

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i

CUP: J14H20000440001

U.O. ARCHITETTURA AMBIENTE E TERRITORIO
S.O. AMBIENTE

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST

STUDIO ACUSTICO

RELAZIONE GENERALE

SCALA :

--

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

IN10 10 D 22 RG IM0004 001 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A	Emissione esecutiva	A. Velocchia <i>[Signature]</i>	sett. 2021	A. Corvaja <i>[Signature]</i>	sett. 2021	C. Mazzocchi <i>[Signature]</i>	sett. 2021	C. Ercolani sett. 2021 <i>[Signature]</i> PER EMISSIONE ITALFERR S.p.A. Dott.ssa Carolina Ercolani S.O. Ambiente

File: IN1010D22RGIM0004001A.DWG

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
2.1	Legge Quadro 447/95	6
2.2	D.P.R. 459/98	8
2.3	D.P.R. 142/04	9
2.4	Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000)	11
3	CONCORSUALITÀ DELLE SORGENTI DI RUMORE PRESENTI SUL TERRITORIO	13
4	LIMITI ACUSTICI E APPLICAZIONE DELLE CONCORSUALITÀ	14
5	LIMITI ACUSTICI E AREE DI ESPANSIONE	17
6	LIMITI ACUSTICI E ZONIZZAZIONI ACUSTICHE DEI COMUNI INTERESSATI	20
7	CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM	21
7.1	Descrizione dei ricettori	21
7.1.1	Il censimento dei ricettori	21
7.2	Stima dei livelli acustici Ante Operam	23
8	GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	26
8.1	Illustrazione delle tecniche previsionali adottate	26
8.2	Dati di input del modello	27
8.2.1	Modello di esercizio	28
8.2.2	Emissioni dei rotabili	31
8.3	Taratura del modello di simulazione	34
9	CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI SONORI ANTE MITIGAZIONE	36
10	METODI PER IL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO	37
10.1	Interventi alternativi di mitigazione del rumore ferroviario	37
10.2	Requisiti acustici	39

10.3	Descrizione delle barriere antirumore	40
10.4	Gli interventi sugli edifici	43
11	LE OPERE DI MITIGAZIONE SUL TERRITORIO E I LIVELLI ACUSTICI <i>POST MITIGAZIONE</i>	45

	LINEA AV/AC MILANO VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA PROGETTO DEFINITIVO NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D 22 RG	DOCUMENTO IM 00.04.001	REV. A

1 PREMESSA

Il presente documento contiene i risultati dello studio relativo all'impatto acustico prodotto dalla realizzazione del Progetto Definitivo del Nodo AV/AC di Verona: Verona Ovest.

Il nodo di Verona Ovest comprende la tratta di linea funzionale all'inserimento della Brescia-Verona sui binari IV e VI di Verona Porta Nuova, nonché la realizzazione di una nuova linea "indipendente merci", con tracciato parallelo e posto a nord sia della Milano-Venezia sia della linea AV/AC, collegata all'interconnessione di Verona merci da realizzare nell'ambito della tratta AV di competenza del GC.

Il presente progetto è stato sviluppato in maniera integrata con gli interventi previsti nell'ambito dell'intervento di potenziamento e sviluppo dell'interporto di Quadrante Europa, con particolare riferimento agli aspetti connessi agli impianti di segnalamento e a quelli relativi all'interferenza con il prolungamento del sottovia di Via Carnia.

Il suddetto progetto prevede, in sintesi, la realizzazione dei seguenti interventi:

- realizzazione dei due nuovi binari AV/AC nel tratto compreso tra l'autostrada A22 e la radice ovest di Verona Porta Nuova;
- rilocazione su nuova sede dei binari della linea storica in corrispondenza del suddetto tratto, finalizzata a creare gli spazi necessari alla costruzione dei suddetti binari AV/AC;
- realizzazione di due nuovi binari relativi all'interconnessione Merci di Verona, nel tratto compreso tra l'A22 e l'innesto sulla Linea "Brennero" (la realizzazione del bivio di interconnessione sulla linea AV/AC è compresa nel progetto di linea AC);
- razionalizzazione e potenziamento della stazione di Verona P.N.;
- realizzazione di una nuova Sottostazione Elettrica, dismissione dell'attuale localizzata nel quartiere Santa Lucia e costruzione di nuovi tratti di Linea Primaria funzionali alla nuova Sottostazione;
- conseguenti adeguamenti/potenziamenti tecnologici per la gestione delle modifiche agli impianti di segnalamento esistenti e per la gestione degli impianti di nuova realizzazione.

L'iter metodologico seguito -nel rispetto del Manuale di Progettazione RFI delle Opere Civili cod. RFI DTC SI AM MA IFS 001 D del 31.12.2020 può essere schematizzato secondo le fasi di lavoro di seguito riportate:

- Individuazione dei valori limite di immissione secondo il DPR 459/98 (decreto sul rumore ferroviario), il DMA 29/11/2000 (piani di contenimento e di risanamento acustico) e DPR 142/04 (decreto sul rumore stradale) per tener conto della concorsualità del rumore prodotto dalle infrastrutture stradali presenti all'interno dell'ambito di studio. Al di fuori della fascia di pertinenza acustica ferroviaria si analizzano i limiti dettati dalla Classificazione Acustica dei Comuni interessati.

- Caratterizzazione ante operam. In questa fase dello studio è stato analizzato il territorio allo stato attuale (situazione ante operam) identificando gli ingombri e le volumetrie di tutti i fabbricati presenti con particolare riguardo alla destinazione d'uso, all'altezza e allo stato di conservazione dei ricettori potenzialmente impattati e ricadenti nella fascia di pertinenza acustica ferroviaria (250 m per lato); è stata altresì effettuata una verifica di clima acustico all'interno delle aree di espansione residenziale così come individuate dai PRG comunali. Tali analisi sono state estese fino a 300m per lato, per tener conto dei primi fronti edificati presenti al di fuori della fascia di pertinenza ferroviaria.
- Livelli acustici ante mitigazione. Con l'ausilio del modello di simulazione SoundPLAN si è proceduto alla valutazione dei livelli acustici con la realizzazione del progetto in esame. Gli algoritmi di calcolo scelti per valutare la propagazione dell'onda sonora emessa dall'infrastruttura ferroviaria fanno riferimento al metodo Schall 03, DIN 18005. I risultati del modello di simulazione sono stati quindi messi a confronto con i limiti acustici della linea, eventualmente ridotti per la presenza infrastrutture concorrenti così come previsto dal D.M. 29 novembre 2000.
- Metodi per il contenimento dell'inquinamento acustico. In questa parte dello studio sono state descritte le tipologie di intervento da adottare indicandone i requisiti acustici minimi.
- Individuazione degli interventi di mitigazione. L'obiettivo è stato quello di abbattere le eccedenze acustiche dai limiti di norma mediante l'inserimento di barriere antirumore. Come anticipato, sono state a tale scopo previste barriere di altezze variabili da 4,5m su piano di calpestio (tipologico verticalizzato RFI H4) a 7,5m sul piano del ferro (tipologico verticalizzato RFI H10). A seguito dell'analisi dei risultati delle simulazioni acustiche si sono evinti superamenti dei limiti in corrispondenza di ricettori per i quali non è risultata possibile la completa mitigazione con intervento alla sorgente (Barriere Antirumore), causa notevole altezza e/o breve distanza dalla Linea o causa impossibilità tecnica di collocazione delle barriere. Per tali ricettori, oggetto di Intervento Diretto, si è proceduto alla verifica della necessità o meno di sostituzione degli infissi attualmente in uso.

Il presente documento è stato redatto/verificato dall'Ing. Alfredo Corvaja, iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica N. 7280 (già iscritto nell'elenco dei Tecnici Competenti in Acustica Ambientale della Regione Lazio n. 606).

Gli elaborati correlati, elencati nella seguente tabella, sono stati redatti e/o verificati dallo stesso.

1	Corografia generale ed individuazione delle fasce di pertinenza acustica	1:5.000	I	N	1	0	1	0	D	2	2	C	6	I	M	0	0	0	4	0	0	1	A
2	Planimetria di censimento dei ricettori	1:2.000	I	N	1	0	1	0	D	2	2	P	6	I	M	0	0	0	4	0	0	1÷3	A
3	Planimetria di localizzazione degli interventi di mitigazione acustica	1:2.000	I	N	1	0	1	0	D	2	2	P	6	I	M	0	0	0	4	0	0	4÷6	A
4	Relazione generale - Studio Acustico	-	I	N	1	0	1	0	D	2	2	R	G	I	M	0	0	0	4	0	0	1	A
5	Relazione generale - Studio Vibrazionale	-	I	N	1	0	1	0	D	2	2	R	G	I	M	0	0	0	4	0	0	2	A

6	Livelli in facciata sui ricettori ante e post mitigazione	-	I	N	1	0	1	0	D	2	2	T	T	I	M	0	0	0	4	0	0	1	A
7	Report Misure Acustiche	-	I	N	1	0	1	0	D	2	2	R	H	I	M	0	0	0	4	0	0	1	A
8	Report Misure Vibrazioni	-	I	N	1	0	1	0	D	2	2	R	H	I	M	0	0	0	4	0	0	2	A
9	Relazione degli interventi diretti sui ricettori	-	I	N	1	0	1	0	D	2	2	R	G	I	M	0	0	0	4	0	0	3	A
10	Schede censimento dei ricettori	-	I	N	1	0	1	0	D	2	2	S	H	I	M	0	0	0	4	0	0	1	A
11	Schede tecniche degli interventi diretti sui ricettori	-	I	N	1	0	1	0	D	2	2	S	H	I	M	0	0	0	4	0	0	2	A

	LINEA AV/AC MILANO VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA PROGETTO DEFINITIVO NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D 22 RG	DOCUMENTO IM 00.04.001	REV. A

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Legge Quadro 447/95

In data 26/10/1995, viene pubblicata la Legge 26 ottobre 1995 n° 447 «*Legge quadro sull'inquinamento acustico*».

Detto strumento normativo, che sostituisce il D.P.C.M. 1 marzo 1991, affronta il tema dell'inquinamento acustico del territorio, ricomprendendo al suo interno le definizioni fondamentali e definendo competenze ed adempimenti necessari alla tutela dell'ambiente dal rumore.

La Legge Quadro indica le metodiche da adottare per il contenimento della problematica (piani e disposizioni in materia d'impatto acustico), e fornisce all'art. 2 comma 1 una definizione del fenomeno, dell'ambito di applicazione della normativa e delle sorgenti.

In particolare, la Legge Quadro fa riferimento agli **ambienti abitativi**, definiti come: «*ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.L. 15/08/91, n.277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive*».

Nella definizione riportata risultano quindi comprese le residenze e comunque tutti quegli ambienti ove risiedono comunità e destinati alle diverse attività umane, ai quali non viene in genere ristretto il concetto di ambiente abitativo.

Sempre all'interno dell'art. 2 comma 1. la Legge Quadro fornisce la definizione di sorgente di rumore suddividendole tra *sorgenti fisse* e *sorgenti mobili*.

In particolare, vengono inserite tra le **sorgenti fisse** anche le infrastrutture stradali e ferroviarie:

«... le installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore, **le infrastrutture stradali, ferroviarie, commerciali**; ...; le aree adibite ad attività sportive e ricreative.»

La Legge Quadro ribadisce la necessità che i comuni predispongano una **zonizzazione acustica comunale**. Le aree previste per la zonizzazione del territorio sono sei e sono così caratterizzate:

I - AREE PARTICOLARMENTE PROTETTE

Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per l'utilizzazione, quali aree ospedaliere, scolastiche, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse naturalistico, ricreativo, culturale, archeologico, parchi naturali e urbani;

	LINEA AV/AC MILANO VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA PROGETTO DEFINITIVO NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D 22 RG	DOCUMENTO IM 00.04.001	REV. A

II - AREE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALI

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, limitata presenza di attività commerciali, totale assenza di attività industriali ed artigianali;

III - AREE DI TIPO MISTO

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale e di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali, interessate da attività che impiegano macchine operatrici;

IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA

Rientrano in questa classe:

- a) le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, presenze di attività artigianali, con dotazione di impianti di servizi a ciclo continuo;
- b) *le aree in prossimità* di strade di grande comunicazione, *di linee ferroviarie*, di aeroporti e porti;
- c) le aree con limitata presenza di piccole industrie;

V - AREE PREVALENTEMENTE INDUSTRIALI

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni;

VI - AREE ESCLUSIVAMENTE INDUSTRIALI

Rientrano in questa classe le aree interessate da industrie a ciclo continuo prive di insediamenti abitativi.

Un aspetto innovativo della Legge Quadro è invece l'introduzione, accanto al criterio valore limite assoluto di immissione nell'ambiente e del criterio differenziale previsti dall'ex D.P.C.M., di altri metodi di valutazione dello stato e dell'inquinamento acustico ambientale, che di seguito vengono elencati:

- criterio del valore limite massimo di emissione;
- criterio del valore di attenzione;
- criterio del valore di qualità.

Si rileva pertanto che la Legge analizza sotto diversi aspetti la problematica acustica imponendo, accanto ai limiti di tutela per i ricettori, dei limiti sulle emissioni delle specifiche sorgenti e degli obiettivi di qualità da perseguire nel tempo.

Per l'individuazione dei limiti di applicabilità e delle soglie numeriche relative a ciascun criterio di valutazione, la Legge 447/95 demanda al D.P.C.M. del 14/11/1997 «*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*».

Da tale D.P.C.M. resta, però, ancora una volta esclusa la regolamentazione delle infrastrutture di trasporto.

2.2 D.P.R. 459/98

Per quanto concerne la disciplina del rumore ferroviario, il D.P.C.M del 14/11/97, coerentemente con quanto previsto dalla Legge Quadro 447/95, rimanda pertanto al D.P.R. n. 459 del 18/11/98.

Di seguito, si sintetizzano i contenuti salienti del regolamento.

Per le Infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h, a partire dalla mezzeria dei binari esterni e per ciascun lato, deve essere considerata una fascia di pertinenza dell'infrastruttura di ampiezza pari a 250 m, suddivisa a sua volta in due fasce: la prima, più vicina all'infrastruttura, della larghezza di m 100, denominata fascia A; la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di m 150, denominata fascia B.

All'interno di tali fasce i valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura ferroviaria sono i seguenti:

1. Per scuole, ospedali, case di cura, e case di riposo il limite è di 50 dBA nel periodo diurno e di 40 dBA nel periodo notturno. Per le scuole vale solo il limite diurno;
2. Per i ricettori posti all'interno della fascia A di pertinenza ferroviaria, il limite è di 70 dBA nel periodo diurno e di 60 dBA nel periodo notturno;
3. Per i ricettori posti all'interno della fascia B di pertinenza ferroviaria, il limite è di 65 dBA nel periodo diurno e di 55 dBA nel periodo notturno;
4. Oltre la fascia di pertinenza, valgono i limiti previsti dai piani di zonizzazione acustica comunali

Il rispetto dei limiti massimi di immissione, entro o al di fuori della fascia di pertinenza, devono essere verificati con misure sugli interi periodi di riferimento diurno (h. 6÷22) e notturno (h. 22÷6), in facciata degli edifici e ad 1 m dalla stessa, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

Inoltre, qualora, in base a considerazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, il raggiungimento dei predetti limiti non sia conseguibile con interventi sull'infrastruttura, si deve procedere con interventi diretti sui ricettori.

In questo caso, all'interno dei fabbricati, dovranno essere ottenuti i seguenti livelli sonori interni:

1. 35 dBA di Leq nel periodo notturno per ospedali, case di cura, e case di riposo;
2. 40 dBA di Leq nel periodo notturno per tutti gli altri ricettori;
3. 45 dBA di Leq nel periodo diurno per le scuole.

I valori sopra indicati dovranno essere misurati al centro della stanza a finestre chiuse a 1,5 m di altezza sul pavimento.

2.3 D.P.R. 142/04

In data 1 Giugno 2004 viene pubblicato il Decreto del Presidente della Repubblica 30 marzo 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 per le infrastrutture stradali, così come previsto dal suddetto art. 5 del D.P.C.M. 14/11/1997, fissa le fasce di pertinenza a partire dal confine dell'infrastruttura (art. 3 comma 3) ed i limiti di immissione che dovranno essere rispettati.

Il D.P.R. 142/04 interessa come campo di applicazione le seguenti infrastrutture stradali così come definite dall'Art. 2 del Codice della Strada (D.L.vo n. 285 del 30/04/1992) e secondo le Norme CNR 1980 e direttive PUT per i sottotipi individuati ai fini acustici.

Sono in particolare indicate le seguenti classi di strade:

A - Autostrade

B - Strade extraurbane principali

C - Strade extraurbane secondarie (suddivise in sottocategorie ai sensi del D.M. 5.11.02 per le strade di nuova realizzazione e secondo le norme CNR 1980 e direttive PUT per le strade esistenti e assimilabili)

D - Strade urbane di scorrimento (suddivise in sottocategorie secondo le norme CNR 1980 e direttive PUT per le strade esistenti e assimilabili)

E - Strade urbane di quartiere

F - Strade locali

Il Decreto individua, diversamente per le strade di nuova realizzazione o per le strade esistenti e assimilabili, l'ampiezza delle fasce di pertinenza ed i relativi limiti associati per ogni sottotipo di infrastruttura stradale, come riportato nelle tabelle seguenti:

Strade di nuova realizzazione

TIPI DI STRADA Secondo codice della strada	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo D.M. 5.11.02 - Norme funz. E geom. Per la costruzione delle strade)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(a)	Notturmo dB(a)	Diurno dB(a)	Notturmo dB(a)
A- autostrada		250	50	40	65	55
B - extraurbane principali		250	50	40	65	55
C - extraurbane secondarie	C 1	250	50	40	65	55
	C 2	150	50	40	65	55
D - urbane di scorrimento		100	50	40	65	55
E - urbane di quartiere		30	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 previsto dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.			
F - locali		30				

* per le scuole vale il solo limite diurno

Strade esistenti e assimilabili (ampliamento in sede, affiancamenti e varianti)

TIPI DI STRADA Secondo codice della strada	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo Norme CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(a)	Notturmo dB(a)	Diurno dB(a)	Notturmo dB(a)
A- autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B - extraurbane principali		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C - extraurbane secondarie	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D - urbane di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E - urbane di quartiere		30	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 previsto dall'art. 5, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.			
F - locali		30				

* per le scuole vale il solo limite diurno

	LINEA AV/AC MILANO VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA PROGETTO DEFINITIVO NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D 22 RG	DOCUMENTO IM 00.04.001	REV. A

Per quanto concerne il rispetto dei limiti, il DPR 142 stabilisce che lo stesso sia verificato in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

Per i recettori inclusi nella fascia di pertinenza acustica, devono essere individuate ed adottate opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore e direttamente sul ricettore, per ridurre l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura, con l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, tenuto conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico.

Ove non sia tecnicamente conseguibile il rispetto dei limiti con gli interventi sull'infrastruttura, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzi l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui recettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- a) 35 dBA - Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- b) 40 dBA - Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;
- c) 45 dBA - Leq diurno per le scuole.

Tali valori sono valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento.

2.4 Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000)

In data 6 Dicembre 2000, viene pubblicato il Decreto del Ministero dell'Ambiente n.141 del 29 Novembre 2000 "*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*".

Detto strumento normativo, stabilisce i criteri tecnici per la predisposizione degli interventi antirumore, definendo, oltre agli obblighi del gestore, i criteri di priorità degli interventi, riportando inoltre in Allegato (Allegato 2) i criteri di progettazione degli interventi stessi (Allegato 3 – Tabella 1), l'indice dei costi di intervento e i criteri di valutazione delle percentuali dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in uno stesso punto.

In particolare, all'art. 4 "Obiettivi dell'attività di risanamento", il Decreto stabilisce che le attività di risanamento debbano conseguire il rispetto dei valori limite del rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto così come stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all'art. 11 della Legge Quadro.

Nel caso di sovrapposizione di più fasce di pertinenza, il rumore immesso non deve superare complessivamente il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

Per quanto concerne le priorità di intervento, nell'Allegato 1 viene riportato la seguente relazione per il calcolo dell'indice di priorità P,

$$P = \sum R_i (L_i - L_i^*) \quad (I).$$

nella quale:

R_i è il numero di abitanti nella zona i -esima,

$(L_i - L_i^*)$ è la più elevata delle differenze tra i valori di esposizione previsti e i limiti imposti dalla normativa vigente all'interno di una singola zona;

Relativamente alle infrastrutture concorrenti, il Decreto stabilisce che l'attività di risanamento sia effettuata secondo un criterio di valutazione riportato nell'allegato 4 oppure attraverso un accordo fra i medesimi soggetti, le regioni e le province autonome, i comuni e le province territorialmente competenti.

Il criterio indicato dal decreto nell'Allegato 4 viene introduce il concetto di "*Livello di soglia*", espresso mediante la relazione

$$L_s = L_{zona} - 10 \cdot \log_{10} N \quad (II)$$

e definito come "*il livello cui deve pervenire, a seguito di risanamento, ogni singola sorgente, avente rumore egualmente ponderato.*"

Nella relazione (II) il termine N rappresenta il numero delle sorgenti interessate al risanamento, e L_{zona} è il limite assoluto di immissione. Se il livello equivalente di rumore immesso da una sorgente è inferiore di 10 dBA rispetto al valore della sorgente avente massima immissione ed inferiore al livello di soglia calcolato con il numero di sorgenti diminuito di 1, il contributo della sorgente stessa può essere trascurato.

3 CONCURSUALITÀ DELLE SORGENTI DI RUMORE PRESENTI SUL TERRITORIO

La verifica di concursualità, come indicata dall'Allegato 4 del DM 29/11/2000 "Criterio di valutazione dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto", richiede in primo luogo l'identificazione degli ambiti interessati dalle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale e dalle infrastrutture secondarie presenti sul territorio. La verifica è di tipo geometrico e viene svolta considerando le aree di sovrapposizione tra le fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie potenzialmente concursuali.

Se il ricettore è compreso all'interno di un'area di concursualità è in primo luogo necessario verificare la significatività della sorgente concursuale.

La sorgente concursuale non è sicuramente significativa e può essere trascurata, se la differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria è superiore a 10 dBA.

Nell'area di progetto le sorgenti infrastrutturali che possono essere ritenute concursuali sono le seguenti:

- A22 Autostrada (Autostrada del Brennero)
- Tangenziale Sud di Verona
- Tronco Stradale T4-T9

Le fasce di pertinenza delle infrastrutture considerate sono riportate nelle Planimetrie di localizzazione degli interventi di mitigazione acustica (elaborati IN1010D22P6IM0004001A÷ IN1010D22P6IM0004002A÷ IN1010D22P6IM0004002A).

Tutte e tre le infrastrutture concursuali sono classificate come strada di categoria "A – Autostrada" – strade esistenti (DPR 142/04), con fascia di pertinenza acustica A di ampiezza pari a 100 metri dalla sede stradale e fascia B pari ad ulteriori 150 metri più lontana dalla sede.

4 LIMITI ACUSTICI E APPLICAZIONE DELLE CONCURSUALITÀ

Per individuare i limiti che ciascun ricettore deve rispettare si considera quanto indicato nel Decreto Attuativo per la regolamentazione dei limiti d'immissione delle infrastrutture ferroviarie del 18/11/98 n° 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n° 447, e nel DMA 29/11/2000.

Come evidenziato nei riferimenti normativi, i limiti di riferimento variano in funzione del tipo di ricettore cui si fa riferimento e del numero di sorgenti presenti sul territorio che possono definirsi concorsuali con quella oggetto di analisi.

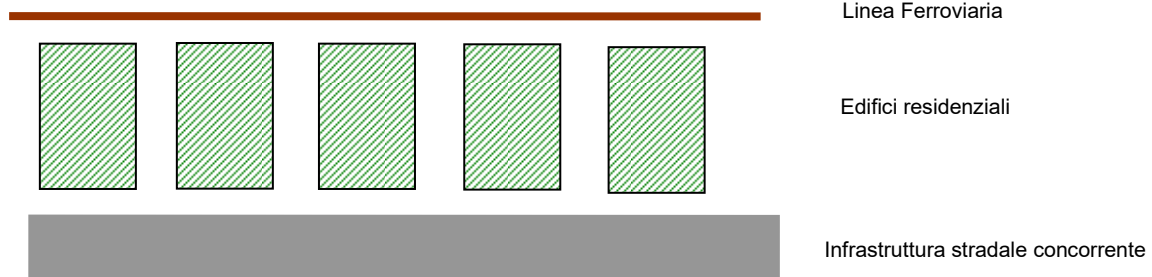
Per il tipo di ricettori, alcuni di essi assumono i limiti sia nel periodo diurno, sia nel periodo notturno, mentre altri nel solo periodo diurno: ciò perché il limite di riferimento è relativo al periodo in cui effettivamente l'edificio in questione è utilizzato in maniera continuativa.

Tabella A – Valori di riferimento in assenza di sorgenti concorsuali

Tipo di ricettore	Fascia A (0-100 m)		Fascia B (100-250 m)	
	Periodo diurno dBA	Periodo notturno dBA	Periodo diurno dBA	Periodo notturno dBA
Residenziale	70	60	65	55
Terziario	70	-	65	-
Ospedale/Casa di Cura	50	40	50	40
Scuola	50	-	50	-
Altro (utilizzo saltuario)	-	-	-	-

Si fa presente che a prescindere dall'appartenenza geometrica ad una determinata fascia di pertinenza acustica, di fatto per il ricettore non dovrebbero assumere rilevanza le infrastrutture potenzialmente concorrenti che non insistono sullo stesso fronte rispetto all'infrastruttura principale oggetto di analisi.

Infatti, ove la linea ferroviaria e l'infrastruttura stradale concorrente insistono su fronti opposti di nuclei di residenziali consolidati, la presenza stessa dell'edificato costituirebbe un ostacolo alla propagazione dell'uno o dell'altro contributo acustico e pertanto non vi dovrebbe essere concorsualità effettiva.



Nel complessivo dei ricettori censiti, si riscontrano casi di fabbricati esposti al rumore di una o più sorgenti. Nel primo caso e cioè nel caso di ricettori esposti al solo rumore della linea ferroviaria in questione, si applicano i valori limite sintetizzati nella Tabella A prima riportata. Mentre nel caso di concorsualità fra due o più infrastrutture i valori limite di riferimento sono stati calcolati utilizzando pedissequamente la formulazione riportata nell'Allegato 4 del DM 29/11/2000, che si riporta nuovamente per evidenza:

$$L_s = L_{zona} - 10 \cdot \log_{10} N$$

con il termine N che rappresenta il numero delle sorgenti interessate.

Nella seguente tabella si riportano le possibili combinazioni di concorsualità fino a n.4 sorgenti, indicando con la lettera "A" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite di 70 dBA diurni e 60 dBA notturni, con la lettera "B" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite e 65 dBA diurni e 55 dBA notturni.

Tabella B – Valori di soglia in presenza di sorgenti concorsuali

Fasce di pertinenza				Valori dei limiti di riferimento DM 29.11.2000	
Linea ferroviaria	Infrastruttura 1	Infrastruttura 2	Infrastruttura 3	Diurno dBA	Notturno dBA
A	A			67,0	57,0
A	B			67,0	57,0
B	B			62,0	52,0
B	A			67,0	57,0
A	A	A		65,2	55,2
A	A	B		65,2	55,2
A	B	B		65,2	55,2
B	A	A		65,2	55,2
B	A	B		65,2	55,2
B	B	B		60,2	50,2
A	A	A	A	64,0	54,0
A	A	A	B	64,0	54,0
A	A	B	B	64,0	54,0

Fasce di pertinenza				Valori dei limiti di riferimento DM 29.11.2000	
Linea ferroviaria	Infrastruttura 1	Infrastruttura 2	Infrastruttura 3	Diurno dBA	Notturno dBA
A	B	B	B	64,0	54,0
B	A	A	A	64,0	54,0
B	A	A	B	64,0	54,0
B	A	B	B	64,0	54,0
B	B	B	B	59,0	49,0

I limiti riportati in tabella si riferiscono a edifici residenziali; in caso di edifici adibiti ad attività commerciali o uffici saranno considerati unicamente i valori diurni, in quanto relativi al periodo di riferimento in cui è prevista la permanenza di persone.

5 LIMITI ACUSTICI E AREE DI ESPANSIONE

Ai sensi del DPR 459/98, mediante l'analisi della pianificazione urbanistica del comune di Verona è stata eseguita una verifica delle aree di espansione (definite come ricettore nell'art.1, co.1, lett.e), che ricadono all'interno della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura in progetto e alle quali vanno applicati i limiti dettati da dette fasce, eventualmente decurtati del contributo di concorsualità.

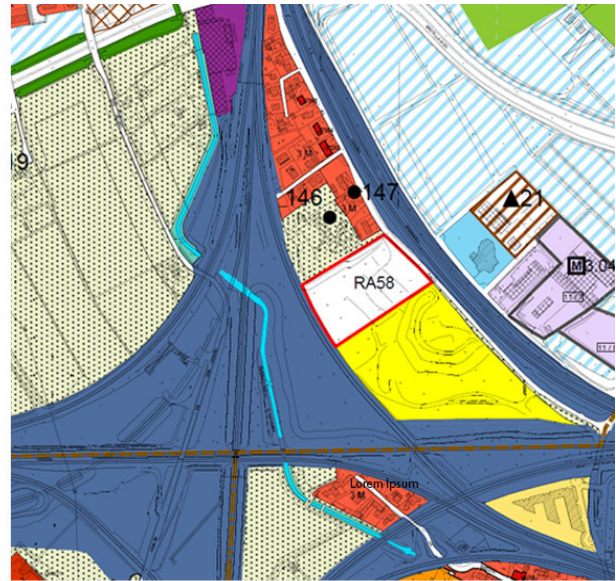
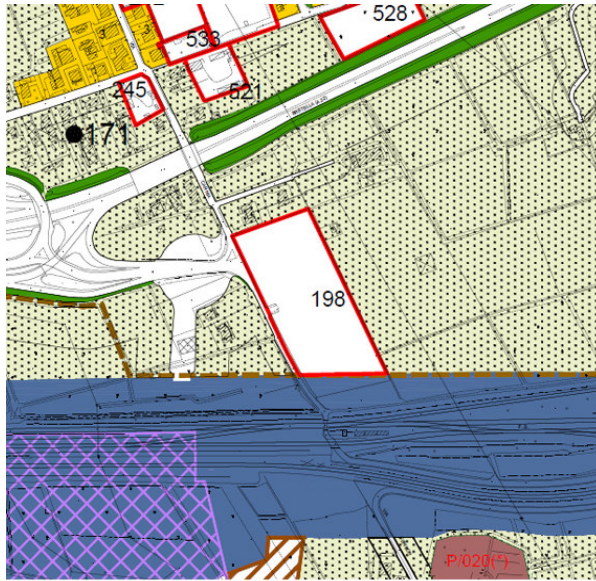
La documentazione consultata è riportata nella tabella seguente.

Piano	APPROVAZIONE
Piani di Assetto del Territorio P.A.T.	D.G.R. n. 4148 del 18/12/07
Piani di Intervento P.I.	D.C.C. n. 48 28/11/2019

Per quanto riguarda le suddette aree possiamo affermare che la consultazione in particolare del Piano degli Interventi non ha evidenziato l'esistenza di AREE EDIFICABILI RESIDUE DI PRG (Residenziali e Produttive) "Art.155 - Definizioni, obiettivi e componenti" che intersecano il nostro ambito.

Al contrario esistono due aree denominate AMBITI SOGGETTI A SCHEDA NORMA CON ACCORDI ai sensi dell'Art. 6 Legge 11/2004 nel capitolo "La città della trasformazione" che ricadono nelle fasce di pertinenza del nostro tratto di ferrovia quindi riportiamo qui sotto uno stralcio del Piano di Intervento P.I. in cui si evidenziano le due aree e le relative schede norma:

Comune di Verona	
Area espansione/trasformazione	Funzioni ammesse
198	U1-Abitativo
RA58	U1-Abitativo



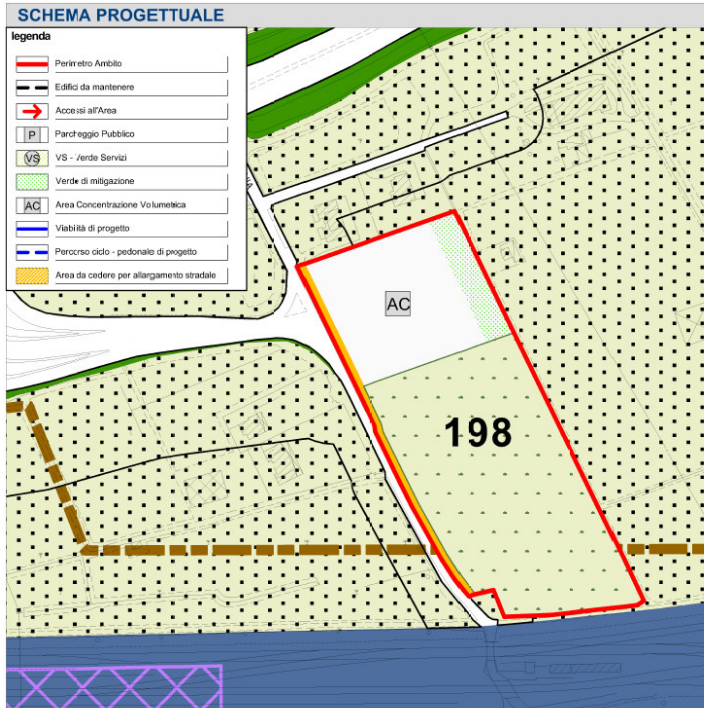
La città della trasformazione (parte 3[^] - titolo 1[^] - capo 1[^])



Ambiti Soggetti a Scheda Norma
con Accordi ai sensi
Art. 6 Legge 11/2004



AREE EDIFICABILI RESIDUE DI PRG
(Residenziali e Produttive)
Art. 155



CARATURE URBANISTICHE

ST	22.602 mq
Classe Perequative	n°2
U1 - Abitativi *	430 mq
U2 - Commerciali	0 mq
U3 - Terziari	0 mq
U4 - Turistici, ricettivi congressuali	0 mq
U5 - Produttivi e manifatturieri	0 mq
U - altro (specificare dest. uso proposta)	0 mq
SUL TOTALE ATTRIBUITA	430 mq
N. Piani Fuori Terra	max n.2
VS	min. 50%

* SUL attribuita come credito edilizio per la forestazione (14.330 mq x 0.03) della parte sud dell'ambito da trasferire su area idonea all'edificazione (AC)

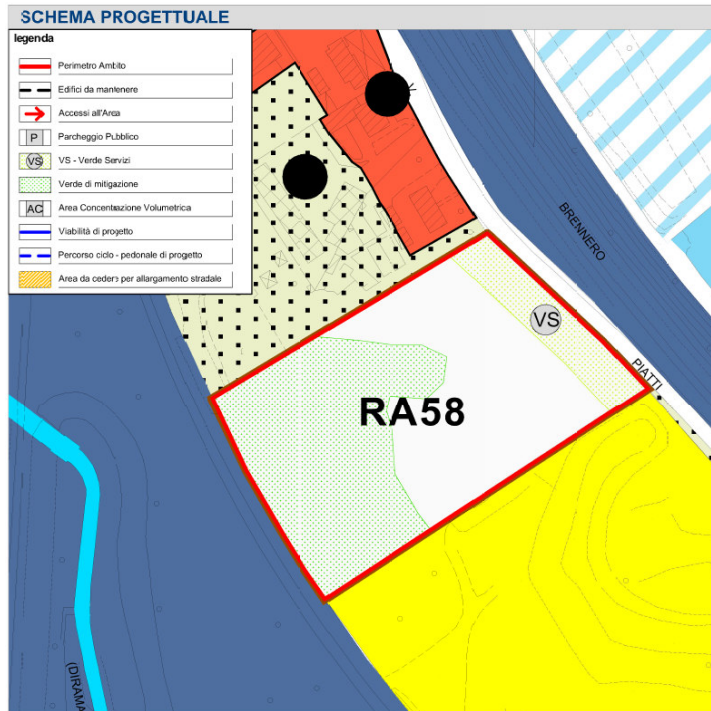
MODALITA' DI ATTUAZIONE

Comparto Urbanistico convenzionato	<input checked="" type="checkbox"/>
PUA	<input type="checkbox"/>

DIRETTIVE E PRESCRIZIONI

PRESCRIZIONI:

- Lungo il lato confinante con via Fenilon dovrà essere ceduta una fascia di almeno 4 ml che andrà lasciata libera da costruzioni, comprese recinzioni, e piantumazioni.



CARATURE URBANISTICHE

ST	13.756 mq
Classe Perequativa	6
U1 - Abitativi	3.500 mq
U2 - Commerciali	0 mq
U3 - Terziari	0 mq
U4 - Turistici, ricettivi congressuali	0 mq
U5 - Produttivi e manifatturieri	0 mq
U - altro	0 mq
SUL TOTALE ATTRIBUITA	3.500 mq
N. Piani Fuori Terra	max n. 4
VS	min. 50 %

MODALITA' DI ATTUAZIONE

Comparto Urbanistico convenzionato	<input type="checkbox"/>
PUA	<input checked="" type="checkbox"/>

DIRETTIVE E PRESCRIZIONI

DIRETTIVE:

- Il verde di mitigazione può concorrere alla determinazione della VS.
- Il contributo di sostenibilità sia interamente versato al fine della realizzazione della rotonda su Via Alberi all'intersezione con la tangenziale.

PRESCRIZIONI:

- Va effettuata una relazione dendrologica al fine di individuare e conservare le alberature di pregio esistenti.
- L'eventuale riduzione della zona boscata esistente a sud-ovest dell'ambito dovrà comunque acquisire il prescritto parere della competente Direzione Forestale Regionale secondo il procedimento previsto degli articoli 14 e 15 della L.R. 52/1978

6 LIMITI ACUSTICI E ZONIZZAZIONI ACUSTICHE DEI COMUNI INTERESSATI

Per l'articolo 4 e 5 del DPR 459/98 i ricettori che ricadono al di fuori della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura devono rispettare i limiti della tabella C del DPCM 14/11/97, ossia i limiti imposti dalle zonizzazioni acustiche comunali attraversate dalla linea ferroviaria. In ottemperanza a quanto previsto dalla Legge Quadro 447/95, i comuni interessati sono provvisti di Piano di zonizzazione acustica.

Le classi e le aree di zonizzazione acustica sono graficamente riportate nelle planimetrie di censimento ricettori dello studio acustico.

Nella tabella seguente si riporta lo stato di redazione e approvazione dei suddetti piani:

Piano	APPROVAZIONE
Zonizzazione Acustica di Verona	D.C.C. n. 441 del 27/12/17

Per quanto concerne la classificazione, in relazione alla varietà uso del suolo presente vi è una diversificazione delle aree e quindi dei limiti acustici previsti. Dall'analisi dei piani in questione emerge che il territorio interessato dalla linea di progetto, oltre la fascia di pertinenza acustica ferroviaria è per lo più classificato nei suddetti piani come zone di classe III - aree di tipo misto i cui limiti acustici sono pari a 60 dB(A) di giorno e a 50 dB(A) di notte, classe IV – intensa attività umana i cui limiti acustici sono pari a 65 dB(A) di giorno e a 55 dB(A) di notte e classe V insediamenti prevalentemente industriali i cui limiti acustici sono pari a 70 dB(A) di giorno e a 60 dB(A) di notte.

	LINEA AV/AC MILANO VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA PROGETTO DEFINITIVO NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D 22 RG	DOCUMENTO IM 00.04.001	REV. A

7 CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM

7.1 Descrizione dei ricettori

Il progetto prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

- realizzazione dei due nuovi binari AV/AC nel tratto compreso tra l'autostrada A22 e la radice ovest di Verona Porta Nuova;
- rilocalizzazione su nuova sede dei binari della linea storica in corrispondenza del suddetto tratto, finalizzata a creare gli spazi necessari alla costruzione dei suddetti binari AV/AC;
- realizzazione di due nuovi binari relativi all'interconnessione Merci di Verona, nel tratto compreso tra l'A22 e l'innesto sulla Linea "Brennero" (la realizzazione del bivio di interconnessione sulla linea AV/AC è compresa nel progetto di linea AC);
- razionalizzazione e potenziamento della stazione di Verona P.N.;
- realizzazione di una nuova Sottostazione Elettrica, dismissione dell'attuale localizzata nel quartiere Santa Lucia e costruzione di nuovi tratti di Linea Primaria funzionali alla nuova Sottostazione;
- conseguenti adeguamenti/potenziamenti tecnologici per la gestione delle modifiche agli impianti di segnalamento esistenti e per la gestione degli impianti di nuova realizzazione.

Il tracciato si sviluppa principalmente attraversando aree rurali e poco urbanizzate, per lo più agricole/produktive sino ad arrivare all'ingresso di Verona con la presenza di alcuni ricettori semiresidenziali e residenziali del tessuto urbano della città di Verona stessa.

La sede ferroviaria è costituita da binari che corrono per lo più in rilevato, ad eccezione di tratti su viadotto che permettono alla linea di scavalcare infrastrutture ferroviarie esistenti ed infrastrutture stradali.

7.1.1 Il censimento dei ricettori

Nell'ambito delle analisi ante operam per la componente rumore è stato effettuato un dettagliato censimento dei ricettori.

Il censimento ha riguardato una fascia di 250 m per lato a partire dal binario esterno (fascia di pertinenza acustica ai sensi del DPR 459/98) in tutti i tratti di linea ferroviaria allo scoperto. L'indagine è stata estesa anche oltre tale fascia, fino a 300 metri, per l'indagine dei fronti edificati prossimi alla stessa.

È stata effettuata, in particolare, una verifica della destinazione d'uso ed altezza di tutti i ricettori. I risultati di tale verifica sono stati riportati, sulla cartografia numerica in scala 1:2000 (elaborati IN1010D22P6IM0004001A÷3A).

	LINEA AV/AC MILANO VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA PROGETTO DEFINITIVO NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D 22 RG	DOCUMENTO IM 00.04.001	REV. A

Nelle planimetrie di censimento summenzionate, in merito ai ricettori censiti sono state evidenziate mediante apposita campitura colorata le informazioni di seguito descritte:

Tipologia dei ricettori

- Residenziale;
- Asili, scuole, Università;
- Ospedali;
- Industriale, artigianale;
- Commerciale, servizi;
- Monumentale, religioso;
- Ruederi, dismessi, box, stalle e depositi;
- Pertinenza FS;
- Aree di espansione residenziale;
- Espropri/demolizioni.

Altezza dei ricettori

Indicato come numero di piani fuori terra.

Sono state altresì indicate le facciate cieche (assenza di infissi) dei ricettori.

L'attività di verifica ante operam è stata quindi completata con la redazione di schede di dettaglio in cui sono state riportate per ciascun fabbricato le informazioni riguardanti la localizzazione, lo stato e la consistenza e la relativa documentazione fotografica.

Le schede sono riportate nel documento IN1010D22SHIM0004001A.

Di seguito viene fornita una descrizione delle informazioni contenute nelle schede:

A) Dati generali

– Codice ricettore individuato da un numero di quattro cifre XZZZ dove

X è un numero che indica la posizione del ricettore rispetto al binario

- 1 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria A)
- 2 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria A)
- 3 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria B)
- 4 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria B)
- 5 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (oltre 250 m)
- 6 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (oltre 250 m)

ZZZ è il numero progressivo del ricettore

B) Dati localizzativi

- Comune
- Progressiva ferroviaria
- Distanza dalla linea ferroviaria in progetto valutata rispetto all'asse di tracciamento
- Tipologia linea

C) Dati caratteristici dell'edificio esaminato

- Numero dei piani
- Orientamento rispetto al binario
- Destinazione d'uso del ricettore

D) Caratterizzazione degli infissi

- Numero infissi fronte parallelo e/o obliqui

E) Altre sorgenti di rumore

F) Note

7.2 Stima dei livelli acustici Ante Operam

Come precedentemente detto, il tracciato si sviluppa principalmente attraversando aree rurali e poco urbanizzate, per lo più agricole/produktive sino ad arrivare all'ingresso di Verona con la presenza di alcuni ricettori semiresidenziali e residenziali del tessuto urbano della città di Verona stessa.

All'interno delle fasce di pertinenza acustica del corridoio di studio, i rilievi effettuati (Report Misure Acustiche cod. IN10D22RHIM0004001A) dimostrano come a brevi distanze dalla linea il clima acustico dell'area è caratterizzato sostanzialmente dal rumore ferroviario della infrastruttura ferroviaria.

A tal proposito si riportano tabella riepilogative con indicazione dei risultati ottenuti presso le postazioni di misura dei rilievi effettuati, ove poter discernere tra rumore di origine ferroviaria (Leq,tr), il rumore residuo (Leq,r) e il rumore ambientale (Leq,Amb) Vengono indicate anche le distanze dall'asse del binario.

PR	Dist. [m]	Altezza sul p.f. [m]	LAE,TR [dBA]	LAeq,TR [dBA]	Treni	PS	Dist. [m]	Altezza sul p.c. [m]	LAE,TR [dBA]	LAeq,TR [dBA]	LAeq,A [dBA]	LAeq,R [dBA]	Treni
PR1	6,00	1,20	119,5	71,9	131	PS1	76	4,0	104,2	56,6	62,2	60,8	131
			91,6	47,0	15		107	4,0	99,8	52,2	50,1	47,2	15
			108,2	63,6	15	PS2	107	4,0	99,8	52,2	56,6	54,6	131

									90,6	46,0	51,3	49,8	15
--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	------	------	------	----

LEGENDA

LAE,TR	Rumore Ferroviario	Parametro SEL [dB(A)]	Periodo Diurno: 06.00 - 22.00
LAeq,TR	Rumore Ferroviario	Parametro Livello Equivalente [dB(A)]	
LAeq,A	Rumore Ambientale	Parametro Livello Equivalente [dB(A)]	Periodo Notturno: 22.00 - 06.00
LAeq,R	Rumore Residuo	Parametro Livello Equivalente [dB(A)]	

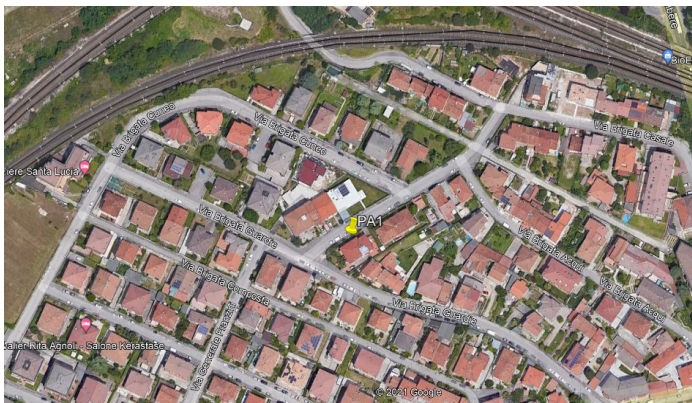
Al fine di ampliare le zone di indagine, ulteriori punti di monitoraggio del clima acustico sono stati posizionati nelle aree delle sezioni di misura, a distanze maggiori. Presso tali tre postazioni, PA (punti ambientali), è stato quindi caratterizzato il clima acustico.

I risultati sono riassunti nelle tabelle seguenti:

MISURE AMBIENTALI

	INTERVALLO	LAEQ [dBA]
PA01	DIURNO	54,7
	NOTTURNO	43,7
PA02	DIURNO	55,3
	NOTTURNO	48,1

Ubicazione punti PA di misura:



Ubicazione punto di misura PA01



Ubicazione punto di misura PA02



LINEA AV/AC MILANO VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA
PROGETTO DEFINITIVO
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST

STUDIO ACUSTICO
Relazione Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D 22 RG	IM 00.04.001	A	25 di 48

Si può supporre che il clima acustico Ante Operam a ridosso della fascia di pertinenza ferroviaria, oltre i 250 metri dal binario più esterno, sia rappresentato dal piano di classificazione acustica stilato dal Comune di Verona (Paragrafo 6), dall'analisi del quale, nell'area di studio, si riscontra la presenza per lo più di zone di classe III, con limiti acustici rispettivamente pari a 60 dB(A) di giorno e a 50 dB(A) di notte e zone di classe IV, con limiti acustici pari a 65 dB(A) di giorno e a 55 dB(A) di notte.

Si sottolinea come a detti livelli acustici contribuiscano le infrastrutture di trasporto dislocate nell'area ambito di studio acustico come l'Autostrada A22, la Tangenziale Sud di Verona ed il Tronco Stradale T4-T9. Altri contributi al clima acustico ambientale sono senza dubbio apportati dalle viabilità minori interferenti dalla viabilità urbana nell'ambito dell'ingresso in Verona.

	LINEA AV/AC MILANO VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA PROGETTO DEFINITIVO NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D 22 RG	DOCUMENTO IM 00.04.001	REV. A

8 GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

8.1 Illustrazione delle tecniche previsionali adottate

L'impatto prodotto dalle infrastrutture ferroviarie può essere valutato con l'ausilio di appositi modelli matematici di simulazione.

Un modello si basa sulla schematizzazione del fenomeno attraverso una serie di ipotesi semplificative che riconducono qualsiasi caso complesso alla somma di casi semplici e noti.

Per la previsione dell'impatto acustico della linea in analisi e per il dimensionamento degli interventi di abbattimento del rumore è stato utilizzato il modello di simulazione SoundPLAN.

Tale modello è sviluppato dalla Braunstein & Berndt GmbH sulla base di norme e standard definiti dalle ISO da altri standards utilizzati localmente come le Shall 03 e DIN 18005 emanate della Germania Federale, le ÖAL 30 Austriache e le Nordic Kilde 130.

Grazie alla sua versatilità e ampiezza del campo applicativo, è all'attualità il Software previsionale acustico più diffuso al mondo. In Italia è in uso a centri di ricerca, Università, Agenzie per l'Ambiente, ARPA, Comuni, Società e studi di consulenza.

La peculiarità del modello SoundPLAN si basa sul metodo di calcolo per "raggi". Il sistema di calcolo fa dipartire dal ricevitore una serie di raggi ciascuno dei quali analizza la geometria della sorgente e quella del territorio, le riflessioni e la presenza di schermi.

Studiando il metodo con maggior dettaglio si vede che ad ogni raggio che parte dal ricettore viene associata una porzione di territorio e così, via via, viene coperto l'intero territorio

Quando un raggio incontra la sorgente, il modello calcola automaticamente il livello prodotto della parte intercettata. Pertanto, sorgenti lineari come strade e ferrovie vengono discretizzate in tanti singoli punti sorgente ciascuno dei quali fornisce un contributo. La somma dei contributi associati ai vari raggi va quindi a costituire il livello di rumore prodotto dall'intera sorgente sul ricettore.

I contributi forniti dai diversi raggi vengono evidenziati nei diagrammi di output. In tali schematizzazioni la lunghezza del raggio è proporzionale al contributo in rumore fornito da quella direzione.

Quando un raggio incontra una superficie riflettente come la facciata di un edificio, il modello calcola le riflessioni multiple. A tal proposito l'operatore può stabilire il numero di riflessioni massimo che deve essere calcolato ovvero la soglia di attenuazione al di sotto della quale il calcolo deve essere interrotto.

Questa metodologia di calcolo consente quindi una particolare accuratezza nella valutazione della geometria del sito e risulta quindi molto preciso ed efficace in campo urbano, dove l'elevata densità di edifici, specie se di altezza elevata, genera riflessioni multiple che producono un innalzamento dei livelli sonori.

La possibilità di inserire i dati sulla morfologia dei territori, sui ricettori e sulle infrastrutture esistenti ed in progetto mediante cartografia tridimensionale consente di schematizzare i luoghi in maniera più che mai realistica e dettagliata. Ciò a maggior ragione se si considera che, oltre alla conformazione morfologica, è possibile associare ad elementi naturali e

antropici specifici comportamenti acustici. Il modello prevede infatti l'inserimento di appositi coefficienti che tengono conto delle caratteristiche più o meno riflettenti delle facciate dei fabbricati.

8.2 Dati di input del modello

L'applicazione del modello previsionale ha richiesto l'inserimento dei dati riguardanti i seguenti aspetti:

1. morfologia del territorio
2. geometria dell'infrastruttura
3. caratteristiche dell'esercizio ferroviario con la realizzazione degli interventi in progetto;
4. emissioni acustiche dei singoli convogli.

Si nota che i dati relativi ai punti 1 e 2 (morfologia del territorio e geometria dell'infrastruttura) sono stati derivati da cartografia vettoriale appositamente prodotta per il progetto definitivo e dalle planimetrie, profili e sezioni di progetto. I dati territoriali sono stati verificati mediante i sopralluoghi in campo effettuati nel corso di elaborazione del censimento dei ricettori.

Per quanto concerne lo standard di calcolo, è stato utilizzato quello delle Deutsche Bundesbahn, sviluppato nelle norme Shall 03. I parametri di calcolo utilizzati sono invece i seguenti:

Ordine di riflessione	2	Ponderazione	dB(A)
Max raggio di ricerca [m]	5000	Imposta bonus ferrovia di 5 dB	<input type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Ric. [m]	200	Considera le superfici stradali come aree "hard" (G=0)	<input checked="" type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Srg. [m]	50		
Tolleranza (dB)	0,010		
Tolleranza rispettata per ..	risultato complessivo		

Per l'elaborazione del DGM (Digital Ground Model) sono stati implementati nel modello i seguenti elementi:

- Punti quota
- Curve di livello
- Bordi stradali

	LINEA AV/AC MILANO VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA PROGETTO DEFINITIVO NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D 22 RG	DOCUMENTO IM 00.04.001	REV. A

- Bordi del rilevato ferroviario
- Sommità e base di rilevati e trincee

Nei paragrafi seguenti si riportano nel dettaglio i dati di input utilizzati per l'esercizio.

8.2.1 Modello di esercizio

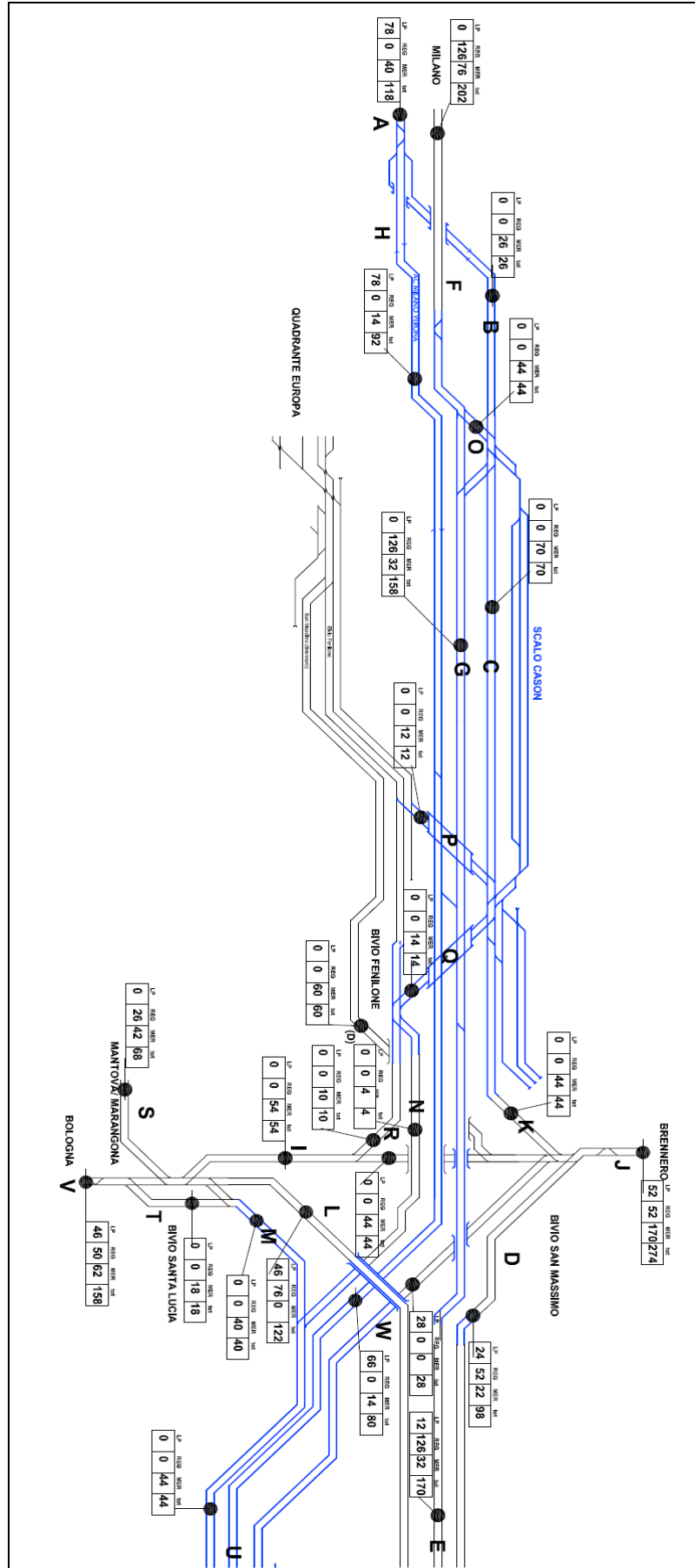
Di seguito si riportano nel dettaglio i dati di input utilizzati per l'esercizio ferroviario:

1. La tipologia di convogli in transito.
2. Il numero di transiti relativamente al periodo diurno e notturno per le diverse categorie di convogli.
3. lunghezza media di ciascuna tipologia di treno

Il modello di esercizio è riassunto nella tabella seguente.

Si fa presente che è stato reperito anche il MdE su altre Linee che si sviluppano, all'interno delle fasce di pertinenza acustica dell'infrastruttura in progetto e che pertanto rappresentano una sorgente di studio interferente.

Nella seguente illustrazione schematica, si riportano i materiali rotabili circolanti al momento dell'attivazione (LP, Reg, Merci, Totale), mentre nella successiva tabella vengono riepilogati i transiti per ogni tratto con relativa ripartizione tra transiti diurni e notturni:



Nella tabella seguente sono riepilogati i transiti previsti per le linee della tratta oggetto di studio suddivisi nei due periodi di riferimento (diurno: ore 6-22; notturno: ore 22-6) con le relative velocità:

TRATTO DI LINEA	ES			IC			REG			MERCİ			TOTALI		
	TOT	diurni	notturni	TOT	diurni	notturni	TOT	diurni	notturni	TOT	diurni	notturni	TOT	diurni	notturni
A	78	71	7	0	0	0	0	0	0	40	28	12	118	99	19
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	19	7	26	19	7
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	49	21	70	49	21
D	12	11	1	12	11	1	52	47	5	22	16	6	98	85	13
E	0	0	0	12	11	1	126	114	12	32	23	9	170	148	22
F	0	0	0	0	0	0	126	114	12	76	54	22	202	168	34
G	0	0	0	0	0	0	126	114	12	32	23	9	158	137	21
H	78	71	7	0	0	0	0	0	0	14	10	4	92	81	11
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	38	16	54	38	16
J	32	29	3	20	18	2	52	47	5	170	119	51	274	213	61
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	31	13	44	31	13
L	36	33	3	10	9	1	76	69	7	0	0	0	122	111	11
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	28	12	40	28	12
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	4	3	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	31	13	44	31	13
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	9	3	12	9	3
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	10	4	14	10	4
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7	3	10	7	3
S	0	0	0	0	0	0	26	24	2	42	30	12	68	54	14
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	13	5	18	13	5
U	66	60	6	0	0	0	0	0	0	14	10	4	80	70	10
V	36	33	3	10	9	1	50	45	5	62	44	18	158	131	27
W	20	18	2	8	8	0	0	0	0	0	0	0	28	26	2

MATERIALE ROTABILE		
ES*	ETR500	Su linea Milano - Venezia
	ETR600	Su linea Brennero/Bologna
IC	Materiale Ordinario 400m	
Reg	Materiale Ordinario 250m	
Merci	modulo 650m	

TRATTO DI LINEA	Velocità di Rango			
	A	B	C	P
A	140	160	180	200
B	100	105	110	130
C (L'innesto a bivio San Massimo è previsto a 60km/h)	100	105	110	130
D	105	110	115	-
E	105	110	115	-
F	140	160	180	200
G fino km 3	140	160	180	200
G fino km 3 - 3,5	140	160	165	195
G fino km 3,5- fine tratto	105	110	115	-
H	140	160	180	200
I	60	60	-	-
J	105	110	115	-
K	60	60	-	-
L	120	125	130	140
M	60	60	-	-
N	60	60	-	-
P	60	60	-	-
Q	60	60	-	-
R	60	60	-	-
S	60	60	-	-
T	60	60	-	-
U	100	105	110	130
V	100	105	110	130
W	60	60	-	-

Tabella velocità di Rango

8.2.2 Emissioni dei rotabili

La verifica è stata eseguita considerando cautelativamente nel modello di simulazione SoundPLAN, per il 100% dei transiti dei convogli passeggeri e per il 20% dei transiti dei convogli merci le emissioni treno PRA RFI, utilizzando quindi i valori di emissione treno contenuti nella "Banca dati delle emissioni della Tabella 2" contenuta nel Documento "Piano degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore ai sensi del DM Ambiente 29/11/2000 – Relazione Tecnica", redatto da RFI. Per le emissioni treno del rimanente 80% dei transiti dei convogli merci sono stati invece utilizzati i "valori limite relativi al rumore in transito", così come definiti dalla Tabella 4 del Regolamento UE n. 1304/2014 – Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema "Materiale rotabile – Rumore".

Emissioni treno PRA RFI:

valori di emissione treno contenuti nella "Banca dati delle emissioni della Tabella 2" contenuta nel Documento "Piano degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore ai sensi del DM Ambiente 29/11/2000 – Relazione Tecnica", redatto da RFI

	dBA	63 Hz	125	250	500	considerando un transito sulle 16 ore			
						1K	2K	4K	8K
ALn 668	42,3	10,3	16,5	25,8	37,1	38,2	34,2	30,1	18,6
Deviazione standard	2,2	3,9	2,9	2,6	3,0	2,5	2,3	2,4	3,4
DIR/IR	46,7	13,5	19,6	31,2	36,8	40,8	43,1	36,9	26,5
Deviazione standard	4,7	3,7	4,3	5,6	5,7	5,3	4,6	4,5	4,4
E/EN	49,1	15,1	26,3	38,1	43,0	43,3	43,2	40,2	28,6
Deviazione standard	3,2	0,5	2,5	2,8	3,3	3,2	3,0	3,9	4,3
ETR 450-460-480	41,3	7,9	12,9	20,7	25,3	30,1	39,3	34,3	21,9
Deviazione standard	3,8	3,4	3,6	4,9	5,0	4,5	3,9	4,0	3,9
ETR 500	43,0	9,4	14,2	24,1	29,2	34,2	40,9	34,2	22,2
Deviazione standard	3,0	2,7	3,2	4,1	3,6	3,2	3,2	3,3	2,9
IC	47,3	12,9	18,2	28,1	33,4	40,1	44,9	38,0	26,5
Deviazione standard	4,0	3,3	4,1	5,9	0,0	0,0	4,7	4,7	4,7
REG	44,7	13,3	20,0	30,3	36,0	38,7	40,3	35,7	25,9
Deviazione standard	4,7	4,7	4,6	5,7	5,7	5,0	4,6	4,7	5,0
REG - MET	39,3	6,3	15,8	26,5	31,7	34,3	33,4	30,3	21,7
Deviazione standard	4,1	3,6	3,8	4,4	4,9	4,7	3,7	3,6	3,5
MERCI	54,9	17,7	29,5	40,1	47,9	50,1	48,7	44,3	32,2
Deviazione standard	6,2	5,6	6,8	7,5	6,9	6,9	5,3	5,6	6,0

Sommario LAeqTr diurno @ 25 m per ciascun tipo di convoglio a 100 Km/h

Emissioni treno S.T.I. (Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema "Materiale rotabile – Rumore):

Per queste emissioni dei rotabili, sono stati utilizzati i "valori limite relativi al rumore in transito", così come definiti dalla Tabella 4 del Regolamento UE n. 1304/2014 – Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema "Materiale rotabile – Rumore":

Tabella 4

Valori limite relativi al rumore in transito

Categoria del sottosistema materiale rotabile	$L_{pAeq,Tp}$ (80 km/h) [dB]	$L_{pAeq,Tp}$ (250 km/h) [dB]
Locomotive elettriche e OTM a trazione elettrica	84	99
Locomotive diesel e OTM a trazione diesel	85	n.d.
EMU	80	95
DMU	81	96
Carrozze	79	n.d.
Carri (normalizzati APL = 0,225) (*)	83	n.d.

(*) Per APL si intende il numero di assili diviso per la distanza tra i respingenti [m⁻¹]

Tabella 4 Regolamento UE n. 1304/2014 – Specifica Tecnica di Interoperabilità “Materiale rotabile – rumore”

Le Specifiche Tecniche di Interoperabilità (di seguito STI), oltre a fissare i limiti di cui alla sopra citata Tabella 4, impongono agli Stati Membri UE l'adozione di veicoli e rotaie di nuova generazione, con sistemi di sicurezza e di aerodinamicità migliorativi rispetto allo scenario attuale.

I valori della Tabella STI si riferiscono ai singoli passaggi di unità alle velocità di 80 km/h e dove disponibili di 250 km/h, e sono relativi al tempo di transito definito dalla ISO/FDIS 3095:2013 (E). Al fine di rendere pertanto comparabili tali livelli di emissione con il software di simulazione SoundPLAN descritto nei precedenti paragrafi, sono stati normalizzati i livelli delle unità STI alla distanza di 25 metri con velocità di transito pari a 100 km/h.

Successivamente, sono stati sommati i contributi delle singole unità secondo le specifiche composizioni del materiale rotabile previsto nel Modello di Esercizio sul tratto ferroviario oggetto di studio, determinando così le emissioni acustiche secondo STI per tali treni.

Servizio	Treno Tipo e Composizione	Lunghezza	Leq,Td (100km/h,25m)	Velocità	Emissioni
MERCI	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 E412 ▪ 2 E189 ▪ 2 EU43 ▪ 2 E193 	750 m	45,1	Rango A	STI

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA PROGETTO DEFINITIVO NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST					
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	COMMESSA IN10	LOTTO 10	CODIFICA D 22 RG	DOCUMENTO IM 00.04.001	REV. A

	(doppia traz + 1600t composti da circa 40 carri)				
--	--------------------------------------------------	--	--	--	--

Sommario L_{AeqTr} diurno a 25 m dal binario normalizzati a 100 Km/h – Livelli in dBA

8.3 Taratura del modello di simulazione

Per i dettagli circa le misure in campo si rimanda all'apposito "Report Misure di Rumore" (elaborato IN1010D22RHIM0004001A), nel quale sono riportati anche tutte le grandezze acustiche acquisite per ciascun transito avvenuto nell'arco delle 24 ore della misura.

Tale campagna ha permesso:

- La caratterizzazione acustica delle diverse tipologie di materiale rotabile ad oggi in esercizio sull'attuale linea ferroviaria, con l'individuazione di un "Punto di Riferimento" PR posto in prossimità del binario di corsa
- La taratura del modello di simulazione acustica, con l'individuazione di due "Punti Significativi" PS posti in corrispondenza di altrettanti ricettori, a distanze crescenti dall'infrastruttura ferroviaria.

I dati così rilevati sono stati rielaborati per ottenere i seguenti dati associati ad ogni singolo transito:

- Data e ora di passaggio;
- Categoria commerciale;
- Origine e Destinazione del viaggio;
- Ora di inizio e fine evento sonoro;
- Durata in secondi dell'evento sonoro;
- Lunghezza del convoglio;
- Velocità di transito;
- Composizione (numero di locomotori e di vagoni o carri);
- Grandezze acustiche:
 - L_{max}
 - L_{eq} sulla durata dell'evento
 - SEL

Successivamente, tali informazioni sono state normalizzate e mediate per ottenere – per ciascuna tipologia di convoglio ferroviario transitato – le seguenti informazioni:

- Numero di transiti nel periodo diurno e nel periodo notturno;
- Velocità media di transito;
- SEL medio.

A partire dai dati così elaborati è stato anche possibile ricavare il valore del Livello Equivalente diurno e notturno sia nel PR che nei PS.

Prendendo a riferimento nel modello di simulazione i valori di emissione così come rilevati sperimentalmente, ed il Modello di Esercizio (numero di transiti avvenuti nelle 24 ore di misura) associato alla linea ferroviaria esistente, sono stati calcolati i Livelli Equivalenti diurni e notturni in corrispondenza dei punti di misura e controllo PR e PS, ricavando i seguenti valori:

Sezione di Misura	punti di misura e controllo	Valori simulati		Valori misurati		Scarti simulati-misurati	
		Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n
SEZIONE 01	PR1	71,5	63,2	71,9	63,6	-0,4	-0,3
	PS1	63	51,2	62,2	50,1	0,8	1,1
	PS2	53,4	47,8	52,2	46	1,2	1,8
	media degli scarti sui punti PS						0,5

In corrispondenza dei punti di controllo posizionati in corrispondenza di ricettori acustici (PS), si osserva una buona corrispondenza dei valori simulati rispetto a quelli misurati (con medie degli scarti non superiori ad 1 dBA, indice di una diffusa e contenuta sovrastima, che consente di poter operare di fatto in condizioni cautelative).

9 CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI SONORI ANTE MITIGAZIONE

L'applicazione del modello di simulazione sopra descritto ha permesso di stimare i livelli sonori con la realizzazione delle opere in progetto.

Da un primo esame si nota che i superamenti maggiori si verificano nel periodo notturno in virtù dei limiti più bassi.

Le valutazioni previsionali evidenziano l'impatto da rumore di origine ferroviaria con superamenti dei limiti acustici principalmente nel periodo notturno, nell'area è pertanto necessario prevedere idonei interventi di mitigazione che dovranno essere dimensionati in relazione al periodo più critico e cioè rispetto al periodo notturno.

Per maggior dettaglio è possibile valutare il clima acustico ante mitigazione dall'elaborato "Studio Acustico: Livelli in facciata ante e post mitigazione" cod. IN1010D22TTIM0004001A circa i livelli in facciata di tutti i ricettori esaminati. All'interno di tale documento è possibile consultare i livelli sonori presso ogni piano di ciascun edificio indagato.

10 METODI PER IL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO

Nei paragrafi seguenti si forniscono alcune note descrittive su metodi di contenimento dell'inquinamento acustico alternativi alle barriere antirumore, sui requisiti acustici delle barriere antirumore, sulle tipologie di barriere utilizzate in relazione alle prestazioni acustiche.

10.1 Interventi alternativi di mitigazione del rumore ferroviario

Finanziato dall'Unione Europea con il Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (FESR) del periodo 2007-2013, il progetto **mitiga.rumore "Interventi alternativi di mitigazione del rumore ferroviario"** che prevedeva l'applicazione di un sistema di smorzatori di vibrazioni lungo la rotaia ed un sistema lubrificante del bordo della rotaia nei tratti curvilinei lungo la linea ferroviaria ai fini della mitigazione del rumore ferroviario, è stato sperimentato dalla Provincia di Bolzano in collaborazione con Rete Ferroviaria Italiana (RFI).

RFI ha permesso alla Provincia il montaggio in via sperimentale di questi due sistemi sulla linea del Brennero in due località distinte:

- in un tratto rettilineo tra i comuni di Bronzolo e di Ora sono installati due tipi diversi di smorzatori di vibrazioni rispettivamente della Schrey & Veit Srl ([Link esterno](#)) di Sprendlingen (DE) e della TATA ([Link esterno](#)) commercializzati da UUDEN BV ([Link esterno](#)) di Arnhem (NL).



Ammortizzatori Schrey & Veit (Foto: Schrey & Veit, 2012)



Ammortizzatori Van Uuden (Foto: Van Uuden, 2012)

- in un tratto in curva nel territorio comunale di Laion, adiacente all'abitato di Chiusa è installato un impianto di lubrificazione delle rotaie della P.A.L. Italia (Link esterno) di Novate Milanese (IT), lubrificanti della ditta Lincoln.



Lubrificatore P.A.L. Italia (Foto: P.A.L. Italia; 2012)



Impianto lubrificazione P.A.L. Italia (Foto: P.A.L. Italia; 2012)

I risultati del Progetto “mitiga.rumore”:

I lubrificatori installati nell'ambito del centro abitato di Chiusa, hanno contribuito ad attenuare il rumore di circa 1,5 dB. Oltre alla riduzione del rumore, con l'impiego dei lubrificatori si spera di limitare la formazione del corrugamento per logorio della superficie delle rotaie.

I due tipi di ammortizzatori sono stati invece testati tra i Comuni di Bronzolo e di Ora su un tratto di binario rettilineo di 300m circa, che fosse il più omogeneo possibile e che non presentasse irregolarità. Nel dettaglio, la riduzione media del livello sonoro per i treni merci è stata leggermente inferiore ad 1 dB mentre quella per i treni passeggeri supera 1 dB.

La riduzione del rumore ottenuta con i due sistemi è mediamente di 1 dB, e come riportato nelle conclusioni da parte della Provincia di Bolzano, nonostante il risultato positivo, la lieve riduzione del rumore ottenuta dalla sperimentazione non è chiaramente percepibile all'orecchio umano.

Viene ritenuto pertanto che entrambi i sistemi non costituiscano uno strumento di risanamento efficace per il nostro territorio e che non siano adeguati alla struttura dei binari utilizzati oltre che non sempre realizzabili.

La documentazione completa del Progetto “mitiga.rumore” è consultabile sul sito internet della Provincia di Bolzano al seguente indirizzo web:

<http://ambiente.provincia.bz.it/rumore/interventi-mitigazione-rumore-ferroviario.asp>

10.2 Requisiti acustici

La scelta della tipologia di barriera antirumore è stata effettuata tenendo conto di tutti i criteri tecnici e progettuali atti a garantire l'efficacia globale dell'intervento. L'effetto di una barriera è condizionato dalla minimizzazione dell'energia acustica che, come noto, schematicamente si propaga attraverso:

1. l'onda diretta, che, se la barriera non è sufficientemente dimensionata, giunge in corrispondenza del ricettore senza essere condizionata da ostacoli;
2. l'onda che giunge al ricettore dopo essere stata diffratta dal bordo superiore della barriera;
3. l'onda diffratta dal bordo superiore della barriera, riflessa dal suolo e quindi diretta verso il ricettore;
4. l'onda che si riflette tra la barriera e le pareti laterali dei vagoni;
5. l'onda che giunge al ricettore per trasmissione attraverso i pannelli che compongono la barriera;
6. l'onda riflessa sulla sede ferroviaria, diffratta dal bordo superiore della barriera e quindi diretta verso il ricettore.
7. l'onda assorbita.

Per quanto riguarda i punti 1, 2, 3, e 6 risulta di importanza fondamentale il dimensionamento delle barriere in altezza lunghezza e posizione.

Relativamente ai punti 4, 5, e 7 invece sono maggiormente influenti le caratteristiche acustiche dei materiali impiegati e le soluzioni costruttive adottate. L'abbattimento prodotto da una barriera si basa comunque principalmente sulle dimensioni geometriche. L'efficienza di una barriera è infatti strettamente legata alla differenza tra il cammino diffratto sul top dell'elemento e il cammino diretto (δ):

$\delta = a+b-c =$ differenza tra cammino diretto e cammino diffratto (vedi figura)

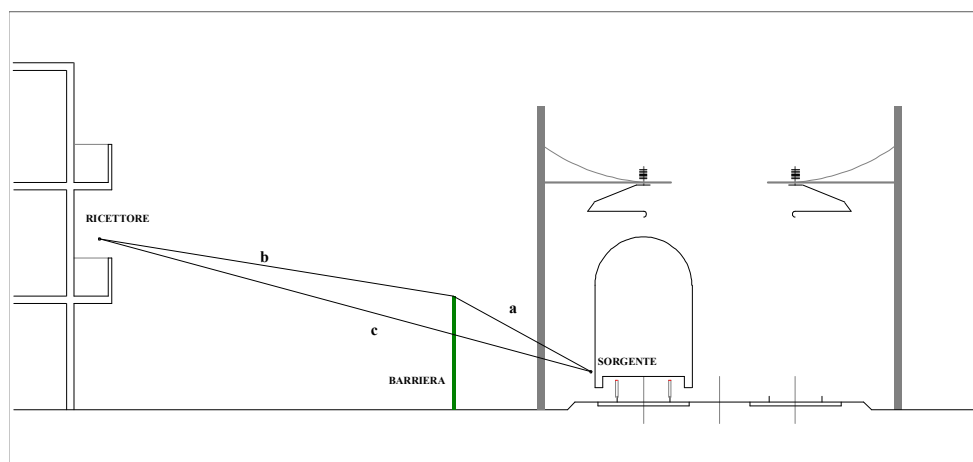


Figura 11-1- Propagazione onda sonora

In particolare, devono essere opportunamente definite le proprietà fonoisolanti e fonoassorbenti della barriera, attenendosi alle seguenti norme di carattere generale:

Il fonoisolamento deve essere di entità tale da garantire che la quota parte di rumore che passa attraverso la barriera sia di almeno 15 dB inferiore alla quota di rumore che viene diffratta verso i ricettori dalla sommità della schermatura.

Il fonoassorbimento è l'attitudine dei materiali ad assorbire l'energia sonora su di essi incidente, trasformandola in altra forma di energia, non inquinante (calore, vibrazioni, etc). L'adozione di materiali fonoassorbenti è utile per:

- evitare una riduzione dell'efficacia schermante totale;
- evitare un aumento della rumorosità per gli occupanti dei convogli (effetto tunnel).

L'impiego di materiali fonoassorbenti è pertanto consigliabile nel caso ferroviario al fine di evitare una perdita di efficacia per le riflessioni multiple che si generano tra le pareti dei vagoni e la barriera stessa.

Per quanto concerne le proprietà fonoassorbenti, dovranno essere utilizzati materiali con prestazioni acustiche particolarmente elevate e cioè almeno rispondenti ai coefficienti α relativi alla Classe *Ia* del Disciplinare Tecnico per le Barriere Antirumore delle Ferrovie dello Stato. Detti coefficienti sono riportati nella tabella seguente.

Freq.	α
125	0,30
250	0,60
500	0,80
1000	0,85
2000	0,85
4000	0,70

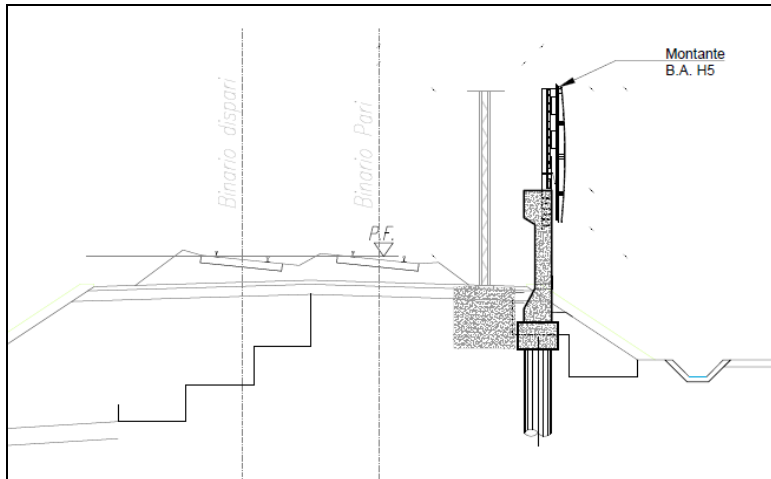
10.3 Descrizione delle barriere antirumore

La soluzione adottata deriva dai tipologici standard HS che RFI ha appositamente sviluppato.

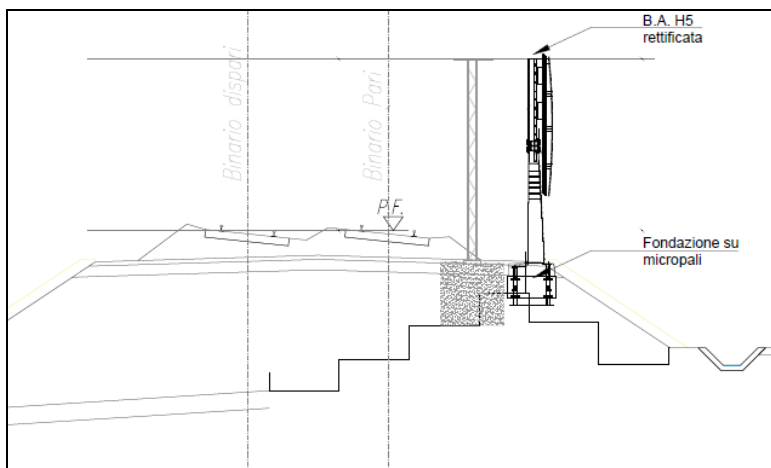
Le barriere previste sono fonoassorbenti con pannelli in acciaio inox, posizionate (in posizione verticale) su apposito basamento in cls.

Di seguito si riportano gli schemi esemplificativi delle soluzioni adottate e sopra descritte (sezione in rilevato).

Barriera acustica su muro di recinzione



Barriera acustica in assenza di muro di recinzione



Il posizionamento dei pannelli fonoassorbenti lungo ogni tratto di intervento rispetta per quanto possibile le due misure seguenti:

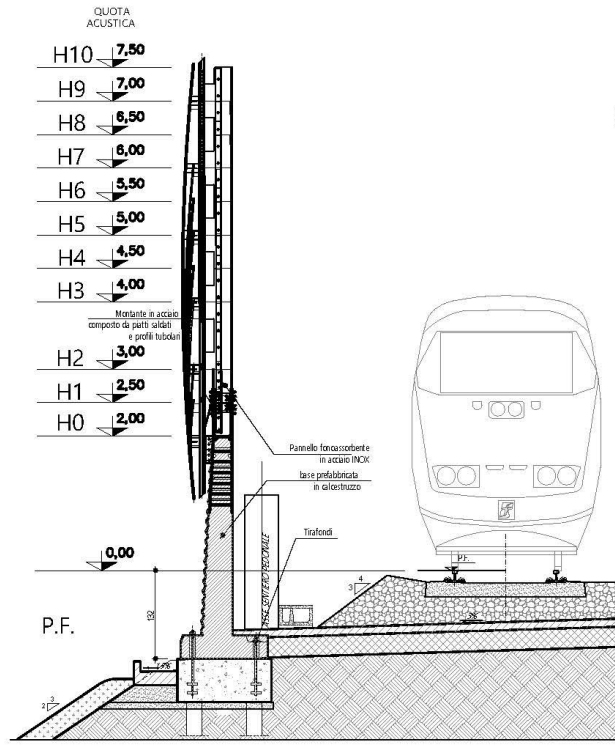
- altimetricamente: +2.00 m sul P.F.
- planimetricamente: distanza minima del montante dall'asse del binario più vicino pari a 4 m; tale distanza può essere modificata in presenza di situazioni particolari, come ad esempio i marciapiedi di fermata o di stazione. In tali ambiti il posizionamento delle barriere antirumore è stato adeguato anche nei file di simulazione acustica.

Per quanto riguarda gli ambiti di fermata o di stazione, nei file di simulazione sono stati inseriti anche i muri e le pensiline previste nei relativi elaborati di dettaglio, cui si rimanda per i particolari.

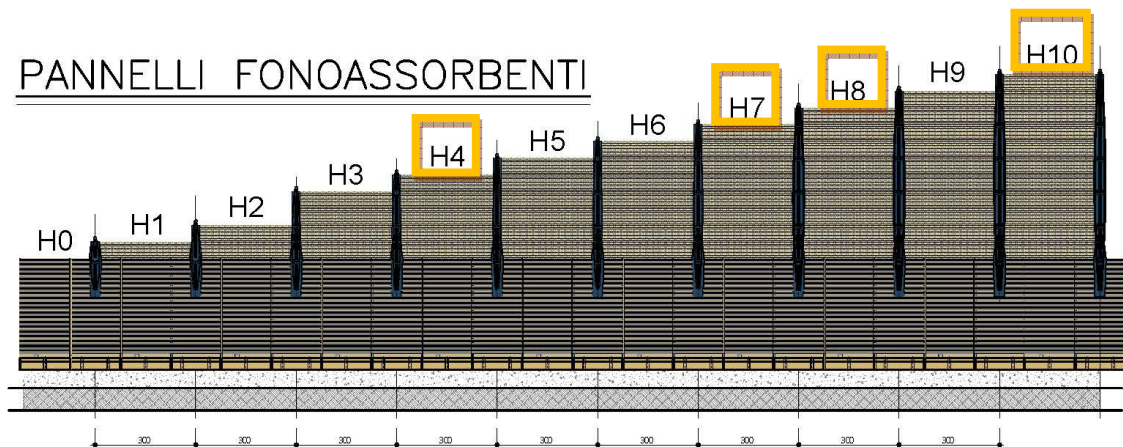
Nelle immagini seguenti sono riportate le sezioni ed i prospetti tipo dei diversi moduli previsti per le barriere antirumore su rilevato.

BARRIERA VERTICALE

SEZIONE TRASVERSALE



PANNELLI FONOASSORBENTI



Sezioni-tipo e prospetti dei moduli di barriera antirumore previsti nello Studio Acustico (evidenziati in rettangolo colore giallo)

10.4 Gli interventi sugli edifici

Per ricondurre almeno all'interno degli ambienti abitativi i livelli acustici entro specifici valori è possibile intervenire direttamente sugli edifici esposti.

Nel caso di interventi sull'edificio per garantire un miglior livello di comfort, si prospettano quindi le possibilità di seguito elencate in ordine crescente di efficacia:

a) Sostituzione dei vetri con mantenimento degli infissi esistenti

Questa soluzione può essere utilizzata nel caso in cui si vuole ottenere un isolamento interno ad un edificio fra 28 e 33 dB rispetto al rumore in facciata e gli infissi esistenti siano di buona qualità e tenuta.

b) Sostituzione delle finestre

Questa soluzione può essere adottata quando si desidera avere un isolamento fra 33 e 39 dB. A seconda delle prestazioni richieste è possibile:

1. installare la nuova finestra con conservazione del vecchio telaio, interponendo idonee guarnizioni, quando si vuole ottenere un isolamento fino ad un massimo di 35 dB;
2. installare una nuova finestra di elevate prestazioni acustiche con sostituzione del vecchio telaio, quando si vuole ottenere un isolamento di 36-39 dB.

Per ottenere isolamenti superiori a 37 dB è necessario in ogni caso prendere particolari precauzioni riguardo ai giunti di facciata (nel caso di pannelli prefabbricati di grosse dimensioni), alle prese d'aria (aspiratori, ecc.), ai cassonetti per gli avvolgibili, ecc.

c) Realizzazione di doppie finestre

Questa soluzione è impiegata nei casi in cui è necessario ottenere un isolamento di facciata compreso tra 39 e 45 dB. Generalmente l'intervento viene attuato non modificando le finestre esistenti, ed aggiungendo sul lato esterno degli infissi antirumore scorrevoli (in alluminio o PVC).

Con riferimento a quanto la Norma (oggi abrogata e non sostituita) UNI 8204 indicava, si sono stabilite tre classi R1, R2 e R3 per classificare i serramenti esterni a seconda del diverso grado di isolamento acustico RW da questi offerto.

La classe R1 include la soluzione in grado di garantire un RW compreso tra 20 e 27 dBA; la classe R2 le soluzioni che garantiscono un RW compreso tra 27 e 35 dBA; la classe R3 tutte quelle soluzioni che offrono un RW superiore a 35 dBA. I serramenti esterni che offrono un potere fonoisolante minore di 20 dBA non sono presi in considerazione.

In tabella sono riportate per ciascuna di queste classi alcune informazioni generiche delle soluzioni tecniche possibili in grado di garantire un fonoisolamento rientrante nell'intervallo caratteristico della classe.

Per ciascuna classe si è ritenuto opportuno offrire almeno due soluzioni tipo al fine di porre il decisore, in presenza di vincoli di natura tecnica, economica e sociale, nella condizione di operare delle scelte tra più alternative.

- Vetro semplice con lastra di medio spessore (4÷6 mm), e guarnizioni addizionali. Doppio vetro con lastre di limitato spessore (3 mm), e distanza tra queste di almeno 40 mm.

CLASSE R2 - $27 \leq RW \leq 35$ dBA

- Vetro semplice con lastra di elevato spessore (8÷10 mm) e guarnizioni addizionali. Vetro stratificato antirumore con lastra di medio/elevato spessore (6÷8 mm) e guarnizioni addizionali.
- Doppio vetro con lastre di medio spessore (4÷6 mm) guarnizioni addizionali e distanza tra queste di almeno 40 mm.
- Doppia finestra con vetri semplici di spessore medio (4÷6 mm) senza guarnizioni addizionali.

CLASSE R3 - $RW > 35$ dBA

- Vetro stratificato antirumore di elevato spessore (10÷12 mm) e guarnizioni addizionali. Vetro camera con lastre di medio spessore (4÷6 mm), camera d'aria con gas fonoisolante e guarnizioni addizionali.
- Doppia finestra con vetri semplici di spessore medio (4÷6 mm) e distanza tra le lastre di almeno 100 mm.

L'adozione di infissi antirumore può avere conseguenze in particolare sulla trasmissione di calore e sulla aerazione dei locali.

Gli aspetti che più frequentemente vengono infatti considerati come negativi, sono quelli relativi alla ventilazione ed al surriscaldamento dei locali nel periodo estivo. Ne consegue che gli infissi fonoisolanti dovranno essere dotati anche di aeratori che dovranno garantire il ricambio di aria necessario.

11 LE OPERE DI MITIGAZIONE SUL TERRITORIO E I LIVELLI ACUSTICI *POST MITIGAZIONE*

Il dimensionamento degli interventi di protezione acustica è stato finalizzato all'abbattimento dai livelli acustici prodotti nel periodo notturno (limiti più restrittivi, livelli sonori più elevati).

La scelta progettuale è stata quella di privilegiare l'intervento sull'infrastruttura: a tal fine sono stati previsti schermi acustici lungo linea che hanno permesso di mitigare il clima acustico in facciata degli edifici presso i quali sono stati riscontrati superamenti dai limiti di norma nello scenario Ante Mitigazioni.

Al di fuori di tale fascia, dall'analisi delle Classificazioni Acustiche Comunali, si possono riscontrare eccedenze presso taluni ricettori, con la garanzia del pieno rispetto dei limiti interni come da DPR 459/98.

Con l'ausilio del modello di simulazione *SoundPLAN* descritto nei paragrafi precedenti è stata effettuata la verifica e l'ottimizzazione delle opere di mitigazione.

Si evidenzia che l'altezza dei manufatti è considerata sempre rispetto alla quota del piano del ferro eccetto dove diversamente specificato, mentre le Progressive Chilometriche si riferiscono alla Linea AV

Nome BA	Tipo BA	Altezza da p.f. (m)	PK Inizio	PK Fine	LUNGHEZZA (m)
BA01	H10	7,50	140+716	141+028	312
BA02-A	H10	7,50	141+135	141+243	108
BA02-B	H10	7,50	141+362	141+810	448
BA03-A	H8	6,50	141+344	141+384	40
BA03-B	H10	7,50	141+385	141+565	180
BA03-C	H8	6,50	141+565	141+625	60
BA04	H10	7,50	142+149	142+533	384
BA05	H10	7,50	142+193	142+533	340
BA06	H10	7,50	142+779	143+319	540
BA07	H7	6,00	142+873	143+773	900
BA08-A	H8	6,50	143+880	143+930	50
BA08-B	H4	4,50	143+930	143+944	14
BA08-C	H10	7,50	143+944	144+107	163
BA08-D	H8	6,50	144+107	144+127	20
BA08-E	H4	4,50	144+127	144+159	32
BA08-F	H8	6,50	144+159	144+191	32
BA08-G	H10	7,50	144+191	144+407	216
BA08-H	H4	4,50	144+407	144+428	21
BA08-I	H7	6,00	144+428	144+728	300
BA09	H10	7,50	144+406	144+811	419
TOT.					4.579

In caso di BA su muro di recinzione, l'altezza riportata in tabella è comprensiva della quota altezza muro ed è da intendersi anche in questo caso da piano del ferro.

Nel presente progetto sono state tenute in considerazione le Barriere di Mitigazione Acustica la cui realizzazione è prevista da appalti limitrofi all'area oggetto di studio (Quadrante Europa, Nodo di Verona: Verona Est), che pertanto dovranno essere considerate e vengono indicate nelle "Planimetrie di localizzazione degli interventi di mitigazione acustica cod. IN1010D22P6IM0004003-6A" come "BA Altro Appalto" con colore grigio scuro.

Le tabelle di dettaglio relative ai livelli sonori simulati sono riportate nell'elaborato Output del modello di simulazione cod. IN1010D22TTIM0004001A. All'interno di tale documento è possibile consultare i livelli sonori presso ogni piano di ciascun edificio indagato.

Come si evince dai dati riportati negli Output del modello di calcolo, a fronte del dimensionamento proposto degli interventi di mitigazione acustica lungo linea è possibile abbattere considerevolmente i livelli sonori prodotti con la realizzazione del progetto in esame.

Tuttavia, considerata la particolare morfologia del territorio attraversato, a causa della prossimità alla linea ferroviaria di alcuni edifici di notevole altezza e considerata l'impossibilità tecnica di collocazione di BA in alcuni tratti, si riscontrano superamenti dei limiti in corrispondenza di quei ricettori per i quali non è risultata possibile la completa mitigazione con intervento lungo linea (Barriere Antirumore). Per tali ricettori, oggetto di Intervento Diretto, si è proceduto pertanto alla verifica della necessità o meno di sostituzione degli infissi attualmente in uso.

In caso di ricettori con più facciate potenzialmente impattate dalla linea di progetto e/o in corrispondenza delle quali si sono rese necessarie verifiche del clima acustico, sono stati collocati punti di controllo identificabili con suffisso "_x" (con "x" carattere alfanumerico). Attraverso l'informazione inserita nella colonna "DIR" è agevole l'individuazione dell'orientamento della facciata simulata.

Nella tabella seguente sono riportati i ricettori per i quali è stato stimato un superamento dei limiti esterni in facciata nonostante l'inserimento delle Barriere Antirumore (punti di calcolo su facciata più esposta).

Numero Ricettore	Piano	Fascia di pertinenza	Dir	Destinazione d'uso	Post mitigazione						Tipologia infissi RW da prevedere	Numero infissi da prevedere	
					Limite		Livello post mitigazione		Impatto residuo				Residuo interno
					Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo			>= 45dB(A) scuole diurno
					Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)			Impatto residuo
2002 A	piano terra	AAB	N	residenziale	65,2	55,2	66,2	62,9	1,0	7,7	2,9	R2	4
2002 A	piano 1	AAB	N	residenziale	65,2	55,2	66,9	63,5	1,7	8,3	3,5	R2	4
2002 B	piano terra	AAB	E	residenziale	65,2	55,2	64,8	61,5	-	6,3	1,5	R1	1
2002 B	piano 1	AAB	E	residenziale	65,2	55,2	65,5	62,2	0,3	7,0	2,2	R1	1
2002 C	piano terra	AAB	W	residenziale	65,2	55,2	62,9	59,6	-	4,4	-	R1	1
2002 C	piano 1	AAB	W	residenziale	65,2	55,2	63,5	60,1	-	4,9	0,1	R1	1
2002 D	piano terra	AAB	S	residenziale	65,2	55,2	58,1	54,8	-	-	-	-	-
2002 D	piano 1	AAB	S	residenziale	65,2	55,2	58,2	55	-	-	-	-	-
2078 A	piano terra	A	SW	residenziale	70	60	60,5	57,1	-	-	-	-	-

					Post mitigazione						Residuo interno		Tipologia infissi RW da prevedere	Numero infissi da prevedere
impatto residuo nel periodo diurno											>= 40dB(A) resid. Nott.			
impatto residuo nel periodo notturno											>= 45dB(A) scuole diurno			
Numero Ricettore	Piano	Fascia di pertinenza	Dir	Destinazione d'uso	Limite		Livello post mitigazione		Impatto residuo		Impatto residuo			
					Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo		
					Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)		
2078 A	piano 1	A	SW	residenziale	70	60	65,2	63,7	-	3,7	3,7	R2	5	
2079 A	piano terra	A	SE	residenziale	70	60	61,4	60,4	-	0,4	0,4	R1	3	
2120 A	piano terra	A	N	residenziale	70	60	72,2	72	2,2	12,0	12,0	R2	3	
2120 A	piano 1	A	N	residenziale	70	60	70,2	69,6	0,2	9,6	9,6	R2	3	
2120 B	piano terra	A	E	residenziale	70	60	62,3	61,8	-	1,8	1,8	R2	2	
2120_B	piano 1	A	E	residenziale	70	60	61,9	61	-	1,0	1,0	R1	2	
2120 C	piano terra	A	W	residenziale	70	60	65,1	64,7	-	4,7	4,7	R2	2	
2120 C	piano 1	A	W	residenziale	70	60	65	64,2	-	4,2	4,2	R2	2	
2120 D	piano terra	A	S	residenziale	70	60	51,2	48	-	-	-	-	-	
2120 D	piano 1	A	S	residenziale	70	60	52,2	49,3	-	-	-	-	-	
3029 A	piano terra	BB	SE	residenziale	62	52	58,2	54,2	-	2,2	-	-	-	
3029 A	piano 1	BB	SE	residenziale	62	52	58,5	54,4	-	2,4	-	-	-	
3029 B	piano terra	BB	SE	residenziale	62	52	58,2	54,1	-	2,1	-	-	-	
3029 B	piano 1	BB	SE	residenziale	62	52	58,5	54,4	-	2,4	-	-	-	
3029 C	piano terra	BB	NE	residenziale	62	52	54,4	50,3	-	-	-	-	-	
3029 C	piano 1	BB	NE	residenziale	62	52	54,7	50,6	-	-	-	-	-	
3029 D	piano terra	BB	NW	residenziale	62	52	42,9	38,8	-	-	-	-	-	
3029_D	piano 1	BB	NW	residenziale	62	52	44,7	40,6	-	-	-	-	-	
3029 E	piano terra	BB	SW	residenziale	62	52	55,5	51,5	-	-	-	-	-	
3029 E	piano 1	BB	SW	residenziale	62	52	55,8	51,8	-	-	-	-	-	
3030_A	piano terra	BB	S	residenziale	62	52	58,3	54,2	-	2,2	-	-	-	
3030 A	piano 1	BB	S	residenziale	62	52	58,5	54,4	-	2,4	-	-	-	
3030 B	piano terra	BB	E	residenziale	62	52	53,7	49,5	-	-	-	-	-	
3030 B	piano 1	BB	E	residenziale	62	52	54	49,8	-	-	-	-	-	
3030 C	piano terra	BB	W	residenziale	62	52	56,3	52,2	-	0,2	-	-	-	
3030 C	piano 1	BB	W	residenziale	62	52	56,6	52,5	-	0,5	-	-	-	
3030 D	piano terra	BB	N	residenziale	62	52	42	38	-	-	-	-	-	
3030 D	piano 1	BB	N	residenziale	62	52	44,1	40	-	-	-	-	-	
3031 A	piano terra	BB	S	residenziale	62	52	58,3	54,1	-	2,1	-	-	-	
3031 A	piano 1	BB	S	residenziale	62	52	58,5	54,3	-	2,3	-	-	-	
3031 B	piano terra	BB	E	residenziale	62	52	54,4	50,2	-	-	-	-	-	
3031 B	piano 1	BB	E	residenziale	62	52	54,8	50,5	-	-	-	-	-	
3031 C	piano terra	BB	W	residenziale	62	52	57	52,8	-	0,8	-	-	-	
3031 C	piano 1	BB	W	residenziale	62	52	57,3	53,1	-	1,1	-	-	-	
3031 D	piano terra	BB	N	residenziale	62	52	51,9	47,7	-	-	-	-	-	
3031 D	piano 1	BB	N	residenziale	62	52	52,7	48,5	-	-	-	-	-	

Per i ricettori indicati in tabella, oggetto quindi di Intervento Diretto (individuabili nelle planimetrie *Planimetrie degli interventi di mitigazione acustica* - elaborati IN1010D22P6IM0004004A+6A), dovrà essere verificato - successivamente alla completa



LINEA AV/AC MILANO VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA
PROGETTO DEFINITIVO
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST

STUDIO ACUSTICO
Relazione Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN10	10	D 22 RG	IM 00.04.001	A	48 di 48

messa in opera delle opere di mitigazione lungo linea e con l'entrata in vigore del Modello di Esercizio preso alla base dello Studio Acustico - il rispetto dei limiti interni.

E' possibile visionare nel dettaglio le caratteristiche dei ricettori sopra riportati ed il tipo di intervento diretto previsto ed il numero degli infissi da sostituire stimati nel documento progettuale "*Relazione degli interventi diretti*" cod. *IN1010D01D22RGIM0004003A* e nelle "*Schede tecniche degli interventi diretti sui ricettori*" cod. *IN1010D22SHIM0004002A*.

Nelle successive fasi progettuali sarà possibile eseguire ulteriori approfondimenti dello studio acustico che permetteranno di verificare ed aggiornare il dimensionamento delle opere di mitigazione lungo linea, ed eventualmente confermare e/o individuare nuove necessità di ulteriori azioni presso i ricettori non completamente mitigati (p.es. interventi diretti).