

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC VERONA - PADOVA

SUB TRATTA VERONA – VICENZA

1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

RELAZIONE

VIBRAZIONI: STUDIO PREVISIONALE VIBRAZIONI

RELAZIONI: RELAZIONE STUDIO VIBRAZIONI

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA: -
ATI bonifica IL PROGETTISTA INTEGRATORE Franco Persio Bocchetto iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale Data: Luglio 2015	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore Data: Luglio 2015		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N O D	0 0	D	I 2	R G	I M 0 0 0 6	0 0 5	B

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data
	Ing. F. P. Bocchetto	Luglio 2015

Progettazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE DEFINITIVA	N. Cognome	Maggio 2015	N. Cognome	Maggio 2015	N. Cognome	Maggio 2015	Ing. T. Bastianello
		R. Pieronini		E. Serpi		L.Abrami		
B	EMISSIONE ISTRUTTORIA ITALFERR	N. Cognome	Luglio 2015	N. Cognome	Luglio 2015	N. Cognome	Luglio 2015	
		R. Pieronini		E. Serpi		L.Abrami		
								Data: Luglio 2015

File: IN0D00DI2RGIM0006005B_00A.doc	CUP.: J41E9100000000 CIG: 3320049F17	n. Elab.:
-------------------------------------	---	-----------

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3. GRANDEZZE DI RIFERIMENTO	8
4. VALORI DI RIFERIMENTO.....	10
4.1. VALORI DI RIFERIMENTO DELLA NORMATIVA INTERNAZIONALE ISO 2631	12
4.2. VALORI DI RIFERIMENTO DELLA NORMATIVA ITALIANA UNI 9614.....	13
4.3. NORMATIVA UNI 9916	17
5. CARATTERIZZAZIONE DEL TERRITORIO.....	22
5.1. AMBITO TERRITORIALE	22
5.2. DESCRIZIONE DEI RICETTORI E DELLE SORGENTI.....	22
6. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	25
7. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA	27
8. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	28
8.1. MISURE PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLE VIBRAZIONI NEL TERRITORIO INTERESSATO DAL PROGETTO.....	28
8.1.1. SEZIONE 1 – VERONA.....	30
8.1.2. SEZIONE 2 – SAN BONIFACIO	34
8.1.3. SEZIONE 3 – LOCARA	38
8.1.4. CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI MISURATI ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI.....	43
8.2. MISURE PER LA CARATTERIZZAZIONE DELL'EMISSIONE DEI CONVOGLI AV.....	43
9. GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	48
9.1. CONSIDERAZIONI GENERALI	48
9.2. ILLUSTRAZIONE DELLE TECNICHE PREVISIONALI ADOTTATE	50
9.2.1. INTERAZIONE RUOTA-ROTAIA.....	52
9.2.2. VELOCITÀ DEI TRENO.....	53
9.3. NATURA DEL TERRENO E LEGGI DI ATTENUAZIONE NEL SUOLO.....	53
9.4. TRASMISSIONE DELLE VIBRAZIONI AGLI EDIFICI.....	60
9.5. VALUTAZIONE DELL'EMISSIONE DEI ROTABILI	61
9.5.1. LINEA AV.....	61
9.5.2. LINEA STORICA	75
10. INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ E PREVISIONE DELL'IMPATTO POST OPERAM.....	79

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 3 di 85

1. PREMESSA

Il presente rapporto contiene i risultati dello studio relativo all'impatto vibrazionale prodotto dalla realizzazione del progetto della linea A.V./A.C. Verona – Padova, tratto Verona Porta Vescovo – Montebello Vicentino.

La costruzione e l'esercizio di una linea ferroviaria sono infatti fonte di sollecitazioni dinamiche nel terreno circostante caratterizzate da un'area di influenza di ampiezza dipendente dalle caratteristiche idrogeologiche dei terreni.

In fase di esercizio, le cause di tali vibrazioni sono da ricondursi all'interazione del sistema veicolo/armamento/struttura di sostegno.

Le vibrazioni sono in grado di determinare effetti indesiderati sulla popolazione esposta, sugli edifici e su alcune particolari attività produttive.

Il disturbo sulle persone, classificato come "annoyance", dipende in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. L'annoyance deriva dalla combinazione di effetti che coinvolgono la percezione uditiva e la percezione tattile delle vibrazioni. Gli effetti sulle persone sono estesi all'intero corpo e possono essere ricondotti genericamente ad un aumento dello stress, con conseguente attivazione di ripetute reazioni di orientamento e di adattamento, e con eventuale insorgenza o aggravamento di malattie ipertensive.

La continua tendenza in alcuni settori dell'industria e della ricerca a perfezionare e rendere più precise le strumentazioni ha determinato il consolidarsi di situazioni di elevata sensibilità alle vibrazioni. Il funzionamento di microscopi ottici ed elettronici può ad esempio essere disturbato da livelli di vibrazioni inferiori alla soglia di percezione umana.

Le vibrazioni possono in alcune situazioni (presenza di caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati/prolungati livelli di sollecitazione dinamica) causare danni agli edifici. Tali situazioni si verificano tuttavia in corrispondenza di livelli di vibrazione notevoli, superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai livelli tipici dell'annoyance.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 4 di 85

Per la valutazione delle soglie di accettabilità relative a tali effetti sono state approntate diverse normative tecniche nazionali e internazionali (UNI - ISO - DIN), le quali, pur non avendo validità di legge, forniscono delle precise indicazioni.

Gli effetti delle vibrazioni sono strettamente legati alla tipologia dell'onda vibratoria e al mezzo di trasmissione.

L'iter metodologico seguito può essere schematizzato secondo le fasi di lavoro di seguito riportate:

- Individuazione dei valori di riferimento. Ai fini di una più immediata comprensione è stato dapprima effettuato un breve *escursus descrittivo* della normativa tecnica vigente e delle sue indicazioni più cogenti.
- Caratterizzazione ante operam. In questa fase dello studio è stato analizzato il territorio allo stato attuale (situazione ante operam) con lo scopo di verificarne la sensibilità sia del sistema antropico che di quello fisico. Mediante sopralluoghi mirati ed analisi comparata dei dati riportati dalle cartografie aerofotogrammetriche è stato effettuato un controllo della destinazione d'uso, dell'altezza di tutti i ricettori potenzialmente impattati.
- Rilevamento delle vibrazioni. Le indagini sperimentali sulle vibrazioni sono state, nello specifico, finalizzate a:
 - valutare l'entità dell'attuale livello vibrazionale presente all'interno delle abitazioni prossime alla Linea Storica
 - caratterizzare l'emissione dei livelli vibrazionali dei treni AV (ETR e Italo) e tradizionali
 - costruire un modello sperimentale della propagazione nel terreno e della trasmissione agli edifici da estendere a tutta l'area di progetto.

I risultati sono riportati nelle relazioni IN0D 00 DI2 RG AR0003 001 A e IN0D 00 DI2 RG AR0003 002 A e nelle schede di rilevamento documenti IN0D 00 DI2 RH AR0003 001 A ÷ IN0D 00 DI2 RH AR0003 007 A

- Simulazioni e individuazione delle criticità. Applicando il modello di simulazione sviluppato sulla base dei dati sperimentali, sono stati stimati i livelli vibrazionali indotti dal transito dei convogli ferroviari sulla linea AV/AC, e sulla linea Storica limitatamente ai tratti di affiancamento nei quali, per necessità di progetto, si dovranno eseguire deviazioni o varianti dei binari esistenti. In questo parte dello

Titolo:

STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	Pag.
IN0D	00	D I2 RG	IM0006 005	B	5 di 85

studio sono state quindi individuate le aree dove vi sono da attendersi dei superamenti dei valori di riferimento. I risultati sono riportati nelle *planimetrie di individuazione delle aree critiche* doc IN0D 00 DI2 P6 IM0006 097 B ÷ IN0D 00 DI2 P6 IM0006 114 B.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 6 di 85

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'inquinamento da vibrazioni viene regolamentato da normative tecniche sulle disturbo sull'uomo e sugli effetti sugli edifici dal momento che non esiste tutt'oggi una legislazione specifica in merito a livello nazionale

Tali norme sono relative alle grandezze ed ai parametri che devono essere misurati, ai sistemi di rilevazione e alle caratteristiche della strumentazione impiegata.

Il livello di vibrazioni sull'uomo vengono trattati in particolare dalla norma UNI 9614 in accordo con la ISO 2631. Gli standard di protezione sull'uomo previsti dalle predette normative garantiscono ampiamente rispetto alla possibile insorgenza di danni agli edifici e, pertanto, l'azione sugli edifici deve essere valutata nel caso di beni monumentali o storici per i quali possono essere assunti limiti più restrittivi. Le normative a cui fare riferimento per la valutazione dei danni strutturali sono la UNI 9916 e la ISO 4866 i cui contenuti tecnici sono in sostanziale accordo. Vengono di seguito elencati i principali riferimenti adottati:

- ANSI S1.1-1986 (ASA 65-1986), Specifications for Octave-Band and Fractional-Octave-Band Analog and Digital Filters, ASA, New York, 1993;
- ISO 2631, Mechanical vibration and shock evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements, 1997;
- ISO 2631, Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 2: Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz), 1989;
- ISO 2631, Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 3: Evaluation of exposure to whole-body vibration in the frequency range 0.1 to 0.63 Hz, 1985;
- ISO 4866, Mechanical vibration and shock – Vibration of buildings – Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings, 1990;
- ISO 4866, Mechanical vibration and shock – Vibration of buildings – Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings, Amendment 1, Predicting natural frequencies and damping of buildings;
- ISO 4865, Metodi di analisi e presentazione dei dati;

- ISO 5347, Metodi per la calibrazione dei rilevatori di vibrazioni;
- ISO 5348, Montaggio meccanico degli accelerometri;
- ISO 1683, Acoustics – Preferred reference quantities for acoustic levels, 1983;
- UNI 9916, Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, 1990;
- UNI 9614, Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo, 1990;
- UNI 9670, Risposta degli individui alle vibrazioni apparecchiatura di misura.
- DIN 4150, Vibrations in building. Part 1: Principles, predetermination and measurement of the amplitude of oscillations, 1975.
- DIN 4150, Vibrations in building. Part 2: Influence on persons in buildings, 1975.
- DIN 4150, Vibrations in building. Part 3: Influence on constructions, 1975.

3. GRANDEZZE DI RIFERIMENTO

La grandezza primaria per la misura delle vibrazioni ai ricettori è il valore RMS (Root-Mean-Square) dell'accelerazione:

$$a = \left[\frac{1}{T} \int_0^T [a(t)]^2 dt \right]^{0.5}$$

Il livello di accelerazione viene espresso in dB come:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \frac{a}{a_0}$$

dove a_0 è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a 10^{-6} m/s² (normativa ISO1683).

Gli spettri di vibrazione, nel campo di frequenze da 1 a 80 Hz, vengono rappresentati per terzi di ottava, con i valori centrali di ottava indicati nella seguente tabella.

Numero di banda di frequenza	Frequenza centrale [Hz]	Numero di banda di frequenza	Frequenza centrale [Hz]
0	1	10	10
1	1.25	11	12.5
2	1.6	12	16
3	2	13	20
4	2.5	14	25
5	3.15	15	31.5
6	4	16	40
7	5	17	50
8	6.3	18	63
9	8	19	80

Tabella 1 - Rappresentazione del campo di frequenze di interesse per terzi di ottava

Nella definizione della direzione del moto di vibrazione si intende con longitudinale la direzione parallela all'asse dei binari, trasversale la direzione perpendicolare all'asse dei binari, verticale la direzione perpendicolare al piano orizzontale come evidenziato in figura.

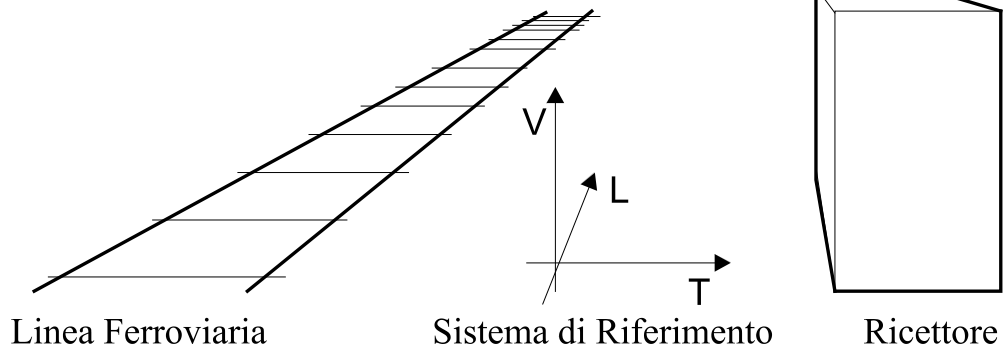


Figura 1 - Orientamento delle componenti di vibrazione. L = longitudinale, T = trasversale, V = verticale, rispetto alla linea ferroviaria.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 10 di 85

4. VALORI DI RIFERIMENTO

La costruzione e l'esercizio di una linea ferroviaria sono fonte di sollecitazioni dinamiche nel terreno circostante caratterizzate da un'area di influenza variabile in funzione delle caratteristiche idrogeologiche del terreno e delle caratteristiche di esercizio della linea (armamento, rotabili, velocità)..

Le cause di tali vibrazioni sono da ricondursi, in fase di esercizio all'interazione del sistema veicolo/armamento/struttura di sostegno, in fase di cantiere alle attività di scavo, compattazione e movimentazione mezzi necessarie per la realizzazione dell'infrastruttura. Nel primo caso, essendo univocamente determinata la sorgente, conoscendone la localizzazione, la posizione rispetto ai potenziali ricettori, attraverso la definizione delle caratteristiche dinamiche della stessa risulta agevole produrre delle previsioni di impatto. Nel secondo caso, intervenendo molteplici sorgenti, differenti tra loro sia per tipologia che per ambito spaziale e temporale, l'attività previsionale è più complessa.

Le vibrazioni sono in grado di determinare effetti indesiderati sulla popolazione esposta, sugli edifici e su alcune particolari attività industriali.

Il disturbo sulle persone, classificato come "annoyance", dipende in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. L'annoyance deriva dalla combinazione di effetti che coinvolgono la percezione uditiva e la percezione tattile delle vibrazioni. Gli effetti sulle persone sono estesi all'intero corpo e possono essere ricondotti genericamente ad un aumento dello stress, con conseguente attivazione di ripetute reazioni di orientamento e di adattamento, e con eventuale insorgenza o aggravamento di malattie ipertensive.

Le vibrazioni possono in alcune situazioni, od in presenza di caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati/prolungati livelli di sollecitazione dinamica, causare danni agli edifici. Tali situazioni si verificano tuttavia in corrispondenza di livelli di vibrazione notevoli, superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai livelli tipici dell'annoyance.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 11 di 85

Per la valutazione delle soglie di accettabilità relative a tali effetti sono state approntate diverse normative tecniche nazionali e internazionali (UNI - ISO - DIN), le quali, pur non avendo validità di legge, forniscono delle precise indicazioni.

Al fine di valutare l'impatto vibrazionale all'interno degli edifici in termini di disturbo indotto sulle persone, la norma internazionale di riferimento è la ISO 2631, recepita in modo parziale dalla normativa italiana UNI 9614.

Si noti che i livelli massimi di vibrazione imposti per la limitazione del disturbo sulla persona sono generalmente più restrittivi di quelli relativi al danneggiamento degli edifici (normativa ISO 4866 e UNI 9916). Quindi, si può ragionevolmente assumere che, nel caso la vibrazione non superi in maniera sostanziale i limiti fissati per il disturbo sugli individui, non si abbiano effetti seppur minimi di danneggiamento sugli edifici. Inoltre, livelli vibrazionali tali da causare danneggiamento degli edifici sono tali da causare una riduzione di comfort vibrazionale e acustico (da rumore solido) inaccettabile e non caratteristico del fenomeno esaminato (vibrazioni dai treni).

Il veicolo ferroviario può essere definito *come sorgente di vibrazione intermittente*. Infatti, un ricettore adiacente ad una linea ferroviaria è soggetto ad una serie di eventi di breve durata, separati da intervalli in cui la vibrazione ambientale denota una ampiezza significativamente più bassa

A tal proposito si fa presente che nel rapporto "*Vibrations transmises par le sol – Vibrations provoquées dans la batiments par la curculation. Analyse das rapportts de mesures effectuées aur divers réseaux*" - ORE, Question DI21, Rapport 5 Utrecht 1983, le analisi delle misure effettuate lungo diverse reti ferroviarie in fabbricati residenziali ha suggerito l'adozione di limiti di riferimento sensibilmente più elevati rispetto a quelli utilizzati per le vibrazioni continue.

Per valutare l'effetto della vibrazione sul comfort, le componenti di moto lungo le tre direzioni vengono "sommate" (composte) in corrispondenza del ricettore, quando come nel caso in esame nessuna di queste è predominante sulle altre. Il valore totale dell'accelerazione \hat{a}_r al ricettore, funzione della frequenza, si ottiene a partire dalle tre componenti di moto longitudinale $\hat{a}_{r,L}$, trasversale $\hat{a}_{r,T}$, e verticale $\hat{a}_{r,V}$ come:

$$\hat{a}_r = \sqrt{[\hat{a}_{r,L}]^2 + [\hat{a}_{r,T}]^2 + [\hat{a}_{r,V}]^2}$$

Il sistema di riferimento impiegato per la definizione degli effetti della persona è definito in Figura 2. Data la diversa destinazione d'uso degli edifici soggetti alla valutazione del livello vibratorio, si è adottato il criterio della posizione dell'individuo non nota o variabile.

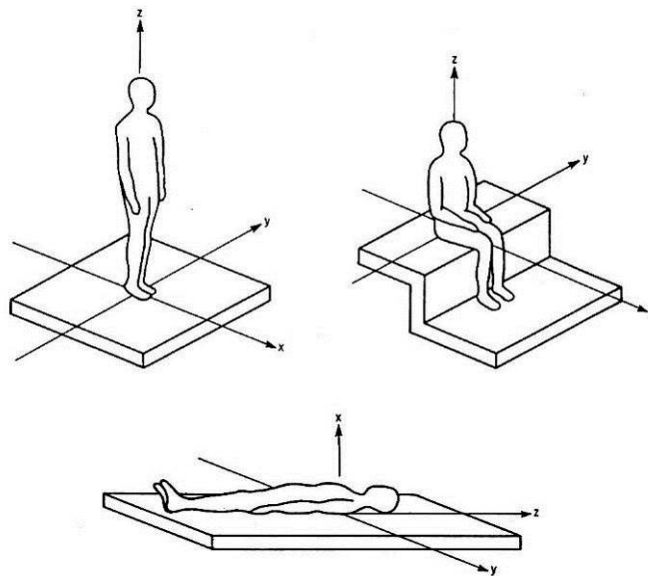


Figura 2 - Definizione degli assi di riferimento rispetto alla posizione della persona (ISO2631)

4.1. VALORI DI RIFERIMENTO DELLA NORMATIVA INTERNAZIONALE ISO 2631

La Normativa ISO2631, indicando come quantità primaria per la misura dell'ampiezza di vibrazione il valore r.m.s. (root-mean-square) dell'accelerazione pesata in frequenza definito nel paragrafo 3, fissa i limiti di emissione di vibrazioni sull'individuo tramite curve base, definite nell'intervallo di frequenza da 1 a 80 Hz. Tali curve di ampiezza di vibrazione in funzione della frequenza rappresentano i limiti di non disturbo; il loro superamento implica la possibile interferenza delle vibrazioni indotte con le attività umane.

A seconda del luogo in cui si trova l'individuo, o il tipo di edificio, vengono assegnati sempre dalla normativa opportuni moltiplicatori delle curve base. Gli edifici vengono suddivisi, con un criterio di sensibilità decrescente, nelle seguenti categorie:

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 13 di 85

- aree di lavoro critiche (camere operatorie ospedaliere durante l'orario di funzionamento, laboratori di precisione);
- aree residenziali;
- uffici;
- officine.

Una ulteriore distinzione viene fatta rispetto a vibrazioni in periodo notturno (dalle 22 alle 7) o diurno (dalle 7 alle 22). A partire dalle curve base si ottiene una serie di curve funzioni della frequenza, che rappresentano il limite di comfort riferito al livello di vibrazione in termini di accelerazione (valore r.m.s.), per diverse condizioni di luogo e ora.

Luogo	Ora	Coefficiente di moltiplicazione
Aree critiche	Giorno e notte	1
Residenziali	Giorno	Da 2 a 4
	Notte	1.4
Uffici	Giorno e notte	4
Officine e laboratori	Giorno e notte	8

Tabella 2 - Valore dei moltiplicatori delle curve base per diverse tipologie destinazioni di uso delle aree e periodo della giornata

4.2. VALORI DI RIFERIMENTO DELLA NORMATIVA ITALIANA UNI 9614

La norma UNI 9614 *Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo* individua i limiti di soglia in funzione della destinazione d'uso degli edifici. Il superamento di tali limiti può costituire una fonte di disturbo per le persone esposte riducendone il loro benessere di vita. Vengono in particolare distinti quattro tipi di ricettori:

1. Aree critiche
2. Abitazioni
3. Uffici
4. Fabbriche

E' da evidenziare che tra le aree critiche la norma riporta le sale operatorie ospedaliere, i laboratori e i locali dove vengono svolte attività di particolare precisione.

Le sopracitate aree sono comunque considerate come aree critiche solo negli intervalli di tempo in cui vengono utilizzate o svolte le attività di precisione.

I reparti ospedalieri di degenza e i locali pubblici in genere sono invece assimilati alle residenze.

I limiti sono espressi in base al livello di accelerazione in dB:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \frac{a}{a_0}$$

dove a è il valore efficace r.m.s. dell'accelerazione sul periodo T di misura, e a_0 il valore di riferimento precedentemente definito.

Considerando cumulativo l'effetto di tutte le componenti di accelerazione per frequenze da 1 a 80 Hz vanno introdotti opportuni filtri di ponderazione che rendano tali componenti equivalenti dal punto di vista della percezione da parte dell'individuo (vedi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** 2 e 3).

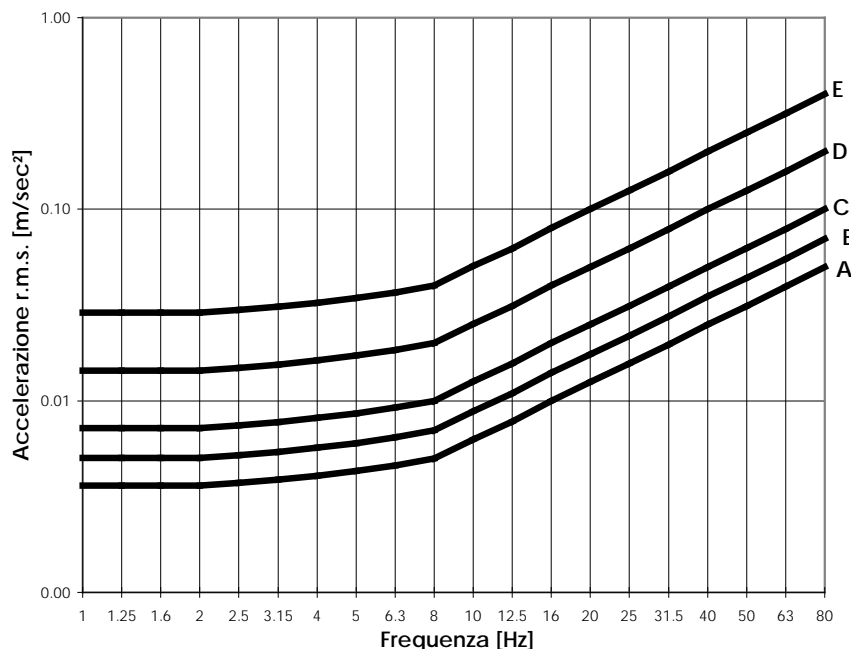


Figura 3 - Curve limite ISO 2631: A aree critiche, B aree residenziali e ore notturne, C aree residenziali e ore diurne, D uffici, E officine e laboratori.

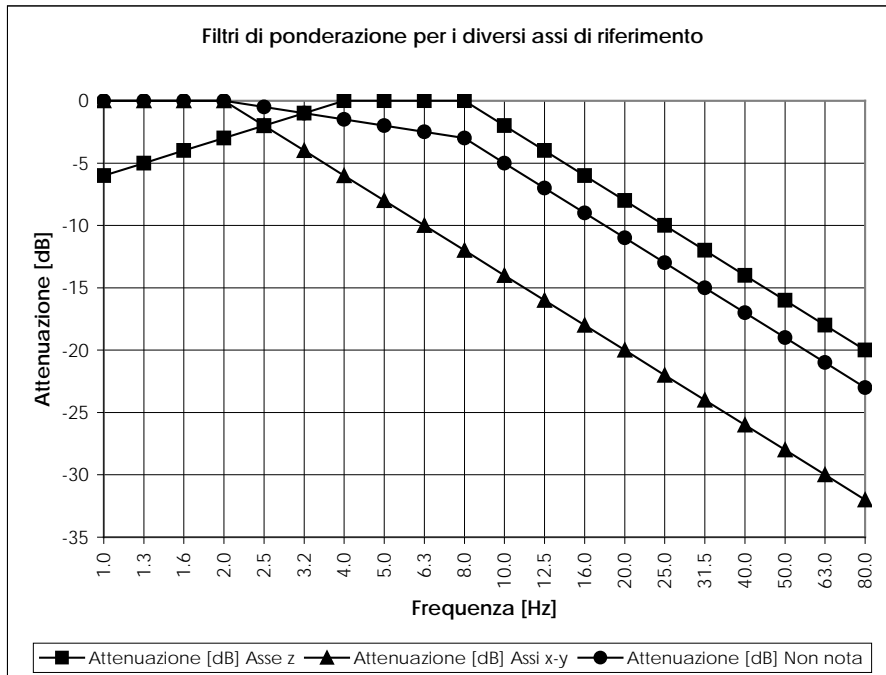


Figura 4 - Attenuazione dei filtri di ponderazione per diverse posture dell'individuo (UNI 9614)

Il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza L_w è fornito dalla relazione:

$$L_w = 10 \cdot \left(\text{Log}_{10} \sum_i 10^{L_{i,w}/10} \right)$$

dove $L_{i,w}$ sono i livelli di vibrazione in accelerazione calcolati per terzi di ottava, ponderati in frequenza secondo i filtri mostrati nelle figure precedenti.

Nei Prospetti II e III, la norma individua i limiti per le sorgenti di livello costante in relazione agli assi x e y o z.

Luogo	A [m/s ²]	L [dB]
Aree critiche	5,0 10 ⁻³	74
Abitazioni (notte)	7,0 10 ⁻³	77
Abitazioni (giorno)	10,0 10 ⁻³	80
Uffici	20,0 10 ⁻³	86
Fabbriche	40,0 10 ⁻³	92

Tabella 3 - Valori limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza per l'asse z

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 16 di 85

Luogo	A [m/s ²]	L [dB]
Aree critiche	3.3 * 10 ⁻³	71
Abitazioni (notte)	5.0*10 ⁻³	74
Abitazioni (giorno)	7.2*10 ⁻³	77
Uffici	14.4*10 ⁻³	83
Fabbriche	28.8*10 ⁻³	89

Tabella 4 - Valori limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza per gli assi x e y

Nel caso, come quello in esame in cui, in via cautelativa, siano impiegati filtri per posture non nota, la norma prescrive che siano impiegati i valori limite relativi agli assi x e y, più restrittivi

Per quanto riguarda le vibrazioni prodotte da veicoli ferroviari, la UNI 9614¹ facendo riferimento al rapporto ORE DI21², indica come valori limite per le residenze, quelli riportati in tabella:

	a [m/s ²]	L [dB]
Asse Z	30	89
Assi X e Y	21,6	86,7

Tabella 5 - Valori limite raccomandati nel Rapporto Ore DI21

Considerato che le analisi sono effettuate nel presente studio applicando il filtro per posture non nota, i valori saranno confrontati con il limite previsto per l'asse x e y, più restrittivo.

¹ Vedi appendice punto A 4

² Vibrations transmises par le sol – Vibrations provoquées dans la batiments par la curculation. Analyse das rapportts de mesures effectuées aur divers réseaux . ORE, Question D151, Rapport 5 Utrecht 1983. Il rapporto analizza le misure effettuate su diverse reti ferroviarie all'interno di fabbricati e valuta il raffronto tra esse e i limiti raccomandati.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 17 di 85

4.3. NORMATIVA UNI 9916

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”, norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 ed in cui viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma, la DIN 4150, parte 3.

La norma UNI 9916 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Altro scopo della norma è quello di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime.

La norma considera come intervallo di frequenze di interesse quello compreso tra 1 e 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (venti, terremoti ecc.) nonché ad eccitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza significativo delle vibrazioni può essere più ampio ma tuttavia le eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

L'appendice A della norma UNI 9926 contiene una guida semplificata per la classificazione degli edifici, secondo la loro probabile reazione alle vibrazioni meccaniche trasmesse attraverso il terreno. Le strutture comprese in tale classificazione riguardano:

- Tutti gli edifici residenziali e gli edifici utilizzati per le attività professionali (case, uffici, ospedali, case di cura ecc.).
- Edifici pubblici (municipi, chiese ecc.)
- Strutture industriali più leggere spesso concepite secondo le modalità costruttive in uso per gli edifici di abitazione.

La classificazione degli edifici (Prospetto III) è basata sulla loro resistenza strutturale alle vibrazioni oltre che sulla tolleranza degli effetti vibratorii sugli edifici in ragione del

loro valore architettonico, archeologico e storico. I fattori dai quali dipende il comportamento di una struttura sollecitata da vibrazioni sono:

- La categoria della struttura.
- Le fondazioni.
- La natura del terreno.
- La categoria di struttura (Prospetto II) è classificata in una scala da 1 a 8 (a numero crescente di categoria corrisponde una minore resistenza alle vibrazioni) in base ad una ripartizione in due gruppi di edifici:
- Edifici vecchi o antichi e strutture costruite con criteri tradizionali (Gruppo 1).
- Edifici e strutture moderne (Gruppo 2).

CATEGORIE DI EDIFICI

	1° GRUPPO	2° GRUPPO
1	Costruzioni industriali pesanti da cinque a sette piani di tipo resistenti ai terremoti. Strutture pesanti compresi ponti fortezze bastioni	Costruzioni industriali ad ossatura pesante di due o tre piani costruiti in armato oppure a struttura metallica con rivestimento di fogli o pannelli di tamponamento costruiti di pietre, mattoni o di elementi prefabbricati e di acciaio, solai in acciaio o calcestruzzo armato prefabbricato o gettato in opera Costruzioni industriali pesanti in acciaio o in calcestruzzo armato con struttura composita
2	Edifici pubblici ad ossatura in legno di tipo resistente ai terremoti	Immobili da 5 a 9 piani e più, uffici, ospedali, costruzioni industriali ad ossatura leggera in calcestruzzo armato od a struttura in acciaio con pannelli di tamponamenti in pietre, mattoni o elementi pref. non concepiti per terremoti
3	Case di 1 o 2 piani ad ossatura in legno e costruzioni di uso simile con tamponamenti e/o rivestimenti, comprese le capanne di tipo resistente ai terremoti	Costruzioni industriali abbastanza leggere di tipo aperto ad un solo piano, giunti per tramezzi, ossatura in acciaio, alluminio, in legno o in calcestruzzo con rivestimento in legno leggero e tamponamenti in pannelli leggeri di tipo resistente ai terremoti
4	Costruzioni a più piani abbastanza pesanti utilizzate come magazzini di media importanza o come abitazioni da 5 a 7 piani o più	Abitazioni a 2 piani e costruzioni di utilizzo simile in pietra, mattoni o elementi prefabbricati comportanti un solaio ed un tetto rinforzati o interamente costruiti in calcestruzzo armato o materiali simili resistente ai terremoti
5	Case da 4 a 6 piani ed edifici di utilizzo urbano, costruiti in pietre o mattoni, con muri portanti di costruzione più pesante, comprese le case padronali e le residenze del tipo "piccolo castello"	Edifici e simili da 4 a 10 piani principalmente costruiti in pietre leggere e mattoni, legati in gran parte con muri interni di materiali simili e da solai in calcestruzzo armato prefab. o gettato in opera almeno a ciascun piano
6	Case a 2 piani ed edifici di utilizzo simile costruiti in pietre in mattoni ed in argilla, con solette e copertura in legno Parti costruite in pietra o mattoni, di tipo resistente ai terremoti	Case di abitazione ed edifici di utilizzo simile a 2 piani, compresi uffici costruiti con muri di pietra, in mattoni, in elementi prefab. e con strutture di soletta e di copertura in legno o prefabbricate

	1° GRUPPO	2° GRUPPO
7	Chiese di grande altezza, saloni e strutture simili in pietra o in mattoni con arcate, comprese le chiese di minor importanza con arcate e costruzioni simili. Chiese basse ad ossatura pesante di tipo "aperto" (non controventate) e rimesse, comprese stalle, garages, costruzioni simili con solette e coperture in legno molto pesanti	Case e costruzioni simili ad uno o 2 piani, costruzioni più leggere e realizzate con materiali leggere e realizzate con materiali leggeri prefab. o preparati in opera
8	Rovine ed altre costruzioni in cattivo stato tutte le costruzioni della categoria 7 aventi un valore storico	

L'associazione della categoria viene fatta risalire alle caratteristiche tipologiche e costruttive della costruzione ed al numero di piani.

Le categorie riportate in tabella si riferiscono, in tutte e due i casi, a fabbricati con strutture in buono stato di manutenzione, senza difetti di costruzione, e che non hanno subito danni legati a fenomeni sismici, etc.. In caso diverso, gli edifici devono essere classificati in una categoria inferiore a quella propria.

Le fondazioni sono classificate in tre classi:

- classe A: pali legati in cemento armato; platea rigida; pali di legno legati tra loro; muri di sostegno a gravità;
- classe B: pali non legati in cemento armato; fondazioni di muri; pali e platee in legno;
- classe C: muri di sostegno leggeri; fondazioni importanti in pietre; assenza di fondazioni; muri direttamente sul terreno.

Il terreno viene classificato in sei classi:

- tipo A: rocce non fessurate; rocce molto solide leggermente fessurate; sabbie cementate;
- tipo B: terreni compattati, compressi in culle orizzontali;
- tipo C: terreni poco compattati, compressi in culle orizzontali;
- tipo D: piani inclinati, con superfici di scorrimento potenziali;
- tipo E: terreni granulari, sabbie, ghiaie senza coesione, argille con coesione sature d'acqua;
- tipo F: materiali di riporto.

Il grado di resistenza dei terreni sopra elencati decresce da A a F.

Il grado di attenuazione delle onde vibratorie è infatti strettamente legato alle caratteristiche del materiale ed in particolare alle sue proprietà elastiche. Maggiore è l'elasticità del mezzo minore sarà l'attenuazione.

L'appendice B della UNI 9916 contiene i criteri di accettabilità dei livelli di vibrazione con riferimento alla Normativa Tedesca DIN 4150 ed al Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 24 gennaio 1986 "Norme tecniche relative alle costruzioni in zona sismica", riassunti nella seguente tabella.

Cat.	Tipi di strutture	Velocità di vibrazione in mm/s			
		Misura alla fondazione			Misura al pavimento dell'ultimo piano
		<10 Hz	10÷50 Hz	50÷100 Hz	Frequenze diverse
1	Edifici commerciali, edifici industriali e simili	20	20÷40	40÷50	40
2	Edifici residenziali e simili	5	5÷15	15÷20	15
3	Strutture particolarmente sensibili alle vibrazioni non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco	3	3÷8	8÷10	8

Tabella 6 - Velocità massime ammissibili (UNI9916)

La Parte III della DIN 4150 indica le velocità massime ammissibili per vibrazioni transitorie quali quelle generate da transiti ferroviari:

- Per l'edificio nel suo complesso vedere la tabella precedente.
- Sui pavimenti $v < 20$ mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione.
- Per vibrazioni stazionare (o nel caso che il numero di eventi, o transiti, giornaliero sia superiore a 60-70):
- Sull'edificio nel suo complesso $v < 5$ mm/s in direzione orizzontale in corrispondenza dell'ultimo piano.
- Sui pavimenti: $v < 10$ mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione.

Per velocità massima è da intendersi il valore di picco di tale grandezza; esso è ricavabile dalla velocità massima r.m.s. attraverso la moltiplicazione di quest'ultima con il fattore di Cresta F. Tale parametro esprime il rapporto tra il valore di picco ed il valore efficace. Per onde sinusoidali si assume $F=1.41$; in altri casi si possono assumere valori maggiori.

La norma internazionale ISO 4866 fornisce una classificazione degli effetti di danno a carico delle strutture secondo i seguenti tre livelli:

La ISO 4866 fornisce infine una classificazione degli effetti di danno a carico delle strutture secondo tre livelli:

Danno di soglia: formazione di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o accrescimento di fessure già esistenti sulle superfici in gesso o sulle superfici di muri a secco; inoltre formazioni di fessure filiformi nei giunti di malta delle costruzioni in muratura di mattoni. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata, con frequenze maggiori di 4 Hz e velocità di vibrazione di 4÷ 50 mm/s, e per vibrazioni continue, con velocità 2÷5 mm/s.

Danno minore: formazione di fessure più aperte, distacco e caduta di gesso o di pezzi di intonaco dai muri; formazione di fessure in murature di mattoni. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata con frequenze superiori a 4 Hz nel campo di velocità vibrazionale compreso tra 20÷100 mm/s oppure per vibrazioni continue associate a velocità di 3÷10 mm/s.

Danno maggiore: danneggiamento di elementi strutturali; fessure nei pilastri; aperture di giunti; serie di fessure nei blocchi di muratura. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata con frequenze superiori a 4 Hz e velocità vibrazionale compresa tra 20÷200 mm/s oppure per vibrazioni continue associate a velocità di 5÷20 mm/s.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 22 di 85

5. CARATTERIZZAZIONE DEL TERRITORIO

5.1. AMBITO TERRITORIALE

L'indagine ha interessato i 33 km circa del 1° sublotto della linea A.V./A.C. dalla stazione di Verona Porta Vescovo a Montebello Vicentino.

In tutto risultano interessati n. 8 comuni ricadenti nelle province di Verona e Vicenza.

Nella tabella seguente se ne riporta l'elenco dettagliato.

PROVINCIA	COMUNE	CODICE ISTAT
Verona	Verona	023091
	San Martino Buon Albergo	023073
	Zevio	023097
	Calderio	023017
	Belfiore	023007
	San Bonifacio	023069
Vicenza	Lonigo	024052
	Montebello Vicentino	024060

5.2. DESCRIZIONE DEI RICETTORI E DELLE SORGENTI

Per quanto concerne i ricettori, il sublotto Verona P.V. – Montebello Vi.no si caratterizza, nel primo tratto in uscita da Verona (circa 2,5 km), per un edificato strutturato e a destinazione prevalentemente residenziale ed a uffici. I fabbricati risalgono ad un'epoca recente e possono essere in cemento armato o in struttura mista. In alcuni casi si presentano di notevole altezza (anche 6 piani) e sono situati in posizione adiacente all'attuale sedime ferroviario.

Usciti da Verona, il territorio interessato è a valenza agricola. La densità edilizia è bassa anche se si possono riscontrare piccole fazioni con edificato strutturato.

Gli edifici presentano un'altezza media di n. 2 piani e comunque non superano mai i 3 piani. L'epoca di costruzione è varia, e la struttura può essere in cemento armato, in muratura o più spesso si ipotizza mista, sovente non è facilmente e univocamente definibile.

Per quanto riguarda gli edifici produttivi, all'interno del corridoio ristretto non è stata evidenziata la presenza di impianti potenzialmente configurabili come aree critiche.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 23 di 85

Per il dettaglio relativo ai singoli ricettori si fa comunque riferimento, al censimento redatto per la componente rumore.

I risultati di detto censimento sono stati riportati, su una base cartografica in scala 1:2000 (doc IN0D 00 DI2 P6 IM0006 001 B ÷ IN0D 00 DI2 P6 IM0006 032 B) e su apposite schede completi di informazioni riguardanti la localizzazione, lo stato e la consistenza e la relativa documentazione fotografica (doc IN0D 00 DI2 SH IM0006 001 A).

Per una più immediata lettura del territorio, nelle suddette planimetrie, oltre al codice dei ricettori censiti³, sono state evidenziate mediante l'utilizzo di colori e retini destinazione d'uso e altezza dei ricettori censiti.

Tipologia dei ricettori

- residenziali e assimilabili (es. hotel)
- produttivo/commercio (capannone, magazzino, deposito)
- uffici e servizi
- servizi per l'istruzione
- servizi sanitari
- luogo di culto interesse culturale o cimitero
- altro

Altezza dei ricettori

1. Edificio h = 3,50 m (1 piano)
2. Edificio h = 7,50 m (2 piani)
3. Edificio h = 10,50 m (3 piani)
4. Edificio h = 13,50 m (4 piani)
5. Edificio h > 13,50 m (5 piani e oltre)

Per quanto concerne gli edifici storico monumentali, è stata evidenziata la presenza di due elementi vincolati⁴. Entrambi sono localizzati sul lato sud della linea a Verona e fanno parte

³ Il codice ricettore è costituito da una stringa alfanumerica composta dal Codice ISTAT del comune in cui ricade il fabbricato, da una lettera che indica se trattasi di produttivo o meno e da un numero progressivo. Per migliorare la leggibilità dell'elaborato planimetrico, la parte del codice costituita dall'identificativo ISTAT viene riportato sulla tavola in basso a destro e lungo il confine comunale.

⁴ Fonte: Catalogo e Altante del Veneto – Ville Venete

del complesso ecclesiastico Istituto Sorelle della Misericordia. Sono precisamente costituiti da:

- Edificio datato XVII sec - XVIII sec situato in corrispondenza del km 2+875 (vedi figura 1)
- Edificio datato XVI sec. situato in corrispondenza del km 3+050 (vedi figura)

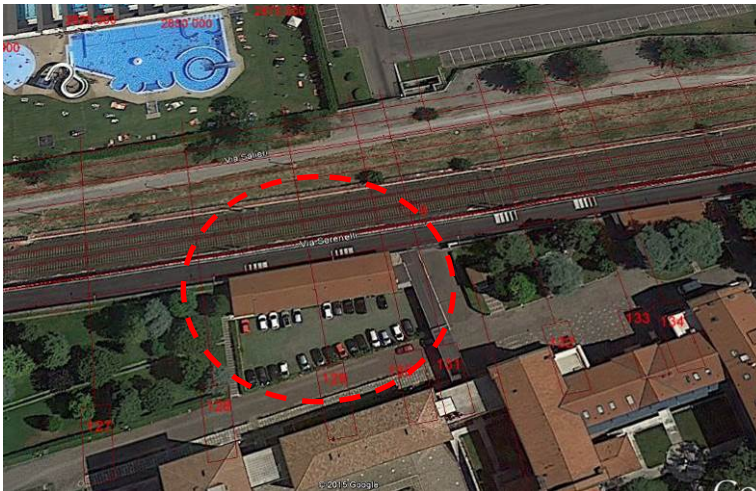


Figura 5 – Edificio situato al km 2+875

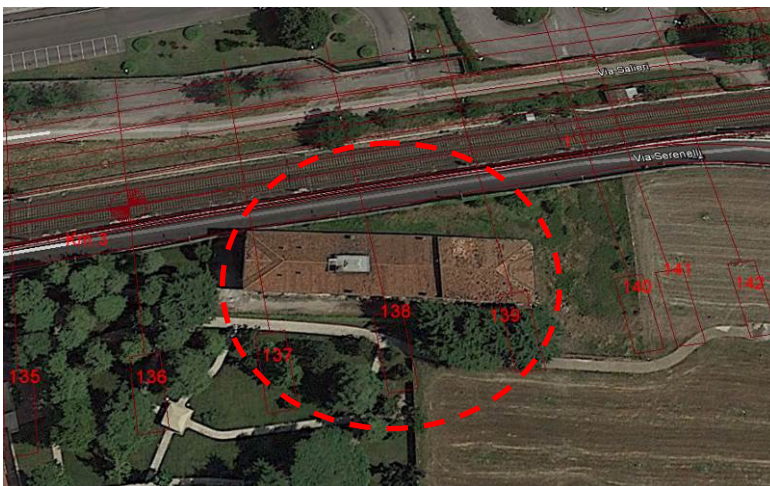


Figura 6 – Edificio situato al km 3+050

Per quanto concerne le sorgenti vibrazionali, la più significativa è certamente costituita dalla linea ferroviaria. Secondariamente si evidenziano le infrastrutture stradali

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 25 di 85

6. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il progetto della nuova linea AV/AC nel tratto in questione: Verona – Montebello Vicentino, si sviluppa dalla Stazione di Verona Porta Vescovo in corrispondenza del km 151+265 della linea storica corrispondente al Km 0+000 del presente progetto, fino alla progressiva km 32+525 circa subito a monte della attuale stazione di Montebello Vicentino per cui non è previsto alcun intervento, per una estesa complessiva di 32,5 km circa.

Nel seguito si riportano, nell'ordine, gli ambiti territoriali dei Comuni interessati dalla tratta in oggetto:

Il tracciato in progetto ha inizio all'interno del fascio binari di Verona Porta Vescovo e si sviluppa nel territorio come di seguito sinteticamente descritto:

Nel tratto iniziale, in uscita lato est dalla stazione di Verona Porta Vescovo, la nuova linea si mantiene in stretto affiancamento alla linea storica per circa 4 km di cui i primi due in rilevato alto analogamente all'esistente a meno della tratta da km 0+775 a km 2+220 lungo il quale la posizione altimetrica della nuova AV/AC è più bassa rispetto alla storica allo scopo di minimizzare gli impatti sul contesto territoriale urbanizzato. Planimetricamente, dal km 1+900 al km 3+400 circa, è previsto uno spostamento della linea storica verso nord tale da consentire l'inserimento della nuova linea AV/AC sul sedime ferroviario esistente, essendo in tale zona fortemente condizionati dalle preesistenze antropiche.

In questi primi 4 km le caratteristiche geometriche di tracciato ricalcano quelle della linea esistente e pertanto la velocità di progetto si mantiene non superiore a 130 km/h.

Successivamente, nell'ambito del Comune di S. Martino Buon Albergo, il tracciato si allontana dalla linea storica curvando verso sud, per affiancarsi al raccordo autostradale con la S.S. 11, in fase di ampliamento.

Dal km 4+840 fino al km 6+840 (L=1600m) circa il tracciato sottopassa in galleria artificiale il nuovo svincolo autostradale di Verona Est, l'autostrada A4 e la Tangenziale Sud di Verona.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 26 di 85

Nel tratto descritto la velocità di tracciato aumenta fino a 210 km/h, con pendenza massima dell' 11.50 per mille in corrispondenza dell'approccio del tratto in galleria artificiale.

Dal km 6+500 al km 27+770 circa il progetto si sviluppa in corridoio libero, con una velocità di tracciato di 250 km/h, mantenendosi a sud dell'abitato di San Bonifacio.

In questo tratto sono previsti diversi tratti in viadotto e precisamente:

- dal km 7+660 al km 10+020 sviluppo L = 2360 m viadotto sul Torrente Fibbio
- dal km 11+502 al km 11+715 sviluppo L = 213 m viadotto sul Torrente Illasi e Torrente Prognolo
- al km 16+509 sviluppo L= 22 m ponte sul fosso Dugale
- dal 20+919 al km 21+991 sviluppo L= 1772 m viadotto sul Torrente Alpone
- dal km 24+874 al km 25+314 sviluppo L = 440 m viadotto San Bonifacio

Dal km 27+770, subito dopo la nuova stazione di Lonigo, il tracciato corre in affiancamento stretto a sud della linea storica.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 27 di 85

7. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

I dati necessari alla compilazione del quadro geologico dell'area di interesse sono stati ricavati dal SIA e dalle relazioni Geologico- Geotecniche sviluppare per il PD sulla base delle campagne di sondaggi.

L'area in esame ricade all'interno del settore occidentale della Pianura padano-veneta, interessando depositi di materiali sciolti generati dalla deposizione di sedimenti prevalentemente di tipo continentale depositi fluviali, glaciali, lacustri e palustri. Per quanto riguarda il territorio di interesse del progetto in esame, ai fini dello studio vibrazionale sono state individuate le tre seguenti formazioni geologiche di riferimento:

- Tipo 1 - Terreni costituiti da materiali granulari addensati, principalmente ghiaie e ghiaie con sabbia talvolta debolmente limose caratterizzati da spessori fino a i 10 e 15 m da piano campagna, seguiti da materiali più francamente sabbiosi in profondità. Tale tipologia di terreno ricade nella zona iniziale di Verona fino al km 7+600 corrispondente alla spalla ovest del viadotto Fibbio. La falda si presenta a quote variabili e precisamente fino al km 4+000 si attesta fra +46 e +48 m slm (quota campagna con fabbricati da + 52 a +60 m s.l.m.), mentre proseguendo verso est, in corrispondenza della galleria si trova tra i +40 e i +35 m slm (quota campagna con fabbricati + 46 m s.l.m.).
- Tipo 2 - Terreni costituiti da depositi sabbioso limosi, generalmente sciolti per uno spessore superficiale di 2-5 m. Al di sotto di tale livello superficiale, sono presenti sabbie inframezzate ad argille. In considerazione del fatto che la falda è prossima al piano campagna sono possibili fenomeni di liquefazione. Tali conformazione idrogeologica si circoscrive ai tratti compresi tra le progressive da km 13+000 a km 16+000 e da km 20+000 a km 25+000
- Tipo 3 - Terreni costituiti nello strato superficiale di spessore variabile, che può essere stimato essere mediamente pari a 5 m, da argille e limi, variamente compatti. Al di sotto di tale livello superficiale, sono presenti sabbie anche grossolane e frammiste a ghiaie. Sulla base delle letture piezometriche ad oggi disponibili, la falda si pone a poca profondità da p.c., dell'ordine di 1.0÷2.0 m.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 28 di 85

8. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

I dati rilevati sono stati finalizzati a:

1. individuare i livelli vibrazionali attualmente indotti dall'esercizio ferroviario all'interno delle abitazioni prossime alla Linea Storica
2. caratterizzare l'emissione dei livelli vibrazionali dei treni AV (ETR e Italo)
3. costruire un modello sperimentale della propagazione nel terreno e della trasmissione agli edifici da estendere a tutta l'area di progetto.

Al fine di rispondere alle esigenze sopra elencate sono state effettuate due distinte campagne di monitoraggio: la prima ha interessato il territorio direttamente interessato dal progetto localizzando le stazioni di monitoraggio in adiacenza della linea storica attualmente in esercizio, mentre la seconda, per la specifica finalità, ha riguardato un ambito estraneo al progetto dove era presente una linea AV/AC in esercizio.

8.1. MISURE PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLE VIBRAZIONI NEL TERRITORIO INTERESSATO DAL PROGETTO

Le indagini sono state eseguite individuando n. 3 sezioni caratteristiche in base ai terreni e alle caratteristiche del corpo ferroviario e del territorio.

In ciascuna sezione sono stati effettuati rilievi in n. 4 postazioni di misura così come di seguito descritte:

Postazione P1: caratterizza l'emissione dei rotabili sulla Linea Storica. In dipendenza della tipologia del corpo ferroviario, il punto è stato localizzato presso il confine della proprietà ferroviaria, ad una distanza variabile tra 5 m e 15 m dall'asse del binario di corsa più vicino.

Postazione P2: caratterizzare la funzione di trasferimento del terreno nonché costituisce riferimento per la determinazione dell'attenuazione all'interfaccia delle fondazioni. Il punto è localizzato all'esterno dell'edificio in posizione determinata rispetto alla facciata del fabbricato.

Postazione P3: determina l'attenuazione all'interfaccia fondazioni/terreno; per tale motivo il punto è localizzato in corrispondenza del primo solaio (piano terra preferibilmente).

Postazione P4: finalizzata alla valutazione del comportamento alla vibrazioni del manufatto edilizio al variare dell'altezza. A tale scopo il punto è localizzata all'interno dell'edificio, all'ultimo solaio, che nel caso

La figura di seguito riportata riportano lo schema di localizzazione dei punti di misura. Nello specifico il punto P4 corrisponde sempre al primo piano, in quanto gli edifici interessati dalle indagini sono di 2 piani..

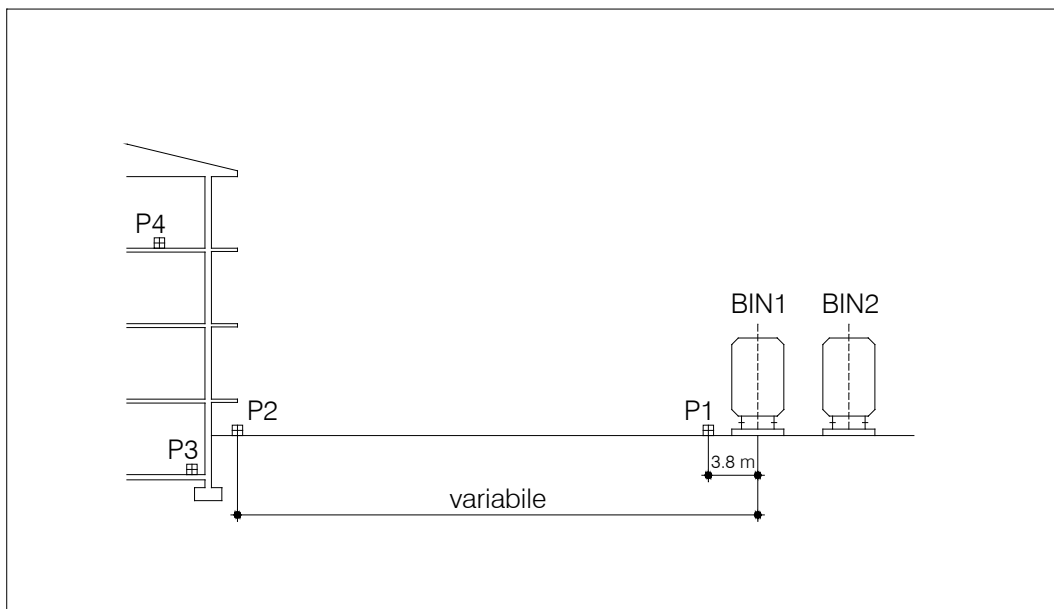


Figura 7 - Sezione trasversale tipo con indicazione delle postazioni di monitoraggio

Il monitoraggio è stato svolto nella settimana nel periodo compreso tra il 18 febbraio e il 26 febbraio 2015.

In ciascuna sezione i rilievi sono stati eseguiti in contemporanea nelle 4 postazioni individuate.

Nei seguenti paragrafi è riportata una descrizione sintetica delle condizioni di misura, delle punti, nonché le tabelle contenenti i dati rilevati come livello di accelerazione complessiva ponderata secondo UNI 9614 (assi combinati) in dB con l'indicazione degli elementi caratteristici di ciascun transito (Tipo treno, direzione ad indicare il binario, lunghezza convoglio e velocità).

Per le informazioni di dettaglio sulla campagna di misura e sui transiti si rimanda comunque alla relazione IN0D 00 DI2 RG AR0003 002 A e alle schede di rilevamento IN0D 00 DI2 RH AR0003 005 A ÷ IN0D 00 DI2 RH AR0003 007 A.

8.1.1. Sezione 1 – Verona

Localizzazione: In uscita da Verona (altezza progressiva di progetto km 2+580 dove la LS subirà una variante con conseguente avvicinamento al fabbricato)

Terreno (cfr par. 7): Tipo 1 ghiaie e sabbie con falda a profondità superiore a 5 m dal p.c.

Tipologia corpo ferroviario: raso

Tipo edificio: n. 2 piani fuori terra - struttura presumibilmente mista muratura e c.a.



Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno	Quota relativa piano del ferro			
1	Esterno prossimità binario	5.00 m	-0.5 m			
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	114,8	78,5
2	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+10	301,5	88,7	76,0
3	OVEST	REGIONALE	2+7	22,3	8,1	74,6
4	EST	MINUETTO	2+4	51,9	44,5	76,8
5	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	90,8	78,4
6	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	22,2	69,6
7	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	147,5	83,0
8	OVEST	MERCI	2+6	160,3	52,8	77,2

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 31 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
1	Esterno prossimità binario	5.00 m		-0.5 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
9	EST	MERCI	1+17	360,3	117,5	75,5
10	OVEST	REGIONALE	2+5	171,0	50,3	73,7
11	EST	REGIONALE	2+6	197,1	88,3	76,6
12	EST	MINUETTO	2+3	51,9	24,3	71,7
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	78,7	77,6
14	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	76,5
15	OVEST	MINUETTO	2+4	51,9	39,9	76,2
16	OVEST	MERCI	1+21	440,3	102,4	75,4
17	OVEST	REGIONALE	2+6	197,1	70,4	75,2
18	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	75,1	76,5
19	EST	REGIONALE	2+7	223,2	87,0	73,6
20	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	98,4	77,1
21	EST	MERCI	1+21	440,3	80,1	77,0
22	EST	MERCI	1+30	620,3	121,1	76,5
23	EST	MINUETTO	2+4	51,9	39,9	78,6
24	EST	MERCI	1+14	300,3	79,0	76,3
25	OVEST	MINUETTO	2+3	51,9	26,8	72,9
26	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	73,8	75,1
27	EST	MERCI	1+28	580,3	121,7	76,3
28	OVEST	MERCI	1+22	460,3	71,9	75,3
29	OVEST	MERCI	1+21	440,3	85,2	73,1
30	EST	MINUETTO	2+2	51,9	33,9	76,0
31	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	79,4	76,9

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
2	Esterno proprietà	13.00 m		-0.5 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	114,8	63,5
2	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+10	301,5	88,7	63,5
3	OVEST	REGIONALE	2+7	22,3	8,1	65,4
4	EST	MINUETTO	2+4	51,9	44,5	63,0
5	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	90,8	64,1
6	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	22,2	58,1
7	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	147,5	62,4
8	OVEST	MERCI	2+6	160,3	52,8	63,7

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 32 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
2	Esterno proprietà	13.00 m		-0.5 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
9	EST	MERCI	1+17	360,3	117,5	62,0
10	OVEST	REGIONALE	2+5	171,0	50,3	61,3
11	EST	REGIONALE	2+6	197,1	88,3	62,1
12	EST	MINUETTO	2+3	51,9	24,3	59,1
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	78,7	64,4
14	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	61,8
15	OVEST	MINUETTO	2+4	51,9	39,9	68,7
16	OVEST	MERCI	1+21	440,3	102,4	66,4
17	OVEST	REGIONALE	2+6	197,1	70,4	64,7
18	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	75,1	63,5
19	EST	REGIONALE	2+7	223,2	87,0	64,8
20	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	98,4	64,1
21	EST	MERCI	1+21	440,3	80,1	66,8
22	EST	MERCI	1+30	620,3	121,1	67,0
23	EST	MINUETTO	2+4	51,9	39,9	67,3
24	EST	MERCI	1+14	300,3	79,0	59,7
25	OVEST	MINUETTO	2+3	51,9	26,8	59,4
26	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	73,8	63,2
27	EST	MERCI	1+28	580,3	121,7	63,8
28	OVEST	MERCI	1+22	460,3	71,9	61,7
29	OVEST	MERCI	1+21	440,3	85,2	62,8
30	EST	MINUETTO	2+2	51,9	33,9	59,0
31	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	79,4	64,2

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
3	Interno edificio PT	21.80 m		0 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	114,8	62,1
2	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+10	301,5	88,7	61,6
3	OVEST	REGIONALE	2+7	22,3	8,1	60,8
4	EST	MINUETTO	2+4	51,9	44,5	59,6
5	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	90,8	61,2
6	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	22,2	56,2
7	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	147,5	66,7

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 33 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
3	Interno edificio PT	21.80 m		0 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
8	OVEST	MERCI	2+6	160,3	52,8	60,6
9	EST	MERCI	1+17	360,3	117,5	58,5
10	OVEST	REGIONALE	2+5	171,0	50,3	58,4
11	EST	REGIONALE	2+6	197,1	88,3	59,3
12	EST	MINUETTO	2+3	51,9	24,3	53,7
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	78,7	61,4
14	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	58,5
15	OVEST	MINUETTO	2+4	51,9	39,9	62,6
16	OVEST	MERCI	1+21	440,3	102,4	62,9
17	OVEST	REGIONALE	2+6	197,1	70,4	60,6
18	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	75,1	61,4
19	EST	REGIONALE	2+7	223,2	87,0	61,4
20	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	98,4	59,2
21	EST	MERCI	1+21	440,3	80,1	60,1
22	EST	MERCI	1+30	620,3	121,1	63,6
23	EST	MINUETTO	2+4	51,9	39,9	63,7
24	EST	MERCI	1+14	300,3	79,0	59,1
25	OVEST	MINUETTO	2+3	51,9	26,8	57,5
26	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	73,8	61,2
27	EST	MERCI	1+28	580,3	121,7	61,1
28	OVEST	MERCI	1+22	460,3	71,9	60,1
29	OVEST	MERCI	1+21	440,3	85,2	62,5
30	EST	MINUETTO	2+2	51,9	33,9	56,1
31	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	79,4	61,3

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
4	Interno edificio P1	21.80 m		3 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	114,8	65,1
2	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+10	301,5	88,7	67,4
3	OVEST	REGIONALE	2+7	22,3	8,1	65,7
4	EST	MINUETTO	2+4	51,9	44,5	61,2
5	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	90,8	68,3
6	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	22,2	62,9
7	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	147,5	69,1

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
4	Interno edificio P1	21.80 m		3 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
8	OVEST	MERCI	2+6	160,3	52,8	61,5
9	EST	MERCI	1+17	360,3	117,5	63,5
10	OVEST	REGIONALE	2+5	171,0	50,3	64,0
11	EST	REGIONALE	2+6	197,1	88,3	63,0
12	EST	MINUETTO	2+3	51,9	24,3	57,9
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	78,7	66,8
14	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	60,4
15	OVEST	MINUETTO	2+4	51,9	39,9	65,7
16	OVEST	MERCI	1+21	440,3	102,4	62,3
17	OVEST	REGIONALE	2+6	197,1	70,4	65,6
18	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	75,1	66,8
19	EST	REGIONALE	2+7	223,2	87,0	60,2
20	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	98,4	66,7
21	EST	MERCI	1+21	440,3	80,1	63,8
22	EST	MERCI	1+30	620,3	121,1	65,8
23	EST	MINUETTO	2+4	51,9	39,9	67,4
24	EST	MERCI	1+14	300,3	79,0	62,9
25	OVEST	MINUETTO	2+3	51,9	26,8	62,0
26	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	73,8	67,6
27	EST	MERCI	1+28	580,3	121,7	65,0
28	OVEST	MERCI	1+22	460,3	71,9	63,5
29	OVEST	MERCI	1+21	440,3	85,2	64,8
30	EST	MINUETTO	2+2	51,9	33,9	59,4
31	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	79,4	67,0

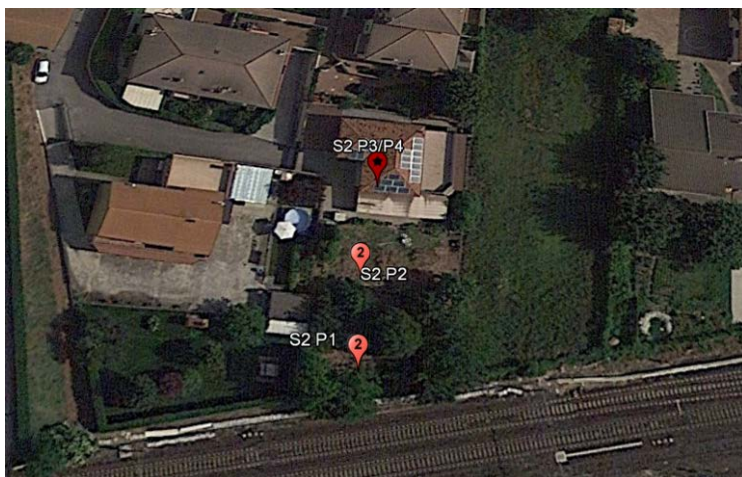
8.1.2. Sezione 2 – San Bonifacio

Localizzazione: Interno abitato San Bonifacio

Terreno (cfr par. 7): Tipo 2 sabbie con falda quasi a quota campagna (problemi di liquefazione)

Tipologia corpo ferroviario: raso

Tipo edificio: n. 2 piani fuori terra - struttura presumibilmente in c.a.



Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno	Quota relativa piano del ferro			
1	Esterno prossimità binario	6.50 m	-0.5 m			
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	99,5	79,4
2	EST	REGIONALE	2+7	223,2	32,7	68,4
3	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	118,0	93,1
4	EST	MERCI	1+23	480,3	86,3	75,9
5	EST	REGIONALE	2+7	223,2	35,6	72,9
6	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	105,9	80,9
7	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	76,6
8	OVEST	MINUETTO	2+1	51,9	17,3	67,9
9	EST	MINUETTO	2+1	51,9	15,9	68,5
10	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	114,8	82,4
11	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	104,6	81,2
12	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	118,0	82,8
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	82,6	76,3
14	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	100,8	77,7
15	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	35,8	69,6
16	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	90,8	79,2
17	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	76,1
18	OVEST	MINUETTO	2+3	51,9	15,1	68,4
19	OVEST	MERCI	1+21	440,3	104,8	79,2
20	OVEST	MERCI	1+23	480,3	81,9	77,8
21	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	104,6	82,8
22	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	39,9	70,7
23	EST	REGIONALE	2+7	223,2	39,2	73,0
24	OVEST	MINUTETTO	2+2	51,9	20,2	79,1

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 36 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
2	Esterno proprietà	18,80 m		-0,5 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	99,5	73,6
2	EST	REGIONALE	2+7	223,2	32,7	63,5
3	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	118,0	75,8
4	EST	MERCI	1+23	480,3	86,3	69,2
5	EST	REGIONALE	2+7	223,2	35,6	66,5
6	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	105,9	75,2
7	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	73,5
8	OVEST	MINUETTO	2+1	51,9	17,3	60,0
9	EST	MINUETTO	2+1	51,9	15,9	62,0
10	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	114,8	75,6
11	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	104,6	74,3
12	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	118,0	75,7
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	82,6	73,7
14	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	100,8	74,0
15	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	35,8	63,5
16	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	90,8	72,7
17	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	73,3
18	OVEST	MINUETTO	2+3	51,9	15,1	62,9
19	OVEST	MERCI	1+21	440,3	104,8	72,3
20	OVEST	MERCI	1+23	480,3	81,9	73,9
21	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	104,6	72,2
22	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	39,9	63,8
23	EST	REGIONALE	2+7	223,2	39,2	65,4
24	OVEST	MINUTETTO	2+2	51,9	20,2	69,6

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
3	Interno edificio PT	33,50 m		0 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	99,5	65,5
2	EST	REGIONALE	2+7	223,2	32,7	55,5
3	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	118,0	70,0
4	EST	MERCI	1+23	480,3	86,3	64,3
5	EST	REGIONALE	2+7	223,2	35,6	57,6
6	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	105,9	68,7

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 37 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
3	Interno edificio PT	33.50 m		0 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
7	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	66,3
8	OVEST	MINUETTO	2+1	51,9	17,3	53,0
9	EST	MINUETTO	2+1	51,9	15,9	56,1
10	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	114,8	60,4
11	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	104,6	68,7
12	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	118,0	69,6
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	82,6	65,4
14	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	100,8	65,3
15	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	35,8	55,7
16	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	90,8	67,7
17	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	66,5
18	OVEST	MINUETTO	2+3	51,9	15,1	55,4
19	OVEST	MERCI	1+21	440,3	104,8	66,2
20	OVEST	MERCI	1+23	480,3	81,9	68,6
21	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	104,6	68,8
22	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	39,9	56,3
23	EST	REGIONALE	2+7	223,2	39,2	57,9
24	OVEST	MINUTETTO	2+2	51,9	20,2	65,5

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
4	Interno edificio P1	33.50 m		3 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	99,5	69,2
2	EST	REGIONALE	2+7	223,2	32,7	62,1
3	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	118,0	72,0
4	EST	MERCI	1+23	480,3	86,3	69,2
5	EST	REGIONALE	2+7	223,2	35,6	62,7
6	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	105,9	70,7
7	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	69,7
8	OVEST	MINUETTO	2+1	51,9	17,3	58,7
9	EST	MINUETTO	2+1	51,9	15,9	61,3
10	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	114,8	72,1
11	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	104,6	70,9
12	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	118,0	71,4

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
4	Interno edificio P1	33.50 m		3 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	82,6	70,2
14	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	100,8	70,2
15	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	35,8	61,8
16	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	90,8	70,6
17	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	95,0	69,7
18	OVEST	MINUETTO	2+3	51,9	15,1	61,3
19	OVEST	MERCI	1+21	440,3	104,8	71,4
20	OVEST	MERCI	1+23	480,3	81,9	73,1
21	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	104,6	70,7
22	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	39,9	62,2
23	EST	REGIONALE	2+7	223,2	39,2	63,6
24	OVEST	MINUTETTO	2+2	51,9	20,2	70,7

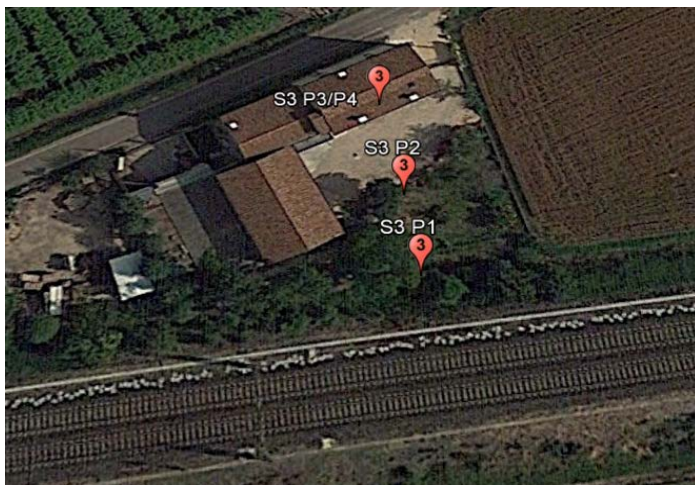
8.1.3. Sezione 3 – Locara

Localizzazione: Nel comune di Locara in ambito agricolo

Terreno (cfr par. 7): Tipo 3 argille e limi saturi d'acqua

Tipologia corpo ferroviario: Rilevato

Tipo edificio: n. 2 piani fuori terra - struttura presumibilmente in c.a.



Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 39 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
1	Esterno prossimità binario	15 m		-5 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	23,2	65,9
2	EST	REGIONALE	2+7	223,2	75,2	74,0
3	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	153,0	69,1
4	OVEST	FRECCIA ROSSA	2+11	301,5	62,8	68,0
5	OVEST	MERCI	1+19	400,3	82,8	75,5
6	EST	MINUETTO	2+2	51,9	23,2	71,1
7	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	111,6	73,6
8	EST	MINUETTO	1+1	51,9	20,5	70,6
9	EST	MERCI	1+21	440,3	32,9	69,1
10	EST	MINUETTO	2+4	51,9	22,9	71,6
11	EST	MERCI	1+16	340,3	66,3	75,4
12	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	72,8
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	116,4	71,0
14	OVEST	MERCI	1+18	380,3	71,7	79,6
15	OVEST	MERCI	1+31	640,3	113,7	71,8
16	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	77,9	70,1
17	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	108,7	71,8
18	OVEST	REGIONALE	2+3	118,8	53,2	69,9
19	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	71,7
20	OVEST	MINUETTO	2+4	51,9	26,0	72,5
21	EST	MINUETTO	2+4	51,9	28,8	80,3
22	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	108,7	74,1
23	EST	MERCI	1+24	500,3	120,7	78,2
24	EST	REGIONALE	2+7	223,2	77,9	74,1
25	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	22,6	70,2
26	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	70,6
27	OVEST	MERCI	1+19	400,3	69,4	71,8
28	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	87,0	74,5
29	EST	MINUETTO	2+4	51,9	23,2	73,4
30	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	111,6	73,5

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
2	Esterno proprietà	23.50 m		-0.5 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	23,2	63,8

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 40 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
2	Esterno proprietà	23.50 m		-0.5 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
2	EST	REGIONALE	2+7	223,2	75,2	68,6
3	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	153,0	66,8
4	OVEST	FRECCIA ROSSA	2+11	301,5	62,8	64,3
5	OVEST	MERCI	1+19	400,3	82,8	70,9
6	EST	MINUETTO	2+2	51,9	23,2	65,0
7	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	111,6	68,7
8	EST	MINUETTO	1+1	51,9	20,5	66,7
9	EST	MERCI	1+21	440,3	32,9	63,7
10	EST	MINUETTO	2+4	51,9	22,9	66,3
11	EST	MERCI	1+16	340,3	66,3	72,7
12	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	68,5
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	116,4	67,8
14	OVEST	MERCI	1+18	380,3	71,7	74,8
15	OVEST	MERCI	1+31	640,3	113,7	66,2
16	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	77,9	66,9
17	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	108,7	68,3
18	OVEST	REGIONALE	2+3	118,8	53,2	66,4
19	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	67,5
20	OVEST	MINUETTO	2+4	51,9	26,0	71,4
21	EST	MINUETTO	2+4	51,9	28,8	75,2
22	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	108,7	69,7
23	EST	MERCI	1+24	500,3	120,7	72,3
24	EST	REGIONALE	2+7	223,2	77,9	68,7
25	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	22,6	63,7
26	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	67,4
27	OVEST	MERCI	1+19	400,3	69,4	67,1
28	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	87,0	70,4
29	EST	MINUETTO	2+4	51,9	23,2	66,9
30	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	111,6	69,9

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
3	Interno edificio PT	33.50 m		- 5 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	OVEST	MINUETTO	2+2			

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 41 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
3	Interno edificio PT	33.50 m		- 5 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
2	EST	REGIONALE	2+7	51,9	23,2	53,8
3	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	223,2	75,2	58,2
4	OVEST	FRECCIA ROSSA	2+11	275,4	153,0	54,7
5	OVEST	MERCI	1+19	301,5	62,8	55,5
6	EST	MINUETTO	2+2	400,3	82,8	65,3
7	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	51,9	23,2	60,9
8	EST	MINUETTO	1+1	275,4	111,6	58,6
9	EST	MERCI	1+21	51,9	20,5	61,4
10	EST	MINUETTO	2+4	440,3	32,9	58,2
11	EST	MERCI	1+16	51,9	22,9	57,8
12	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	340,3	66,3	64,0
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	59,1
14	OVEST	MERCI	1+18	275,4	116,4	59,8
15	OVEST	MERCI	1+31	380,3	71,7	69,2
16	OVEST	REGIONALE	2+7	640,3	113,7	61,4
17	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	223,2	77,9	58,9
18	OVEST	REGIONALE	2+3	275,4	108,7	60,6
19	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	118,8	53,2	56,5
20	OVEST	MINUETTO	2+4	275,4	113,2	61,0
21	EST	MINUETTO	2+4	51,9	26,0	62,4
22	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	51,9	28,8	62,5
23	EST	MERCI	1+24	275,4	108,7	59,1
24	EST	REGIONALE	2+7	500,3	120,7	58,0
25	OVEST	MINUETTO	2+2	223,2	77,9	58,8
26	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	51,9	22,6	55,1
27	OVEST	MERCI	1+19	275,4	113,2	60,2
28	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	400,3	69,4	62,1
29	EST	MINUETTO	2+4	275,4	87,0	62,1
30	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	51,9	23,2	58,0

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
4	Interno edificio P1	33.50 m		- 2 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
1	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	23,2	59,9

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 42 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

Punto	Localizzazione	Distanza asse binario esterno		Quota relativa piano del ferro		
4	Interno edificio P1	33.50 m		- 2 m		
Misura	Direzione	Tipo	Composizione	Lunghezza	Velocità	LW d(B)
2	EST	REGIONALE	2+7	223,2	75,2	60,2
3	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	153,0	58,5
4	OVEST	FRECCIA ROSSA	2+11	301,5	62,8	58,8
5	OVEST	MERCI	1+19	400,3	82,8	68,3
6	EST	MINUETTO	2+2	51,9	23,2	63,1
7	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	111,6	60,9
8	EST	MINUETTO	1+1	51,9	20,5	63,4
9	EST	MERCI	1+21	440,3	32,9	60,5
10	EST	MINUETTO	2+4	51,9	22,9	59,9
11	EST	MERCI	1+16	340,3	66,3	65,5
12	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	60,6
13	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	116,4	61,7
14	OVEST	MERCI	1+18	380,3	71,7	71,8
15	OVEST	MERCI	1+31	640,3	113,7	64,1
16	OVEST	REGIONALE	2+7	223,2	77,9	61,7
17	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	108,7	62,1
18	OVEST	REGIONALE	2+3	118,8	53,2	58,8
19	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	61,7
20	OVEST	MINUETTO	2+4	51,9	26,0	65,7
21	EST	MINUETTO	2+4	51,9	28,8	66,9
22	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	108,7	61,0
23	EST	MERCI	1+24	500,3	120,7	73,8
24	EST	REGIONALE	2+7	223,2	77,9	61,1
25	OVEST	MINUETTO	2+2	51,9	22,6	61,8
26	OVEST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	113,2	61,3
27	OVEST	MERCI	1+19	400,3	69,4	64,4
28	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	87,0	64,5
29	EST	MINUETTO	2+4	51,9	23,2	59,4
30	EST	FRECCIA BIANCA	2+9	275,4	111,6	64,9

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 43 di 85

8.1.4. Considerazioni sui livelli misurati all'interno degli edifici

I dati riportati nei precedenti paragrafi evidenziano, in tutti i casi, livelli vibrazionali decisamente maggiori al primo piano rispetto al piano terreno dei fabbricati a conferma di un comportamento comunque amplificatorio delle strutture in elevazione.

Sempre all'interno dei fabbricati i valori si mantengono sempre inferiori a 74 dB, valore che le norme ISO 2631 e UNI 9614 individuano come limite notturno delle vibrazioni di tipo continuo valutate in postura non nota all'interno degli edifici residenziali.

Di contro in corrispondenza dei punti 4 (corrispondenti al piano primo) delle sezione 2 e 3 sono stati registrati livelli vibrazionali prossimi a tale limite e precisamente:

- $L_w = 73,1$ in corrispondenza del transito n. 20 della sezione 2
- $L_w = 73,8$ in corrispondenza del transito n. 23 della sezione 3

In tutte e due i casi trattasi di treni merci.

8.2. MISURE PER LA CARATTERIZZAZIONE DELL'EMISSIONE DEI CONVOGLI AV

Considerata la finalità dell'indagine, di primaria importanza è stata la scelta dei siti di misura. Questi dovevano essere rappresentativi della situazione di progetto sia dal punto di vista della linea per tipologia e velocità dei rotabili sia per le caratteristiche del corpo ferroviario.

Per tali specificità, la scelta del sito è ricaduta necessariamente sulla linea Milano – Bologna, individuando come maggiormente idoneo il tratto di linea compreso tra il km 30 e il km 40, che racchiudeva peraltro tutte le tipologie del corpo ferroviario da indagare.

Nello specifico sono state quindi selezionate le seguenti sezioni caratteristiche:

Sezione 1 - km 37+950 - Rilevato medio/alto

Sezione 2 - km 34+400 - Raso/rilevato basso

Sezione 3 - km 32+900 - Galleria artificiale

Sezione 4 - km 31+900 - Trincea



Figura 1: Area di indagine

In ciascuna delle sezioni sopra riportate è stata individuata una postazione per quanto possibile prossima alla linea in esercizio (recinzione ferrovia), che viene presa come riferimento per l'emissione vibrazionale:

Sezione 1 – rilevato h=5 m - postazione a 17,70 m dal binario di corsa vicino

Sezione 2 – rilevato h=1 m - postazione a 10,00 m dal binario di corsa vicino

Sezione 3 – galleria artificiale – postazione a 11 m dalla parete della galleria

Sezione 4 – trincea h = 4 m . postazione in prossimità della recinzione a 6,30 m dal binario di corsa vicino

In ciascuna postazione sono stati acquisiti i dati relativi a n. 18 transiti. Il monitoraggio si è svolto tra le giornate del 19 e 20 novembre 2014, e quindi, considerato il periodo, in una situazione di terreno bagnato.

Le informazioni di dettaglio sulla campagna di misura e sui transiti sono contenute nella relazione IN0D 00 DI2 RG AR0003 001 A e nelle schede di rilevamento IN0D 00 DI2 RH AR0003 001 A ÷ IN0D 00 DI2 RH AR0003 004 A. Nelle tabelle seguenti si

riportano in sintesi i dati rilevati come accelerazione complessiva ponderata secondo UNI 9614 (assi combinati) in dB nelle diverse sezioni con l'indicazione degli elementi caratteristici di ciascun transito (Tipo treno, direzione ad indicare il binario, lunghezza convoglio e velocità).

Tabella 7 - Sezione 1: Rilevato – Punto di misura a 17,70 m binario vicino

PRG	DATA	ORA	DIR	TIPO	Lunghezza (m)	Velocità (Km/h)	L (dB)
1	19/11/2014	18:33:51	S	ITALO	200,0	155,1	84,4
2	19/11/2014	18:34:58	N	ITALO	200,0	176,4	83,1
3	19/11/2014	18:38:11	S	FRECCIA ROSSA	327,6	183,1	85,8
4	19/11/2014	18:43:50	S	FRECCIA ROSSA	327,6	190,2	83,8
5	19/11/2014	18:53:53	S	ITALO	200,0	163,6	83,7
6	19/11/2014	18:58:23	S	FRECCIA ROSSA	327,6	197,8	82,8
7	19/11/2014	19:04:30	S	ITALO	200,0	176,4	83,7
8	19/11/2014	19:11:04	N	FRECCIA ROSSA	327,6	191,4	82,9
9	19/11/2014	19:15:55	N	FRECCIA ROSSA	327,6	186,6	85,6
10	19/11/2014	19:23:57	N	FRECCIA ROSSA	327,6	187,7	85,4
11	19/11/2014	19:25:57	S	FRECCIA ROSSA	327,6	182,0	84,2
12	19/11/2014	19:33:26	N	FRECCIA ROSSA	327,6	183,1	85,9
13	19/11/2014	19:36:30	N	ITALO	200,0	176,4	85,8
14	19/11/2014	19:37:19	N	FRECCIA ROSSA	327,6	185,4	86,0
15	19/11/2014	20:04:39	S	ITALO	200,0	171,4	84,5
16	19/11/2014	20:20:37	N	FRECCIA ROSSA	327,6	182,0	82,5
17	19/11/2014	20:29:19	N	FRECCIA ROSSA	327,6	170,4	88,8
18	19/11/2014	20:34:14	S	FRECCIA ROSSA	327,6	182,0	86,0

Tabella 8 - Sezione 2: Raso/rilevato basso - Punto di misura di misura a 10 m binario vicino

PRG	DATA	ORA	DIR	TIPO	Lunghezza (m)	Velocità (Km/h)	L Leq (dB)
1	19/11/2014	18:33:51	S	ITALO	200,0	155,1	84,4
2	19/11/2014	18:34:58	N	ITALO	200,0	176,4	83,1
3	19/11/2014	18:38:11	S	FRECCIA ROSSA	327,6	183,1	85,8
4	19/11/2014	18:43:50	S	FRECCIA ROSSA	327,6	190,2	83,8
5	19/11/2014	18:53:53	S	ITALO	200,0	163,6	83,7
6	19/11/2014	18:58:23	S	FRECCIA ROSSA	327,6	197,8	82,8
7	19/11/2014	19:04:30	S	ITALO	200,0	176,4	83,7
8	19/11/2014	19:11:04	N	FRECCIA ROSSA	327,6	191,4	82,9
9	19/11/2014	19:15:55	N	FRECCIA ROSSA	327,6	186,6	85,6

PRG	DATA	ORA	DIR	TIPO	Lunghezza (m)	Velocità (Km/h)	L Leq (dB)
10	19/11/2014	19:23:57	N	FRECCIA ROSSA	327,6	187,7	85,4
11	19/11/2014	19:25:57	S	FRECCIA ROSSA	327,6	182,0	84,2
12	19/11/2014	19:33:26	N	FRECCIA ROSSA	327,6	183,1	85,9
13	19/11/2014	19:36:30	N	ITALO	200,0	176,4	85,8
14	19/11/2014	19:37:19	N	FRECCIA ROSSA	327,6	185,4	86,0
15	19/11/2014	20:04:39	S	ITALO	200,0	171,4	84,5
16	19/11/2014	20:20:37	N	FRECCIA ROSSA	327,6	182,0	82,5
17	19/11/2014	20:29:19	N	FRECCIA ROSSA	327,6	170,4	88,8
18	19/11/2014	20:34:14	S	FRECCIA ROSSA	327,6	182,0	86,0

Tabella 9 - Sezione 3: Galleria Artificiale – Punto di misura a 11 m da piedritto galleria

PRG	DATA	ORA	DIR	TIPO	Lunghezza (m)	Velocità (Km/h)	L Leq (dB)
1	20/11/2014	10:18:45	N	FRECCIA ROSSA	327,6	213,6	94,4
2	20/11/2014	10:22:16	S	FRECCIA ROSSA	327,6	245,7	83,3
3	20/11/2014	10:33:23	S	FRECCIA ROSSA	327,6	239,7	84,0
4	20/11/2014	10:39:19	N	FRECCIA ROSSA	301,5	215,3	82,2
5	20/11/2014	10:44:36	N	FRECCIA ROSSA	327,6	209,1	80,8
6	20/11/2014	10:47:28	N	FRECCIA ROSSA	327,6	213,6	81,0
7	20/11/2014	10:52:39	N	ITALO	200,0	230,7	81,7
8	20/11/2014	11:01:58	S	ITALO	200,0	230,7	82,0
9	20/11/2014	11:18:56	N	FRECCIA ROSSA	327,6	245,7	81,9
10	20/11/2014	11:27:34	S	FRECCIA ROSSA	327,6	245,7	83,7
11	20/11/2014	11:31:46	S	FRECCIA ROSSA	327,6	245,7	84,9
12	20/11/2014	11:33:13	N	FRECCIA ROSSA	327,6	245,7	81,9
13	20/11/2014	11:41:37	N	ITALO	200,0	230,7	82,1
14	20/11/2014	12:13:48	N	FRECCIA ROSSA	301,5	226,1	83,0
15	20/11/2014	12:18:39	S	FRECCIA ROSSA	327,6	245,7	86,3
16	20/11/2014	12:24:31	N	FRECCIA ROSSA	327,6	234,0	83,8
17	20/11/2014	12:31:34	N	FRECCIA ROSSA	327,6	213,6	85,2
18	20/11/2014	12:39:59	S	FRECCIA ROSSA	327,6	213,8	83,9

Tabella 10 - Sezione 4: Trincea - Punto di misura di misura a 6,30 m binario vicino

PRG	DATA	ORA	DIR	TIPO	Lunghezza (m)	Velocità (Km/h)	L Leq (dB)
1	19/11/2014	15:12:18	N	FRECCIA ROSSA	327,6	178,7	86,9
2	19/11/2014	15:18:05	S	FRECCIA ROSSA	327,6	192,8	96,0

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------

Pag.
47 di 85

PRG	DATA	ORA	DIR	TIPO	Lunghezza (m)	Velocità (Km/h)	L Leq (dB)
3	19/11/2014	15:29:45	N	FRECCIA ROSSA	327,6	182,0	97,0
4	19/11/2014	15:31:25	S	FRECCIA ROSSA	327,6	170,5	89,9
5	19/11/2014	15:47:24	S	FRECCIA ROSSA	327,6	185,5	96,6
6	19/11/2014	16:02:32	S	ITALO	200,0	153,9	100,3
7	19/11/2014	16:13:04	N	FRECCIA ROSSA	327,6	191,5	88,3
8	19/11/2014	16:17:15	S	FRECCIA ROSSA	327,6	192,8	96,8
9	19/11/2014	16:29:40	S	FRECCIA ROSSA	327,6	183,2	89,3
10	19/11/2014	16:31:31	N	FRECCIA ROSSA	327,6	192,8	97,3
11	19/11/2014	16:37:45	N	ITALO	200,0	160,8	87,6
12	19/11/2014	16:42:03	S	FRECCIA ROSSA	327,6	190,3	87,5
13	19/11/2014	17:07:19	S	ITALO	200,0	151,3	101,2
14	19/11/2014	17:14:31	N	FRECCIA ROSSA	327,6	192,8	88,8
15	19/11/2014	17:17:19	N	ITALO	200,0	160,8	90,7
16	19/11/2014	17:20:55	S	FRECCIA ROSSA	327,6	190,3	97,8
17	19/11/2014	17:28:27	N	FRECCIA ROSSA	327,6	190,3	88,9
18	19/11/2014	17:37:30	S	FRECCIA ROSSA	327,6	192,8	98,7

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 48 di 85

9. GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

9.1. CONSIDERAZIONI GENERALI

La modellazione del comportamento del terreno sotto l'azione dinamica di tali sorgenti rappresenta un problema di estrema complessità, da un lato per la difficoltà insita nella scelta di parametri rappresentativi del terreno, dall'altro per la conoscenza spesso sommaria della funzione di trasferimento sorgente/ricettore caratteristica dello stesso.

Il livello di vibrazione determinato nello spazio circostante da una sorgente eccitatrice è funzione della tipologia di sorgente e di una serie di attenuazioni dipendenti dalla forma della sorgente e dal tipo di onda considerata, dall'assorbimento del terreno, dall'eventuale presenza di discontinuità nello stesso e dal passaggio delle sollecitazioni dal terreno alle fondazioni.

La propagazione nel corpo dell'edificio è determinante sia per gli abitanti che per le strutture in quanto pavimenti, pareti e soffitti degli edifici sono soggetti a significative amplificazioni delle vibrazioni rispetto a quelle trasmesse dalle fondazioni. I problemi maggiori si verificano quando la frequenza propria dei solai coincide con la frequenza di picco dello spettro di vibrazione del terreno. In tali casi è anche possibile la comparsa di disturbo da rumore per re-irradiazione delle strutture.

Le vibrazioni dovute all'esercizio ferroviario sono originate dalle azioni all'interfaccia ruota-rotaia, indotte dalla rugosità delle superfici di rotolamento, che si propagano dal veicolo in transito agli edifici circostanti attraverso la struttura del terreno.

La vibrazione risultante viene percepita come moto meccanico degli elementi componenti l'edificio.

Nel caso di tracciati caratterizzati dalla presenza di tratti in rilevato le vibrazioni al terreno sono generalmente comprese tra i 20 e gli 80 Hz, con livelli di accelerazione dell'ordine di 60-70 dB⁵, per distanze da 15 a 30 metri dalla linea ferroviaria o metropolitana con velocità di esercizio sino a 100 Km/h.

⁵ 0 dB \cong 1 μ m7s²

Le vibrazioni all'interno degli edifici sono spesso vicine alla soglia di sensibilità umana e pertanto valutazioni adeguate debbono essere effettuate, mettendo correttamente in conto caso per caso le variabilità presenti nelle caratteristiche del suolo e nelle soluzioni progettuali adottate per gli edifici.

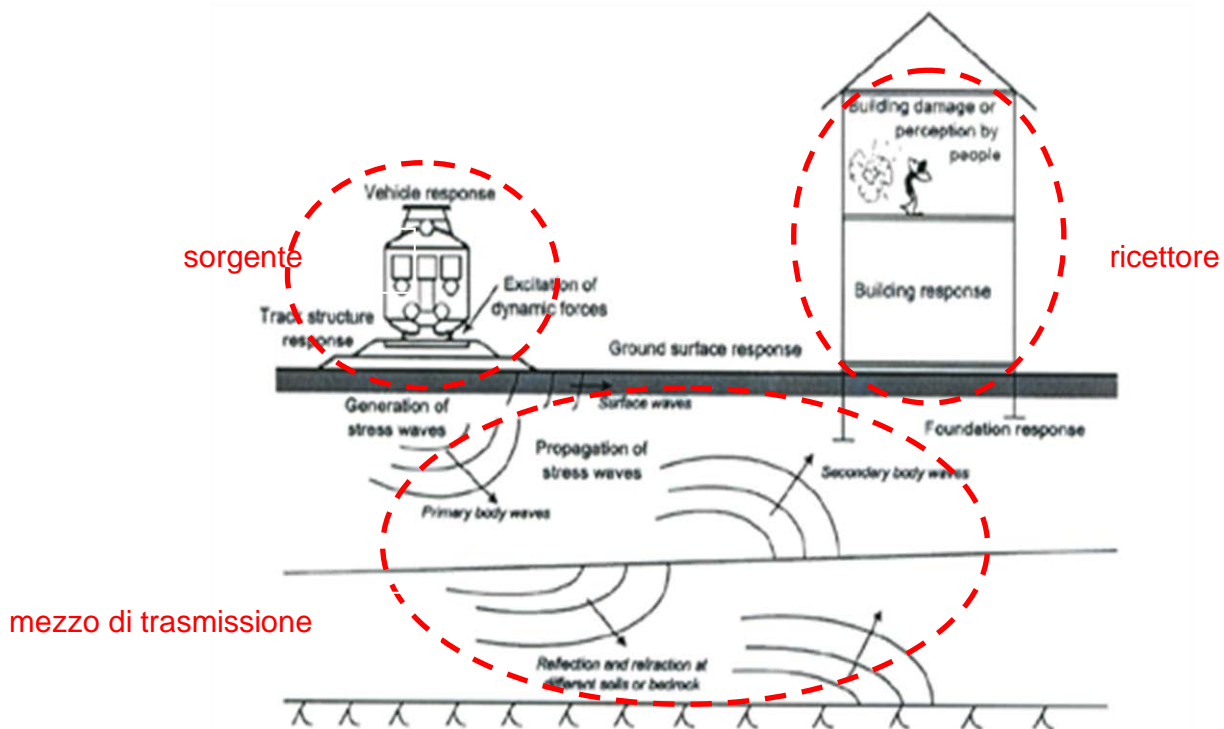
L'impiego di misure di controllo delle vibrazioni può risultare efficace, se necessario, per ridurre i disturbi all'interno degli edifici.

Un tipico intervento consiste nell'impiego di materassini resilienti di sotto-ballast che possono ridurre i livelli vibrazionali per frequenze superiori ai 30 Hz.

Tuttavia deve essere posta attenzione al fatto che questa soluzione potrebbe tendere ad incrementare le vibrazioni nel campo tra i 15 e i 30 Hz, il che potrebbe risultare negativo qualora siano presenti negli edifici componenti flessibili in grado di vibrare significativamente a tali frequenze.

Uno studio finalizzato ad una valutazione previsionale degli effetti nocivi delle vibrazioni e ai benefici prodotti dagli interventi mitigativi proposti non può pertanto prescindere dall'analisi dei tre elementi della catena di trasmissione (sorgente, mezzo di trasmissione e ricettore).

Nei paragrafi seguenti si forniranno alcune indicazioni sulla caratterizzazione dei diversi elementi.



9.2. ILLUSTRAZIONE DELLE TECNICHE PREVISIONALI ADOTTATE

La realizzazione della campagna di monitoraggio presso i ricettori sensibili ha consentito una conoscenza di tipo puntuale dello stato attuale delle vibrazioni.

Avendo tuttavia la necessità di estendere tale conoscenza all'intero corridoio di interferenza, è stato chiaramente necessario ricorrere all'uso di opportuni modelli previsionali di tipo teorico e/o empirico.

L'esigenza di giungere ad quadro previsionale possibilmente il più vicino alla realtà, ha suggerito l'adozione di un modello previsionale realizzato ad hoc, tarato attraverso indagini specifiche effettuate in siti ritenuti rappresentativi sia per la geolitologia sia per la tipologia costruttiva del corpo ferroviario.

L'indagine sperimentale ha permesso quindi, da un lato, di definire gli spettri di emissione delle diverse tipologie di convogli ferroviari, da un altro, di ricavare la funzioni di trasferimento dei terreni interessati dal progetto nonché di caratterizzare la risposta degli edifici alle vibrazioni in base alla tipologia degli stessi.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 51 di 85

I dati raccolti e analizzati nel dettaglio nei paragrafi precedenti sono stati quindi la base dello sviluppo di un algoritmo semplificato che ha consentito di fornire una caratterizzazione della qualità ambientale dei ricettori presenti all'interno del corridoio di interferenza nelle fase post operam.

Di seguito si premettono alcune brevi note teoriche di introduzione alla problematica:

La dipendenza parametrica del disturbo vibrazionale negli edifici deve essere esaminata in termini spettrali al fine di poter adeguatamente valutare i meccanismi di propagazione e di attenuazione/amplificazione nella catena di trasmissione costituita dai seguenti elementi:

- sorgente del disturbo (transito dei rotabili sull'infrastruttura ferroviaria);
- suolo da attraversare dalla linea alla struttura dell'edificio;
- caratteristiche dei componenti dell'edificio;
- curve di ponderazione che mettono in conto la sensibilità fisiologica dell'uomo (nel caso in esame, con riferimento alla norma UNI 9614, è stata messa in conto la curva di ponderazione per postura variabile o non nota).

In generale gli aspetti che intervengono nel condizionare l'importanza del disturbo vibrazionale negli edifici si possono quindi riassumere nei seguenti punti:

- a) Interazione ruota- rotaia
- b) Velocità del treno
- c) Comportamento corpo ferroviario: tipo e dimensioni della linea (tunnel, trincea, superficie, rilevato, viadotto); spessore delle pareti della infrastruttura in tunnel o in trincea
- d) Trasmissione nel terreno: natura e caratteristiche del suolo; leggi di attenuazione nel suolo
- e) Trasmissione agli edifici: distanza plano-altimetrica tra linea e fondazioni edificio; caratteristiche del sistema fondazionale degli edifici; caratteristiche strutturali degli edifici .

Nei successivi sotto paragrafi vengono esaminati nel dettaglio i più importanti aspetti che influenzano il disturbo vibrazionale e le modalità con cui sono stati considerati nell'elaborazione del modello previsionale.

Altri aspetti sopra menzionati, pur molto importanti, non vengono considerati in modo esplicito nello studio in oggetto, in quanto già messi in conto negli spettri sperimentali

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 52 di 85

di riferimento in prossimità dell'armamento su ballast assunti come dati di partenza nelle successive analisi di previsione.

9.2.1. Interazione ruota-rotaia

Per quanto concerne la sorgente che, come detto, è costituita dal complesso treno – armamento, è, in particolare, indispensabile la conoscenza dei seguenti elementi base:

Materiale rotabile:

- tipologia dei veicoli;
- carico per ruota;
- lunghezza del veicolo;
- interperno; passo del carrello;
- caratteristiche di aggressività;
- condizioni di alterazione dell'interfaccia ruota-rotaia
- rigidità e capacità dissipativa della sospensione primaria del carrello del veicolo
- caratteristiche dei sistemi di attacco della rotaia

Armamento:

- massa della rotaia
- rigidità
- smorzamenti
- masse
- coefficienti di difettosità

La tabella di seguito riportata fornisce l'incremento del livello di vibrazione al terreno dovuto a differenti condizioni di alterazione dell'interfaccia ruota-rotaia, rispetto alla situazione ideale di rotaia liscia e ruota perfettamente circolare⁶.

Tab. – Interfaccia ruota – rotaia

⁶ Con riferimento a: Table 8-2 "Increase in A-weighted groundborne noise due to various wheel/rail conditions relative to smooth welded rail and trued wheels", pag. 8-9 di *Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control* - G. P. Wilson 1982 U. S. Department of Transportation - Washington.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 53 di 85

Condizioni	Incremento
<i>I ruota rotaia corrugate</i>	da 3 a 6 db
<i>II appiattimenti della ruota</i>	da 5 a 10 dB
<i>III appiattimenti della ruota, corrugazioni della rotaia e della ruota</i>	da 10 a 20 dB

Per quanto concerne questo aspetto peculiare, si nota che lo stesso è implicitamente e in via cautelativa già considerato nei dati misurati sperimentalmente.

9.2.2. Velocità dei treno

La velocità del treno ha un effetto significativo sul disturbo vibrazionale negli edifici, anche se spesso inferiore a quanto potrebbe essere atteso sulla base di considerazioni soggettive.

I livelli di vibrazione variano con legge logaritmica in base dieci in funzione delle variazioni nella velocità del treno , ossia:

$$Lv_{rif} = Lv_{mis} + \cdot \text{Log}\left(\frac{v_{rif}}{v_{mis}}\right)$$

dove:

Lv_{rif} Livello stimato alla velocità di riferimento

$Lv_{mis.}$ Livello acustico misurato

v_{rif} velocità di riferimento pari a 250 km/h

$v_{mis.}$ velocità di transito del convoglio

K coefficiente da letteratura compreso tra 10 e 20. Nel caso specifico, sulla scorta dei risultati delle indagini sperimentali è stato valutato per tale coefficiente un valore pari a 10.

9.3. NATURA DEL TERRENO E LEGGI DI ATTENUAZIONE NEL SUOLO

La sezione più complicata è comunque quella rappresentata dal mezzo di propagazione. Si nota infatti che la varietà delle conformazioni morfologiche del terreno comporta le maggiori incertezze di valutazione.

I fattori che possono influire nel determinare l'attenuazione di un mezzo roccioso sono molteplici. I più determinanti sono costituiti dalla natura del mezzo, dal suo grado di costipazione, dall'attrito statico fra i granuli e quindi dalla granulometria, dalla fratturazione del mezzo, dalla stratigrafia, dalla presenza di acqua e da altri fattori la cui differente combinazione può determinare gradi di attenuazione differenti in mezzi litologicamente simili.

Agli effetti dell'analisi del terreno alle azioni dinamiche risulta quindi determinante la suddivisione tra rocce lapidee (tipo a nella norma UNI 9916) e rocce sciolte (da tipo B a tipo F nella norma UNI 9916).

A tal proposito è possibile effettuare alcune considerazioni di carattere puramente generale.

Anzitutto va considerato che le rocce lapidee trasmettono tutta la gamma di frequenze e principalmente le più alte, mentre le rocce sciolte lasciano passare solo le basse frequenze, che comunque corrispondono a quelle di risposta degli edifici.

Inoltre mentre le rocce lapidee difficilmente possono subire variazioni di struttura sotto sollecitazioni dinamiche, le rocce sciolte, risultano di gran lunga più sensibili. La loro risposta alla azione di disturbo è diversa a seconda che l'intensità del disturbo sia lieve o al contrario forte.

Nel primo caso non si ha una vera variazione della struttura mentre nel secondo caso la vibrazione produce per tutte le rocce sciolte un assestamento e quindi una riduzione di porosità. Ciò avviene in misura maggiore per le rocce incoerenti poiché i granuli sottoposti a vibrazione perdono resistenza di attrito e quindi vengono favoriti fenomeni di scorrimento con assestamenti e rifluimenti.

Da esperienze su terreni sabbiosi risulta che il detto effetto della riduzione della resistenza al taglio si fa sentire maggiormente al diminuire della densità ed al crescere dei diametri medi dei granuli.

Come si intuisce il ruolo del terreno risulta fondamentale e complesso in tutti i problemi dinamici, e non si può affermare categoricamente che un tipo di terreno è più adatto di un altro a propagare vibrazioni in ogni condizione. Ad esempio, si registrano accelerazioni più deboli nei terreni sabbiosi che nell'argilla umida, mentre la vibrazione decresce più rapidamente nell'argilla che nella sabbia.

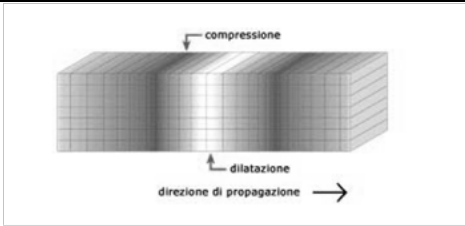
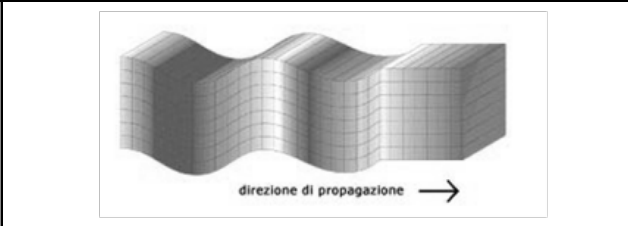
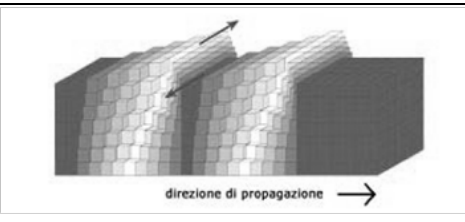
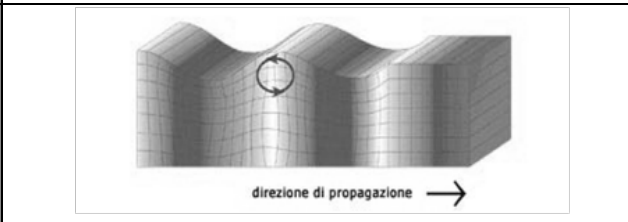
Si sottolinea inoltre che la presenza di stati fessurativi e/o coattivi nelle strutture edilizie determinano un ulteriore incremento della sensibilità ai fenomeni vibratorii.

La caratterizzazione dei terreni deve essere condotta con riferimento alla definizione di parametri rappresentativi del comportamento meccanico dei terreni in presenza di sollecitazioni di taglio dinamiche in fase di servizio o nel campo delle piccole e medie deformazioni. Il comportamento del terreno, soggetto ad uno sforzo di taglio, è governato dal modulo di taglio G e dal modulo di Poisson. Il modulo di taglio dipende dallo stato di addensamento del terreno, dal livello tensionale e dal livello di deformazione di taglio; in realtà la variazione del livello di deformazione è praticamente ininfluente fintantoché lo stato deformativo è limitato al campo elastico; superato tale campo, il modulo di taglio decresce in modo più o meno repentino a seconda del tipo di terreno.

Per quanto concerne le modalità di trasmissione, gli studi teorici condotti in diverse sedi e prevalentemente dall'*Ente di Ricerca Ferroviaria Europea (ORE)* e controllati con ampie indagini sperimentali portano a ricondurre i fenomeni di propagazione a quelli tipici dell'energia vibrazionale attraverso il terreno.

Il transito del treno genera pertanto onde di corpo (compressione e taglio), e onde di superficie (Rayleigh e Love), che si compongono come di seguito riportato:

- onde superficiali (onde di Rayleigh) per una percentuale di circa il 67%;
- onde di taglio per una percentuale di circa il 26%;
- onde di compressione e taglio per una percentuale di circa il 7%.

ONDE DI CORPO	
P – Onde di compressione	S – Onde di taglio
	
ONDE DI SUPERFICIE	
L – Onde di Love	R – Onde di Rayleigh
	

Per le linee in galleria si distinguono due casi;

- Linee in galleria profonda* dove generalmente prevalgono invece le onde di compressione e di taglio.
- Linee in galleria non profonda* dove le onde di superficie (onde di Rayleigh e Love) assumono maggior rilievo rispetto alle onde di compressione e di taglio.

Poiché lo specifico caso in esame prevede una sorgente irraggiante di tipo lineare, le onde di superficie sono attenuate solamente per effetto dello smorzamento. Le onde di corpo si attenuano comunque sia per effetto della distanza (effetto geometrico) che per effetto dello smorzamento intrinseco del materiale suolo.

L'effetto geometrico è indipendente dalla frequenza, mentre quello dissipativo cresce linearmente con la frequenza. In particolare la formula che viene utilizzata per il calcolo dell'attenuazione delle vibrazioni nella loro propagazione attraverso il terreno è:

$$L = 20 \cdot \log \left[10^{L_c/20} + 10^{L_t/20} + 10^{L_s/20} \right]$$

dove:

L_c, L_t, L_s sono rispettivamente i livelli trasmessi attraverso onde di compressione, taglio e superficie:

$$L_c = L_0 + 20 \cdot \log(\beta_c) - K_c \cdot \log\left(\frac{R}{R_0}\right) - \alpha_c \cdot (R - R_0) \cdot \frac{f}{V_c}$$

$$L_t = L_0 + 20 \cdot \log(\beta_t) - K_t \cdot \log\left(\frac{R}{R_0}\right) - \alpha_t \cdot (R - R_0) \cdot \frac{f}{V_t}$$

$$L_s = L_0 + 20 \cdot \log(\beta_s) - K_s \cdot \log\left(\frac{R}{R_0}\right) - \alpha_s \cdot (R - R_0) \cdot \frac{f}{V_s}$$

dove:

L e L_0 sono i livelli di vibrazioni in decibel attenuato e alla sorgente

R e R_0 sono le rispettive distanze riferite all'asse della linea

gli indici c, t, s si riferiscono rispettivamente alle onde di compressione, di taglio e di superficie

$\beta_c, \beta_t, \beta_s$ sono i fattori di importanza relativa tra i differenti meccanismi di propagazione delle onde del terreno

K_c, K_t, K_s sono i coefficienti di attenuazione geometrica per i differenti meccanismi di propagazione delle onde nel terreno

$\alpha_c, \alpha_t, \alpha_s$ sono i fattori di perdita per dissipazione per i differenti meccanismi di propagazione delle onde nel terreno [dB]

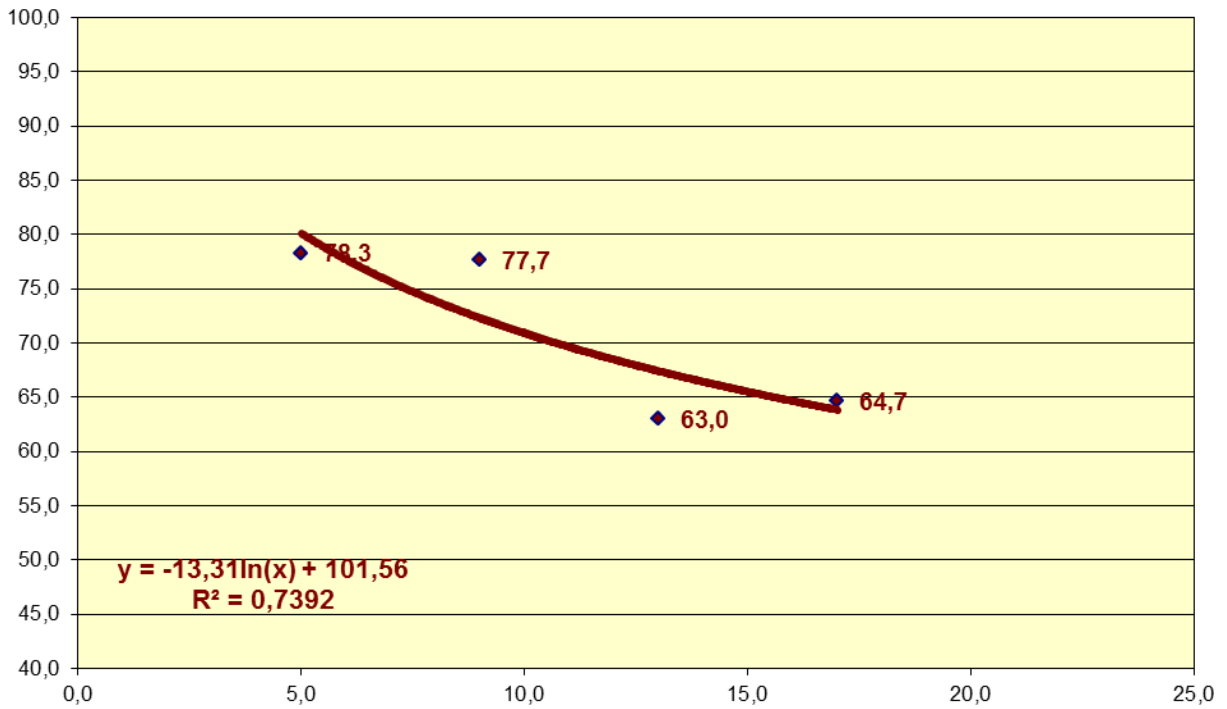
V_c, V_t, V_s sono le velocità di propagazione delle onde nel terreno [m/s]

f è la frequenza [Hz]

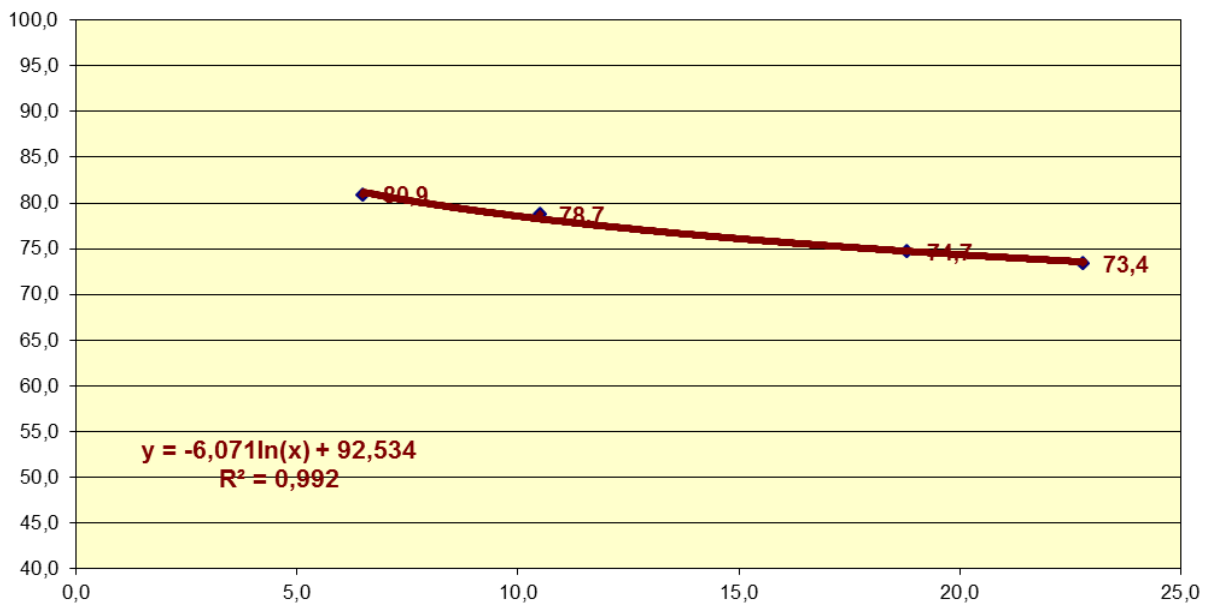
Da quanto detto sopra si rileva chiaramente la molteplicità delle variabili in gioco nella trasmissione delle onde vibrazionali nel terreno ed è proprio in considerazione di ciò che, nel presente studio si è considerato più corretto operare con la costruzione di un modello su base sperimentale. A tal proposito si nota che conoscendo la mutua distanza tra le postazioni, dai dati misurati in loco è stato possibile estrapolare le funzioni di trasferimento che descrivono l'attenuazione del terreno in funzione della distanza. Nel caso specifico la curva di regressione è stata costruita in base ai valori medi calcolati relativamente al transito dei treni Lunga Percorrenza (Freccia Bianca), che costituiscono un campione rappresentativo per numero e caratteristiche di maggiore omogeneità dei transiti.

Nelle seguenti figure si riportano le curve di attenuazione del terreno.

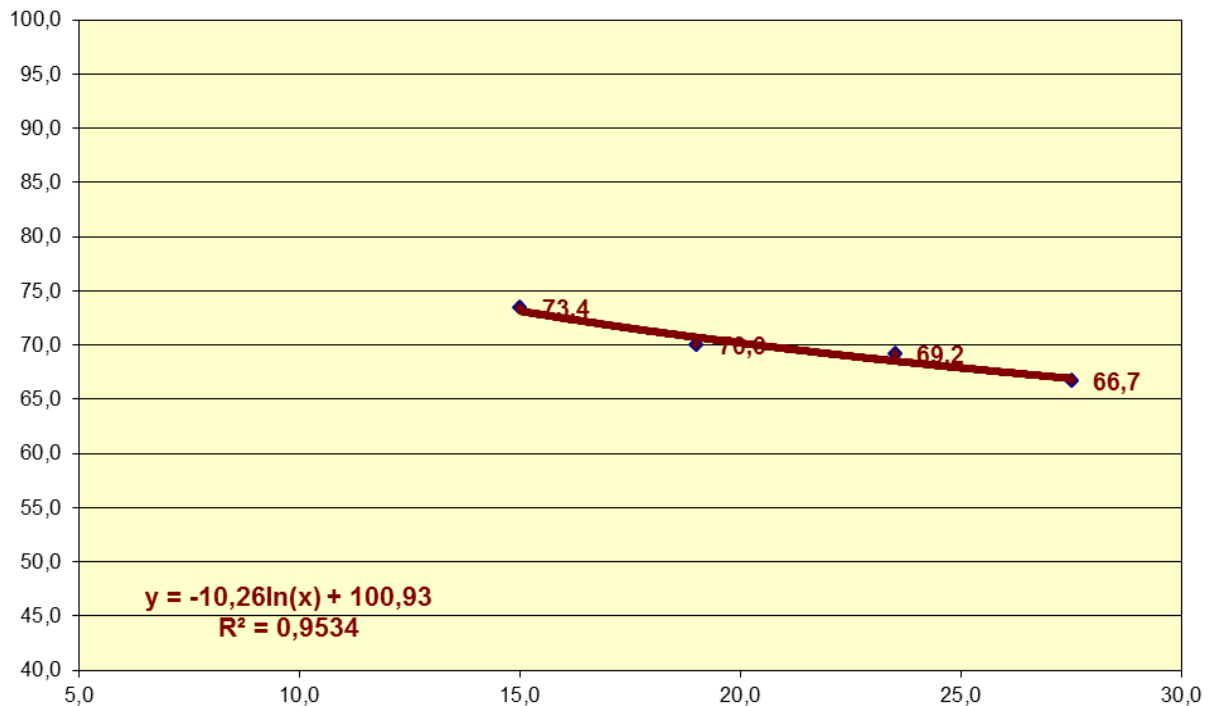
CURVA DI ATTENUAZIONE DEL TERRENO SEZIONE 1 - VERONA



CURVA DI ATTENUAZIONE DEL TERRENO SEZIONE 2 - SAN BONIFACIO



CURVA DI ATTENUAZIONE DEL TERRENO SEZIONE 3 - LOCARA



Si nota che le equazioni sopra riportate evidenziano in tutti i casi un coefficiente di correlazione elevato.

Dalle equazioni di regressione è stato possibile ricavare la funzione di abbattimento del terreno come di seguito riportato:

- Sezione 1 $\Delta L_{\text{terreno S1}} = 30,65 \cdot \text{LOG}(d) - 21,42 \text{ dB}$
- Sezione 2 $\Delta L_{\text{terreno S2}} = 13,99 \cdot \text{LOG}(d) - 11,37 \text{ dB}$
- Sezione 3 $\Delta L_{\text{terreno S2}} = 23,7 \cdot \text{Log}(d) - 27,81 \text{ dB}$

Tenuto conto che in presenza di terreni sciolti a sabbia e ghiaia i valori di attenuazione forniti da analoghe campagne di monitoraggio si attestano intorno a 1 dB/m, le curve di attenuazione sopra elaborate evidenziano una elevata trasmissione delle vibrazioni in particolare nella sezione 2 e secondariamente anche nella sezione 3.

Tale particolarità è nello specifico determinata all'elevato contenuto d'acqua di questi terreni. Come riportato nel paragrafo 7, in entrambi i casi i terreni, costituiti da sabbie nella sezione 2 e limi e argille nella sezione 3, si presentano infatti saturi d'acqua.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 60 di 85

Valori di abbattimento nella norma caratterizzano invece la sezione 1 dove i terreni sono costituiti da ghiaie e sabbie e la falda si trova ad almeno 6 m da piano campagna

9.4. TRASMISSIONE DELLE VIBRAZIONI AGLI EDIFICI

Le vibrazioni si trasmesse agli edifici subiscono un primo abbattimento in corrispondenza del sistema fondazionale propagandosi verso l'alto variando da piano a piano.

Da un'analisi di regressione dei risultati sperimentali è stato possibile estrapolare le funzioni di trasferimento che descrivono la risposta degli edifici alle vibrazioni.

L'effetto combinato attenuazione fondazioni + amplificazione solai (N_p = numero di piani abitati) è stato calcolato in base ai dati rilevati in ciascuna delle sezioni di misura:

Sezione 1 Verona - $\Delta L_{EP} = 8,1 - 5,1 N_p$ dB

Sezione 2 San Bonifacio - $\Delta L_{EP} = 4,4 - 3,0 N_p$ dB

Sezione 3 Locara - $\Delta L_{EP} = 5,6 - 2,1 N_p$ dB

Le relazioni sopra riportate evidenziano un abbattimento variabile sia alle fondazioni che ai piani.

Ciò evidentemente dipende dalla tipologia delle fondazioni (a plinti isolati o su travi continue, su pali, etc.) e dalla struttura della parte in elevazione (muratura, in c.a ed o mista). Per una stessa tipologia costruttiva, la risposta di un fabbricato dipende da come è armata la struttura, della tipologia e spessore della muratura, dell'orditura dei solai, del numero dei piani, etc.

Gli elementi sopra elencati costituiscono caratteristiche specifiche di ogni fabbricato che possono essere definite solo con indagini ad hoc (acquisizione dei progetti depositati, verifiche in sito anche con la predisposizione di eventuali saggi)

Tali verifiche sono quindi difficilmente individuabili alla scala territoriale del presente studio ed è quindi per tale motivo che nel presente studio si ritenuto opportuno definire una funzione univoca valutata come media del comportamento dei corpi edilizi monitorati:

$$\Delta L_{EP} = 6,4 - 3,4 N_p \text{ dB}$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 61 di 85

9.5. VALUTAZIONE DELL'EMISSIONE DEI ROTABILI

Nel presente studio, l'impatto vibrazionale non è determinato solo dal transito dei convogli sulla nuova linea AV/AC ma, nei tratti in affiancamento, anche dall'esercizio della Linea Storica.

E' quindi necessario valutare, sulla scorta delle indagini sperimentali, le emissioni caratteristiche per entrambe le direttrici ferroviarie interessate.

In via cautelativa, l'approccio metodologico seguito è stato quello individuare come emissione caratteristica il 90° percentile dei dati rilevati in campo, depurati di eventuali transiti anomali. A tale scopo è stato ovviamente necessario omogeneizzare i livelli misurati per i diversi transiti in base a velocità e distanza.

Mediante le relazioni matematiche riportate nei paragrafi precedenti, i dati misurati in campo sono stati quindi riportati alle velocità di progetto previste per i diversi tratti di linea (cfr par. 9.2.2) e riferiti ad una distanza prefissata in dipendenza dalla tipologia del corpo ferroviario mediante le curve di attenuazione del terreno riportate al precedente par. 9.2.3..

9.5.1. Linea AV

L'emissione dei convogli AV è stata stimata in base ai dati misurati lungo la linea AV/AC Milano Bologna, nelle diverse tipologie di corpo ferroviario⁷ (vedi paragrafo 8.2). In particolare per le velocità di progetto, il tracciato è stato suddiviso in 5 tratte dove sono interessate le tipologie di corpo ferroviario indicate in tabella.

TRATTO	VELOCITÀ [km/h]	TIPOLOGIE CORPO FERROVIARIO INTERESSATE	SEZIONE PER CURVA DI ATTENUAZIONE TERRENO
<i>Km 0+000 - 0+800</i>	115	Raso - Trincea	Sezione 1
<i>Km 0+800 -3+500</i>	130	Trincea – Raso – Rilevato	Sezione 1
<i>Km 3+500- 4+650</i>	160	Rilevato - Trincea	Sezione 1
<i>Km 4+650 – 7+900</i>	210	Galleria - Trincea	Sezione 1
<i>Km 7+900 – fine progetto</i>	250	Rilevato - Raso	Sezione 2 - Sezione 3

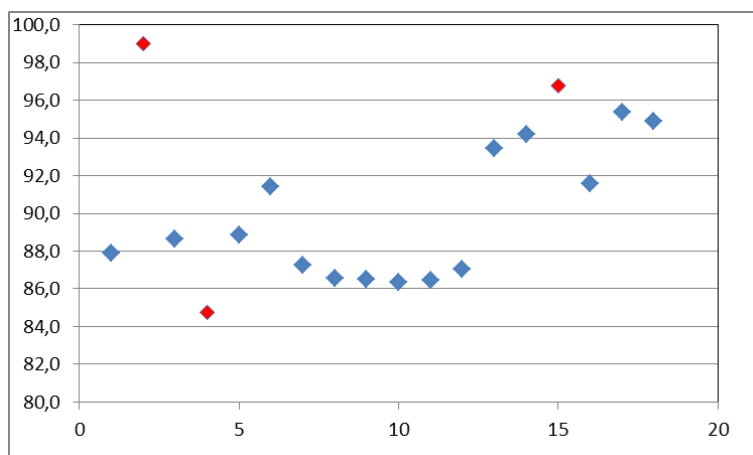
⁷ Le tipologie del corpo ferroviario per le quali è significativa la trasmissione delle vibrazioni sono raso, rilevato, trincea, galleria

Di seguito si riportano le tabelle e i diagrammi contenenti i dati di emissione omogeneizzati per le diverse situazioni e la valutazione dell'emissione caratteristica pari al 90° percentile. In rosso sono stati segnalati i transiti anomali esclusi dalla valutazione.

Sezione 1 – Tratto da Km 0+000 - 0+800 – Raso (lato sud)

V=115 km/h – Distanza di riferimento 10 m

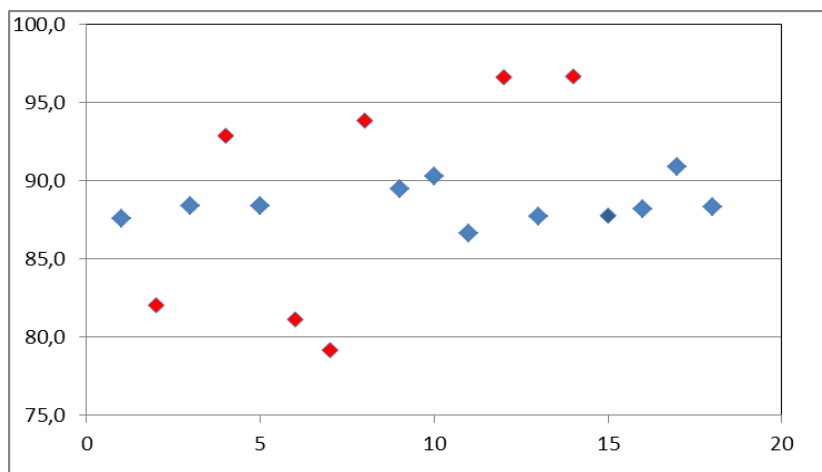
DISTANZA BINARIO	LW misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
10,0	89,4	FRECCIA ROSSA	162,4	87,9	
10,0	100,3	ITALO	154,8	99,0	
10,0	89,9	ITALO	153,2	88,7	
10,0	87,5	ITALO	216,2	84,8	
10,0	91,4	FRECCIA ROSSA	206,5	88,9	
10,0	93,3	FRECCIA ROSSA	177,4	91,4	
10,0	88,5	FRECCIA ROSSA	152,4	87,3	
10,0	88,8	FRECCIA ROSSA	192,7	86,6	
10,0	88,3	ITALO	174,8	86,5	
10,0	88,6	FRECCIA ROSSA	192,7	86,4	
10,0	88,8	FRECCIA ROSSA	196,2	86,5	
10,0	88,7	ITALO	169,4	87,0	
15,0	89,6	FRECCIA ROSSA	165,2	93,4	
15,0	91,2	FRECCIA ROSSA	199,6	94,2	
15,0	92,8	FRECCIA ROSSA	159,4	96,9	
15,0	87,6	ITALO	159,6	91,6	
15,0	93,1	FRECCIA ROSSA	235,4	95,0	90° Percentile
15,0	91,6	FRECCIA ROSSA	186,9	94,9	94,6 dB



Sezione 1 – Tratto da Km 0+000 - 0+800 – Trincea (lato nord)

V=115 km/h – Distanza di riferimento 10 m

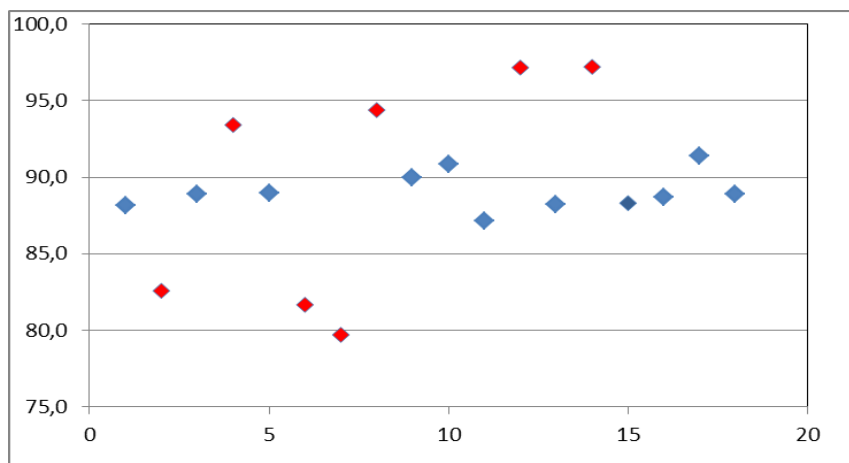
DISTANZA BINARIO	LW misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
6,3	96,0	FRECCIA ROSSA	192,8	87,6	
6,3	89,9	FRECCIA ROSSA	170,5	82,0	
6,3	96,6	FRECCIA ROSSA	185,5	88,4	
6,3	100,3	ITALO	153,9	92,9	
6,3	96,8	FRECCIA ROSSA	192,8	88,4	
6,3	89,3	FRECCIA ROSSA	183,2	81,1	
6,3	87,5	FRECCIA ROSSA	190,3	79,2	
6,3	101,2	ITALO	151,3	93,9	
6,3	97,8	FRECCIA ROSSA	190,3	89,5	
6,3	98,7	FRECCIA ROSSA	192,8	90,3	
11,3	86,9	FRECCIA ROSSA	178,7	86,6	
11,3	97,0	FRECCIA ROSSA	182,0	96,6	
11,3	88,3	FRECCIA ROSSA	191,5	87,7	
11,3	97,3	FRECCIA ROSSA	192,8	96,7	
11,3	87,6	ITALO	160,8	87,8	
11,3	88,8	FRECCIA ROSSA	192,8	88,2	
11,3	90,7	ITALO	160,8	90,9	
11,3	88,9	FRECCIA ROSSA	190,3	88,3	90° Percentile
					90,3



Sezione 1 – Tratto da Km 0+800 - 3+500 – Trincea (lato nord)

V=130 km/h – Distanza di riferimento 10 m

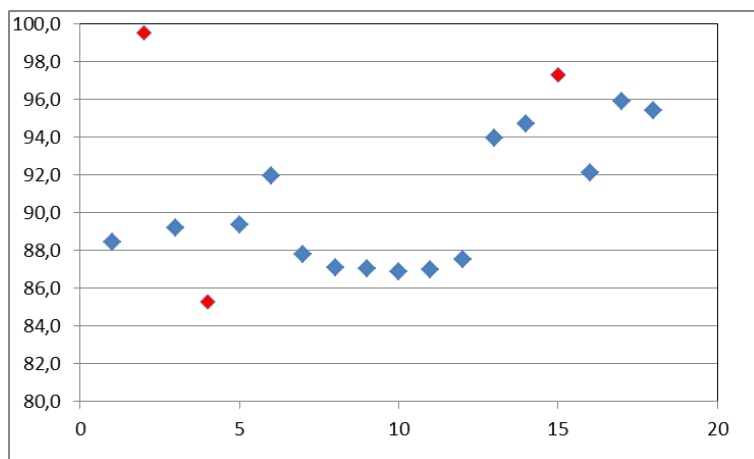
DISTANZA BINARIO	LW misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
6,3	96,0	FRECCIA ROSSA	192,8	88,1	
6,3	89,9	FRECCIA ROSSA	170,5	82,6	
6,3	96,6	FRECCIA ROSSA	185,5	88,9	
6,3	100,3	ITALO	153,9	93,4	
6,3	96,8	FRECCIA ROSSA	192,8	88,9	
6,3	89,3	FRECCIA ROSSA	183,2	81,7	
6,3	87,5	FRECCIA ROSSA	190,3	79,7	
6,3	101,2	ITALO	151,3	94,4	
6,3	97,8	FRECCIA ROSSA	190,3	90,0	
6,3	98,7	FRECCIA ROSSA	192,8	90,8	
11,3	86,9	FRECCIA ROSSA	178,7	87,1	
11,3	97,0	FRECCIA ROSSA	182,0	97,2	
11,3	88,3	FRECCIA ROSSA	191,5	88,2	
11,3	97,3	FRECCIA ROSSA	192,8	97,2	
11,3	87,6	ITALO	160,8	88,3	
11,3	88,8	FRECCIA ROSSA	192,8	88,7	
11,3	90,7	ITALO	160,8	91,4	90° Percentile
11,3	88,9	FRECCIA ROSSA	190,3	88,9	90,8 dB



Sezione 1 – Tratto da Km 0+800 - 3+500 – Raso (lato nord)

V=130 km/h – Distanza di riferimento 10 m

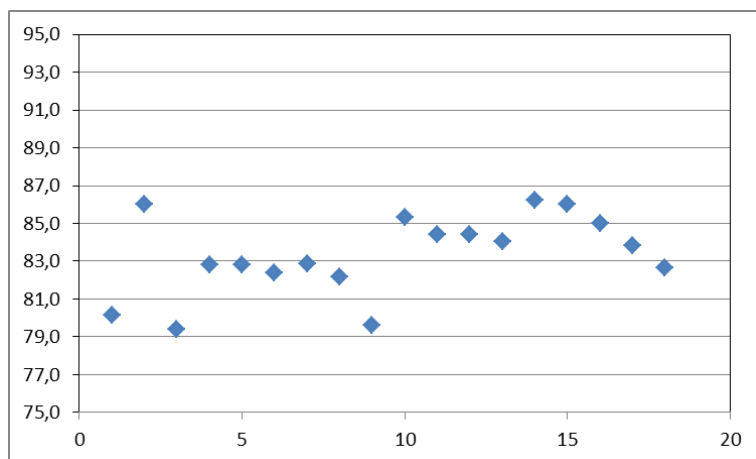
DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
10,0	89,4	FRECCIA ROSSA	162,4	88,4	
10,0	100,3	ITALO	154,8	99,5	
10,0	89,9	ITALO	153,2	89,2	
10,0	87,5	ITALO	216,2	85,3	
10,0	91,4	FRECCIA ROSSA	206,5	89,4	
10,0	93,3	FRECCIA ROSSA	177,4	92,0	
10,0	88,5	FRECCIA ROSSA	152,4	87,8	
10,0	88,8	FRECCIA ROSSA	192,7	87,1	
10,0	88,3	ITALO	174,8	87,0	
10,0	88,6	FRECCIA ROSSA	192,7	86,9	
10,0	88,8	FRECCIA ROSSA	196,2	87,0	
10,0	88,7	ITALO	169,4	87,5	
15,0	89,6	FRECCIA ROSSA	165,2	94,0	
15,0	91,2	FRECCIA ROSSA	199,6	94,7	
15,0	92,8	FRECCIA ROSSA	159,4	97,3	
15,0	87,6	ITALO	159,6	92,1	
15,0	93,1	FRECCIA ROSSA	235,4	95,9	90° Percentile
15,0	91,6	FRECCIA ROSSA	186,9	95,4	95,1 dB



Sezione 1 – Tratto da Km 0+800 - 3+500 – Rilevato (lato sud)

V=130 km/h – Distanza di riferimento 20 m

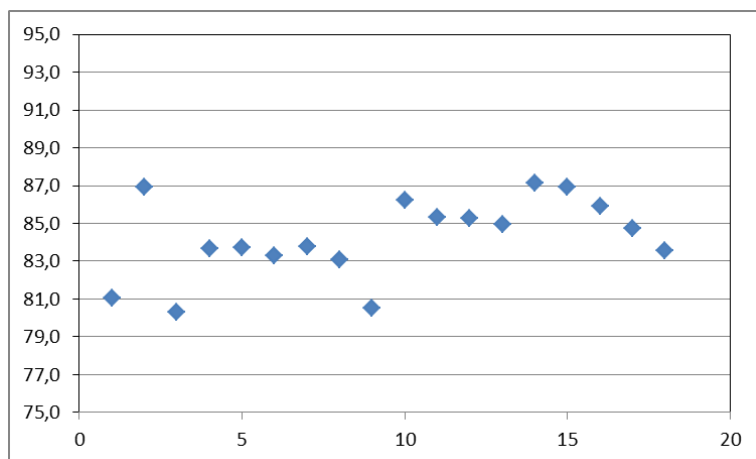
DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
17,7	83,1	ITALO	176,4	80,1	
17,7	88,8	FRECCIA ROSSA	170,4	86,0	
17,7	82,5	FRECCIA ROSSA	182,0	79,4	
17,7	85,9	FRECCIA ROSSA	183,1	82,8	
17,7	86,0	FRECCIA ROSSA	185,4	82,8	
17,7	85,6	FRECCIA ROSSA	186,6	82,4	
17,7	85,8	ITALO	176,4	82,8	
17,7	85,4	FRECCIA ROSSA	187,7	82,2	
17,7	82,9	FRECCIA ROSSA	191,4	79,6	
22,7	84,4	ITALO	155,1	85,3	
22,7	84,2	FRECCIA ROSSA	182,0	84,4	
22,7	83,7	ITALO	163,6	84,4	
22,7	83,7	ITALO	176,4	84,1	
22,7	86,0	FRECCIA ROSSA	182,0	86,2	
22,7	85,8	FRECCIA ROSSA	183,1	86,0	
22,7	84,5	ITALO	171,4	85,0	
22,7	83,8	FRECCIA ROSSA	190,2	83,8	90° Percentile
22,7	82,8	FRECCIA ROSSA	197,8	82,7	86,0 dB



Sezione 1 – Tratto da Km 3+500 - 4+650 – Rilevato

V=160 km/h – Distanza di riferimento 20 m

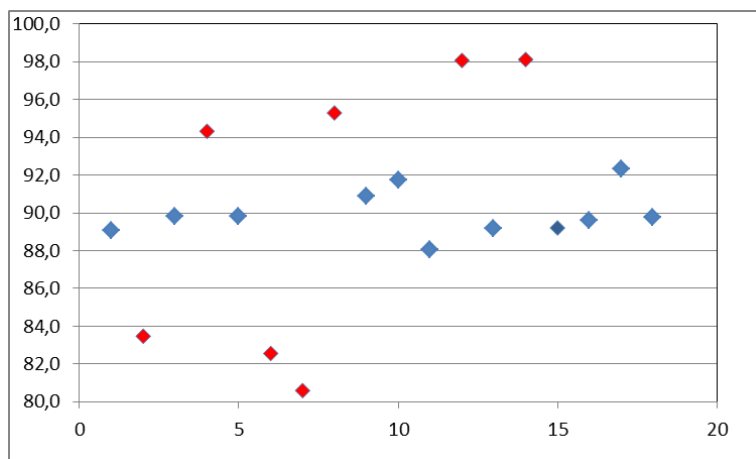
DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
17,7	83,1	ITALO	176,4	81,1	
17,7	88,8	FRECCIA ROSSA	170,4	86,9	
17,7	82,5	FRECCIA ROSSA	182,0	80,3	
17,7	85,9	FRECCIA ROSSA	183,1	83,7	
17,7	86,0	FRECCIA ROSSA	185,4	83,7	
17,7	85,6	FRECCIA ROSSA	186,6	83,3	
17,7	85,8	ITALO	176,4	83,8	
17,7	85,4	FRECCIA ROSSA	187,7	83,1	
17,7	82,9	FRECCIA ROSSA	191,4	80,5	
22,7	84,4	ITALO	155,1	86,2	
22,7	84,2	FRECCIA ROSSA	182,0	85,3	
22,7	83,7	ITALO	163,6	85,3	
22,7	83,7	ITALO	176,4	85,0	
22,7	86,0	FRECCIA ROSSA	182,0	87,1	
22,7	85,8	FRECCIA ROSSA	183,1	86,9	
22,7	84,5	ITALO	171,4	85,9	
22,7	83,8	FRECCIA ROSSA	190,2	84,7	90° Percentile
22,7	82,8	FRECCIA ROSSA	197,8	83,6	86,9 dB



Sezione 1 – Tratto da Km 3+500 - 4+650 – Trincea

V=160 km/h – Distanza di riferimento 10 m

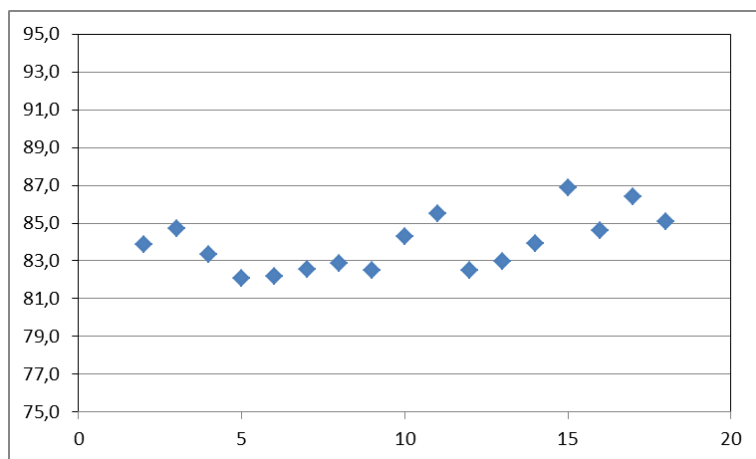
DISTANZA BINARIO	LW misurato (dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
6,3	96,0	FRECCIA ROSSA	192,8	89,0	
6,3	89,9	FRECCIA ROSSA	170,5	83,5	
6,3	96,6	FRECCIA ROSSA	185,5	89,8	
6,3	100,3	ITALO	153,9	94,3	
6,3	96,8	FRECCIA ROSSA	192,8	89,8	
6,3	89,3	FRECCIA ROSSA	183,2	82,6	
6,3	87,5	FRECCIA ROSSA	190,3	80,6	
6,3	101,2	ITALO	151,3	95,3	
6,3	97,8	FRECCIA ROSSA	190,3	90,9	
6,3	98,7	FRECCIA ROSSA	192,8	91,7	
11,3	86,9	FRECCIA ROSSA	178,7	88,0	
11,3	97,0	FRECCIA ROSSA	182,0	98,1	
11,3	88,3	FRECCIA ROSSA	191,5	89,1	
11,3	97,3	FRECCIA ROSSA	192,8	98,1	
11,3	87,6	ITALO	160,8	89,2	
11,3	88,8	FRECCIA ROSSA	192,8	89,6	
11,3	90,7	ITALO	160,8	92,3	
11,3	88,9	FRECCIA ROSSA	190,3	89,8	90° Percentile
					91,7 dB



Sezione 1 – Tratto da Km 4+650 - 7+900 – Galleria

V=210 km/h – Distanza di riferimento 10 m

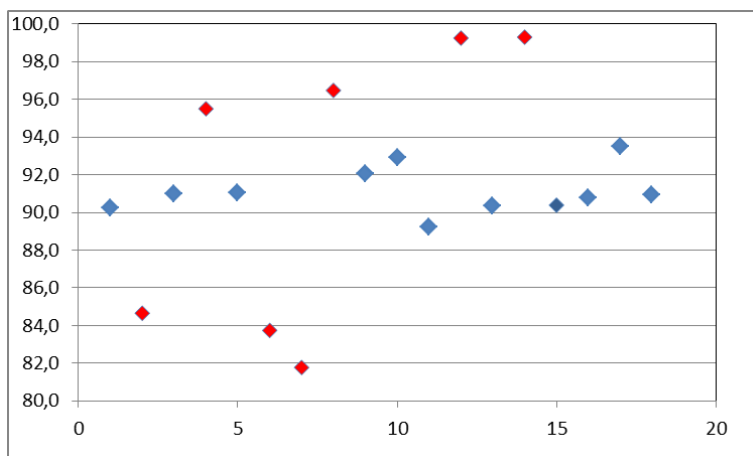
DISTANZA BINARIO	LW misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
11,0	94,4	FRECCIA ROSSA	213,6	95,6	
11,0	83,3	FRECCIA ROSSA	245,7	83,9	
11,0	84,0	FRECCIA ROSSA	239,7	84,7	
11,0	82,2	FRECCIA ROSSA	215,3	83,4	
11,0	80,8	FRECCIA ROSSA	209,1	82,1	
11,0	81,0	FRECCIA ROSSA	213,6	82,2	
11,0	81,7	ITALO	230,7	82,6	
11,0	82,0	ITALO	230,7	82,9	
11,0	81,9	FRECCIA ROSSA	245,7	82,5	
11,0	83,7	FRECCIA ROSSA	245,7	84,3	
11,0	84,9	FRECCIA ROSSA	245,7	85,5	
11,0	81,9	FRECCIA ROSSA	245,7	82,5	
11,0	82,1	ITALO	230,7	83,0	
11,0	83,0	FRECCIA ROSSA	226,1	83,9	
11,0	86,3	FRECCIA ROSSA	245,7	86,9	
11,0	83,8	FRECCIA ROSSA	234,0	84,6	
11,0	85,2	FRECCIA ROSSA	213,6	86,4	90° Percentile
11,0	83,9	FRECCIA ROSSA	213,8	85,1	86,5 dB



Sezione 1 – Tratto da Km 4+650 - 7+900 – Trincea

V=210 km/h – Distanza di riferimento 10 m

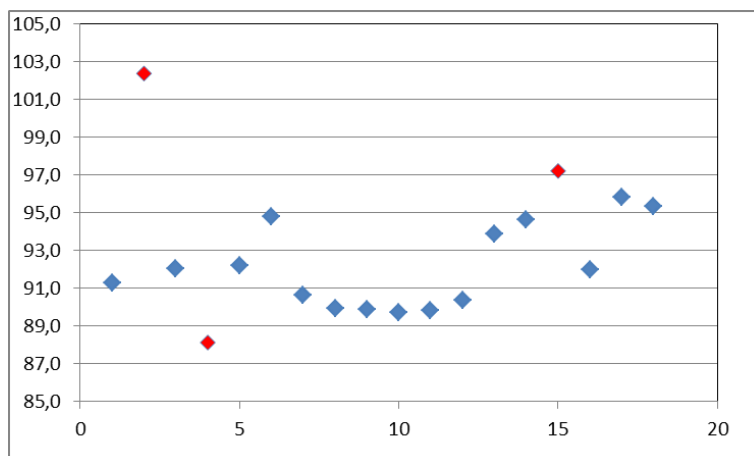
DISTANZA BINARIO	LW misurato (dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
6,3	96,0	FRECCIA ROSSA	192,8	90,2	
6,3	89,9	FRECCIA ROSSA	170,5	84,7	
6,3	96,6	FRECCIA ROSSA	185,5	91,0	
6,3	100,3	ITALO	153,9	95,5	
6,3	96,8	FRECCIA ROSSA	192,8	91,0	
6,3	89,3	FRECCIA ROSSA	183,2	83,7	
6,3	87,5	FRECCIA ROSSA	190,3	81,8	
6,3	101,2	ITALO	151,3	96,5	
6,3	97,8	FRECCIA ROSSA	190,3	92,1	
6,3	98,7	FRECCIA ROSSA	192,8	92,9	
11,3	86,9	FRECCIA ROSSA	178,7	89,2	
11,3	97,0	FRECCIA ROSSA	182,0	99,2	
11,3	88,3	FRECCIA ROSSA	191,5	90,3	
11,3	97,3	FRECCIA ROSSA	192,8	99,3	
11,3	87,6	ITALO	160,8	90,4	
11,3	88,8	FRECCIA ROSSA	192,8	90,8	
11,3	90,7	ITALO	160,8	93,5	90° Percentile
11,3	88,9	FRECCIA ROSSA	190,3	91,0	95,0 dB



Sezione 2 – Tratto da Km 7+900 – fine tracciato – Raso

V=250 km/h – Distanza di riferimento 10 m

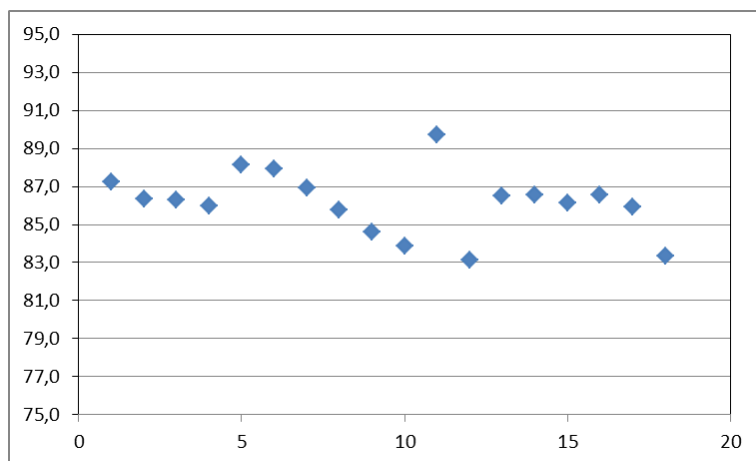
DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
10,0	89,4	FRECCIA ROSSA	162,4	91,3	
10,0	100,3	ITALO	154,8	102,4	
10,0	89,9	ITALO	153,2	92,0	
10,0	87,5	ITALO	216,2	88,1	
10,0	91,4	FRECCIA ROSSA	206,5	92,2	
10,0	93,3	FRECCIA ROSSA	177,4	94,8	
10,0	88,5	FRECCIA ROSSA	152,4	90,7	
10,0	88,8	FRECCIA ROSSA	192,7	89,9	
10,0	88,3	ITALO	174,8	89,9	
10,0	88,6	FRECCIA ROSSA	192,7	89,7	
10,0	88,8	FRECCIA ROSSA	196,2	89,9	
10,0	88,7	ITALO	169,4	90,4	
15,0	89,6	FRECCIA ROSSA	165,2	93,9	
15,0	91,2	FRECCIA ROSSA	199,6	94,6	
15,0	92,8	FRECCIA ROSSA	159,4	97,2	
15,0	87,6	ITALO	159,6	92,0	
15,0	93,1	FRECCIA ROSSA	235,4	95,8	90° Percentile
15,0	91,6	FRECCIA ROSSA	186,9	95,3	95,1 dB



Sezione 2 – Tratto da Km 7+900 – fine tracciato – Rilevato

V=250 km/h – Distanza di riferimento 10 m

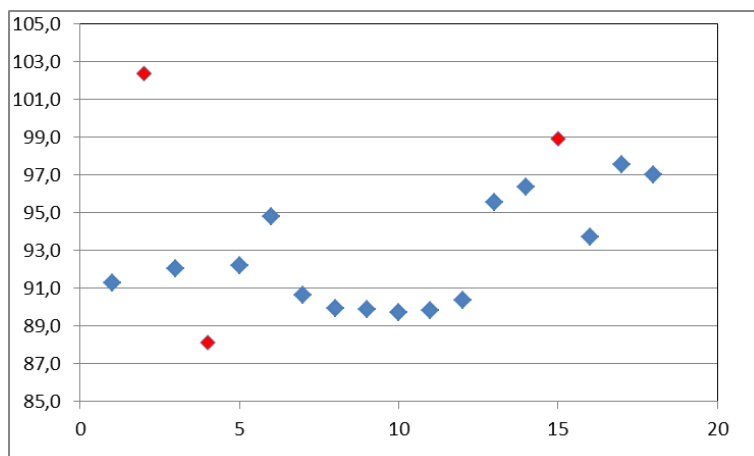
DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
17,7	83,1	ITALO	176,4	87,2	
17,7	88,8	FRECCIA ROSSA	170,4	86,3	
17,7	82,5	FRECCIA ROSSA	182,0	86,3	
17,7	85,9	FRECCIA ROSSA	183,1	86,0	
17,7	86,0	FRECCIA ROSSA	185,4	88,1	
17,7	85,6	FRECCIA ROSSA	186,6	87,9	
17,7	85,8	ITALO	176,4	86,9	
17,7	85,4	FRECCIA ROSSA	187,7	85,8	
17,7	82,9	FRECCIA ROSSA	191,4	84,6	
22,7	84,4	ITALO	155,1	83,9	
22,7	84,2	FRECCIA ROSSA	182,0	89,7	
22,7	83,7	ITALO	163,6	83,1	
22,7	83,7	ITALO	176,4	86,5	
22,7	86,0	FRECCIA ROSSA	182,0	86,6	
22,7	85,8	FRECCIA ROSSA	183,1	86,1	
22,7	84,5	ITALO	171,4	86,6	
22,7	83,8	FRECCIA ROSSA	190,2	85,9	90° Percentile
22,7	82,8	FRECCIA ROSSA	197,8	83,3	88,0 dB



Sezione 3 – Tratto da Km 7+900 – fine tracciato – Raso

V=250 km/h – Distanza di riferimento 10 m

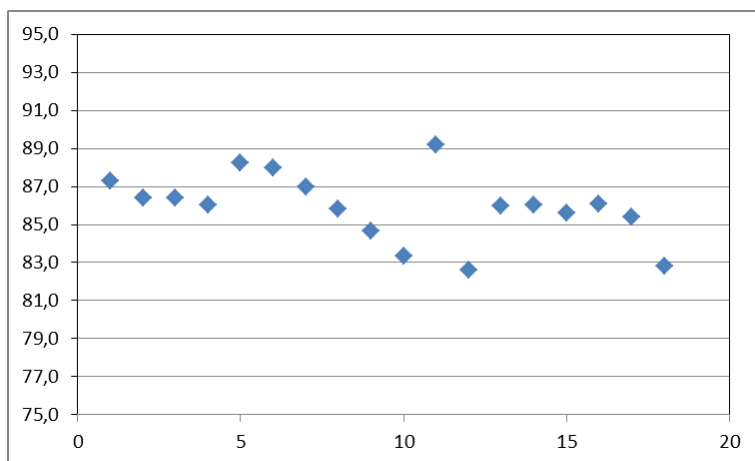
DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
10,0	89,4	FRECCIA ROSSA	162,4	91,3	
10,0	100,3	ITALO	154,8	102,4	
10,0	89,9	ITALO	153,2	92,0	
10,0	87,5	ITALO	216,2	88,1	
10,0	91,4	FRECCIA ROSSA	206,5	92,2	
10,0	93,3	FRECCIA ROSSA	177,4	94,8	
10,0	88,5	FRECCIA ROSSA	152,4	90,7	
10,0	88,8	FRECCIA ROSSA	192,7	89,9	
10,0	88,3	ITALO	174,8	89,9	
10,0	88,6	FRECCIA ROSSA	192,7	89,7	
10,0	88,8	FRECCIA ROSSA	196,2	89,9	
10,0	88,7	ITALO	169,4	90,4	
15,0	89,6	FRECCIA ROSSA	165,2	95,6	
15,0	91,2	FRECCIA ROSSA	199,6	96,4	
15,0	92,8	FRECCIA ROSSA	159,4	98,9	
15,0	87,6	ITALO	159,6	93,7	
15,0	93,1	FRECCIA ROSSA	235,4	97,5	90° Percentile
15,0	91,6	FRECCIA ROSSA	186,9	97,0	96,8 dB



Sezione 3 – Tratto da Km 7+900 – fine tracciato – Rilevato

V=250 km/h – Distanza di riferimento 10 m

DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
17,7	83,1	ITALO	176,4	87,3	
17,7	88,8	FRECCIA ROSSA	170,4	86,4	
17,7	82,5	FRECCIA ROSSA	182,0	86,4	
17,7	85,9	FRECCIA ROSSA	183,1	86,1	
17,7	86,0	FRECCIA ROSSA	185,4	88,2	
17,7	85,6	FRECCIA ROSSA	186,6	88,0	
17,7	85,8	ITALO	176,4	87,0	
17,7	85,4	FRECCIA ROSSA	187,7	85,8	
17,7	82,9	FRECCIA ROSSA	191,4	84,7	
22,7	84,4	ITALO	155,1	83,4	
22,7	84,2	FRECCIA ROSSA	182,0	89,2	
22,7	83,7	ITALO	163,6	82,6	
22,7	83,7	ITALO	176,4	86,0	
22,7	86,0	FRECCIA ROSSA	182,0	86,0	
22,7	85,8	FRECCIA ROSSA	183,1	85,6	
22,7	84,5	ITALO	171,4	86,1	
22,7	83,8	FRECCIA ROSSA	190,2	85,4	90° Percentile
22,7	82,8	FRECCIA ROSSA	197,8	82,8	88,1 dB



9.5.2. Linea Storica

L'emissione dei convogli della Linea Storica è stata stimata in base ai dati misurati del punto P1 delle n. 3 sezioni di misura individuate sulla tratta.

Per quanto concerne le valutazioni sull'impatto vibrazionale bisogna tener conto che i tratti in affiancamento sono localizzati a inizio progetto, in uscita da Verona (Tratto 1), e dalla nuova stazione di Lonigo, fino a fine progetto (Tratto 2)

Il tratto 1 ricade interamente nella curva di attenuazione del terreno della Sezione 1 mentre la tratta 2 nella Sezione 3

Le relative velocità di progetto, così come derivate dallo Studio di Impatto ambientale, sono pertanto riportate nella seguente tabella, suddivise per le diverse tipologie di convoglio

TRATTO	MERCI	LUNGA PERCORRENZA	REGIONALI
Tratto 1 (Km 150+850 - 154+437)	120	125	130
Tratto 2 (Km 177+300 -182+950)	140	150	160

Di seguito si riportano le tabelle contenenti i dati di emissione omogeneizzati per le diverse situazioni e la valutazione dell'emissione caratteristica pari al 90° percentile. In rosso sono stati segnalati i transiti anomali esclusi dalla valutazione.

Sezione 1 – Tratto 1 – Raso - Distanza di riferimento 10 m

DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)
5,0	78,5	FRECCIA BIANCA	114,8	69,8
5,0	76,8	MINUETTO	44,5	72,1
5,0	83,0	FRECCIA BIANCA	147,5	73,2
5,0	75,5	MERCI	117,5	66,4
5,0	76,6	REGIONALE	88,3	68,9
5,0	71,7	MINUETTO	24,3	69,6
5,0	76,5	FRECCIA BIANCA	95,0	68,6
5,0	73,6	REGIONALE	87,0	65,9
5,0	77,1	FRECCIA BIANCA	98,4	69,1
5,0	77,0	MERCI	80,1	69,5
5,0	76,5	MERCI	121,1	67,2
5,0	78,6	MINUETTO	39,9	74,3

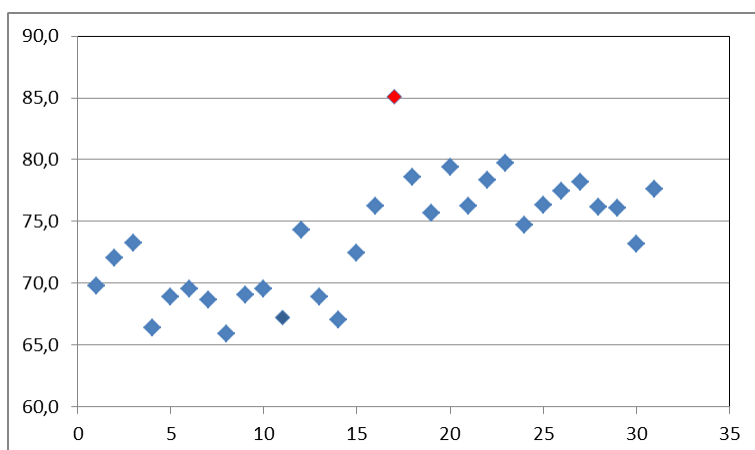
Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 76 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw _{omogeneiz.} (dB)	
5,0	76,3	MERCI	79,0	68,9	
5,0	76,3	MERCI	121,7	67,0	
5,0	76,0	MINUETTO	33,9	72,4	
9,0	76,0	FRECCIA BIANCA	88,7	76,3	
9,0	74,6	REGIONALE	8,1	85,1	
9,0	78,4	FRECCIA BIANCA	90,8	78,6	
9,0	69,6	MINUETTO	22,2	75,7	
9,0	77,2	MERCI	52,8	79,4	
9,0	73,7	REGIONALE	50,3	76,3	
9,0	77,6	FRECCIA BIANCA	78,7	78,4	
9,0	76,2	MINUETTO	39,9	79,8	
9,0	75,4	MERCI	102,4	74,7	
9,0	75,2	REGIONALE	70,4	76,3	
9,0	76,5	FRECCIA BIANCA	75,1	77,5	
9,0	72,9	MINUETTO	26,8	78,2	
9,0	75,1	FRECCIA BIANCA	73,8	76,2	
9,0	75,3	MERCI	71,9	76,1	
9,0	73,1	MERCI	85,2	73,2	90° Percentile
9,0	76,9	FRECCIA BIANCA	79,4	77,6	78,4 dB



Sezione 3 – Tratto 2 – Rilevato – Distanza di riferimento 20 m

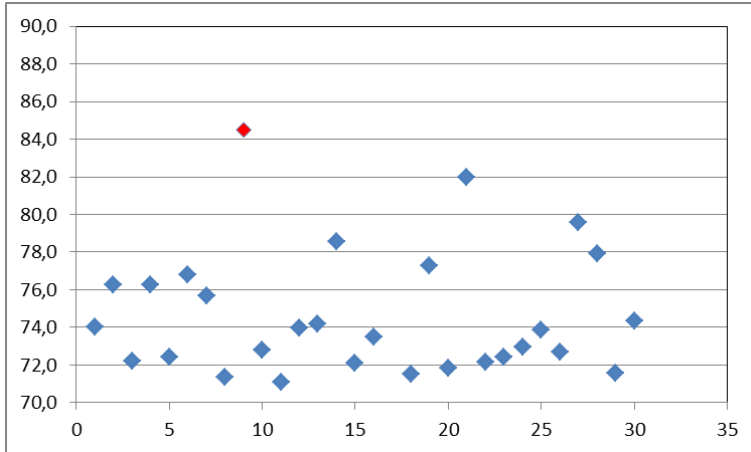
DISTANZA BINARIO	Lw misurato dB)	TIPO TRENO	Velocità	Lw omogeneiz. (dB)	
15,0	74,0	REGIONALE	75,2	74,0	
15,0	71,1	MINUETTO	23,2	76,2	
15,0	73,6	FRECCIA BIANCA	111,6	72,2	
15,0	70,6	MINUETTO	20,5	76,3	
15,0	69,1	MERCI	32,9	72,4	
15,0	71,6	MINUETTO	22,9	76,8	
15,0	75,4	MERCI	66,3	75,7	
15,0	72,8	FRECCIA BIANCA	113,2	71,3	
15,0	80,3	MINUETTO	28,8	84,5	
15,0	74,1	FRECCIA BIANCA	108,7	72,8	
15,0	78,2	MERCI	366,1	71,1	
15,0	74,1	REGIONALE	77,9	74,0	
15,0	74,5	FRECCIA BIANCA	87,0	74,2	
15,0	73,4	MINUETTO	23,2	78,5	
15,0	73,5	FRECCIA BIANCA	111,6	72,1	
19,0	65,9	MINUETTO	23,2	73,5	
19,0	69,1	FRECCIA BIANCA	153,0	68,8	
19,0	68,0	FRECCIA ROSSA	62,8	71,5	
19,0	75,5	MERCI	82,8	77,3	
19,0	71,0	FRECCIA BIANCA	116,4	71,9	
19,0	79,6	MERCI	71,7	82,0	
19,0	71,8	MERCI	113,7	72,2	
19,0	70,1	REGIONALE	77,9	72,4	
19,0	71,8	FRECCIA BIANCA	108,7	73,0	
19,0	69,9	REGIONALE	53,2	73,9	
19,0	71,7	FRECCIA BIANCA	113,2	72,7	
19,0	72,5	MINUETTO	26,0	79,6	
19,0	70,2	MINUETTO	22,6	77,9	
19,0	70,6	FRECCIA BIANCA	113,2	71,6	
19,0	71,8	MERCI	69,4	74,3	90° Percentile
					78,0 dB

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 78 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------



 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA				
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO				
	Titolo: STUDIO VIBRAZIONALE				
PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 79 di 85

10. INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ E PREVISIONE DELL'IMPATTO POST OPERAM

L'individuazione delle criticità che si potranno verificare con la realizzazione del progetto ha reso indispensabile determinare preventivamente i criteri di valutazione della sensibilità del territorio. A tale scopo è stato utilizzato come riferimento il censimento dei ricettori dello studio acustico redatto per il progetto preliminare aggiornato con verifiche ad ho per la parte in galleria.

I ricettori potenzialmente impattati sono esclusivamente costituiti da fabbricati residenziali ed uffici, in quanto non sono stati rilevati lungo la tratta aree critiche, così come definite dalle norme ISO 2631/UNI 9614.

In via cautelativa, per quanto riguarda i valori limite si è fatto riferimento ai valori suggeriti dalla norma ISO 2631/UNI 9614 per le vibrazioni di tipo continuo (vedi tabella 4 paragrafo 4.2).

Applicando le relazioni di calcolo messe a punto nei paragrafi precedenti sono state calcolati i livelli vibrazionali da attendersi al piano terra e all'ultimo piano di tutti i ricettori presenti nella fascia di indagine. Tali livelli sono stati quindi confrontati con i limiti della norma 2631/UNI 9416, individuando così puntualmente tutte le situazioni in cui vi è da attendersi l'insorgere di situazioni di disturbo alle persone.

Nella tabella in allegato alla presente relazione sono stati riportati tutti gli edifici impattati con l'indicazione dei livelli stimati al piano terreno e all'ultimo piano. Detti fabbricati sono complessivamente 93 e sono localizzati come sinteticamente riportato in tabella.

PROVINCIA	COMUNE	EDIFICI CON IMPATTO
Verona	Verona	68
	San Martino Buon Albergo	2
	Belfiore	9
	San Bonifacio	9
Vicenza	Lonigo	4
	Montebello Vicentino	1

Da evidenziare che entrambi gli edifici storici vincolati che fanno parte del Complesso delle Sorelle della Misericordia presentano valori eccedenti i limiti della norma 2631/UNI 9416 per il fabbricati residenziali nel periodo notturno.

Dalla localizzazione dei fabbricati impattati sono stati quindi derivati i tratti di linea da considerare critici per l'impatto vibrazionale.

Nella tabella seguente si riporta in sintesi l'elenco dei tratti in cui le analisi effettuate hanno evidenziato un impatto vibrazionale. Edifici e tratti di linea critici per l'impatto vibrazionale sono riportati nelle planimetrie in scala 1:5000 (doc IN0D 00 DI2 P5 IM0006 129 B ÷ IN0D 00 DI2 P6 IM0006 145 B).

QUADRO GENERALE DEI TRATTI CRITICI PER L'IMPATTO VIBRAZIONALE

Codice	Comune	Ubicazione ⁸	Km inizio	Km fine	L [m]	Abbattimento richiesto [dB]
VIB 01	Verona	AV	0+000	0+105	105	5dB<L<10dB
VIB 02	Verona	AV	0+347	0+764	415	L<5dB
VIB 03	Verona	AV	1+130	1+390	260	5dB<L<10dB
VIB 04	Verona	AV	1+390	1+456	65	10dB<L<15dB
VIB 05	Verona	AV	1+456	1+803	345	5dB<L<10dB
VIB 06	Verona	AV	1+803	2+017	215	L<5dB
VIB 07	Verona	AV	2+017	2+052	35	5dB<L<10dB
VIB 08	Verona	AV	2+052	2+315	265	L<5dB
VIB 09	Verona	AV	2+315	2+381	65	5dB<L<10dB
VIB 10	Verona	AV	2+381	2+550	170	L<5dB
VIB 11	Verona	LS var	2+488	2+697	205	5dB<L<10dB
VIB 12	Verona	AV	2+550	2+800	250	5dB<L<10dB
VIB 13	Verona	AV	2+800	2+990	190	10dB<L<15dB
VIB 14	Verona	AV	2+991	3+096	105	L>15dB
VIB 15 ⁹	Verona	AV	3+096	3+361	265	5dB<L<10dB
VIB 16 ⁹	Verona	LS var	3+251	3+361	110	5dB<L<10dB
VIB 17	San Martino Buon Albergo	AV	5+658	5+758	100	L<5dB
VIB 18	Belfiore	AV	13+498	15+197	1700	5dB<L<10dB
VIB 19	San Bonifacio	AV	18+610	18+725	115	L<5dB
VIB 19a	San Bonifacio	AV	23+050	23+270	220	5dB<L<10dB
VIB 19b	San Bonifacio	AV	23+270	23+686	416	L<5dB
VIB 20	San Bonifacio	AV	23+686	24+152	465	5dB<L<10dB
VIB 20a	San Bonifacio	AV	24+610	24+870	260	5dB<L<10dB

⁸ Linea Storica in variante

⁹ Intervento a protezione di un edificio residenziale abbandonato ed in attuale stato di rudere

QUADRO GENERALE DEI TRATTI CRITICI PER L'IMPATTO VIBRAZIONALE

Codice	Comune	Ubicazione ⁸	Km inizio	Km fine	L [m]	Abbattimento richiesto [dB]
VIB 21	San Bonifacio	AV	25+557	25+693	135	L<5dB
VIB 22	Lonigo	AV	27+332	27+432	100	L<5dB
VIB 23	Lonigo	AV	27+779	28+013	235	5dB<L<10dB
VIB 24	Lonigo/Montebello Vi.no	AV	30+365	30+475	110	10dB<L<15dB
VIB 25	Montebello Vicentino	AV	32+373	32+493	120	L<5dB

TOTALE

7.041

Dai dati sopra riportati emerge che la situazione maggiormente critica è quella di Verona. In questo caso l'impatto è determinato dalla prossimità dei ricettori in particolare alla linea storica esistente.

E' importante comunque sottolineare che i tratti critici riportati in tabella sono stati individuati in un'ottica di estrema tutela rispetto al possibile insorgere di situazioni di disturbo alle persone. Tali tratti non hanno pertanto alcun rapporto con situazioni di danno strutturale ai fabbricati, che, come evidente, sono correlati a livelli delle vibrazioni di grandezza di gran lunga superiore rispetto alla soglia di disturbo alle persone.

EDIFICI CON IMPATTO VIBRAZIONALE

**TABELLA CONTENENTE I LIVELLI VIBRAZIONALI STIMATI IN ASSENZA DI INTERVENTO AL
PRIMO E ALL'ULTIMO LIVELLO FUORI TERRA**

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 83 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

CODICE RICETTORE	PROGRESSIVA [km]	COMUNE	LINEA A.V./A.C.		LINEA STORICA	
			L Piano Terra [dB]	L Ultimo piano [dB]	L Piano Terra [dB]	L Ultimo piano [dB]
023091-I2010	0+055	Verona	72,6	79,4	-	-
023091-I1006	0+455	Verona	57,6	74,6	-	-
023091-R1065	0+510	Verona	57,7	78,1	-	-
023091-R1084	0+640	Verona	55,4	75,8	-	-
023091-R1083	0+665	Verona	58,2	75,2	-	-
023091-R1107	1+135	Verona	70,2	77,0	-	-
023091-R1110	1+175	Verona	69,3	76,1	-	-
023091-R1112	1+205	Verona	69,6	79,8	-	-
023091-R1113	1+215	Verona	68,1	78,3	-	-
023091-R1114	1+220	Verona	68,4	78,6	-	-
023091-R1115	1+225	Verona	68,9	79,1	-	-
023091-R1116	1+240	Verona	69,4	76,2	-	-
023091-R1131	1+245	Verona	66,1	76,3	-	-
023091-R1132	1+265	Verona	68,9	79,1	-	-
023091-R1133	1+270	Verona	69,3	79,5	-	-
023091-R1134	1+290	Verona	70,5	77,3	-	-
023091-R1135	1+300	Verona	70,4	77,2	-	-
023091-R1136	1+325	Verona	70,2	77,0	-	-
023091-R1137	1+330	Verona	70,4	77,2	-	-
023091-R1138	1+375	Verona	68,0	78,2	-	-
023091-R1198	1+410	Verona	69,8	86,8	-	-
023091-R1199	1+430	Verona	69,7	86,7	-	-
023091-R1200	1+455	Verona	67,0	80,6	-	-
023091-R1201	1+465	Verona	69,2	79,4	-	-
023091-R1202	1+495	Verona	66,7	76,9	-	-
023091-R1203	1+505	Verona	68,3	78,5	-	-
023091-R1204	1+505	Verona	70,6	80,8	-	-
023091-R1205	1+515	Verona	70,0	80,2	-	-
023091-R1206	1+520	Verona	69,2	76,0	-	-
023091-R1207	1+540	Verona	69,0	75,8	-	-
023091-R1208	1+550	Verona	71,0	77,8	-	-
023091-R1209	1+560	Verona	71,0	77,8	-	-
023091-R1210	1+590	Verona	69,7	76,5	-	-
023091-R1211	1+600	Verona	70,0	76,8	-	-
023091-R1315	1+630	Verona	71,4	81,6	-	-
023091-R1316	1+640	Verona	72,2	79,0	-	-
023091-R1317	1+660	Verona	70,1	80,3	-	-

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 84 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

CODICE RICETTORE	PROGRESSIVA [km]	COMUNE	LINEA A.V./A.C.		LINEA STORICA	
			L Piano Terra [dB]	L Ultimo piano [dB]	L Piano Terra [dB]	L Ultimo piano [dB]
023091-R1318	1+690	Verona	68,6	75,4	-	-
023091-R1319	1+720	Verona	68,1	74,9	-	-
023091-R1320	1+765	Verona	71,4	78,2	-	-
023091-R1321	1+775	Verona	70,7	74,1	-	-
023091-R1432	1+965	Verona	63,5	77,1	55,1	68,7
023091-R2032	2+040	Verona	80,6	84,0	55,4	58,8
023091-R1445	2+045	Verona	71,8	75,2	63,3	66,7
023091-R1446	2+075	Verona	71,3	74,7	62,3	65,7
023091-R1467	2+150	Verona	71,1	77,9	62,5	69,3
023091-R1500	2+360	Verona	67,2	80,8	56,2	69,8
023091-R1531	2+455	Verona	69,6	76,4	60,0	66,8
023091-R1533	2+510	Verona	72,2	75,6	64,6	68,0
023091-R1534	2+535	Verona	74,5	77,9	69,0	72,4
023091-R1535	2+560	Verona	74,3	74,3	68,6	68,6
023091-R1547	2+560	Verona	69,0	75,8	58,6	65,4
023091-R2050	2+560	Verona	68,7	75,5	48,7	55,5
023091-R2049	2+570	Verona	80,2	83,6	56,9	60,3
023091-R1549	2+585	Verona	73,4	76,8	66,3	69,7
023091-R1550	2+620	Verona	75,3	78,7	70,0	73,4
023091-R1551	2+655	Verona	76,4	83,2	72,8	79,6
023091-R2085b	2+750	Verona	77,0	83,8	55,2	62,0
023091-R2085i	2+850	Verona	67,7	88,1	48,4	68,8
023091-R2085k	2+855	Verona	88,4	88,4	61,9	61,9
023091-R2085j	2+890	Verona	68,8	79,0	49,3	59,5
023091-R2085n	2+945	Verona	88,1	88,1	61,8	61,8
023091-R2085l	2+955	Verona	69,3	79,5	49,7	59,9
023091-R2085m	2+965	Verona	72,5	86,1	52,2	65,8
023091-R2085o	3+020	Verona	87,4	94,2	61,5	68,3
023091-R2085p	3+040	Verona	83,2	90,0	59,4	66,2
023091-R2085q	3+060	Verona	79,7	86,5	57,2	64,0
023091-R1583	3+320	Verona	77,2	84,0	75,1	81,9
023073-I2001	7+690	S. Martino Buon Albergo	73,1	76,5	-	-
023073-I2002	7+720	S. Martino Buon Albergo	75,0	78,4	-	-
023017-R1002	13+730	Belfiore	68,0	74,8	-	-
023007-R2004	13+735	Belfiore	73,9	80,7	-	-
023007-R2005	13+785	Belfiore	71,4	74,8	-	-
023007-R2007	13+890	Belfiore	70,6	77,4	-	-
023007-R1003	14+230	Belfiore	76,9	80,3	-	-
023007-R1005	14+705	Belfiore	67,7	74,5	-	-

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
STUDIO VIBRAZIONALE

PROGETTO IN0D	LOTTO 00	CODIFICA D I2 RG	DOCUMENTO IM0006 005	REV. B	Pag. 85 di 85
------------------	-------------	---------------------	-------------------------	-----------	------------------

CODICE RICETTORE	PROGRESSIVA [km]	COMUNE	LINEA A.V./A.C.		LINEA STORICA	
			L Piano Terra [dB]	L Ultimo piano [dB]	L Piano Terra [dB]	L Ultimo piano [dB]
023007-R1006	14+765	Belfiore	72,8	76,2	-	-
023007-R2008	14+880	Belfiore	73,1	76,5	-	-
023007-R2010	15+115	Belfiore	68,8	75,6	-	-
023069-R1004	18+695	San Bonifacio	73,3	76,7	-	-
023069-R2034	23+165	San Bonifacio	75,0	81,8	-	-
023069-R2039	23+510	San Bonifacio	72,4	75,8	-	-
023069-R2042	23+750	San Bonifacio	72,3	75,7	-	-
023069-R2043	23+770	San Bonifacio	73,5	76,9	-	-
023069-R2041	23+785	San Bonifacio	70,7	77,5	-	-
023069-R2044	23+820	San Bonifacio	79,4	82,8	-	-
023069-R1036	23+870	San Bonifacio	73,4	76,8	-	-
023069-R2046	24+090	San Bonifacio	71,3	78,1	-	-
023069-R1037	24+715	San Bonifacio	76,5	79,9	-	-
023069-R1038	24+765	San Bonifacio	73,5	76,9	-	-
023069-R1075	25+635	San Bonifacio	74,4	77,8	-	-
023069-R1134	27+365	San Bonifacio	69,9	76,7	-	-
024052-R2006	27+930	Lonigo	75,3	78,7	-	-
024052-R2007	27+950	Lonigo	79,6	83,0	-	-
024052-R2013	30+380	Lonigo	80,8	87,6	-	-
024052-R2014	30+440	Lonigo	71,2	74,6	-	-
024060-I2002	32+430	Montebello Vicentino	71,3	78,1	-	-