	47,2	37,2	17,8	17,8
R18	IV	piano 1	65	55	47,6	37,6	17,4	17,4
R20	IV	piano terra	70	60	51	41	19	19
R21	I	piano terra	50	40	33,8	23,8	16,2	16,2

Ricevitore	Classe	Piano	Lg,lim dB(A)	Ln,lim dB(A)	Lg dB(A)	Ln dB(A)	Lg,diff dB(A)	Ln,diff dB(A)
R21	I	piano 1	50	40	31,6	21,6	18,4	18,4
R21	I	piano 2	50	40	31,3	21,3	18,7	18,7
R22	I	piano terra	50	40	37,5	27,5	12,5	12,5
R22	I	piano 1	50	40	35,3	25,3	14,7	14,7
R22	I	piano 2	50	40	35,8	25,8	14,2	14,2
R25	III	piano terra	60	50	35	25	25	25
R26	III	piano terra	60	50	41,7	31,7	18,3	18,3
R27	III	piano terra	60	50	40,7	30,7	19,3	19,3
R30	III	piano terra	60	50	47,1	37,1	12,9	12,9
R33	III	piano terra	70	60	49,4	39,4	20,56	20,56
R34	III	piano terra	60	50	40,3	30,3	19,7	19,7
R34	III	piano 1	60	50	40,3	30,3	19,7	19,7
R37	III	piano terra	70	60	49,0	39,0	20,6	20,6
R39	III	piano terra	70	60	50,6	40,6	19,4	19,4
R40	III	piano terra	70	60	56,6	46,6	13,4	13,4
R41	III	piano terra	70	60	60	50	10	10
R43	III	piano terra	70	60	52,8	42,8	17,2	17,2
R45	III	piano terra	70	60	53,5	43,5	16,5	16,5
R51	III	piano terra	70	60	50,7	40,7	19,3	19,3
R52	III	piano terra	70	60	55,7	45,7	14,3	14,3
R55	III	piano terra	70	60	61,9	51,9	8,1	8,1
R55	III	piano 1	70	60	61,4	51,4	8,6	8,6
R55	III	piano 2	70	60	60,2	50,2	9,8	9,8
R55	III	piano 3	70	60	59,1	49,1	10,9	10,9
R55	III	piano terra	70	60	62,4	52,4	7,6	7,6
R55	III	piano 1	70	60	61,8	51,8	8,2	8,2
R55	III	piano 2	70	60	60,5	50,5	9,5	9,5
R55	III	piano 3	70	60	59,3	49,3	10,7	10,7
R56	III	piano terra	70	60	57,1	47,1	12,9	12,9
R56	III	piano 1	70	60	57,4	47,4	12,6	12,6
R56	III	piano 2	70	60	57,2	47,2	12,8	12,8
R57	III	piano terra	70	60	57	47	13	13
R57	III	piano 1	70	60	57,3	47,3	12,7	12,7
R57	III	piano 2	70	60	57	47	13	13
R64	III	piano terra	70	60	57,4	47,4	12,6	12,6
R64	III	piano 1	70	60	58,2	48,2	11,8	11,8
R64	III	piano 2	70	60	57,9	47,9	12,1	12,1
R64	III	piano terra	70	60	53	43	17	17

Ricevitore	Classe	Piano	Lg,lim dB(A)	Ln,lim dB(A)	Lg dB(A)	Ln dB(A)	Lg,diff dB(A)	Ln,diff dB(A)
R64	III	piano 1	70	60	53,4	43,4	16,6	16,6
R64	III	piano 2	70	60	53,3	43,3	16,7	16,7
R67	III	piano terra	70	60	58,4	48,4	11,6	11,6
R67	III	piano 1	70	60	59,1	49,1	10,9	10,9
R67	III	piano 2	70	60	58,8	48,8	11,2	11,2
R67	III	piano 3	70	60	58	48	12	12
R69	III	piano terra	70	60	48,4	38,4	21,6	21,6
R69	III	piano 1	70	60	49,9	39,9	20,1	20,1
R69	III	piano terra	70	60	59	49	11	11
R69	III	piano 1	70	60	59,7	49,7	10,3	10,3
R71	III	piano terra	70	60	46,6	36,6	23,4	23,4
R72	III	piano terra	70	60	43	33	27	27
R74	III	piano terra	70	60	34,5	24,5	35,5	35,5

In rosso sono evidenziati i recettori all'interno della fascia acustica della metro tranvia.

Relativamente al dato numerico per ciascun recettore possiamo notare come il contributo dovuto al transito della tranvia sia nettamente inferiore a quello dovuto al traffico veicolare. In linea generale il valore immesso in ambiente dalla circolazione dei convogli della metro tranvia è inferiore di almeno 15 dB(A) rispetto ai limiti di ciascuna zona per il periodo diurno. Considerando il primo tratto della linea metro tranviaria, caratterizzato dalla presenza di recettori sensibili, si nota come la posa in opera della barriera in polimetacrilato, attui una efficace mitigazione delle onde sonore. Per tutti i recettori sensibili si ha sempre garantito il rispetto dei limiti della classe I. Relativamente al recettore individuato con il numero 7 (con destinazione d'uso di laboratorio), si è volutamente inserito il limite per la classe I, anche se trattandosi di laboratorio e non di aule di insegnamento si sarebbe potuto inserire il limite per la fascia acustica di pertinenza pari 70 dB(A) diurno. Considerando anche il limite inferiore si ha sempre il rispetto dei limiti.

3.9 i.

Calcolo previsionale dell'incremento dei livelli sonori in caso di aumento del traffico veicolare indotto da quanto in progetto nei confronti dei recettori e dell'ambiente circostante.

Trattandosi di infrastruttura di trasporto non possiamo parlare di traffico indotto; quali dati di traffico sono stati considerati quelli relativi alla programmazione dell'attuale linea che raggiunge la fermata del Policlinico, anche per il tratto in progetto. Si può prevedere che parte dell'utenza che da Sestu percorre la SP 8 e viceversa, sia attratto dalla nuova metropolitana e pertanto vi sia un miglioramento in termini di emissioni in genere (e di rumore in particolar modo) per il fatto che la SP 8 sia interessata da un minor numero di veicoli.

3.10 I.

Descrizione degli eventuali interventi da adottarsi per ridurre i livelli di emissioni sonore al fine di ricondurli al rispetto dei limiti associati alla classe acustica assegnata o ipotizzata per ciascun recettore. La descrizione degli interventi è supportata da ogni informazione utile a specificare le loro caratteristiche e a individuare le loro proprietà di riduzione dei livelli sonori, nonché l'entità prevedibile delle riduzioni stesse.

La mappatura del rumore non ha evidenziato il superamento dei limiti richiesti per l'infrastruttura tranviaria. All'interno della fascia di pertinenza acustica, di larghezza 30 e 60 m. per lato, la rumorosità immessa in ambiente dai rotabili, è sempre al di sotto dei limiti richiesti. Considerando tuttavia di attuare tutte le migliori tecniche per la riduzione del rumore è auspicabile che in fase di realizzo si considerino i seguenti interventi proposti

Gli interventi proposti devono pertanto, intendersi come migliorie per una situazione che comunque non comporta il superamento dei limiti di legge.

Il rumore in ambito ferro-tranviario ha origine prevalentemente con il contatto ruota-rotaia (rumore di rotolamento), che per velocità superiori a 60 Km/h può essere identificata quale sorgente principale. Per velocità inferiori, quelle proprie della tranvia in oggetto, è rilevante anche il rumore prodotto dalle apparecchiature ausiliarie quali il sistema di condizionamento dell'aria. Nel caso in oggetto, il materiale rotabile è già identificato con i convogli attualmente in esercizio lungo la linea esistente, pertanto gli interventi di mitigazione acustica sono stati indirizzati principalmente sul contatto ruota rotaia come previsto anche dal capitolato, piuttosto che su interventi lungo la via di propagazione del rumore sicuramente meno efficaci e maggiormente impattanti (vedasi barriere o comunque schermature). Diversi studi hanno mostrato che il rumore da rotolamento misurato in bande di terzi d'ottava, assume valori significativi tra i 250 e i 4.000 Hz; in particolare le frequenze dominanti per i binari sono tra i 600 e i 1.000 Hz, per le traversine sono circa tra i 250 e i 400 Hz, mentre per le ruote dominano le frequenze comprese tra 1.500 e 4.000 Hz.

L'angolo di emissione sonora risulta essenzialmente confinato nei 30 gradi sopra e sotto il piano del binario, fuori da questo cono il rumore prodotto è in genere trascurabile. Il tram in movimento non può essere assimilato a una sorgente sonora omnidirezionale, poiché la base della cassa costituisce uno schermo alla propagazione del rumore generato dal carrello ferro-tranviario.

Gli interventi proposti sono di due differenti tipologie:

- interventi sulla rotaia
- interventi sulla ruota

1 interventi sulla rotaia

Sebbene composte di materiale molto rigido, l'acciaio delle ruote e delle rotaie ha una durezza finita; ciò implica che quando una ruota poggia sulla rotaia il peso del rotabile fa sì che si stabilisca una superficie di contatto di dimensioni finite (contact patch).

La dimensione finita dell'area di contatto fa sì che le irregolarità con lunghezza d'onda minori delle dimensioni della superficie di contatto vengano mediate e non contribuiscano alla generazione del rumore. Le irregolarità (rugosità) presenti sulla ruota e sulla rotaia una volta "filtrate" dall'area di contatto mettono in vibrazione sia la ruota che la ro-

taia (e la relativa sotto struttura) irradiando rumore nell'ambiente. È evidente quindi come uno degli interventi prioritari per la riduzione del rumore sia quello di ridurre la rugosità della ruota e della rotaia e inoltre diminuire la loro efficienza di radiazione attraverso l'installazione di smorzatori accordati.

In questo ambito il progetto dell'Armamento prevede impianti modificatori d'attrito che, tra gli altri, conseguono l'obiettivo di ottimizzare le condizioni di accoppiamento tra superficie della ruota e piano di rotolamento della rotaia e quindi contribuiscono a mitigare i fenomeni dello stridio e della marezatura. Altri provvedimenti consistono nell'adozione di idonei profili laterali in gomma che saranno posizionati ai lati delle rotaie.

Questi interventi riducono la radiazione della rotaia attenuando il rumore emesso al passaggio del materiale rotabile. Studi effettuati portano a considerare per detto intervento una riduzione indicativa pari a 1-2 dB(A).

2 Interventi sulla ruota

In aggiunta al rumore di rotolamento causato da elevati livelli di rugosità sulla ruota e sul binario, un'altra causa di disturbo è il cosiddetto "squeal noise": il tipico "stridio" che si genera al passaggio del materiale rotabile in curva causato da localizzate e ripetute perdite di aderenza della ruota che striscia sulla superficie della rotaia. In linea generale questo rumore è dominato su una singola frequenza con valori al di sopra di 20 dB(A) di quelle adiacenti. È un tipo di rumore con una forte connotazione tonale essendo associato alla vibrazione della ruota in una delle sue frequenze di risonanza. Il controllo di tale rumore, oltre che sul cambiamento delle condizioni geometriche della linea e della superficie di contatto ruota-rotaia, si basa sull'impiego di liquidi spruzzati opportunamente sulla superficie della rotaia o della ruota. Oltre la necessità di attuare le manutenzioni programmate sulla rotaia, la proposta si focalizza sulla mitigazione dello "squeal noise". Lo stridio è visto come una dei rumori dovuti al transito di metro-tramvia più fastidioso per i recettori. Si ritiene pertanto opportuno attuare un sistema per la mitigazione dell'azione usurante dell'attrito fra bordini ruota ed entrambi i lati della gola della rotaia in corrispondenza di curve a raggio particolarmente ridotto.

Il dispositivo proposto mitiga l'attrito attraverso un sottile film di sostanza lubrificante idonea che ha lo scopo, appunto, di diminuire il coefficiente di attrito con il duplice risultato di attenuare le usure da "strisciamento" e di diminuire il rischio di svio. Il sistema è composto fondamentalmente da due dispositivi:

- sistema pompante;
- distributore progressivo monoblocco regolabile.

Diversi studi hanno evidenziato che attraverso detti sistemi si può ottenere una riduzione dell'ordine di alcune dB. Interventi atti a ridurre squeal noise in ambito urbano hanno evidenziato una riduzione di 20 dB a 2 Kz (tram Bombardier Flexity K400 Colonia)

3.11 m.

Analisi dell'impatto acustico generato in fase di realizzazione, o nei siti di cantiere, secondo il percorso logico ai punti precedenti, e puntuale indicazione di tutti gli appropriati accorgimenti tecnici e operativi che saranno adottati per minimizzare il disturbo e rispettare i limiti (assoluto e differenziale) vigenti all'avvio di tale fase, fatte salve le eventuali deroghe per le attività rumorose temporanee di cui all'art. 6, comma 1, lettera h, della Legge 447/1995 e dell'art. 9.

Durante la realizzazione dell'opera si verificano emissioni acustiche di tipo continuo, dovute agli impianti fissi (ad esempio generatori di corrente), e discontinuo dovuti al transito dei mezzi di trasporto o all'attività di mezzi di cantiere e alle lavorazioni particolari (demolizioni dell'esistente, scavi, ecc.). La movimentazione dei materiali comporta invece un'emissione distribuita lungo la viabilità stradale esistente.

L'analisi dell'impatto acustico delle attività di cantiere è particolarmente complessa. La molteplicità delle sorgenti, degli ambienti e delle posizioni di lavoro, unitamente alla variabilità delle macchine impiegate e delle lavorazioni effettuate dagli addetti, nonché alla variabilità dei tempi delle diverse operazioni rendono infatti molto difficoltosa la determinazione dei livelli di pressione sonora. Le macchine utilizzate nel cantiere possono essere distinte in tre categorie: semoventi, fisse o carrellabili, portatili o condotte a mano.

Le macchine semoventi possono essere suddivise in mezzi di trasporto (camion, carrelli elevatori, betoniere, ecc.), macchine di movimentazione terra (escavatori, pale meccaniche, perforatrici, ecc.) e macchine per finiture (rulli, vibrofinitrici, ecc.). Per quanto riguarda le macchine fisse o carrellabili, esse sono numerose e di diversa tipologia (compressori, gruppi elettrogeni, betoniere, seghe circolari da banco, gru, ecc.).

Ancor più numerose sono le macchine portatili o condotte a mano (martelli demolitori, smerigliatrici, cannelli ossiacetilenici, motoseghe, ecc.).

Le attività in corso nel cantiere cambiano con l'avanzamento dello stato dei lavori, e conseguentemente cambiano continuamente il tipo ed il numero dei macchinari impiegati contemporaneamente, generalmente in maniera non standardizzabile.

Possiamo individuare le seguenti lavorazioni principali:

Armamento e attività collegate

- Realizzazione del viadotto
- Realizzazione del soletta in cls;
- Posa rotaie;
- Saldatura alluminotermica delle rotaie;
- Fornitura e posa dei deviatori;
- Posa dei riferimenti.
- Realizzazione fondazioni sostegno dei pali della trazione elettrica;
- Realizzazione di tutte le predisposizioni impiantistiche;
- Fornitura e posa in opera dei cigli delle fermate;
- Posa dei pali della TE

Sottostazioni elettriche

- Esecuzione degli scavi di fondazione e delle demolizioni delle opere eventualmente interferenti;
- Esecuzione delle opere in calcestruzzo armato e degli orizzontamenti;
- Tamponamenti, muri perimetrali e infissi;
- Pavimentazioni, intonaci;
- Impianti;
- Finiture e tinteggiature.

Sono ipotizzate quattro differenti fasi di cantiere

- Realizzazione del viadotto
- Realizzazione della linea in parallelo alla S.P. 8
- Realizzazione della linea lungo strada Comunale Sestu-Monserrato
- Realizzazione opere civili: fermate ATENEO e Corso d'Italia (capolinea) e sottostazioni elettriche.

Considerate le fasi sopra identificate è prevista l'individuazione di tre differenti aree principali di cantiere:

- Area a ridosso della Fermata Policlinico.
- Area in corrispondenza svincolo S.P.8 Strada comunale Sestu Monserrato
- Area in corrispondenza Fermata Ateneo.

Le tre aree costituiranno anche aree di stoccaggio delle materie prime, mentre la zona degli uffici di cantiere sarà posizionata previo accordo con i comuni, o nelle aree lungo corso d'Italia a Sestu o in corrispondenza della prima area cantiere a ridosso della fermata Policlinico.

Trattandosi di infrastruttura del tipo lineare il fronte dei lavori sarà in continuo avanzamento. Tra le lavorazioni maggiormente impattanti dal punto di vista acustico possiamo individuare quelle che coinvolgono l'utilizzo di mezzi di trasporto e sollevamento nonché tutti gli interventi di demolizione/scavo. Le lavorazioni non sono dal punto di vista acustico particolarmente impattanti, tuttavia in determinati punti del tracciato la distanza con i recettori è davvero minima (primo e ultimo tratto della linea in maggior misura) e si è in presenza di recettori sensibili per i quali deve essere attuata la maggiore cautela possibile. Pertanto, durante le lavorazioni che possono interessare l'utilizzo di attrezzature per lo spianamento e la compattazione (rulli, pale meccaniche etc.), escavatori, strumenti ad aria compressa o comunque lavorazioni impattanti dal punto di vista acustico da effettuarsi in corrispondenza dell'area del policlinico e aule universitarie, dovranno essere posizionate delle barriere acustiche amovibili tra le sorgenti di rumore e i recettori maggiormente prossimi. Oltre il posizionamento barriere acustiche, in corrispondenza delle aree del policlinico si ritiene necessario attuare tutte le ulteriori misure per limitare al minimo la rumorosità delle lavorazioni, privilegiando metodologie a minor impatto acustico e utilizzando attrezzature a minor emissione di rumore.

Detti interventi saranno attuati durante l'avanzamento del cantiere soprattutto nei seguenti tratti:

- Area che interessa i fabbricati del policlinico e università;
- Area in ingresso all'abitato di Sestu (da valutare);

Inoltre durante le fasi maggiormente critiche dovranno essere effettuati dei monitoraggi acustici di controllo. Detti monitoraggi consentiranno di valutare eventuali interventi migliorativi e/o eventualmente la necessità di richiesta di deroga per le attività rumorose in determinate situazioni.

I dati rilevati saranno essenzialmente il Livello equivalente, il massimo, minimo e i livelli percentili. Alla fine di ogni serie di rilevamenti saranno realizzati dei report messi a disposizione della stazione appaltante per eventuali comunicazioni alla cittadinanza.

Attività di monitoraggio in corso d'opera

Fermo restando che dovranno essere richieste le necessarie deroghe al rispetto dei limiti imposti dal Piano di classificazione acustica comunale per le lavorazioni da attuarsi in prossimità dei recettori sensibili, si ritiene opportuno verificare che i limiti ammessi siano rispettati durante la fase di lavori. In tal senso dovranno essere effettuate apposite rilevazioni fonometriche in corrispondenza di alcune fasi critiche. Il monitoraggio in corrispondenza dei recettori interferiti dalle attività di cantiere dovranno essere effettuati a cantiere in esercizio in condizioni di normali attività, e quindi importante una stretta collaborazione con i responsabili del cantiere al fine di definire la programmazione esecutiva delle misure.

Per una corretta valutazione i rilievi potranno essere effettuati secondo le seguenti procedure:

- Monitoraggio in continuo per 8 ore in prossimità degli edifici più esposti al rumore generato dalle attività di cantiere (lavorazioni impattanti in corrispondenza dell'area del policlinico);
- raccolta delle informazioni sulle attività di lavorazione che si svolgono nei cantieri (fornite dalla Direzione Lavori) in contemporanea con l'esecuzione dei rilevamenti;
- elaborazioni dei dati, verifica dei risultati e stesura di rapporti integrati da una descrizione delle attività dei cantieri (punto precedente), comparazione con i limiti ammessi;
- Il superamento dei limiti ammessi può determinare la necessità di accertamenti straordinari non programmati, finalizzati ad un controllo di massimo dettaglio delle emissioni di rumore dalle aree di cantiere e alla identificazione delle azioni correttive proponibili per rientrare nei limiti di legge.

I dati rilevati saranno essenzialmente il Livello equivalente, il massimo, minimo e i livelli percentili. Alla fine di ogni serie di rilevamenti saranno realizzati dei report messi a disposizione della stazione appaltante per eventuali comunicazioni alla cittadinanza.

Si ritiene allo stato attuale considerare le seguenti aree dove dovranno essere effettuati i rilevamenti in corso d'opera:

- Area di contatto con i fabbricati del policlinico e con le aule universitarie;

I rilievi dovranno essere effettuati in corrispondenza di ciascuna posizione sopra definita, durante la fase maggiormente critica che comporta emissioni acustiche rilevanti. La rilevazione dovrà avere durata pari all'intero orario di lavorazione.

3.12 n.

Indicazione del provvedimento regionale con cui il tecnico competente in acustica ambientale, che ha predisposto la documentazione di impatto acustico, è stato riconosciuto “competente in acustica ambientale” ai sensi della Legge 4447/1995, art. 2, comma 6 e 7.

Con la Determinazione n. 1812/II del 21 Luglio 2003 è stata riconosciuta all’Ingegnere Alberto Collu la qualifica professionale di Tecnico Competente in Acustica Ambientale, ai sensi dell’art. 2, comma 6 e 7, Legge 26.10.1995, n. 447 e della Det. D.G./D.A. n. 2419 del 23.10.2000.

4 Conclusioni

Scopo della presente relazione è la verifica preliminare dell’impatto acustico e vibratorio dovuto alla metropolitana leggera linea 5 – direttrice Sestu. L’analisi effettuata ha considerato la legislazione esistente in materia e gli standard richiesti dalle norme.

In questa fase di prima verifica preliminare, lo studio deve fornire le prime indicazioni circa il territorio, i recettori e la caratterizzazione ante – operam; la previsione degli effetti deve essere svolta con carattere qualitativo sebbene supportata da attenta valutazione della situazione ante – operam che descrive la situazione in essere.

A seguito dell’analisi effettuata, che ha considerato tra le possibili varianti previste di realizzazione dell’infrastruttura a maggiore impatto acustico (rotaia su cls), si è evidenziato che in questa fase non si evidenzino situazioni ostative alla realizzazione della nuova linea 5 – direttrice Sestu, della metropolitana di superficie dell’area vasta di Cagliari per quanto attiene alle problematiche legate al rumore.

SOMMARIO

1	Introduzione	2
1.1	Scopo del documento	2
1.2	Acronimi ed abbreviazioni	2
2	Norme di riferimento	3
2.1	Analisi del quadro legislativo	4
2.2	Le norme e i limiti ammissibili.....	4
2.2.1	Legge Quadro sull’Inquinamento Acustico – Legge n. 447 del 26.10.1995	5
2.2.2	D.P.C.M. 14 novembre 1997	7
2.2.3	Decreto Ministero dell’Ambiente 16 marzo 1998	8
2.2.4	D.P.R. 18 novembre 1998 n. 459	10
2.2.5	Decreto del Ministro dell’Ambiente 29 novembre 2000.....	14
2.2.6	Normativa Comunitaria	14
2.2.7	Raccomandazione del 6 agosto 2003	15
2.2.8	D.P.R. 30 marzo 2004 n. 142	15
2.2.9	Deliberazione Giunta Regione Autonoma della Sardegna 14 novembre 2008 n. 62/9.....	18
3	valutazione impatto acustico	21
3.1	a.....	21
3.2	b.....	21
3.3	c.....	22
3.4	d.....	28
3.5	e.....	28
3.6	f.....	29
3.7	g.....	32
3.8	h.....	57
3.9	i.....	67
3.10	l.....	68
3.11	m.....	70
3.12	n.....	73
4	Conclusioni.....	73